



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2020 30 stp**  
Fakultet for biovitenskap

# **Klimasmart ammekuproduksjon: Simulering av mulige tiltak på gårdsnivå med modellen HolosNorBeef**

Climate-smart suckler cow beef production:  
Simulating possible farm scale strategies using the  
HolosNorBeef model

**Marie Konstad**  
Husdyrvitenskap

## **Forord**

Denne masteroppgaven utforsker sammenhenger mellom produksjonsstyring på ammekubruket og klimagassutslipp. Data fra forskningsprosjektet Optibiff ble brukt til å modellere og beregne klimagassutslipp fra norske ammekubruk gjennom Stine Samsonstuen doktorgrad. Dette arbeidet danner grunnlaget for oppgaven, og jeg vil takke Samsonstuen og de involverte i Optibiff for muligheten til å jobbe med verdifulle data i masteroppgaven.

Veiledere for oppgaven har vært Stine Samsonstuen og Laila Aass. Å ha dere på laget under mastergradsarbeidet har vært helt topp! Dere har stilt opp, selv når samfunnet er i unntakstilstand. Det setter jeg pris på. Tusen takk for hjelpa.

Takk til Bente Aspeholen Åby og Egil Prestløyken for faglige innspill.

Takk for all oppmuntring og støtte fra familie og medstudenter undervegs i arbeidet.

Konstad Nordre, 13.05.2020

Marie Konstad

## Sammendrag

For å bidra til begrensning av global oppvarming, arbeider det norske jordbruket for reduserte klimagassutslipp. Dette arbeidet skal ikke gå på bekostning av matsikkerheten (Regjeringen, 2019). En reduksjon i klimagasser uten reduksjon i matproduksjon innebærer en reduksjon i klimagassutslipp per enhet produserte matvare (utslippsintensitet). I ammekuproduksjonen er ulike strategier for økt produksjonseffektivitet aktuelle tiltak for redusert utslippsintensitet (Samsonstuen et al., 2019a; Aass & Åby, 2018). Målet med denne masteroppgaven var å vurdere potensialet av tre strategier for økt produksjonseffektivitet som tiltak for redusert utslippsintensitet i storfekjøttproduksjonen ved seks norske ammekubesetninger.

Fra data om 31 ammekubesetninger innsamlet gjennom Optibiff-prosjektet, ble seks besetninger i de sør-østlige delene av Norge med ulik produksjonsintensitet og utslippsprofil valgt for analyse. Utslippsintensiteten ved 10 scenario med endringer i produksjonsstyring ble simulert med modellen HoloNorBeef på den enkelte gården. Scenarioene som ble utforska var: endring av kvaliteten på grovfôret i rasjonen til slakteokser (fire scenario), endring av mordyras alder (tre scenario) og endring av kalvetap (to scenario). Scenarioene som ga de største reduksjonene i utslippsintensitet ble undersøkt kombinert i en tiltakspakke.

Hvilke av de undersøkte produksjonsstyringsfaktorene som hadde størst betydning for utslippsintensiteten varierte for besetningene. I fire besetninger var det kalvetap som hadde størst effekt på utslippsintensiteten. For disse besetningene medførte en reduksjon i kalvetap fra høyeste til laveste kalvetap en reduksjon i utslippsintensitet på 12,5–14,1%. I én besetning var det alder på mordyr som hadde størst effekt på utslippsintensiteten (20,0% reduksjon ved å gå fra høyeste til laveste alder på mordyr). I en annen besetning var det grovfôr kvalitet i okseoppdrettet som hadde størst effekt (12,8% reduksjon ved å gå fra middels til svært god kvalitet på grovfôret).

Resultatene ble brukt til å vurdere potensialet av scenario med økt produksjonseffektivitet som tiltak for redusert utslippsintensitet i hver besetning. Andre forhold, som økonomi og usikkerhet i beregningene, påvirker også tiltakenes potensiale og er diskutert i korte trekk. Variasjon mellom besetninger i effekt av tiltak på utslippsintensiteten tilsier at utslippsreduksjoner oppnås mest effektivt med tilpasning av tiltak til enkeltbruk. I denne prosessen gir resultater fra modellen HoloNorBeef nyttige bidrag til beslutningsgrunnlaget.

## Abstract

Contributing towards mitigation of global warming, the Norwegian agricultural sector is aiming for reduced greenhouse gas emissions. These actions are not to negatively affect food security (Regjeringen, 2019). A reduction in emissions without accompanying reductions in food production implies reducing emissions per unit of produced foodstuff (emission intensity). In suckler cow beef production, various strategies for increased production efficiency are possible measures for emission intensity reductions (Samsonstuen et al., 2019a; Aass & Åby, 2018). The aim of this master's thesis was to assess the potential of three strategies for increased production efficiency as measures for reductions in the emission intensity of beef production in six Norwegian suckler herds.

From data on 31 suckler herds collected in the Optibeef-project, six herds in the southeastern parts of Norway with varying production intensities and emission profiles were selected for analysis. The emission intensity of 10 scenarios with various management approaches were simulated on each farm using the model HolosNorBeef. The scenarios explored were feeding forage of increasing quality to bulls for slaughter (four scenarios), modifying age of dams (three scenarios) and modifying calf mortality (two scenarios). The scenarios leading to the largest reductions in emission intensity were investigated combined in a package of measures.

Which of the investigated management factors were having the largest effect on emission intensity varied from herd to herd. In four herds, calf mortality was the factor inducing the largest effects on emission intensity. For these herds, a reduction in calf mortality from the highest to the lowest calf mortality led to reductions in emission intensity of 12,5–14,1%. In one herd, age of dams had the largest effect on emission intensity (20,0% reduction when shifting from highest to lowest age of dams). In another herd, forage quality had the largest effect (12,8% reduction when shifting from medium to very high-quality forage).

The results were used to evaluate the measures' potential in individual herds to reduce emission intensity. Other factors, such as economy and estimate uncertainty also affects the strategies' potential and were briefly discussed. Between herd variation in the strategies' effect on emission intensity indicates that emission reductions are achieved most effectively by designing strategies fitting individual farms. In this process, results from the HolosNorBeef model contributes valuably to the basis of decision-making.

# Innhold

Forord .....	1
Sammendrag .....	2
Abstract .....	3
Innhold .....	4
Vedleggsliste .....	6
1 Innledning.....	1
2 Teori .....	3
2.1  Prosessene bak klimagassutslipp på ammekubruket .....	3
2.1.1  Metanutslipp.....	3
2.1.2  Lystgassutslipp .....	4
2.1.3  Utslipp og opptak av karbondioksid.....	4
2.1.4  Klimagassutslipp fra produksjonen av innsatsfaktorer .....	5
2.2  Modellering av klimagassutslipp fra storfekjøttproduksjonen .....	5
2.3  Utvalgte strategier for økt produksjonseffektivitet.....	6
2.3.1  Økt grovfôrkvalitet i okseoppdrettet .....	6
2.3.2  Optimal alder på mordyr .....	7
2.3.3  Redusert kalvetap .....	9
3 Materiale og metode.....	11
3.1  HolosNorBeef.....	11
3.1.1  Input-modellen .....	13
3.1.2  Klimagass-modellen.....	14
3.2  Beskrivelse av eksempelbrukene.....	19
3.3  Simulering av klimatiltak .....	23
3.3.1  Økt grovfôrkvalitet i okseoppdrettet .....	24
3.3.2  Optimal alder på mordyr .....	26
3.3.3  Redusert kalvetap .....	28

3.3.4	Tiltakspakke .....	28
3.4	Fordeling av utslipp på dyregrupper.....	29
4	Resultater.....	30
4.1	Inngangsdata for tiltaksscenario .....	30
4.2	Klimagassutslipp .....	32
4.2.1	Utslippsnivå.....	32
4.2.2	Utslippsintensitet.....	34
5	Diskusjon.....	37
5.1	Tiltakenes virkemåte.....	37
5.1.1	Produktivitet, føreffektivitet og utslippsintensitet.....	37
5.1.2	Virkning på de ulike utslippskildene.....	38
5.1.3	Samspill mellom tiltak .....	39
5.2	Tiltakenes potensiale .....	39
5.2.1	Utslippsintensitet.....	39
5.2.2	Økonomi og ressursbruk .....	44
5.3	Metode .....	45
5.3.1	Metodeforskjeller i B0 og tiltaksscenario .....	45
5.3.2	Slaktealder og rasjonssammensetning i G-scenario .....	46
5.3.3	Grovfôrkvalitet og grovfôropptak for okser i HolosNorBeef .....	46
5.4	Usikkerhet.....	48
6	Konklusjon .....	49
	Litteratur.....	50

## Vedleggsliste

Vedlegg A	Utslippsfaktorer i HoloNorBeef.....	60
Vedlegg B	Detaljert informasjon om grovfôrkvaliteter undersøkt i G-scenario .....	62
Vedlegg C	Utvikling i oksenes kroppsvekt .....	63
Vedlegg D	Alternativ beregning av fôropptak for okser i G-scenario.....	64
Vedlegg E	Ligninger brukt til beregning av besetningsstruktur.....	66
Vedlegg F	Fôrforbruk på besetningsnivå .....	68
Vedlegg G	Inngangsdata for tiltaksscenario .....	71
Vedlegg H	Utslippsintensitet fordelt på utslippskilder .....	80
Vedlegg I	Sammenligning med produksjonsresultater i Storfekjøttkontrollen .....	86
Vedlegg J	Energinormer for okser.....	87

## 1 Innledning

Klimaendringer truer matsikkerheten globalt (FAO, 2016). Det må produseres mer mat for å oppnå tilstrekkelige matforsyninger til en voksende befolkning. Dette på tross av mer utfordrende klimatiske betingelser. Også norsk landbruk vil kunne oppleve endrede vilkår. Med klimaendringer forventes blant annet økte temperaturer, hyppigere forekomst av ekstremvær og endring i nedbørsmønster (Bardalen, 2018). Samtidig skal jordbruket redusere sine klimagassutslipp for å bidra til begrensnig av global oppvarming. Årlige klimagassutslipp fra jordbruket er på 4,47 mill. tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, tilsvarende 8,6% av Norges samlede klimagassutslipp (SSB, 2019). Jordbruket skal kutte utslipp og øke opptaket av karbon tilsvarende 5 mill. tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter over perioden 2021–2030. Dette er det enighet om i klimaforhandlinger mellom jordbrukets faglag og regjeringen (Regjeringen, 2019).

FNs organisasjon for ernæring og landbruk fremmer konseptet 'klimasmart landbruk' som en løsning på utfordringene landbruket står overfor i møte med klimaendringene (FAO, 2013). Dette er produksjonsmetoder i landbruket med en tredelt målsetting: tilpasning av produksjonen til et klima i endring, høyere produktivitet og lavere klimabelastning per enhet produserte matvare (utslippsintensitet) . Med fokus på utslippsintensitet framfor -nivå kan matproduksjonen øke i respons på økt etterspørsel, samtidig som produksjonsmåten endres slik at klimagassutslippene holdes så lave som mulig. Med denne tilnærmingen unngås det at redusert klimabelastning går på bekostning av målsettinger som matsikkerhet og økonomien i gårdsdrifta (Crosson et al., 2011).

Globale estimater viser at utslippsintensiteten i drøvtyggerproduksjonene er høy sammenligna med andre husdyrproduksjoner. Av drøvtyggerproduksjonene er utslippsintensiteten i spesialisert storfekjøttproduksjon særlig høy (Gerber et al., 2013). Redusert innslag av rødt kjøtt i kostholdet forslås som klimatiltak fra flere hold (eks. EAT, u.å. og Miljødirektoratet et al., 2020). I kjølvannet av rapporten Klimakur 2030 (Miljødirektoratet et al., 2020) ventes opptrappet politisk debatt om potensialet til redusert forbruk av rødt kjøtt som klimatiltak. Utfallet vil ha stor betydning for framtida til norsk ammekuproduksjon. Dersom kjøttkutt i kostholdet gjennomføres som beskrevet i rapporten, vil antall ammekyr kunne reduseres med nesten 70% (Miljødirektoratet et al., 2020). Produksjonsformens egenart gir ammekuproduksjonen betydning for flere landbrukspolitiske mål, da denne i stor grad er basert på beite på både innmark og utmark, og annet grovfôr med liten verdi i andre husdyrproduksjoner (Aass, 2019). I Klimakur



2030 påpekes det at et eventuelt kjøttkutt som klimatiltak er i konflikt med oppnåelse av sentrale politiske mål for landbruket, som matsikkerhet og økt matproduksjon på norske ressurser.

Av de ulike leddene i produksjonen av storfekjøtt er det utslipp på gården som utgjør den største andelen av utslippene (Oort & Andrew, 2016). Ved stor variasjon i utslippsintensitet fra gårder innen samme produksjonssystem, region og klima foreligger potensiale for utslippsreduksjoner (Gerber et al., 2013). Samsonstuen et al. (2019c) estimerte utslippsintensiteter fra 23,1 til 46,1 kg CO<sub>2</sub>ekv/kg slakt ved norske ammekubruk. Responsen av samme tiltak varierer mellom gårder på grunn av variasjon i lokale forhold (Stewart et al., 2009). I prosjektet Klimasmart Landbruk utvikles nå et system med klimaregnskap på gårdsnivå som skal gi kunnskap om utslippsprofilen ved hver enkelt gård (Klimasmart Landbruk, 2017). HolosNorBeef er en gårdsmodell for beregning av klimagassutslipp fra norske ammekubruk utviklet av Samsonstuen et al. (2019b).

Økt produksjonseffektivitet, i betydning økt forhold mellom produksjonsvolum og bruk av ressurser, er et sentralt tiltak for reduserte utslipp fra husdyr (Gerber et al., 2013). God ressursutnyttelse er ønskelig fra et økonomisk synspunkt og hindrer tap av næringsstoffer og energi som klimagasser til luft. Økt effektivitet er vurdert å ha potensiale som klimatiltak i den norske ammekuproduksjonen (Aass & Åby, 2018). Produksjonseffektivitet og klimagassutslipp påvirkes blant annet av grovfôrkvaliteten i okseoppdrettet (Åby et al., 2019), alder ved utrangering av mordyr (Oishi et al., 2013) og kalvetap (Aass & Åby, 2018).

For å øke effektiviteten i den norske ammekuproduksjonen, ble det i 2014 satt i gang et forskningsprosjekt, Optibiff-prosjektet, som skal gjøre forskningsbasert og praktisk nyttbar kunnskap om norsk ammekuproduksjon tilgjengelig (Wetlesen, 2015). Modellen HolosNorBeef og datamateriale fra Optibiff-prosjektet gir anledning til å utforske mulighetene for å oppnå redusert utslippsintensitet ved effektivisering av produksjonen.

Målet med denne masteroppgaven var å vurdere potensialet av økt produksjonseffektivitet som tiltak for redusert utslippsintensitet i storfekjøttproduksjonen ved seks norske ammekubesetninger. Det ble valgt å fokusere på tre faktorer med beskrevet effekt på produksjonseffektivitet og utslippsintensitet: kvaliteten på grovfôret i rasjonen til slakteokser, alder på mordyr og kalvetap. Scenarier med ulike nivåer av disse faktorene ble simulert i HolosNorBeef for ammekubesetninger fra Optibiff-prosjektet.

## 2 Teori

### 2.1 Prosessene bak klimagassutslipp på ammekubruket

På gården produseres klimagasser både fra dyra og i fôrproduksjonen (Samsonstuen et al., 2019b). Utslipp fra dyra omfatter metan ( $\text{CH}_4$ ) fra dyras fordøyelseskanal og  $\text{CH}_4$  og lystgass ( $\text{N}_2\text{O}$ ) fra gjødsla. Utslipp fra fôrproduksjonen inkluderer utslipp knyttet til arealbruk og bruk av innsatsfaktorer i dyrkingen av fôr til gårdens ammekuproduksjon, herunder utslipp fra produksjonen av innsatsfaktorer som mineralgjødning og diesel, karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ) fra energibruk på gården,  $\text{N}_2\text{O}$  fra jord og fra fordampning og utvasking av nitrogen (N), samt karbonbalansen i jord. For å skille mellom utslipp som forekommer internt og eksternt for gården, brukes begrepene direkte og indirekte utslipp. Utslipp fra dyra regnes som direkte utslipp. Dette gjelder også karbonbalansen i jord,  $\text{N}_2\text{O}$  fra jord og  $\text{CO}_2\text{ekv}$  fra energibruk på gården. Utslipp i forbindelse med tilvirkning av innsatsfaktorer og utslipp fra utvasking og fordampning av N, regnes som indirekte utslipp.

#### 2.1.1 Metanutslipp

$\text{CH}_4$  produseres som et endeprodukt ved mikrobers metabolisme i oksygenfrie miljøer (fermentering). Fermentering av organisk stoff foregår trinnvis og ved hjelp av et samspill mellom ulike mikroorganismer (mikrober). Mikrober som står for  $\text{CH}_4$ -produksjonen (metanogenesen) er de metanogene arkebakteriene. Dette er en gruppe arkebakterier som alle henter energi fra metanogenese (Hedderich & Whitman, 2013). Flere ulike forbindelser kan være substrat for metanogenesen. I dyras fordøyelse er reduksjon av  $\text{CO}_2$  til  $\text{CH}_4$  med hydrogengass ( $\text{H}_2$ ) som elektrondonor en viktig reaksjonsvei (Sjaastad et al., 2010).  $\text{H}_2$  dannes som et mellomprodukt ved fermentering av karbohydrater og stammer fra dehydrogenering av glykolysens hjelpezymer (koenzymer).

Drøvtyggere, som storfe, småfe og hjortedyr, har alle basert sin fordøyelsesstrategi på omfangsrik fermentering i tarmkanalen, og  $\text{CH}_4$  som dannes her kalles enterisk  $\text{CH}_4$  (enteron=tarmkanal; Åbro, 2011). Drøvtyggeren kan ikke egenhendig fordøye fiberrikt plantemateriale, men samarbeider med bakterier, protozoer og sopp om oppgaven (Nørgaard & Hvelplund, 2003). Mikrober i formagene (vom, nettmage og bladmage) får forrang på alt fôret drøvtyggeren eter, og i baktarmen (blindtarm, tykktarm og endetarm) henter mikrober ut siste rest av den fordøyelige energien i fôret (Sjaastad et al., 2010). Størst omfang har fermenteringa og  $\text{CH}_4$ -produksjonen i formagene. Den ufordøyde organiske delen av fôrrasjonen danner grunnlag for fermentering og  $\text{CH}_4$ -produksjon i gjødsla.

### 2.1.2 Lystgassutslipp

$N_2O$  er et produkt av mikrobiell omsetning av N-forbindelser. Ved dannelse av nitrat (nitrifikasjon) og ved dannelse av nitrogen-gass (denitrifikasjon) dannes varierende mengder  $N_2O$  (FAO, 2006). Nitrifikasjon og denitrifikasjon er prosesser som inngår i nitrogenkretsløpet (strømmen av N mellom atmosfære, hav, land og jordskorpe; Ciais et al., 2013). Når nitrogen-gass ( $N_2$ ) fra lufta først er omdannet til reaktive forbindelser gjennom biologisk fiksering eller ved mineralgjødselproduksjon, resirkuleres nitrogenet i økosystemene blant annet ved nitrifikasjon og denitrifikasjon og gir oppgav til  $N_2O$ . En rekke faktorer har betydning for  $N_2O$ -dannelsen. Høy tilgjengelighet av reaktivt nitrogen i riktig form ( $NO_3^-$  for denitrifikasjon og  $NH_4^+$  for nitrifikasjon) fremmer både denitrifikasjon og nitrifikasjon, samt øker andelen av nitrogenet som omdannes til  $N_2O$  (Tesfai, 2016). Andre viktige faktorer er tilgjengelighet av oksygen, pH, tilgang på organiske forbindelser og temperatur. Enkelte av miljøforholdene har motsatt effekt på de to prosessene som gir dannelse av  $N_2O$ . Et sammensatt årsaksbilde gir store variasjoner i  $N_2O$ -utslipp gjennom året og under ulike miljøforhold.

N utskilt i gjødsla gir grunnlag for  $N_2O$ -produksjon både fra gjødsellageret og etter spredning av gjødsla (Hristov et al., 2013). I jorda gir også N fra mineralgjødsel og N frigjort fra nedbrutt plantemateriale grunnlag for  $N_2O$ -produksjon. Av nitrogenet som tilføres norske jordbruksarealer tapes ca. 1/5 av tilført N gjennom avrenning (et middeltall med stor variasjon; Bechmann et al., 2012). Fordamping av ammoniakk er også en betydelig tapspost. Fordamping av ammoniakk forekommer både i gjødsellageret og fra jordbruksarealer. Fordampa og utvaska N kan omdannes til  $N_2O$  utenfor gården (indirekte  $N_2O$ -utslipp).

### 2.1.3 Utslipp og opptak av karbondioksid

Produksjon av  $CO_2$  på gården er et resultat av ulike forbrenningsprosesser, som respirasjon, forbrenning i en forbrenningsmotor eller nedbrytning av dødt plantemateriale. Ikke alle  $CO_2$ -kilder medregnes i klimagassregnskapet. Bakgrunnen for dette er forskjeller i tidshorisont for ulike deler av karbonkretsløpet. Karbon fra kuas respirasjon bindes på nytt i organiske forbindelser på kort tid og antas å ikke gi netto økning av  $CO_2$  i atmosfæren (FAO, 2006). Forbrenning av fossile energikilder, eks. diesel i traktoren, innebærer flytting av karbon fra svært stabile karbonlagre til deler av karbonkretsløpet med hurtigere omsetning og bidrar i gårdens klimaregnskap.

### ***Karbonbalansen i jorda***

Fotosyntesen fanger CO<sub>2</sub> fra atmosfæren i planter. Når dødt plantemateriale brytes ned produseres CO<sub>2</sub>. Mengden karbon som lagres i jorda bestemmes av balansen mellom nedbrytning og tilførsel av dødt plantemateriale (FAO, 2006). Karbonbalansen i jord bidrar til utslipp av CO<sub>2</sub> (er positiv) dersom det overføres mer karbon til atmosfæren enn det som tilføres av organisk materiale til jord, og bidrar til karbonbinding (er negativ) om det motsatte er tilfellet.

#### **2.1.4 Klimagassutslipp fra produksjonen av innsatsfaktorer**

Innsatsfaktorer som mineralgjødsel, diesel og kraftfôr, har alle et klimaavtrykk ved innkjøp til gården. Klimaavtrykket til mange av de innkjøpte driftsmidlene er i form av CO<sub>2</sub> fra energibruk i produksjonen av disse (Berglund et al., 2009), men også andre utslippskilder er representert. Eksempelvis dannes N<sub>2</sub>O ved oksidering av ammoniakk til salpetersyre, et trinn i produksjonen av nitratholdig mineralgjødsel. De største utslippene i produksjonen av kraftfôringrediensene bygg og soya er N<sub>2</sub>O fra åkeren (Dalgaard et al., 2008; Bonesmo et al., 2012).

## **2.2 Modellering av klimagassutslipp fra storfekjøttproduksjonen**

Systemanalyse i landbruket basert på modellering er brukt til en rekke formål, som økonomisk analyse, fôrvurdering og avlingsprognoser (Jones et al., 2017). Fra 2000-tallet har økt fokus på landbrukets utslipp av klimagasser ført til utvikling av modeller som kan brukes til vurdering av strategier for reduserte klimagassutslipp fra jordbruket. Med dette formålet er det viktig å påse at utslippene faktisk opphører, og ikke bare flyttes til andre deler av produksjonen (Stewart et al., 2009). En helhetlig tilnærming til gårdens utslipp gir et godt grunnlag for å vurdere klimatiltak. Gårdsmodeller er godt egnet til dette formålet (Schils et al., 2007).

I følge Crosson et al. (2011) kan gårdsmodeller deles i to kategorier: modeller brukt i systemanalyse og modeller brukt i livsløpsanalyse (LCA). Livsløpsanalyse er en metode hvor miljøbelastningen til hele eller deler av et produkts livsløp analyseres. Livsløpet sikter til alle deler av et produkts «levetid»: utvinning av råmaterialer, produksjon, distribusjon, forbruk, gjenvinning og avfallshåndtering. Starten av livsløpet betegnes ofte som produktets «krybbe», og avhendingen som produktets «grav». LCA har standardiserte prinsipper og rammeverk (ISO 14040) og krav og retningslinjer (ISO 14044).

Systemanalyse har mange likhetstrekk med livsløpsanalyse, men har en litt annen tilnærming (Crosson et al., 2011). Seager og Theis (2002) påpeker at både LCA og systemanalyse har en helhetlig tilnærming, men at det er forskjeller mellom metodene hva gjelder formål med analysen, rammer for analysen og behov for data med mer. LCA skal gjerne gi et fullstendig

bilde av en stofflig strøm gjennom hele eller deler av et produkts livsløp. Til det trengs store mengder data. I systemanalyse kan systemets rammer og data som benyttes i større grad tilpasses formålet, som gjerne er beslutningstagning. Sammenligning av ulike studier med beregnede utslipp fra gården må gjøres med varsomhet på grunn av variasjon i datakvalitet, systemgrenser, utslippsfaktorer og måten utslipp er fordelt på gårdens produkter (Crosson et al., 2011). Ulike beregningsverktøy gir ulike resultater når det gjelder både estimerte utslippsnivåer og respons på endringer i systemet (Sykes et al., 2017).

Eksempler på gårdsmodeller som er brukt til analyse av klimagasser i storfekjøttproduksjonen er Holos, HolosNor, HolosNorBeef og 'Beef systems Greenhouse gas Emissions Model' (BEEFGEM). Holos er en canadisk programvare som beregner utslipp fra gårder med produksjon på bla. storfe, svin, sau og fjørfe (Little et al., 2008). HolosNor, en modell basert på Holos, er tilpasset norske gårder med kombinert produksjon av mjølk og storfekjøtt (Bonesmo et al., 2013). HolosNorBeef er en nyutviklet modell tilpasset norske ammekubruk (Samsonstuen et al., 2019b). Modellen er basert på HolosNor og den irske modellen BEEFGEM (Foley et al., 2011).

### **2.3 Utvalgte strategier for økt produksjonseffektivitet**

#### **2.3.1 Økt grovfôr kvalitet i okseoppdrettet**

Storfekjøttproduksjonen kan utnytte ulike fôrråvarer med liten alternativ verdi. I den spesialiserte storfekjøttproduksjonen kan halm og beite (Thuen & Tufte, 2019) og ulike biprodukter (Nortura, 2016a) utgjøre en betydelig del av rasjonen. Surfôr er likevel det dominerende innhøsta grovfôret i norsk storfekjøttproduksjon (Berg & Matre, 2001). Sjølrekrutterende storfekjøttproduksjon er i utgangspunktet en ekstensiv produksjon, men med store variasjoner i driftsopplegg og intensitet. Framfôring av okser til slakt er ofte en mer intensiv grein av driftsformen med en betydelig andel kraftfôr i rasjonen, men også denne delen av produksjonen kan variere med hensyn på intensitet i oppfôring og fôrgrunnlag (Berg & Matre, 2001). Med grovfôr av god kvalitet kan okseoppdrettet være både intensivt og grovfôrbasert (Randby et al., 2010).

Ernæringsmessig surfôr kvalitet innebærer fôrets evne til å dekke dyras næringsbehov i form av for eksempel energi og protein. En rekke forhold har betydning for surfôr kvaliteten, som kuttelengde, grad av fortørking, høsteteknikk, bruk av ensileringsmidler, botanisk sammensetning og gjødsling. Den viktigste faktoren som påvirker grovfôr kvalitet er høstetid (Mo, 2005). Ved høsting av gras på et tidlig utviklingstrinn utgjør celleinnhold den største andelen av planten. Når planten vokser utgjør de mer tungtfordøyelige celleveggene en større

andel av planten. Innkapsling i det motstandsdyktige stoffet ligning gjør dessuten at celleveggene blir vanskeligere å fordøye når planten er høsta på et sent i forhold til tidlig utviklingstrinn.

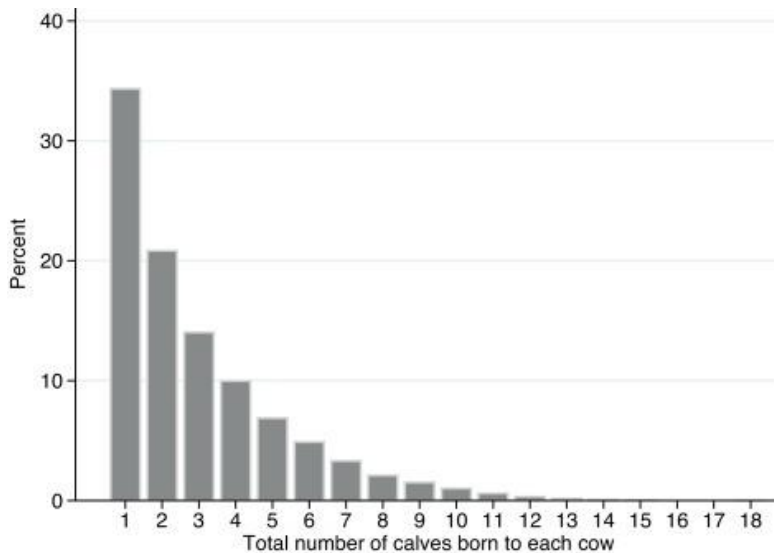
I tillegg til god næringsverdi og god konservering er godt surfôr smakelig og gir grunnlag for høyt fôropptak. Lang oppholdstid i vomma for langsamt nedbrytbar fiber, som man for eksempel finner i sent slått grovfôr, gir god utnyttelse av fôret, men den langsomme passasjen kan samtidig være til hinder for tilstrekkelig tilførsel av næringsstoffer (Nørgaard & Hvelplund, 2003). Tidlig høsting av grovfôr gir grunnlag for rask passasje av vominnholdet ut av vomma og høyt fôropptak. Effekten på fôropptak er viktig for effekten av økt grovfôr kvalitet som klimatiltak. Forutsatt genetisk potensiale kan bedre grovfôr kvalitet gi høyere tilvekst siden dyra eter mer og næringsverdien av fôret er bedre. For slakteokser kan dette gi færre fôringsdager til dyret er slaktemodent. Dette er av stor betydning for utslippsintensiteten i okseoppdrettet (Åby et al., 2019).

Forbedret grovfôr kvalitet kan redusere produksjonen av enterisk  $\text{CH}_4$  gjennom påvirkning av konkurranseforholdene for mikrobene i vomma. Hvilke mikrober som dominerer i vomma har betydning for produksjonen av  $\text{CH}_4$  fordi de ulike mikrobene baserer omsetning på reaksjonsveier som har ulik effekt på hydrogenoverskudd til grunn for  $\text{CH}_4$ -produksjon. Passasjehastighet og pH er blant forhold som påvirker mikrobepopulasjonen og enterisk  $\text{CH}_4$  (Knapp et al., 2014).

En effekt av tidligere høsting i fôrproduksjonen, er redusert avling (Mo, 2005). Dette påvirker størrelsen på nødvendig arealgrunnlag. Endring i grovfôr kvalitet fordrer også endringer i fôr dyrkinga som kan påvirke utslipp per arealenhet. Økning i grovfôr kvalitet kan kreve økt bruk av innsatsfaktorer. Mer intensiv oppfôring er ikke gunstig for klimaet dersom utslippsreduksjoner som følge av høyere produktivitet utlignes av høyere utslipp fra eks. mineralgjødsel (Crosson et al., 2011).

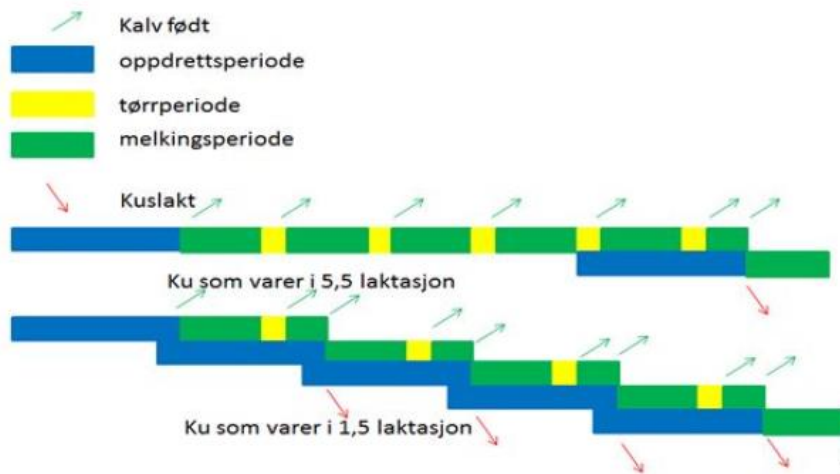
### **2.3.2 Optimal alder på mordyr**

Holmøy et al. (2017) undersøkte faktorer med betydning for norske ammekyrs livstidsproduksjon. Variasjonen i antall kalver fra den norske ammekua er stor (Figur 2.1). Rase, kalvingsvansker og besetningsstørrelse var blant undersøkte faktorer med effekt på antall kalver. Den uforklarte variasjonen mellom gårder var stor, noe som tyder på at faktorer knyttet til gårdene har stor betydning for kuas livstidsproduksjon.



Figur 2.1 Fordeling av ammekyr i Storfekjøttkontrollen etter antall kalver (Holmøy et al., 2017).

Kyrnes alder har betydning for hvor mange kviger det er behov for til rekruttering for å opprettholde besetningsstørrelsen. Med lavere alder på mordyr og høyere utrangering må flere av kvigene føres fram for å erstatte de utrangerte kyrne. Figur 2.2 av Østerås (2015) illustrerer hvordan alder på kua påvirker fordeling av fôringsdager på kyr og påsett i besetningen og antall kuskukt og kalver som produseres. I artikkelen påpekes det at nederste linje er en kostnadseffektiv måte å produsere kjøtt på, mens øverste linje produserer mjølk mer effektivt.



Figur 2.2 Fordeling av årsdyr på oppdrettsperiode, tørrperiode og laktasjon, samt produksjon av kuskukt og kalv, med ulik holdbarhet av mjølkekyr (Østerås, 2015).

Strategi for rekruttering og utrangering av mordyr har stor betydning for effektiviteten i produksjonen (Ruud et al., 2013). Sæthre og Kluften (2012) anbefaler utsjalling på høsten av tomme kyr og kyr som av ulike årsaker ikke fungerer i besetningen som et ledd i effektivisering av ammekuproduksjonen. Hvor strenge kriterier man kan sette for dyrematerialet i besetningen

avhenger i stor grad av besetningens helse- og fruktbarhetsstatus. Med god fruktbarhet er det flere aktuelle kviger å velge blant og man er fri til å velge kun de aller beste dyra videre til produksjonen (Refsdal et al., 2014). Man slipper dessuten å slakte tomme kyr som ellers fungerer godt i besetningen.

God holdbarhet hos kyrne i kombinasjon med salg av kalven er gunstig for utslippsintensiteten i mjølkeproduksjon, fordi man da ikke har utslipp forbundet med oppdrett av kalven (Weiske et al., 2006). I storfekjøttproduksjon er det derimot funnet liten effekt av økt holdbarhet hos kyr på utslippsintensiteten (Beauchemin et al., 2011). Alemu et al. (2017) kategoriserte kanadiske gårder i høyutslipps- og lavutslipps-besetninger etter utslippsintensiteten, og fant at lavutslipps-besetningene hadde høyere utraneringsrate (gjennomsnittlig holdbarhet = innkalvingsalder + 1/utraneringsraten; De Vries, 2017). Dette kan tilsi at lavere alder på mordyr er mest gunstig for utslippsintensiteten i ammekubesetninger. Seidel og Whittier (2015) foreslår et produksjonsopplegg basert på hunddyr med oppføring av kviger som alle får én kalv før de utraneres. Dette gir en mer effektiv utnytting av fôret ved å redusere andelen av næringsstoffer som går til vedlikeholdsfôring av kyrne i en ammekubesetning, og samtidig reduserte tap av energi, f.eks. i form av CH<sub>4</sub> (Seidel & Whittier, 2015). Dette produksjonsopplegget gir dessuten raskere genetisk framgang ved reduksjon i generasjonsintervallet. Avl for produktivitet og effektivitet bidrar til reduksjon av klimagassutslipp (Wall et al., 2010).

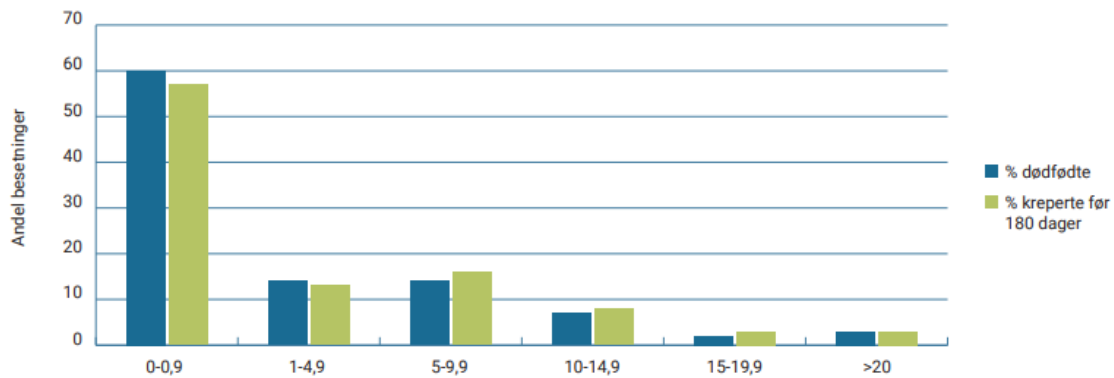
Egenskaper ved yngre versus eldre kyr kan påvirke hvilken alder som gir høyest produksjonseffektivitet og laveste utslipp. Førstekalvskyr har høyere forekomst av kalvingsvansker og kalvetap (Lystad et al., 2009). Yngre kyr har også lavere mjølkeproduksjon og avvenningsvekter, og kan ha lengre intervall mellom første kalv og ny drektighet (Berg & Matre, 2001). Samtidig er forekomsten av enkelte klauvproblemer lavere for yngre kyr (Fjeldaas et al., 2007).

### **2.3.3 Redusert kalvetap**

I de fleste besetninger tapes kalver unntaksvis (Figur 2.3). Fordelingen har imidlertid en lang hale med besetninger som antagelig bidrar til å høyne snittet betydelig. Både genetiske og miljømessige faktorer har betydning for kalvetap. Kalvingsvansker medfører høyere risiko for dødfødsler (Lystad et al., 2009). Forekomsten av kalvingsvansker påvirkes blant annet av kalvens kjønn og fødselsvekt. Kalvingsvansker, tvillingfødsel, kalvens kjønn og fødselsvekt har også betydning for tap av levendefødte kalver før 180 dager (Lystad et al., 2009). Tilsyn ved



kalving har betydning både for risiko for dødfødsel og for tap av levendefødt kalv før 180 dager.



Figur 2.3 Fordeling av besetninger (prosentandel tapte kalver på x-aksen) i Storfekjøttkontrollen etter kalvetap (Animalia, 2019b).

At kalven som blir født er normal og levedyktig inngår som et fruktbarhetsmål (Refsdal et al., 2014). Fruktbarhet er avgjørende for mordyreffektiviteten (hvor effektivt fôret utnyttes av kua og kalven til produksjon av en avvent kalv; Bell & Greenwood, 2013) og for klimagassutslipp fra ammekuproduksjonen (Samsonstuen et al., 2019a; Aass & Åby, 2018). God helse og fruktbarhet og lav dødelighet gir en uttynning av utslippene på flere kg slakt, og dermed lavere utslippsintensitet (Hristov et al., 2013).

### 3 Materiale og metode

#### 3.1 HolosNorBeef

Klimatiltak ble simulert med modellen HolosNorBeef (Samsonstuen et al., 2019b).

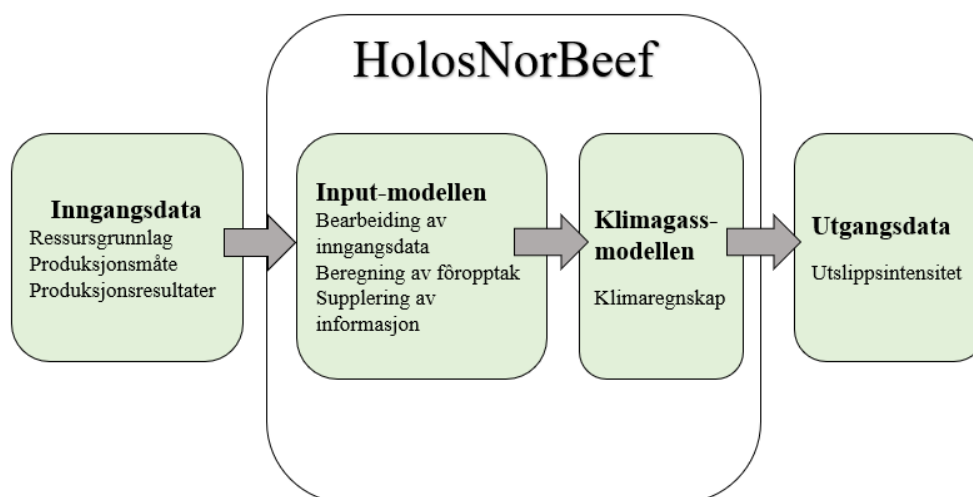
Gårdsmodellen er delt i to under-modeller som i denne oppgaven kalles Input-modellen og Klimagass-modellen (Figur 3.1). Input-modellen tilføres informasjon om gårdens ressursgrunnlag, produksjonsresultater, produksjonsmåte og bruk av innsatsfaktorer.

Informasjonen hentes fra gårdbrukerens opplysninger om egen drift, regnskap,

Storfekjøttkontrollen (SFK), Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) og Eurofins (Tabell 3.1).

NIBIO beregner jord- og værindekser basert på resultater fra jordprøver, jordsmonnkartlegging og værdata fra Meteorologisk institutt. Noe av den nødvendige informasjonen er vanskelig å

måle, og må enten beregnes av Input-modellen, eller det benyttes standardfaktorer. Klimagass-modellen beregner gårdens utslipp basert på data fra Input-modellen. Modellen er programmert i Microsoft Excel.



Figur 3.1 Overordna oppbygning av HolosNorBeef.

Tabell 3.1 Oversikt over opplysninger som tilføres Klimagass-modellen.

<b>Inputvariabel</b>	<b>Kilde</b>
<b>Naturgrunnlag</b>	
Region og økosone	Gårdens beliggenhet
Jordegenskaper	NIBIO
<b>Fôrproduksjonen</b>	
Jordbruksarealer	Opplysning fra gårdbruker
Avlingas tørrstoffinnhold	Opplysning fra gårdbruker/Eurofins
Avlingas energiinnhold	Opplysning fra gårdbruker/Eurofins
<b>Dyreholdet</b>	
Dyretall	Opplysning fra gårdbruker/Storfekjøttkontrollen
Storferase	Storfekjøttkontrollen
Produksjonsresultater	Storfekjøttkontrollen
Produksjon av slakt	Regnskap/Beregnes i Input-modellen
Fôropptak	Beregnes i Input-modellen
<b>Gjødselhåndtering</b>	
Gjødselhåndteringssystem	Opplysning fra gårdbruker
Tid for gjødselspredning	Opplysning fra gårdbruker
<b>Bruk av eksterne innsatsfaktorer</b>	
Elektrisitet	Regnskap
Drivstoff	Regnskap
Ensileringsmidler	Regnskap
Mjølkeerstatning	Regnskap
Mineralgjødsel	Regnskap
Plantevernmiddel	Regnskap

### 3.1.1 Input-modellen

#### *Dyretall*

Antall dyr beregnes for hver mnd. og dyrekategori. Dyrekategoriene i modellen omfatter: kukalver (0–1 år), oksekalver (0–1år), kastrerte kalver (0–1 år), slaktekviger (1–2 år), rekrutteringskviger (1–2 år), slakteokser (1–2 år), kastrater (1–2 år), slakteokser (2–3 år), kastrater (2–3 år), førstekalvskyr (2–3 år), andrekalvskyr (3–4 år) og ‘tredjekalvskyr og eldre’ ( $\geq 4$  år). Beregning av antall kalver baseres på antall kalvinger, tvillingfrekvens, dødfødsler og antall kreperte innen 180 dager. Det antas en stabil besetningsstørrelse, og andel kviger til påsett bestemmes ut fra behov for tilførsel av dyr med ønsket aldersfordeling. Andel kviger til slakt er de overflødige hunddyra.

#### *Produksjonen av slakt*

Produksjonen av slakt kan leses av regnskapet, men i enkelte tilfeller kan det være hensiktsmessig å finne en beregnet produksjon av slakt. Dette gjelder for eksempel for besetninger som selger mye livdyr. Å fordele klimagassutslippene på slaktevekta av de få dyra som leveres til slakt vil da beregne overdreven utslippsintensitet i forhold til gårdens faktiske klimaavtrykk. Produksjonen av slakt kan beregnes som produktet av registrert slaktevekt til henholdsvis kviger, okser og kyr og antall dyr som ville blitt sendt til slakt fra den enkelte dyregruppa i en situasjon med full framfôring. I en besetning med stabilt kutall og med antagelser om at ingen dyr går ut av produksjonen, vil et likt antall dyr som tilføres besetningen bli levert til slakt hvert år. Antall dyr til slakt kan dermed beregnes basert på antall kalvinger, dødfødsler, tvillingfrekvens og antall kreperte etter 180 dager.

#### *Tilvekst og kroppsvekt*

Modellen beregner kroppsvekt og tilvekst for den enkelte dyrekategori og mnd. Registrerte vekt i SFK ved fødsel, 200 dager, 365 dager og slakt danner grunnlag for beregning av gjennomsnittlig daglig tilvekst i ulike perioder av oppdrettet. Med registrert fødselsvekt som startvekt forventes kroppsvekta å øke lineært innen hver av følgende perioder: 0–200 dager, 200–365 dager og 365 dager–slakt. Sluttvekta i en mnd. regnes for månedens vekt. Slaktealderen avrundes til hele mnd. Tilvekst for rekrutteringskviger og kyr er også basert på lineær tilvekst i ulike stadier i produksjonen og er differensiert for tung og lett rase. Kroppsvekt ved bedekking (429/535 kg for lett/tung rase), innkalving (497/629 kg for lett/tung rase), andre kalving (588/755 kg for lett/tung rase) og tilvekst fram til voksenvekt (0,25/0,35 kg/dag for førstekalvskyr av lett/tung rase og 0,2 kg/dag for andrekalvskyr) er basert på Åby et al. (2012). Voksenvekt for kyr er satt til 600 kg for Aberdeen Angus (A. Angus), 650 kg for Hereford og 750 kg for Charolais.

### ***Fôropptak***

Fôropptak beregnes basert på opptakskapasitet for kyr og energibehov for ungdyr. For ungdyr tilsvarer det beregnede fôropptaket den mengden fôr som kreves for å tilfredsstille dyras energibehov. Dyras energibehov varierer med tilvekst og kroppsvekt som beskrevet av Refsgaard Andersen (1990). Energiopptak fra kraftfôr beregnes på grunnlag av opplysninger fra gårdbruker om tildeling av kraftfôr og fra kraftfôrprodusenten om energiinnhold i kraftfôret. Kalvens energiopptak fra mjølk i dieperioden settes lik produktet av forventet mjølkeproduksjon per ku og energiinnhold i mjølka (1,86 FEm/kg TS i mjølk). Estimerer på mjølkeproduksjon per ku differensieres for henholdsvis lette og tunge kjøttferaser, og ammekyr med laktasjonsnummer 1, 2 og  $\geq 3$ . Når opptaket av kraftfôr og mjølk er hensyntatt, antas resterende energibehov dekket av grovfôr for ungdyra. Informasjon om grovfôrets energiverdi kan hentes fra gårdens fôranalyser, eller anslås ved hjelp av analyseresultater fra samme region registrert hos Eurofins.

Ved beregning av kyrnes fôropptak er fysisk regulering av fôropptak vektlagt. Refsgaard Andersen (1990) tilskriver fôret en verdi som beskriver fôrets fyllende effekt i formagene og dermed dets begrensende effekt på fôropptaket (fôrmidlets fylde). Kua tilskrives en verdi som reflekterer dens opptakskapasitet ( $K_a$ ). Disse størrelsene uttrykkes i samme enhet, fylleenheter (FFu). I HolosNorBeef beregnes grovfôropptaket i kg TS som forholdet mellom kuas  $K_a$  og grovfôrets FFu/kg TS, hvor framgangsmåten for beregning av  $K_a$  er beskrevet av Refsgaard Andersen (1990) og ulike fôrmidlers fylde er hentet fra samme publikasjon, beregnet etter metode av Refsgaard Andersen et al. (1987). Ulike fôrmidler tilskrives ulik fylde basert på fôrmidlets struktur, energiinnhold og tørrstoffinnhold. Eksempler på fylde for henholdsvis ubehandlet bygghalm, ammoniakkbehandlet bygghalm og maisensilasje er 1,54, 1,39 og 1,13 FFu/kg TS. Kyrnes opptakskapasitet er basert på kyrnes kroppsvekt, mjølkeytelse, laktasjonsstadium, drektighetsstadium og alder. Når grovfôropptaket er beregna basert på kyrnes opptakskapasitet nedjusteres dette avhengig av kraftfôrtildeling, med substitusjonseffekter for ulike grovfôrvaliteter basert på Randby et al. (2010).

### **3.1.2 Klimagass-modellen**

I Klimagass-modellen beregnes besetningens utslippsintensitet for ett år som summen av utslippsintensiteten fra de ulike utslippskildene. Beregning av utslippsintensiteten fra dyras fordøyelse og gjødsel er basert på utslippsrater (kg klimagass per dyr per dag) som er differensiert for mnd. og dyregruppe. Produktet av utslipp per dag i måneden, antall dyr og antall dager summeres for måneder og dyregrupper og gir samlede utslipp (kg) for året. For øvrige utslippskilder beregnes årlige utslipp. Utslipp fra karbonbalansen i jord og  $N_2O$  fra jord er

differensiert for arealkategoriene eng og innmarksbeite. Kun arealer brukt til fôrproduksjon er tatt med i ammekuproduksjonens klimaregnskap.

Utslipp i kg fra den enkelte utslippskilden omregnes til kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (CO<sub>2</sub>ekv) ved multiplikasjon med den enkelte gassens globale oppvarmingspotensiale i et hundreårsperspektiv (GWP<sub>100</sub>). Dette er en faktor som vekter de ulike klimagassene etter hvor sterk klimaeffekt de har. GWP<sub>100</sub> for CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O er henholdsvis 1, 28 og 265 (Myhre et al., 2013).

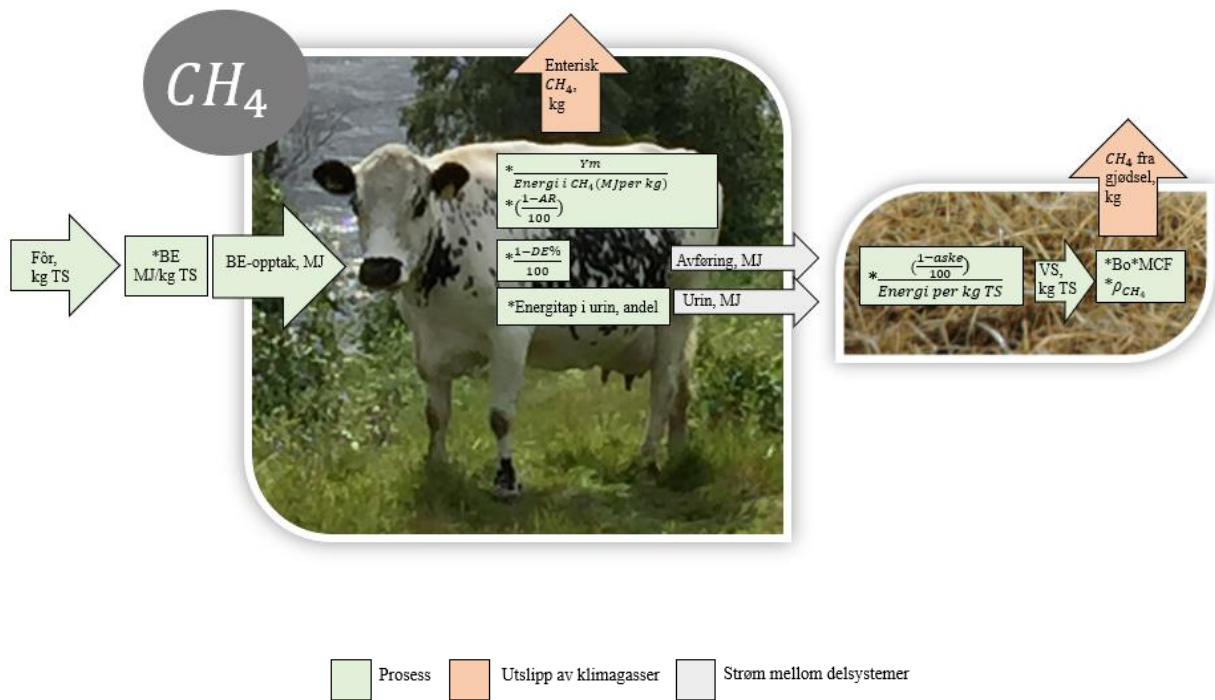
Utslippetsintensiteten fra den enkelte utslippskilden beregnes ved å dividere totale utslipp av kg CO<sub>2</sub>ekv på besetningens samlede produksjon av kg slakt gjennom året.

### ***Metanutslipp***

Utslipp av CH<sub>4</sub> omfatter utslipp fra fordøyelse og gjødsel og påvirkes i HolosNorBeef av besetningens fôropptak, rasjonens fordøyelighet, eventuell tilsetning av fett i rasjonen, askeinnhold i rasjonen og system for gjødselhåndtering (Figur 3.2; Tabell V-A.1<sup>1</sup>). Enterisk CH<sub>4</sub> beregnes som en andel av opptaket av bruttoenergi. Denne andelen (Y<sub>m</sub>) varierer med rasjonens fordøyelighet og eventuelle tilsetningsstoff i rasjonen. Omregning fra CH<sub>4</sub> oppgitt i MJ til kg gjøres ved å dividere med energien i CH<sub>4</sub> (55,65 MJ/kg). Andelen av bruttoenergi som ikke lar seg fordøye (1-DE%) og andelen som skilles ut i urin (4%) finner man igjen i gjødsel. Hva gjødsel-energien tilsvarer i tørrstoff finner man ved å dividere med energiinnholdet per kg TS (18,45 MJ/kg TS), og den organiske delen ved å multiplisere med den organiske andelen av tørrstoffet ( $\frac{1-\text{aske}}{100}$ ). CH<sub>4</sub>-produksjonen fra gjødsel bestemmes så ved å multiplisere den maksimale potensielle CH<sub>4</sub>-produksjonen oppgitt i volum (Bo) med den sannsynlige realiserede CH<sub>4</sub>-produksjonen med gitt gjødselhåndteringssystem (MCF). Hvor mye av potensialet som realiseres kan i teorien variere fra 0–100% (IPCC, 2006). Lagring i et bløtgjødselsystem over lang tid i varme temperaturer gir høyest CH<sub>4</sub>-utslipp fra gjødsel (65–80% av potensiell CH<sub>4</sub>-produksjon), mens gjødsel på beite ikke gir nevneverdig CH<sub>4</sub>-utslipp (1–2% av potensiell CH<sub>4</sub>-produksjon; IPCC, 2006). En omregning fra volum til masse gjøres ved å multiplisere med massetettheten til CH<sub>4</sub> ( $\rho_{\text{CH}_4} = 0,67 \text{ kg/m}^3$ ).

---

<sup>1</sup> Figurer og tabeller med nummerering på formen V-A.B henviser til figur/tabell nr. B i Vedlegg A.



Figur 3.2 Beregning av ammekubrukets metanutslipp (CH<sub>4</sub>) med HoloNorBeef. Skjematisk framstilling basert på modellbeskrivelse av Samsonstuen et al. (2019b). BE=Bruttoenergi; AR=effekt av evt. tilsetningsstoff i rasjonen; DE=Fordøyelig energi (%); aske=Askeinnhold i rasjonen (%); VS=Volatile solids (organisk stoff i gjødsla); B<sub>0</sub>=Maksimal potensiell CH<sub>4</sub>-produksjon fra gjødsla; MCF=Effekt av gjødselhåndteringssystem på B<sub>0</sub>; ρ<sub>CH<sub>4</sub></sub>=massetetthet for CH<sub>4</sub>. Foto: Marie Konstad og Nortura (2016b).

### Lystgassutslipp

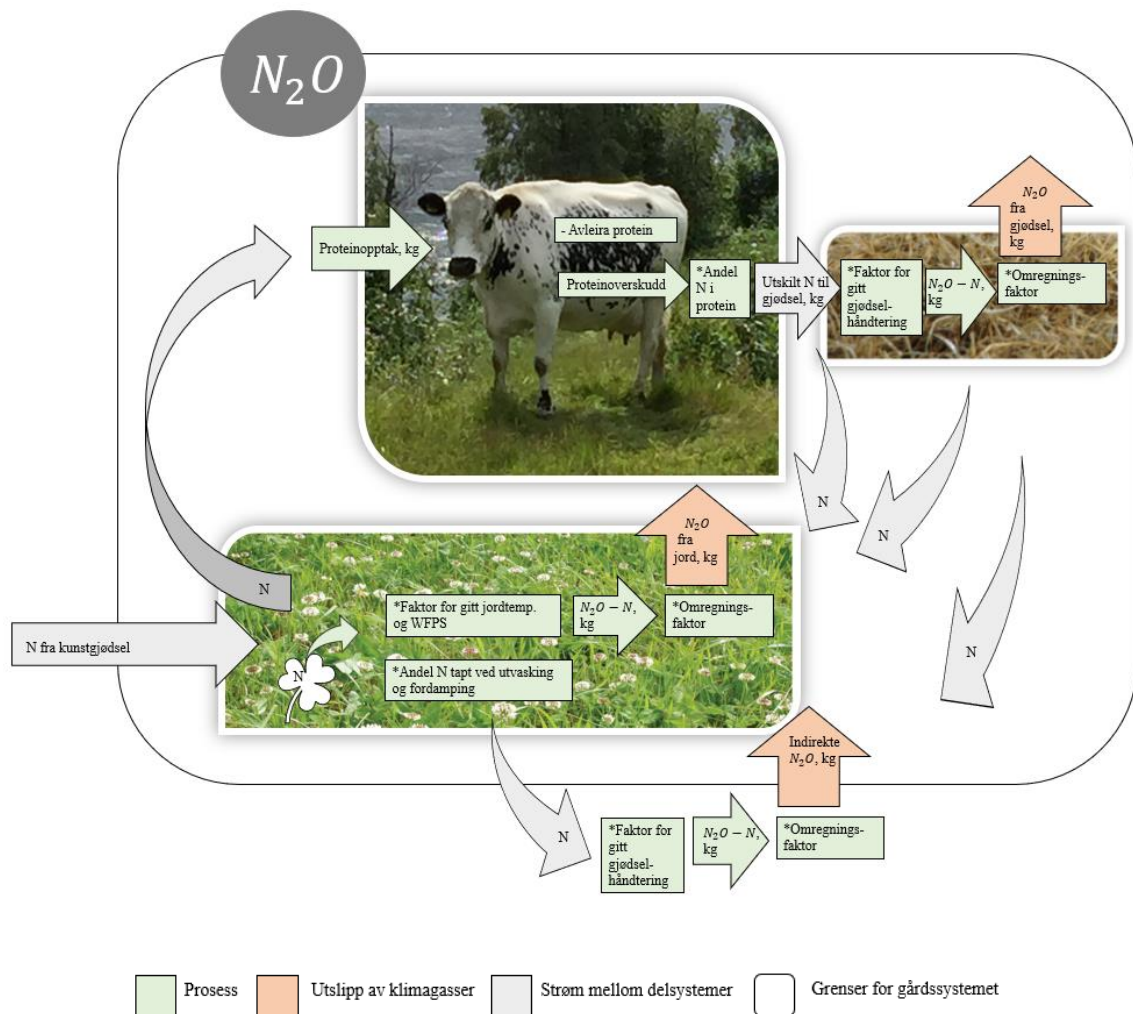
I HoloNorBeef påvirkes direkte N<sub>2</sub>O- utslipp fra gjødsla av mengde utskilt N til gjødsla og system for gjødselhåndtering (Figur 3.3; Tabell V-A.1). Direkte N<sub>2</sub>O-N fra gjødsla beregnes separat for dager på innmark, utmark og i fjøset i hver dyregruppe. Daglig utskilling av N multipliseres med antall dager på aktuell oppstalling/beite, antall dyr og en utslippsfaktor differensiert for ulike gjødselhåndteringssystem i tråd med retningslinjer fra IPCC (2006). Raten for utskilling av N beregnes som differansen mellom N-opptak gjennom fôret og N avleira i tilvekst, foster og mjølk. Proteinanvendelse beregnes som i Holo-modellen (Little et al., 2008), hvor proteininnhold i mjølk er satt til 3,5%, proteinbehovet til fosterutvikling er 5 kg protein per drektighet og proteinbehov til daglig tilvekst varierer med beregnet energi i tilveksten i tråd med NRC (2000).

I HoloNorBeef påvirkes direkte N<sub>2</sub>O fra jord av jordtemperatur ved 30cm dybde, jordas vannmetning (vannfylt porevolum, WFPS) og mengde tilført N fra planterester, husdyrgjødsel og

## Klimasmart ammekuproduksjon - Materiale og metode

mineralgjødning (Figur 3.3; Tabell V-A.1). Utslipp fra eng og innmarksbeite differensieres for vår, sommer, høst og vinter. 1% av N tilført fra planterester, husdyrgjødsel og mineralgjødning går tapt som direkte  $N_2O$  fra jord ifølge IPCC (2006). Denne andelen korrigeres i modellen ved hjelp av en indeks for hver årstid tilpasset stedsspesifikke data på temperatur og WFPS. Det tas utgangspunkt i at samlet N fra henholdsvis mineralgjødning, husdyrgjødsel og planterester fordeles utover vekstsesongen i hvert sitt respektive faste mønster for henholdsvis eng og innmarksbeite, med hovedandel av gjødsling på våren.

I HolosNorBeef påvirkes  $N_2O$ -utslipp fra utvaska og fordampa N av mengde N utskilt av dyra i husdyrgjødsel, og mengde N fra mineralgjødning og gjødselhåndteringssystem (Figur 3.3; Tabell V-A.1). Andelen av nitrogenet som fordampes fra gjødsellageret varierer med gjødselhåndteringssystem. 30% av nitrogenet som tilføres jorda forventes tapt ved avrenning og 10% av N tilført jorda på sommeren forventes å fordampe. 0,75% av N tapt ved avrenning og 1% av  $N_2O$  tapt ved fordamping, beregnes å være  $N_2O-N$  (IPCC, 2006).

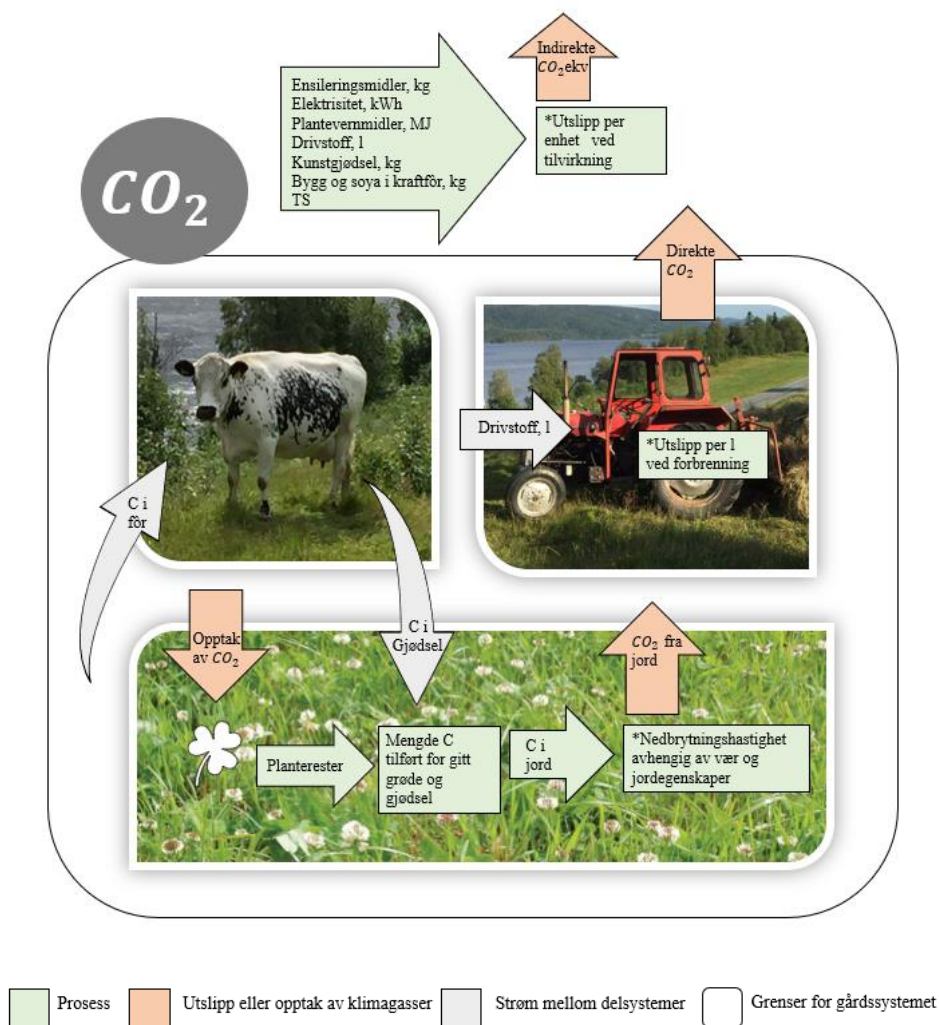


Figur 3.3 Beregning av ammekubrukets lystgassutslipp ( $N_2O$ ) med HolosNorBeef. Skjematisk framstilling basert modellbeskrivelse av Samsonstuen et al. (2019b). N= nitrogen; WFPS=vannfylt porevolum (%). Foto: Marie Konstad og Nortura (2016b).



### **Klimagassutslipp fra produksjonen av innsatsfaktorer og forbruk av drivstoff**

Per enhet diesel, elektrisitet, mineralgjødsel, ensileringsmiddel, plantevernmiddel og kraftfôr som forbrukes, beregnes det en fast mengde klimagasser knyttet til produksjonen av disse (Indirekte utslipp; Figur 3.4; Tabell V-A.1). For drivstoff kommer i tillegg et utslipp ved forbrenning på gården (direkte CO<sub>2</sub>-utslipp).



Figur 3.4 Beregning av ammekubrukets karbondioksidutslipp (CO<sub>2</sub>) og utslipp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (CO<sub>2</sub>ekv) fra tilvirkning av innsatsfaktorer med HolosNorBeef. Skjematisk framstilling basert på modellbeskrivelse av Samsonstuen et al. (2019b). Foto: Marie Konstad og Nortura (2016b)

### **Karbonbalanse i jord**

I HolosNorBeef påvirkes utslipp og opptak av CO<sub>2</sub> fra karbonbalanse i jord av tilførsel av organisk materiale gjennom gjødsel og avlingsrester, jordegenskaper og værdata (Figur 3.4; Tabell V-A.1). Til beregning av karbonbalansen i jord brukes modellen Introductory carbon balance model (ICBM) beskrevet av Andrén et al. (2004). Denne modellen er basert på to

beholdninger i jorda med henholdsvis ungt og gammelt organisk materiale. Disse to beholdningene har ulike nedbrytningshastigheter. Av det organiske materialet som tilføres jorda i form av planterester og husdyrgjødsel, vil det meste brytes ned relativt raskt. Andelen av det unge organiske materialet som overføres til beholdningen av gammelt organisk materiale (humifisering), bestemmes av en humifiseringskoeffisient. For hver gård og grøde beregnes det en egen koeffisient som tilpasser nedbrytningsgraden av organisk materiale til grad av jordbearbeiding og stedsspesifikke jord- og vær-data.

### 3.2 Beskrivelse av eksempelbrukene

Optibiff-prosjektet var et forskningsprosjekt med deltagere fra NMBU, NIBIO og Nord universitet. I prosjektet ble det samlet informasjon om 31 ammekubesetninger fra hele landet fra perioden 2010–2014 (Wetlesen, 2015; Wetlesen et al., 2020). Besetningene ble utvalgt på bakgrunn av god registrering i SFK (min. 70% registrerte avvenningsvekter i perioden), variasjon i geografisk beliggenhet, besetningsstørrelse og rasesammensetning (min. 10 mordyr av ren rase). De inkluderte besetningene var jevnt fordelt mellom rasene A. Angus, Hereford og Charolais, med 9 besetninger av hver rase. Rasene Limousin og Simmental var også representert med 2 besetninger hver. Besetningsstørrelsen varierte fra ca. 20 til ca. 130 mordyr. Besetningene ble vurdert å gi et representativt bilde av norsk ammekuproduksjon (Samsonstuen et al., 2019c).

Datamaterialet fra Optibiff ble brukt av Samsonstuen et al. (2019c) til å estimere utslippsintensitet i 27 av besetningene. Av disse besetningene ble seks eksempelbruk valgt til analyse i denne masteroppgaven (heretter kalt «besetningene»). Utvalget av besetninger til oppgaven ble gjort med fokus på variasjon i utslippsintensitet og utslippsprofil. Fordi dette er en oppgave som fokuserer på produksjonsstyring og utslipp, ble det valgt gårder fra samme geografiske område (Østlandet). Dette for at variasjonen i utslipp i størst mulig grad skal skyldes variasjon i produksjonsopplegg og ikke være påvirket av geografisk plassering. Informasjonen i Tabell 3.2–3.5 var inngangsdata til egne klimaregnskap for besetningene utført av Samsonstuen et al. (2019c). Dette klimaregnskapet utgjør basisscenario (B0) i denne oppgaven.

Beliggenhet (flatbygd vs. andre) og egenskaper ved jord og klima varierte mellom gårdene (Tabell 3.2). Bruken av eksterne innsatsfaktorer varierte også mellom gårdene (Tabell 3.3). Det samme gjorde arealbruk og avling (Tabell 3.4). Alle besetningene hadde talle som gjødselhåndteringssystem, med spredning av gjødsel på våren. Flere av besetningene hadde betydelig anvendelse av halm og utmarksbeite i tillegg til kraftfôr, og fôr fra eng og innmarksbeite (Tabell 3.4). Halm og utmarksbeite ble i hovedsak brukt til kyrne (Figur 3.5).

## Klimasmart ammekuproduksjon - Materiale og metode

Oppfôring av ungdyr, og særlig oksene, ble gjort med en høyere andel kraftfôr i rasjonen.

Besetningene var jevnt fordelt på rasene Hereford, A. Angus og Charolais, med stor variasjon i produksjonsomfang og produksjonsresultater (Tabell 3.5).

Tabell 3.2 Besetningenes naturgrunnlag.

Besetning	1	2	3	4	5	6
Region	Andre	Andre	Flatbygder	Flatbygder	Flatbygder	Flatbygder
Jordtemperatur ved 30 cm dybde (°C)						
Vinter	1,2	-1,5	-0,8	-0,3	0,1	0,6
Vår	8,0	3,4	4,9	6,0	7,3	8,1
Sommer	15,4	11,1	12,5	13,9	14,8	15,6
Høst	8,4	2,8	4,4	5,9	6,5	7,3
Vannfylt porevolum, (% , 25cm dybde)						
Vinter	75,0	81,9	70,1	54,5	77,9	76,2
Vår	60,8	68,4	58,2	43,0	62,6	61,9
Sommer	51,2	62,5	51,9	37,4	52,8	55,3
Høst	73,8	79,8	69,0	53,4	75,7	74,7
rWxrT <sup>a</sup>	1,4	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4
Organisk C i jord (kg/m <sup>2</sup> , 25 cm dybde)						
	6,2	6,5	7,4	5,3	8,5	7,9

<sup>a</sup>Korreksjonsfaktor for nedbrytningsrate av organisk materiale i jord basert på faktor for jordtemperatur (rT) og vanninnhold i jorda (rW).

Tabell 3.3 Innkjøpte innsatsfaktorer til besetningenes ammekuproduksjon.

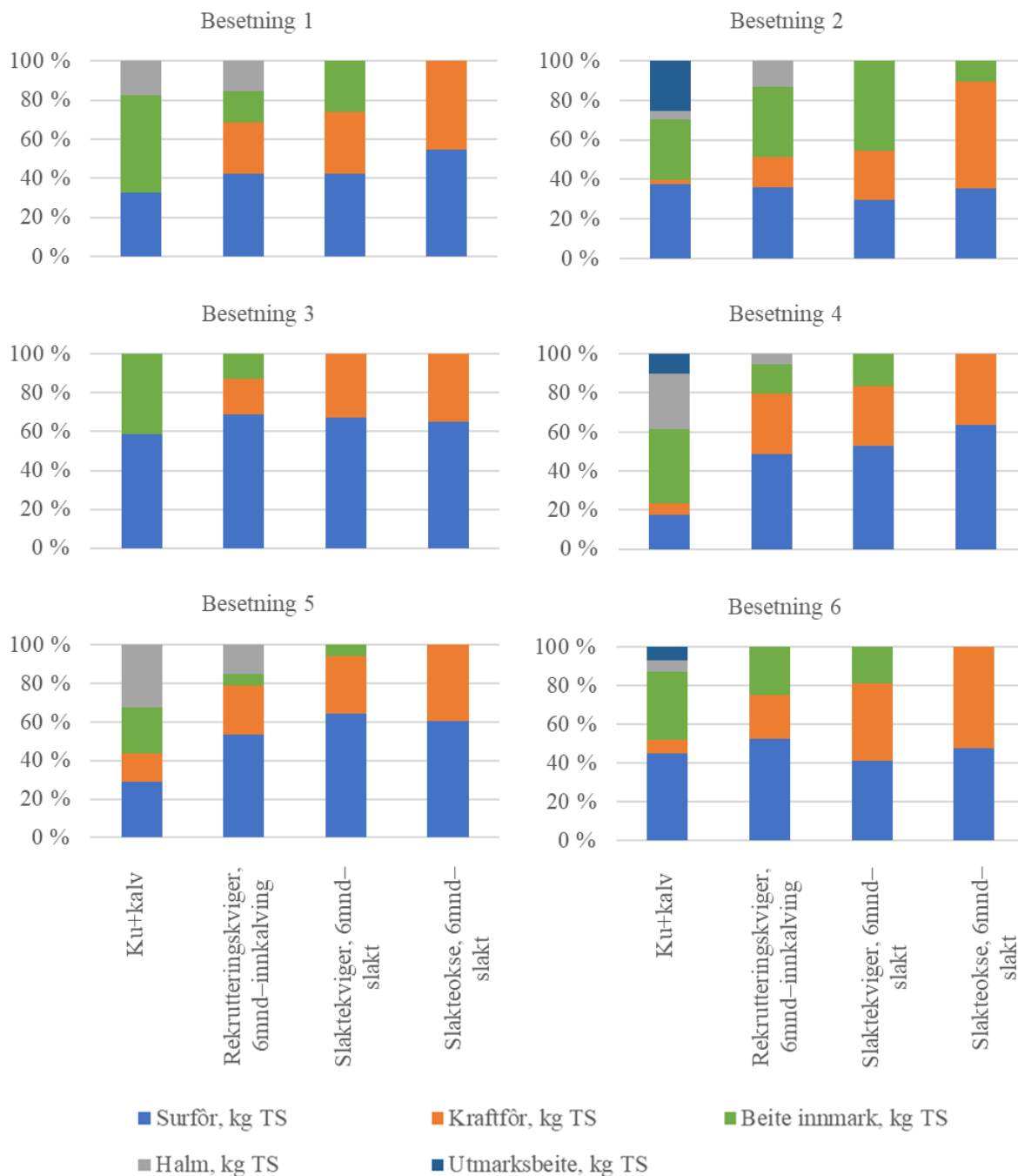
Besetning	1	2	3	4	5	6
Elektrisitet (1000 NOK)	3,6	83,4	61,0	115,7	25,5	18,5
Diesel (1000 NOK)	0,4	54,4	48,4	80,0	70,2	172,1
Ensileringsmidler (1000 NOK)	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0
Mineralgjødsel, eng (kg N/daa)	0,0	13,0	8,0	8,0	15,0	11,0
Mineralgjødsel, innmarksbeite (kg N/daa)	0,0	6,5	6,0	5,0	25,0	0,0
Plantevernmiddel per daa eng (NOK)	0,0	0,0	2,0	25,2	36,5	10,9
Kraftfôr (tonn TS/år)	12,5	25,4	42,6	30,9	31,8	168,6

## Klimasmart ammekuproduksjon - Materiale og metode

*Tabell 3.4 Besetningenes bruk av innmarksarealer, engavling og forbruk av ulike fôrmidler på besetningsnivå.*

<b>Besetning</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Engareal (daa)	673	520	354	600	209	1802
Innmarksbeite (daa)	96	30	260	255	24	531
Engavling (kg TS/daa) <sup>a</sup>	67	172	708	117	314	245
Grovfôrets energiinnhold (FEm/kg TS)						
Type 1	0,85	0,83	0,84	0,86	0,77	0,86
Type 2	0,90	0,70	0,76	0,70	0,70	0,70
Type 3	0,70	-	-	0,91	-	0,80
Fôrforbruk per år (1000 FEm)						
Beite, innmark	39,4	58,4	108,4	51,7	26	231,8
Utmarksbeite	0,0	35,5	0,0	12,6	0,0	38,7
Halm	10,5	0,0	105,6	34,2	0,0	129,8
Surfôr	36,5	72,0	91,0	47,6	72,0	258,7
Kraftfôr	13,1	28,1	44,7	32,4	33,3	210,8

## Klimasmart ammekuproduksjon - Materiale og metode



Figur 3.5 Rasjonssammensetning for ulike dyregrupper i besetningene.

Tabell 3.5 Rase, produksjonsomfang og -resultater i besetningene.

Besetning	1	2	3	4	5	6
Rase	Hereford	Hereford	A. Angus	A. Angus	Charolais	Charolais
Årskyr	16,4	34,2	55,4	28,6	20,2	119,6
Antall rekrutteringskviger per år	5,1	11,4	17,2	8,0	3,8	29,6
Dødfødte (% av kalver)	0,0	0,8	4,7	2,8	7,2	2,6
Kreperter før 180 dager (% av levendefødte)	0,0	1,3	0,7	0,0	3,1	0,0
Kalvinger per år	16,0	31,6	55,0	28,2	19,4	115,2
Tvillingfrekvens (% av kalvinger)	2,5	2,5	6,5	2,8	4,1	8,3
Innkalvingsalder (mnd)	24,5	24,6	25,7	24,3	24,5	24,9
Kalvingsintervall (år)	12,3	12,7	12,6	12,6	12,6	12,6
Fødselsvekt (kg)						
Oksekalv	42	43	42	40	44	47
Kukalv	39	42	40	39	43	44
Vekt ved 200dg. (kg)						
Oksekalv	279	272	278	287	353	285
Kukalv	252	224	261	250	310	264
Slaktevekt (kg)						
Ku	351	351	324	324	405	405
Okse	287	285	350	340	368	402
Kvige	234	169	244	242	264	227
Slaktealder (mnd)						
Okse	15,6	18,9	17,3	15,8	15,5	18,4
Kvige	20,1	19,2	16,7	15,6	17,1	16,6
Produksjon av slakt fra regnskap (tonn)	3,30	7,08	13,55	14,32	4,31	30,31
Beregnet produksjon av slakt (tonn) <sup>a</sup>	4,80	8,91	17,19	8,86	6,09	42,63

<sup>a</sup>Se kap. 3.1.1 for beskrivelse av framgangsmåte ved beregning av produksjon av slakt.

### 3.3 Simulering av klimatiltak

Ved simulering av tiltaksscenario ble det tatt utgangspunkt i eksempelbrukenes klimaregnskap utført av Samsonstuen et al. (2019c; se kap. 3.2 for inngangsdata). For hver besetning ble effekten av tre faktorer med effekt på utslippsintensiteten undersøkt. Grovfôrkvalitet i rasjonen til slakteokser ble endret i fire senario (G-scenario). Mordyras alder ble endret i tre scenario (A-scenario). Andelen kalvetap ble endret i to scenario (K-scenario). Nivåene av de ulike produksjonsstyringsfaktorene ble valgt ut for å representere spekteret man finner i norsk

ammekuproduksjon. Nivået av hver produksjonsstyringsfaktor som ga lavest utslippsintensitet ble kombinert i en tiltakspakke (Scenario T) for å finne tiltakenes samlede effekt på utslippsintensiteten.

### 3.3.1 Økt grovførkvalitet i okseoppdrettet

Det ble beregnet utslipp ved bruk av tre ulike surførkvaliteter i okseoppdrettet. Grovførkvaliteten ble endret i perioden fra avvenning (6 mnd. alder) til slakt. De tre undersøkte grovførkvalitetene var surfør høstet ved svært tidlig, tidlig og middels utviklingstrinn. Surførkvalitetene ble simulert med høy og/eller lav slaktealder. Til sammen ble fire scenario med endring av grovførkvalitet undersøkt (Tabell 3.6).

Tabell 3.6 Scenario med endring av grovførkvalitet i rasjonen til slakteokser.

Scenario	GST1	GT1	GT2	GM2
Høstetid av surfør	Svært tidlig	Tidlig	Tidlig	Middels
Slaktealder	Lav	Lav	Høy	Høy

Grovførkvalitetene ble basert på forsøk av Randby et al. (2010; Tabell 3.7; Tabell V-B.1), som undersøkte hvilke produksjonsresultater man kunne oppnå i oppføring av NRF-slakteokser med bruk av surfør høstet ved tidlige utviklingstrinn. For surfør høstet svært tidlig og tidlig var det dominerende fenologiske utviklingsstadiet stengelstrekking med to synlige noder (surfør høstet svært tidlig) og tre synlige noder (surfør høstet tidlig). Surfør med middels høstetid ble høstet ved begynnende skyting, med synlige aks, men uten aksstilk. Graset ble fortørka i godt vær og konservert i rundballer tilsatt et maursyrebasert ensileringsmiddel. Resultatet av konserveringa var ei restriktiv gjæring for alle høstetider.

Tabell 3.7 Grovførkvaliteter undersøkt av Randby et al. (2010). Avling, bruk av ensileringsmiddel i produksjonen, kjemisk analyseresultat og energiverdi.

Høstetid	Svært tidlig	Tidlig	Middels
Avling (kg TS/daa)	370	510	620
Dosering ensileringsmiddel (l/t)	4,40	4,27	4,27
Tørrstoffinnhold (g/kg)	299	271	322
Organisk materiale (g/kg TS)	927	929	935
Råprotein (g/kg TS)	166	145	113
Nettoenergi, tilvekst (NEG, MJ/kg TS)	7,08	6,44	5,49

Avlingsnivå per år (alle slåtter inkludert) for grovfôr med middels, tidlig og svært tidlig høstetid ble satt til henholdsvis 1112, 1062 og 886 kg TS/daa (Åby et al., 2019). Ved beregning av oksenes behov for engareal ble det tatt utgangspunkt i dette avlingsnivået, oksenes beregnede fôropptak og et tap av tørrstoff ved ensilering på 10%. Det ble gjødslet med 6,9 kg N per daa før slått (Randby et al., 2010). Dette medfører samlet gjødsling med 20,7 kg N/daa/år på eng med treslåttsystem (svært tidlig og tidlig høstet grovfôr) og 13,8 kg N/daa/år på eng med toslåttsystem (grovfôr med middels høstetid; Åby et al., 2019). HolosNorBeef trenger informasjon om fôrmidlenes innhold av fôrenheter. Et anslag på FEM-innhold ble funnet ved å dividere nettoenergiinnhold (Tabell 3.7) med 6,9 (1 FEM = 6900 kJ NE<sub>i</sub>; Ekern et al., 1991). Til fordeling av den totale bruken av ensileringsmidler i B0 på oksene og øvrig produksjon, ble andelen TS-opptak for okser brukt som fordelingsnøkkel. Da utslippsfaktoren tilknyttet produksjon av ensileringsmidler er på kg-basis ble dosering oppgitt i liter omregnet til kg ved hjelp av den relative tettheten til GrasAAT Lacto (1.272 kg/dm<sup>3</sup>; Addcon, 2009).

Kraftfôrnivået i G-scenarioene ble holdt konstant lik nivået i B0. Det benyttes samme kraftfôrtype i tiltaksscenario som tildeles oksene i B0. Dette er det samme kraftfôret for alle besetningene, med fôrenhetskonsentrasjon på 1,05 FEM per kg TS, 150 g råprotein per kg TS, 65 g aske per kg TS og fordøyelighet av bruttoenergi (DE%) på 75,5%.

Fødselsvekt, 200-dagersvekt og slaktevekt ble holdt konstant lik vekt i B0 for alle G-scenario. Slaktealder ble beregnet med Ligning 1.

$$\text{Slaktealder (dager)} = \frac{(\text{Slaktevekt (kg)} - (\frac{\text{Fødselsvekt (kg)}}{2}))}{\text{Slaktetilvekst i SFK (kg per dag)}} \quad 1$$

Slaktealderen ble beregnet med to nivåer slaktetilvekst: (1) slaktetilveksten tilsvarer gjennomsnitt for tredjedelen av registreringer i SFK med høyest slaktetilvekst (scenarioer GST1 og GT1), og (2) slaktetilveksten tilsvarer gjennomsnitt for tredjedelen av registreringer i SFK med lavest slaktetilvekst (scenarioer GT2 og GM2). Høyeste/laveste slaktetilvekst (g/dag) var 641/414 for Hereford, 799/535 for Charolais og 650/413 for A. Angus (Animalia, 2019b). Vekt ved 365 dager ble funnet ved å benytte ligninger for beregnet kroppsvekt og beregnet gjennomsnittlig daglig tilvekst (Åkerlind et al., 2011; Figur V-C.1).

### **Alternativ beregning av fôropptak**

Rasjonene beregnet med HolosNorBeef ble vurdert mot alternative fôrrasjoner funnet med rasjonsoptimeringsprogrammet TINE OptiFôr Ungdyr, basert på fôrvurderingssystemet NorFor (Volden, 2011; Tabell V-D.1). Ved optimering ble det brukt standard-innstillinger for inkluderte



optimeringsvariabler og ernæringsmessige krav til rasjonen: energi-balanse mellom 100 og 101% , minstekrav til AAT/NEG for tilvekst (g/MJ) basert på kroppsvekt og tilvekst (Nielsen & Volden, 2011), PBV mellom 0 og 55 gram per kg TS, vom-belastning under 0,60 g/g NDF og fylleverdi (FV) i tråd med oksenes opptakskapasitet.

Beregnet kroppsvekt og tilvekst (Figur V-C.1) fra siste dag i mnd., ble lagt inn i Tine Optifôr Ungdyr. Slaktealder ble avrundet til måneder som i Input-modellen i HolosNorBeef. Ved innlegging av fôrkvalitetene i programmet, ble det tatt utgangspunkt i tre fôrmidler fra NorFor fôrmiddeltabell som skal representere surfôr av blandingseng med henholdsvis svært tidlig (fôrmiddel 006-0460), tidlig (fôrmiddel 006-0461) og middels høstetid (fôrmiddel 006-0462; Eurofins Agro, 2018). Disse ble redigert til å stemme med resultater fra kjemiske analyser, fordøyelighetsforsøk med sau og in sacco nedbrytning (Randby et al., 2010; Tabell V-B.1). Pris og innhold av fettsyrer, mineraler og aminosyrer ble beholdt lik de respektive fôrmidlene i NorFor fôrmiddeltabell.

### 3.3.2 Optimal alder på mordyr

Det ble beregnet utslipp i scenarioer med utrangering av kyr til tre ulike aldre. Gjennomsnittlig antall kalvinger før utrangering for de tre nivåene var henholdsvis 1,5, 4,0 og 7,5 (Tabell 3.8). I scenario A1 utføres 50% av utrangeringer etter avvenning av første kalv og 50% etter avvenning av andre kalv. I øvrige scenario utføres alle utrangeringer etter avvenning i kategorien tredjekalvskyr og eldre.

Tabell 3.8 Scenario med endring av alder på mordyr.

Scenario	A1	A2	A3
Kalvinger per ku	1,5	4,0	7,5
Andel av utrangeringer (%)			
Førstekalvskyr	50	-	-
Andrekalvskyr	50	-	-
Tredjekalvskyr og eldre	-	100	100

Effekten av mordyras alder på antall dyr i ulike dyregrupper (besetningsstruktur) ble beregnet separat fra modellen og lagt inn manuelt (Ligning 5–11 og Figur V-E.1, Vedlegg E).

Beregningene ble basert på følgende forutsetninger:

- Antall årskyr = antall årskyr i B0.
- Innkalvingsalder = 2 år
- Kalvingsintervall = 1 år
- Avvenning ved 6 mnd. alder (1. oktober).
- Utrangeringer skjer ved avvenning (1. oktober).
- Inneførringsperiode fra 1.okt. til 31. mars.
- Beite- og dieperiode fra 1. april til 30. september.

Effekten av mordyras alder på vekten av kuskalvt ble funnet ved å beregne et vektet snitt basert på gjennomsnittlig slaktevekt for dyrekategori og rase i Animalias slaktestatistikk. Følgende gjennomsnittlige slaktevekter (kg) ble benyttet (Animalia, 2019a): 260/313 kg for Hereford Ung Ku/Ku, 252/299 kg for A. Angus Ung Ku/Ku og 301/363 kg for Charolais Ung Ku/Ku.

For å ta hensyn til betydningen av paritet for kalvingsvansker og dødfødsler, ble det antatt 2,5 ganger høyere andel dødfødsler for kviger sammenligna med kyr i tråd med resultater fra Lystad et al. (2009). Dødfødte (%) for kalver av kyr med  $\geq 2$  kalver i B0 ble dermed beregna ved Ligning 3 og andel dødfødsler for førstegangskalvere satt lik 2,5 ganger resultatet. Beregna andel dødfødsler i B0 ble holdt konstant innen kategoriene 'førstegangskalvere' og 'kyr med  $\geq 2$  kalver' i A-scenarioene, slik at samlet andel dødfødsler i besetningen påvirkes av antall kyr i disse kategoriene.

$$\begin{aligned} & \text{Dødfødsler for kyr med 2 kalver og flere i B0 (andel)} \\ & = \frac{\text{Dødfødsler i B0 (andel)} * \text{antall fødte kalver per år i B0}}{2,5 * \text{Antall fødte kalver av kviger} + \text{antall fødte kalver av kyr}} \end{aligned} \quad 3$$

Avvenningsvekter til kalver av førstegangskalvere og andregangskalvere ble beregnet til henholdsvis 90 og 95% av avvenningsvekter til kalver fra kyr med paritet  $> 2$  i henhold til Szabó et al. (2006). Med utgangspunkt i registrerte 200-dagersvekter ble det beregna egne 200-dagersvekter for oksekalver og kukalver i kategoriene førstegangskalvere, andregangskalvere og kyr med  $> 2$  kalver i B0. Disse vektene ble holdt konstant innen kategori for A-scenarioene slik at gjennomsnittlige avvenningsvekter i besetningen ble påvirket av antall kyr i ulike pariteter. Avvenningsvekt i B0 for kalver fra kyr med flere enn to kalver ble beregna ved Ligning 4.

$$Avvenningsvekt_{>2} = \frac{200\text{dg. vekt} * \text{Kalver per år}}{\text{Kalver}_{>2} + 0,95 * \text{Kalver}_2 + 0,9 * \text{Kalver}_1}$$

Hvor:

Avvenningsvekt<sub>>2</sub> = Avvenningsvekt for kalver fra kyr med tre kalver eller flere, kg

200dg. vekt = Gjennomsnittlig avvenningsvekt fra registreringer i besetningen, kg

Kalver per år = Antall kalver i besetningen per år

Kalver<sub>>2</sub> = Beregna antall kalver per år i B0 fra kyr med tre kalver eller flere

Kalver<sub>2</sub> = Beregna antall kalver per år i B0 fra andregangskalvere

Kalver<sub>1</sub> = Beregna antall kalver per år i B0 fra førstegangskalvere

Gårdens arealer ble tilpasset beregnet fôrbehov. Andelen av beite (kg TS) på innmarksarealer fra innmarksbeite versus fulldyrka eng holdes konstant lik B0 for A-scenarioene. Avling og bruk av gjødsel og plantevernmidler per arealenhet, og ensileringsmidler per kg TS surfôr produsert, holdes konstant lik B0 i hver enkelt besetning. Det ble ikke beregnet arealbehov knyttet til produksjonen av halm og utmarksbeite.

### 3.3.3 Redusert kalvetap

Det ble beregnet utslipp med to nivåer kalvetap på henholdsvis 0% (K1) og 20% (K2). Det ble forutsatt et likt antall kreperte og dødfødte kalver. I scenarioene ble det antatt at endring i kalvetap er et resultat av forhold som har liten påvirkning på klimagassutslipp. Større kalvetap gir færre potensielle rekrutteringskviger, og dermed må en høyere andel av kvigene rekrutteres som mordyr. Effekten av kalvetap på andel kviger til påsett beregnes ved Ligning 5 og Ligning 8–10 (Vedlegg E). Besetningens samlede fôrbehov påvirker arealbehovet av både innmarksbeite og fulldyrka eng. Andelen av beite (kg TS) på innmarksarealer fra innmarksbeite versus fulldyrka eng holdes konstant lik B0 i K-scenario. Avling og bruk av gjødsel og plantevernmidler per arealenhet, og ensileringsmidler per kg TS surfôr produsert, ble holdt konstant innen hver besetning. Det ble ikke beregnet arealbehov knyttet til produksjonen av halm og utmarksbeite.

### 3.3.4 Tiltakspakke

For hver besetning ble utslippintensiteten undersøkt ved å kombinere tiltak. Det nivået av hver faktor som ga den laveste utslippintensiteten ble valgt til tiltakspakken (GST1, A1 og K1). Det henvises til tidligere kapitler for detaljert beskrivelse av scenarioene og framgangsmåte for beregninger av inngangsdata. Da laveste undersøkte alder på mordyr (A1) ga behov for innkjøp av rekrutteringskviger i alle besetninger, ble alder på mordyr økt til laveste alder som tilfredsstillende krav om at samtlige rekrutteringskviger kommer fra egen besetning som

forutsetning. Denne alderen ble funnet ved problemløser-funksjonen i Microsoft Excel. Det ble forutsatt at 1/3 av utrangeringer forekommer i hver av de tre ku-kategoriene i modellen.

### 3.4 Fordeling av utslipp på dyregrupper

For å få bedre forståelse av virkemåten til tiltakene, ble utslippene fordelt på 4 dyregrupper:

- Slakteokser fra avvenning til slakt
- Slaktekviger fra avvenning til slakt
- Rekrutteringskviger fra avvenning til innkalving
- Kyr og kalver (fra kalving tom. avvenning)

Besetningens samlede utslipp fra fôrproduksjonen og indirekte utslipp ble fordelt etter ulike fordelingsnøkler framstilt i Tabell 3.9.

Tabell 3.9 Fordeling av utslipp i fôrproduksjonen og indirekte utslipp på dyregrupper.

Utslippskilde	Fordelingsnøkkel
Jord N <sub>2</sub> O	
Eng	Andel av engareal til fôrproduksjon i dyregruppen
Innmarksbeite	Andel av innmarksbeiteareal til beite i dyregruppen
Indirekte N <sub>2</sub> O	
Eng	Andel av engareal til fôrproduksjon i dyregruppen
Innmarksbeite	Andel av innmarksbeiteareal til beite i dyregruppen
Karbonbalanse	
Eng	Andel av engareal til fôrproduksjon i dyregruppen
Innmarksbeite	Andel av innmarksbeiteareal til beite i dyregruppen
Indirekte CO <sub>2</sub>	
Elektrisitet	Andel av surfôr (kg TS) som forbrukes av dyregruppen
Mineralgjødsel	
Eng	Andel av engareal til fôrproduksjon i dyregruppen
Innmarksbeite	Andel av innmarksbeiteareal til beite i dyregruppen
Kraftfôr	Andel av kraftfôr (kg TS) som forbrukes i dyregruppen
Drivstoff	Andel av engareal til fôrproduksjon i dyregruppen
Plantevernmiddel	Andel av engareal til fôrproduksjon i dyregruppen
Ensileringsmiddel	Andel av surfôr (kg TS) som forbrukes av dyregruppen
Direkte energi CO <sub>2</sub>	Andel av engareal til fôrproduksjon i dyregruppen

## 4 Resultater

### 4.1 Inngangsdata for tiltaksscenario

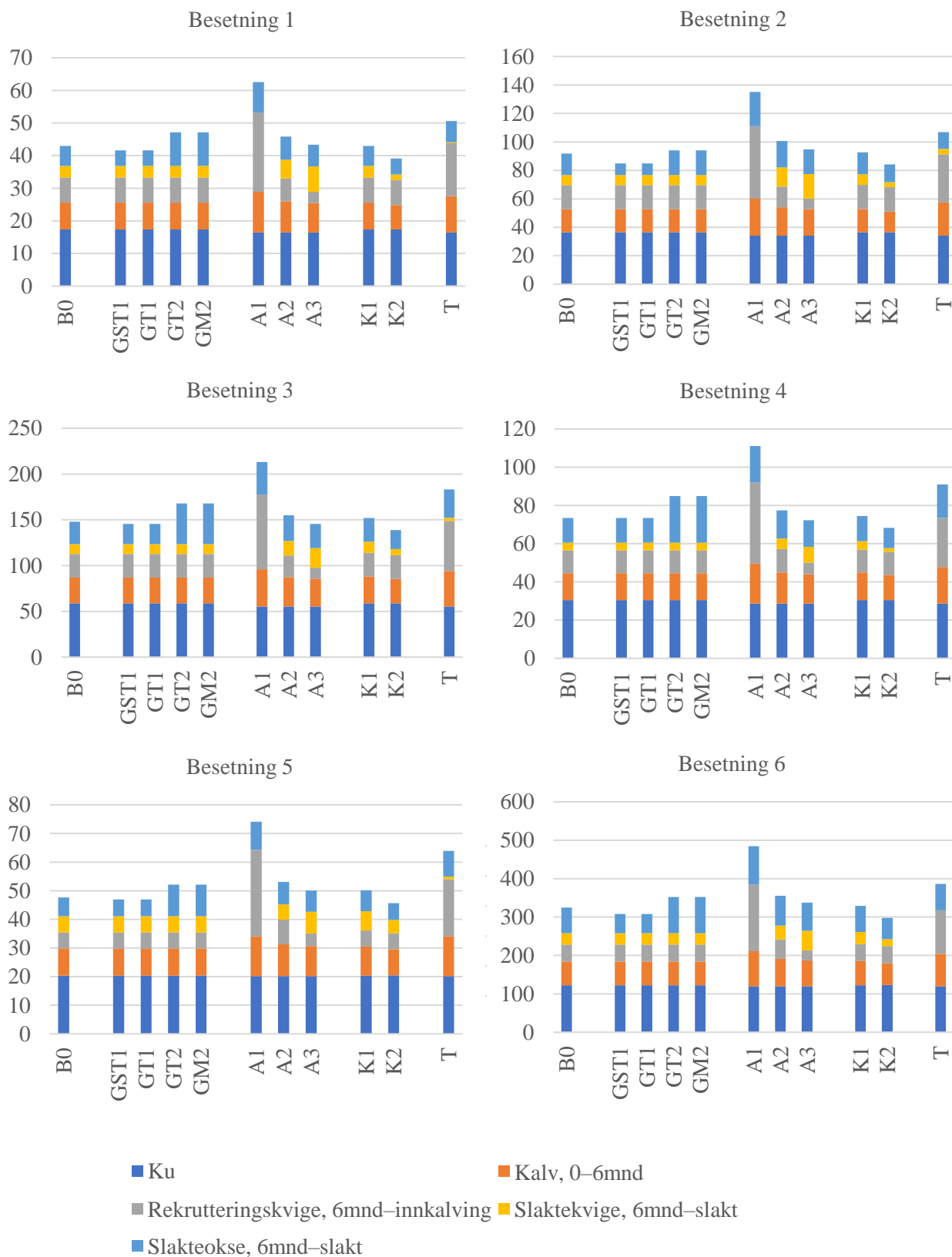
Tiltaksscenarioene hadde en rekke effekter i produksjonssystemet, blant annet på produksjonen av slakt (Tabell 4.1), antall dyr (Figur 4.1), fôropptak (Figur V-F.1; Figur V-F.2), fôreffektivitet (Figur V-F.3) og arealbehov (Vedlegg G). Antall årsokser var lavere i G-scenario med lav sammenligna med høy slaktealder, men produksjonsvolumet av slakt ble ikke påvirket av G-scenario. Redusert alder på mordyr (A1 vs. A3) og redusert kalvetap (K1 vs. K3) medførte flere kalver til framføring og økt produksjon av slakt med samme antall årskyr.

Tabell 4.1 Produksjon av slakt (tonn) i alle besetninger og scenario.

Besetning	B0	GST1	GT1	GT2	GM2	A1	A2	A3	K1	K2	T
1	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	6,77	5,29	4,80	4,80	3,91	6,21
2	8,91	8,91	8,91	8,91	8,91	13,73	9,89	8,66	9,05	7,55	12,52
3	17,19	17,19	17,19	17,19	17,19	23,66	19,07	17,64	18,07	14,65	23,20
4	8,86	8,86	8,86	8,86	8,86	12,46	9,96	9,18	9,10	7,33	11,59
5	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	8,89	7,18	6,54	6,72	5,42	9,35
6	42,63	42,63	42,63	42,63	42,63	63,32	48,88	44,06	43,60	35,78	59,86

*B0=basisscenario; GST1=scenario med svært tidlig høstet grovfôr og lav slaktealder i okseoppdrettet; GT1=tidlig høstet grovfôr i kombinasjon med lav slaktealder i okseoppdrettet; GT2=tidlig høstet grovfôr i kombinasjon med høy slaktealder i okseoppdrettet; GM2=grovfôr med middels høstetid i kombinasjon med høy slaktealder i okseoppdrettet; A1=mordyr kalver 1,5 ganger før utrangering; A2=mordyr kalver 4 ganger før utrangering; A3=mordyr kalver 7,5 ganger før utrangering; K1=0% kalvetap, K2=20% kalvetap; T=tiltaks pakke.*

## Klimasmart ammekuproduksjon - Resultater



Figur 4.1 Antall årsdyr (fôringsdager/365) fordelt på dyregrupper, besetninger og ulike scenario: basisscenario (B0); scenario med svært tidlig høstet grovfôr (GST), tidlig høstet grovfôr (GT) og grovfôr med middels høstetid (GM) i kombinasjon med lav (GST1 og GT1) eller høy (GT2 og GM2) slaktealder i okseoppdrettet; scenario hvor mordyr kalver hhv. 1,5 (A1), 4 (A2) og 7,5 (A3) ganger før utrangering; scenario med kalvetap på hhv. 0 (K1) og 20% (K2); scenario med kombinasjon av tidlig høstet grovfôr og lav slaktealder i okseoppdrettet, lav alder på mordyr og fravær av kalvetap (T).

## 4.2 Klimagassutslipp

### 4.2.1 Utslippsnivå

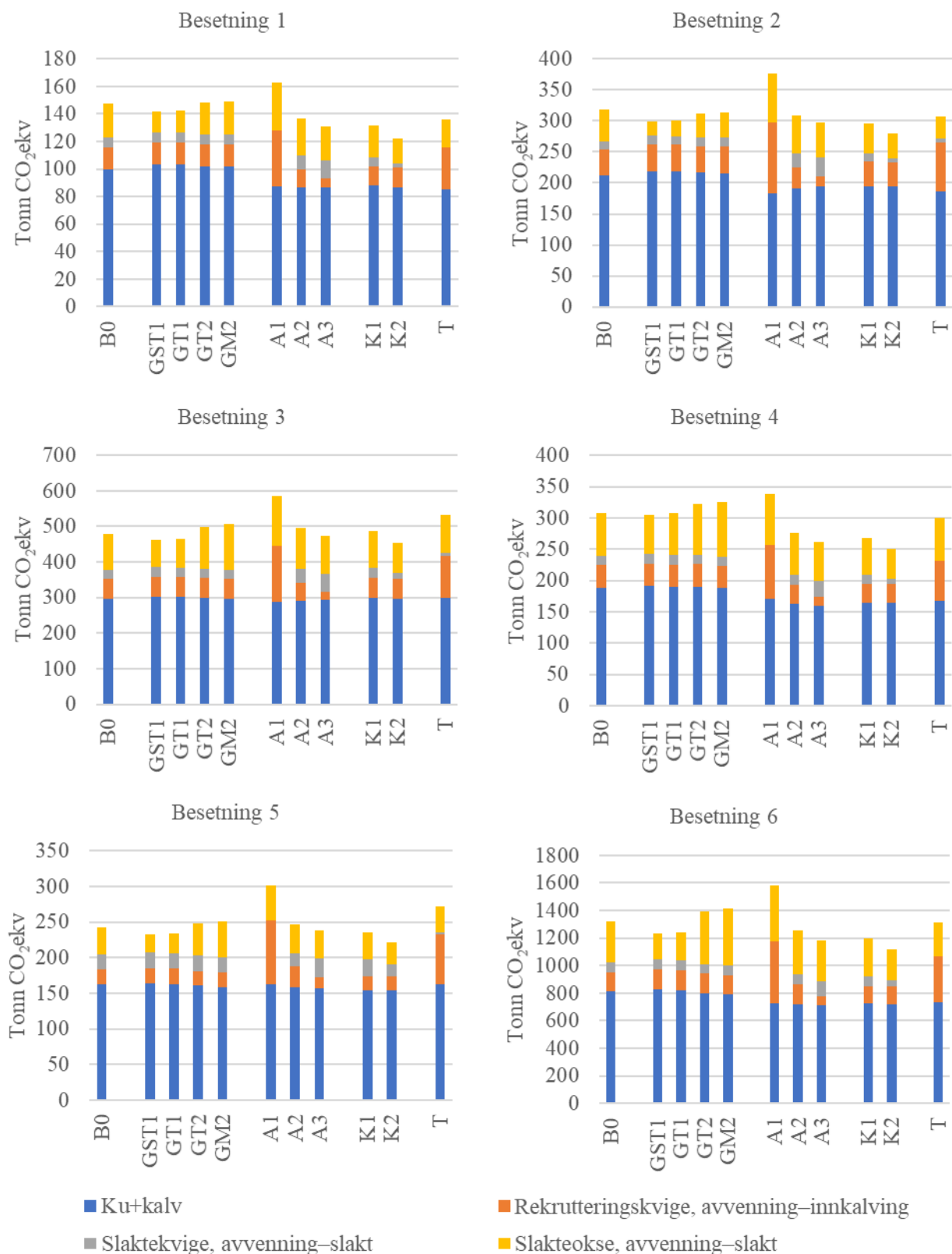
Høy grovfôrkvalitet i okseoppdrettet (GST1, GT1 og GT2) ga lavere utslippsnivå (Tabell 4.2; Figur 4.2) sammenligna med grovfôr av middels kvalitet (GM2). Reduksjonen i utslippsnivå var størst når den økte grovfôrkvaliteten ble kombinert med en reduksjon i slaktealder. Lav alder på mordyr ga høyere utslipp sammenligna med høyere alder. Fravær av kalvetap (K1) ga høyere utslippsnivå sammenligna med 20% kalvetap (K2). Utslippsnivået ved tiltakspakken var lignende det man fant i B0 (for noen besetninger noe høyere, og for noen noe lavere).

Tabell 4.2 Utslippsnivå (Tonn CO<sub>2</sub>ekv) i alle besetninger og scenario.

Besetning	B0	GST1	GT1	GT2	GM2	A1	A2	A3	K1	K2	T
1	147,27	141,51	142,34	148,33	149,17	162,58	136,66	130,88	131,25	122,22	136,09
2	317,52	299,45	300,98	311,24	312,60	376,60	308,01	297,17	296,37	279,36	306,40
3	477,55	461,42	465,88	499,28	507,60	585,20	494,66	473,69	488,29	453,68	531,97
4	308,59	305,41	307,84	321,63	325,64	338,51	276,21	261,33	268,52	251,20	299,89
5	242,21	233,11	234,12	248,33	251,31	301,13	246,75	237,71	235,76	221,60	272,01
6	1317,94	1234,86	1240,03	1394,51	1415,85	1579,96	1258,56	1181,80	1199,06	1118,16	1313,15

*B0=basisscenario; GST1=scenario med svært tidlig høstet grovfôr og lav slaktealder i okseoppdrettet; GT1=tidlig høstet grovfôr i kombinasjon med lav slaktealder i okseoppdrettet; GT2=tidlig høstet grovfôr i kombinasjon med høy slaktealder i okseoppdrettet; GM2=grovfôr med middels høstetid i kombinasjon med høy slaktealder i okseoppdrettet; A1=mordyr kalver 1,5 ganger før utrangering; A2= mordyr kalver 4 ganger før utrangering; A3=mordyr kalver 7,5 ganger før utrangering; K1= 0% kalvetap; K2=20% kalvetap; T=tiltakspakke.*

## Klimasmart ammekuproduksjon - Resultater



Figur 4.2 Utslippsnivå fordelt på dyregrupper i ulike scenario: basisscenario (B0); scenario med svært tidlig høstet grovfôr (GST), tidlig høstet grovfôr (GT) og grovfôr med middels høstetid (GM) i kombinasjon med lav (GST1 og GT1) eller høy (GT2 og GM2) slaktealder i okseoppdrettet; scenario hvor mordyr kalver hhv. 1,5 (A1), 4 (A2) og 7,5 (A3) ganger før utrangering; scenario med kalvetap på hhv. 0 (K1) og 20% (K2); scenario med kombinasjon av tidlig høstet grovfôr og lav slaktealder i okseoppdrettet, lav alder på mordyr og fravær av kalvetap (T).



#### 4.2.2 Utslippsintensitet

Høy grovfôr kvalitet i okseoppdrettet (GST1, GT1 og GT2) ga lavere utslippsintensitet (Tabell 4.3; Figur 4.3; Tabell V-H.1) sammenligna med grovfôr av middels kvalitet (GM2).

Reduksjonen i utslippsintensitet var størst når den økte grovfôr kvaliteten ble kombinert med en reduksjon i slaktealder. Lav alder på morder ga lavere utslippsintensitet sammenligna med høyere alder. Fravær av kalvetap (K1) ga lavere utslippsintensitet sammenligna med 20% kalvetap (K2). Tiltakspakken ga store reduksjoner i utslippsintensitet fra B0 (min 17,5%, maks 31,4%). Av enkelttiltak var det lav alder på morder (A1) som ga den største reduksjonen i utslippsintensitet fra B0 (min 11,0%, maks 23,0%).

Hvilke faktorer som hadde størst betydning for utslippsintensiteten varierte for besetningene. I besetning nr. 1, 3, 4 og 5 var det kalvetap som hadde størst effekt på utslippsintensiteten. For disse besetningene medførte en reduksjon i kalvetap (K2–K1) en reduksjon i utslippsintensitet på mellom 12,5 og 14,1% (Figur V-H.3). I besetning nr. 2 var det alder på morder som hadde størst effekt på utslippsintensiteten (20,0% reduksjon ved å gå fra A3 til A1; Figur V-H.2). I besetning nr. 6 var det grovfôr kvalitet i okseoppdrettet som hadde størst effekt (12,8% reduksjon ved å gå fra GM2 til GST1; Figur V-H.1).

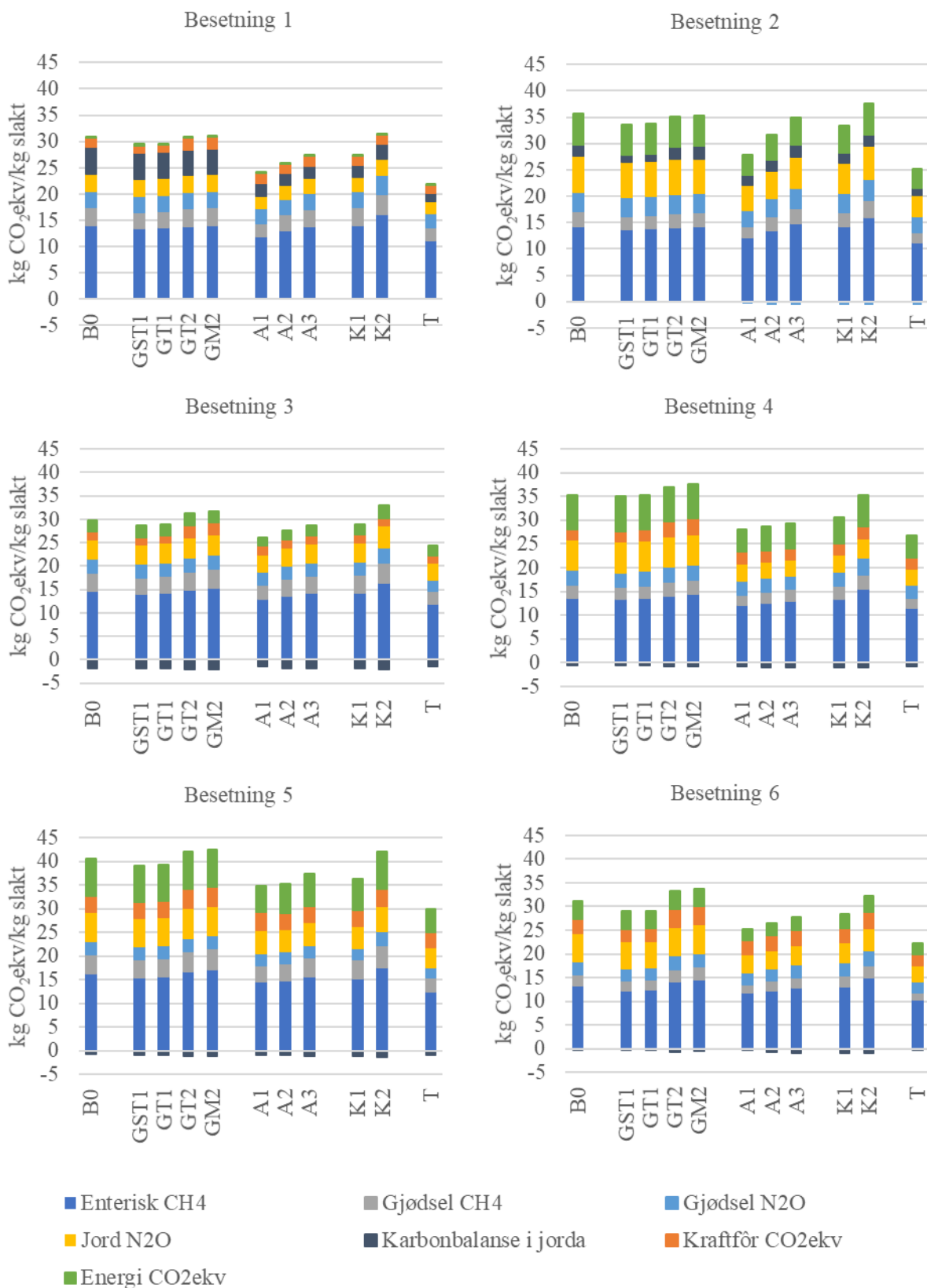
## Klimasmart ammekuproduksjon - Resultater

Tabell 4.3 Utslippsintensitet (kg CO<sub>2</sub>ekv/kg slakt) i alle besetninger og scenario.

Besetning	B0	GST1	GT1	GT2	GM2	A1	A2	A3	K1	K2	T
1	30,67	29,47	29,64	30,89	31,07	24,01	25,83	27,25	27,33	31,24	21,91
2	35,65	33,62	33,79	34,94	35,10	27,44	31,15	34,30	32,76	36,99	24,47
3	27,79	26,85	27,11	29,05	29,53	24,73	25,94	26,86	27,02	30,97	22,93
4	34,83	34,47	34,74	36,30	36,75	27,16	27,73	28,48	29,52	34,26	25,88
5	39,79	38,29	38,46	40,79	41,28	33,86	34,37	36,33	35,09	40,87	29,10
6	30,92	28,97	29,09	32,71	33,21	24,95	25,75	26,83	27,50	31,25	21,94

*B0=basisscenario; GST1=svært tidlig høstet grovfôr og lav slaktealder i okseoppdrettet; GT1=tidlig høstet grovfôr i kombinasjon med lav slaktealder i okseoppdrettet; GT2=tidlig høstet grovfôr i kombinasjon med høy slaktealder i okseoppdrettet; GM2=grovfôr med middels høstetid i kombinasjon med høy slaktealder i okseoppdrettet; A1=mordyr kalver 1,5 ganger før utrangering; A2=mordyr kalver 4 ganger før utrangering; A3=mordyr kalver 7,5 ganger før utrangering; K1=0% kalvetap, K2=20% kalvetap; T=tiltaksplanke.*

## Klimasmart ammekuproduksjon - Resultater



Figur 4.3 Utslippsintensitet fordelt på utslippskilder i ulike scenarier: basisscenario (B0); scenarier med svært tidlig høstet grovfôr (GST), tidlig høstet grovfôr (GT) og grovfôr med middels høstetid (GM) i kombinasjon med lav (GST1 og GT1) eller høy (GT2 og GM2) slaktealder i okseoppdrettet; scenarier hvor morder kalver hhv. 1,5 (A1), 4 (A2) og 7,5 (A3) ganger før utrangering; scenarier med kalvetap på hhv. 0 (K1) og 20% (K2); scenarier med kombinasjon av tidlig høstet grovfôr og lav slaktealder i okseoppdrettet, lav alder på morder og fravær av kalvetap (T).

## 5 Diskusjon

### 5.1 Tiltakenes virkemåte

#### 5.1.1 Produktivitet, føreffektivitet og utslippsintensitet

Utslipp forbundet med hold av mordyr utgjør en stor andel av utslippene på ammekubruket (Beauchemin et al., 2010). I denne oppgaven sto dyregruppen kyr og kalver tom. avvenning for 61–68% av besetningenes utslippsnivå (kg CO<sub>2</sub>ekv) i B0. Beauchemin et al. (2010) fant at ca. 80% av samla utslipp, og 84% av enterisk CH<sub>4</sub>, kom fra ku og kalv, og konkluderte med at tiltak for reduserte utslipp fra spesialisert storfekjøttproduksjon bør rettes mot enterisk CH<sub>4</sub> fra mordyra.

Eldre mordyr produserer mye klimagasser, men relativt mindre tilvekst sammenligna med ungdyr. 26,4–44,1% av totalt produksjonsvolum av slakt i B0 var kuskukt. Ressursbruk og klimagasser forbundet med hold av avlsdyr kan ansees som «faste kostnader» i systemet («breeding overhead»; Gerber et al., 2013). Produksjonsmetoder som øker forholdet mellom produsert slakt og antall mordyr fordeler utslipp fra mordyra på flere kg slakt, og reduserer utslippsintensiteten. Dette kan oppnås både ved å redusere antall mordyr som trengs for å opprettholde et fast produksjonsvolum av slakt, eller øke produksjonen fra samme antall mordyr (Gerber et al., 2013).

Da antall årskyr er konstant for hver besetning i alle undersøkte scenario, har scenarioer med økt produksjonsvolum av slakt også økt produktivitet for mordyra (i form av produksjon av slakt per årsku). Produksjonen av slakt økte både ved redusert alder på mordyr og redusert kalvetap (Tabell 4.1). Økt grovførkvalitet i kombinasjon med lavere slaktealder i okseoppdrettet økte produktiviteten i okseoppdrettet (kg slakt/årsokse), men ikke produktiviteten for mordyra (konstant produksjon av slakt i G-scenario). I tiltakspakken økte produktiviteten både fra mordyr og okser relativt til B0.

I produksjon på drøvtyggere er det ofte samsvar mellom produktivitet, produksjonseffektivitet og utslippsintensitet (Gerber et al., 2013). Dette kan forklares med prinsippet om «uttynning av vedlikehold» («dilution of maintenance»; Capper, 2012). Dette konseptet går ut på at andelen av næringsbehovet som går til ikke-produktive formål, som ulike fysiologiske vedlikeholdsprosesser, utgjør en mindre andel i intensiv sammenligna med ekstensiv produksjon. Produksjonen er dermed mer føreffektiv. Økt føreffektivitet (Figur V-F.3) kan dermed være en forklaring på redusert utslippsintensitet både ved redusert alder på mordyr, redusert kalvetap og økt grovførkvalitet. Konseptet om «uttynning av vedlikehold» gjelder både på besetningsnivå og

individnivå. I tillegg bidrar metodene som anvendes for å oppnå produktivitetsøkningen i seg selv ofte til utslippsreduksjoner, for eksempel ved økt fôrkvalitet (Gerber et al., 2013).

### **5.1.2 Virkning på de ulike utslippskildene**

#### ***Økt grovfôrkvalitet i okseoppdrettet***

Utslippskildene som i størst grad sto for reduksjonen i utslipp ved økt grovfôrkvalitet er enterisk CH<sub>4</sub>, gjødsel CH<sub>4</sub> og kraftfôr CO<sub>2</sub>ekv (Figur V-H.1). Reduksjonen i enterisk CH<sub>4</sub> og gjødsel CH<sub>4</sub> kan tilskrives kortere framfôringstid, redusert fôropptak ved økt energiverdi av grovfôret (se kap. 5.3.3) og bedre fordøyelighet av rasjonen (redusert Y<sub>m</sub> og mindre organisk stoff i gjødsel). Reduksjonen i kraftfôr CO<sub>2</sub>ekv skyldes delvis kortere framfôringstid og delvis metodevalg (se kap. 5.3.2).

For at intensivering skal føre til lavere utslippsintensitet er det en forutsetning at bruken av ressurser står i stil med økningen i produktivitet (Crosson et al., 2011). Scenario med økt grovfôrkvalitet medførte økte utslipp fra produksjon av kunstgjødsel, jord N<sub>2</sub>O og karbonbalanse i jord i noen besetninger (Figur V-H.1; Tabell V-H.1), men denne økningen var liten sammenligna med reduksjonen i øvrige utslippskilder.

#### ***Optimal alder på mordyr***

Endring av alder på mordyr hadde effekt på antall dyr i ulike dyregrupper (Figur 4.1). På grunn av at de ulike dyregruppene har ulik utslippsprofil, gjør endring i besetningsstruktur at enkelte utslippskilder øker mer enn andre. For eksempel har ungdyra en høyere kraftfôrandel i rasjonen i alle besetninger. Utslippene fra produksjonen av kraftfôr CO<sub>2</sub>ekv øker derfor mye sammenligna med andre utslippskilder, og kraftfôr CO<sub>2</sub>ekv bidrar lite til reduksjonen i utslippsintensitet ved lavere alder på mordyr (Figur V-H.2; Tabell V-H.1). I noen besetninger øker utslippene fra produksjon av kraftfôr mer enn økning i produksjonen av slakt med redusert alder på mordyr (besetning nr. 1, 4 og 5), og man får en økning i utslippsintensitet fra denne kilden. Effekt på øvrige utslippskilder og på samlet utslippsintensitet varierer mellom besetninger. Dette kan tyde på at tiltaket virker på ulike måter i de ulike besetningene og at potensialet av optimalisering av alder på mordyr som klimatiltak i stor grad avhenger av produksjonsopplegget på gården.

#### ***Redusert kalvetap***

Økningen i utslipp fra de fleste av utslippskildene er i samme størrelsesorden ved sammenligning av utslippsnivå i K1 og K2. I hvilken grad en utslippskilde bidrar til utslippsreduksjonen ved fordeling på større produksjonsvolum av slakt, vil dermed i stor grad bestemmes av andelen utslippskilden utgjør av utslipp i utgangspunktet. Enterisk CH<sub>4</sub> utgjør den største andelen av

utslippene i K2 (Figur 4.3), og er utslippskilden som i størst grad bidrar til redusert utslippsintensitet ved redusert kalvetap (Figur V-H.3).

Utslipp fra produksjonen av kraftfôr og karbonbalansen i jord økte mer enn de andre utslippskildene i de fleste besetninger med redusert kalvetap, og bidro relativt lite til utslippsreduksjon (Figur V-H.3). Dette kan ha sammenheng med at andelen innmarksbeite ble noe redusert (Figur V-F.2; høyere karbonbinding per daa innmarksbeite sammenligna med eng i alle besetninger), samt at karbonbalansen per daa innmarksareal ble mer positiv som følge av økt tilførsel av husdyrgjødsel med redusert kalvetap.

### **5.1.3 Samspill mellom tiltak**

Et tiltaks potensiale for utslippsreduksjoner kan påvirkes både i positiv og negativ retning i kombinasjon med andre tiltak (Hristov et al., 2013). Resultatene antyder at det kan forekomme gunstig interaksjon mellom undersøkte tiltak. Med økt produktivitet for mordyra gjennom redusert alder på mordyr og redusert kalvetap, vil det bli flere okser å føre fram. Fordi okseoppdrettet da blir ei driftsgrein med relativt større omfang, blir det viktigere for besetningens samlede utslippsintensitet at okseoppdrettet har lav utslippsintensitet. Redusert kalvetap bidrar dessuten til å motvirke en ugunstig effekt av redusert alder på mordyr. Kombinasjon av tiltak vil slik kunne gi større reduksjoner i utslippsintensitet enn ett og ett tiltak hver for seg. I besetning nr. 3 ga tiltakspakken akkurat høyere reduksjon i utslippsintensitet i B0 enn summen av enkelttiltak (-17,1 vs. -17,5%) på tross av at alder på mordyr i tiltakspakken ble justert opp for å ta hensyn til karbonlekkasje i kvigeoppdrettet. På grunn av forskjellene i metodikk mellom A- og T-scenario er ikke videre vurdering av eventuelle interaksjoner mulig ut fra disse resultatene.

## **5.2 Tiltakenes potensiale**

### **5.2.1 Utslippsintensitet**

Effekten av tiltakene på utslipp i B0 kompliseres av måten scenarioene er utforma på (se kap. 5.3.1). Tiltakenes potensiale vil derfor videre vurderes med fokus på sammenligning av ytterpunkter av de undersøkte faktorene. I besetninger hvor forskjellene i utslippsintensitet mellom ytterpunkter i eksempelvis grovfôr kvalitet i okseoppdrettet er store, antas det at grovfôr kvalitet har stor betydning for utslippsintensiteten i besetningen. Om dette bør være et prioritert tiltak avhenger i tillegg naturligvis av grovfôr kvaliteten i besetningen i utgangspunktet, og en mer helhetlig vurdering av effekt på eksempelvis økonomi og ressursbruk (se kap. 5.2.2).

Flere studier har undersøkt effekten av ulike klimatiltak på referansebruk (eks. Beauchemin et al., 2011; Dick et al., 2015), eller ved forsøks-gårder (eks. Schils et al., 2005; Åby et al., 2019). Samsonstuen et al. (2019a) undersøkte potensiale av bla. redusert kalvetap som klimatiltak ved simulering av utslipp med HolosNorBeef på to referansebruk med hhv. britisk og kontinental rase. I studien medførte en reduksjon i kalvetap fra gjennomsnittet i SFK til fravær av kalvetap 3% reduksjon i utslippsintensitet. Forskjellen i utslippsintensitet mellom høyt (8,3% dødfødte og 10,9% kreperte før 180 dager) kalvetap og fravær av kalvetap var 11% for besetningen med britisk rase og 9% for besetningen med kontinental rase. Dette er resultater i tråd med denne oppgaven, hvor gjennomsnittlig reduksjon i utslippsintensitet ved å gå fra høyt kalvetap (10% dødfødte og 11,1% kreperte av levendefødte) til fravær av kalvetap medførte 12,8% reduksjon i snitt. Simulering av tiltak i produksjonsbesetninger gir mulighet for å se nærmere på variasjonen i effekt av tiltak mellom bruk.

### ***Besetning 1***

I besetning nr. 1 ble reduksjonen i utslippsintensitet ved å gå fra scenario med grovfôr kvalitet, alder på morder og kalvetap med høyest utslippsintensitet til grovfôr kvalitet, alder på morder og kalvetap med lavest utslippsintensitet beregna å være hhv. 5,1 (GM2–GST1), 11,9 (A3–A1) og 12,5 (K2–K1)%. Dette kan tilsi at, av de undersøkte faktorene, er det kalvetap som har størst betydning for utslippsintensiteten i besetningen. Besetning 1 har imidlertid allerede fravær av kalvetap (Tabell V-I.1). Morderas gjennomsnittlige levealder er allerede relativt lav i besetningen (5,2 år). Økt grovfôr kvalitet hadde relativt liten betydning for utslippsintensiteten, og grovfôr kvaliteten og intensiteten i okseoppdrettet er allerede relativt høy (Tabell V-I.1; Figur V-C.1). Med utgangspunkt i resultatene foreligger det derfor noe potensiale for reduksjon i utslippsintensitet med små endringer i okseoppdrettet og alder på morder, men kanskje vil andre tiltak enn de som er undersøkt i oppgaven ha større potensiale som klimatiltak i besetningen.

### ***Besetning 2***

I besetning nr. 2 ble reduksjonen i utslippsintensitet ved å gå fra scenario med grovfôr kvalitet, alder på morder og kalvetap med høyest utslippsintensitet til grovfôr kvalitet, alder på morder og kalvetap med lavest utslippsintensitet beregna å være hhv. 4,2 (GM2–GST1), 20,0 (A3–A1) og 11,4% (K2–K1). Dette tilsvarer den laveste responsen på økt grovfôr kvalitet og redusert kalvetap av besetningene, og den største responsen på redusert alder på morder. Gjennomsnittlig levealder for morder var 5,1 år. På grunn av den store effekten av alder på morder i besetningen, vil små reduksjoner i alder på morder ha relativt stor effekt på utslippsintensiteten. Kalvetapet er allerede lavt i besetningen (Tabell V-I.1). I okseoppdrettet brukes grovfôr av medium kvalitet, og

tilveksten etter avvenning er relativt lav (Tabell V-I.1; Figur V-C.1). Her er det altså rom for mer intensiv oppfôring, men effekten av økt grovfôrkvalitet på utslippsintensiteten var lav. Dette kan skyldes lav produktivitet for mordyra i besetningen og dermed få oksekalver til oppfôring (0,87 avvente kalver per årsku). Besetning 2 oppnådde den største reduksjonen i utslippsintensitet av tiltakspakken (B0 vs. T; 31,4%). Kanskje får økt intensitet i okseoppdrettet økt betydning for utslippsintensiteten i kombinasjon med økt produktivitet for mordyra. En kombinasjon av ulike tiltak for økt produktivitet for mordyra og økt intensitet i okseoppdrettet kan være en aktuell strategi å utforske nærmere for besetningen.

### ***Besetning 3***

I besetning nr. 3 ble reduksjonen i utslippsintensitet ved å gå fra scenario med grovfôrkvalitet, alder på mordyr og kalvetap med høyest utslippsintensitet til grovfôrkvalitet, alder på mordyr og kalvetap med lavest utslippsintensitet beregna å være hhv. 9,1 (GM2–GST1), 7,9 (A3–A1) og 12,7% (K2–K1). Dette er en besetning med relativt høy produktivitet for mordyra (0,95 avvente kalver per årsku) og medium grovfôrkvalitet i kombinasjon med relativt høy intensitet i okseoppdrettet (Figur V-C.1). Besetningen har noe høyere andel dødfødte sammenligna med de andre besetningene, men likevel ikke mye høyere enn snittet i SFK (Tabell V-I.1).

Gjennomsnittlig levealder for mordyr er 5,4 år. Klimaavtrykket i besetningen er lavere enn gjennomsnittet for A. Angus-besetninger undersøkt av Samsonstuen (2019c; 27,8 vs. 32,3 kg CO<sub>2</sub>ekv/kg slakt). Med relativt lav utslippsintensitet i utgangspunktet er det naturlig at besetningen har mindre potensiale for utslippsreduksjoner sammenligna med de andre besetningene. Besetningen har lavest effekt av tiltakspakken på utslippsintensiteten (B0 vs. T). Reduksjonen er likevel betydelig (17,5%). Reduksjonen av tiltakspakken kan delvis skyldes forskjeller i utrangeringsstrategi, kalvingsintervall og innkalvingsalder mellom B0 og T (se kap 5.3.1), og dette kan undersøkes nærmere som aktuelle tiltak. I tillegg til å fortsette det gode klimaarbeidet kan det være noe å hente på små endringer i grovfôrkvalitet i okseoppdrettet, kalvetap og alder på mordyr, men kanskje er det andre tiltak enn de som er undersøkt i oppgaven som er mer aktuelle.

### ***Besetning 4***

I besetning nr. 4 ble reduksjonen i utslippsintensitet ved å gå fra scenario med grovfôrkvalitet, alder på mordyr og kalvetap med høyest utslippsintensitet til grovfôrkvalitet, alder på mordyr og kalvetap med lavest utslippsintensitet beregna å være hhv. 6,2 (GM2–GST1), 4,6 (A3–A1) og 13,8% (K2–K1). Dette tilsvarer lavest effekt på utslippsintensiteten av alder på mordyr. Besetningen har rom for å redusere mordyras alder noe, da gjennomsnittlig levealder for mordyr



er 5,6 år, men siden effekten er så liten, har dette liten betydning for utslippsintensiteten. Besetningen har allerede lavt kalvetap (Tabell V-I.1) og høy intensitet i okseoppdrettet (Tabell V-I.1; Figur V-C.1) så heller ikke dette er aktuelle klimatiltak i besetningen. I søken etter aktuelle klimatiltak kan det derfor være mest å hente på å utforske andre tiltak enn de som er undersøkt i denne oppgaven.

### ***Besetning 5***

I besetning nr. 5 ble reduksjonen i utslippsintensitet ved å gå fra scenario med grovfôr kvalitet, alder på morder og kalvetap med høyest utslippsintensitet til grovfôr kvalitet, alder på morder og kalvetap med lavest utslippsintensitet beregna å være hhv. 7,2 (GM2–GST1), 7,0 (A3–A1) og 14,1% (K2–K1). Dette tilsvarer den største effekten av redusert kalvetap på utslippsintensiteten av besetningene. Besetning 5 har rom for å redusere kalvetapet (Tabell V-I.1). Arbeid for redusert kalvetap er dermed et tiltak med potensiale for utslippskutt i besetningen.

Gjennomsnittlig levealder for morder er relativt høy (7,4 år), men effekten av redusert alder er moderat. I okseoppdrettet brukes grovfôr av medium kvalitet med kraftfôrandel på 47%.

Intensiteten i okseoppdrettet er allerede høy (Figur V-C.1), og økt grovfôr kvalitet i okseoppdrettet vil derfor sannsynligvis ikke kunne gi ytterligere økt effektivitet og utslippsreduksjon.

### ***Besetning 6***

I besetning nr. 6 ble reduksjonen i utslippsintensitet ved å gå fra scenario med grovfôr kvalitet, alder på morder og kalvetap med høyest utslippsintensitet til grovfôr kvalitet, alder på morder og kalvetap med lavest utslippsintensitet beregna å være hhv. 12,8 (GM2–GST1), 5,9 (A3–A1) og 12,0% (K2–K1). Dette tilsvarer størst effekt av økt grovfôr kvalitet i okseoppdrettet på utslippsintensiteten av besetningene. Besetningen har en moderat framføringsstrategi for oksene. Oksene føres fram til tunge slakt med grovfôr av medium kvalitet, kraftfôrandel på 55% og med relativt lav avvenningsvekt som utgangspunkt (Tabell V-I.1; Figur V-C.1). I besetningen avennes relativt mange kalver per årsku (0,99). En klimasmart framføring av alle oksekalvene som avennes får dermed relativt stor betydning for besetningens samlede utslippsintensitet. Strategier for å øke oksenes tilvekst kan være aktuelle klimatiltak å vurdere nærmere. Kalvetapet er allerede lavt (Tabell V-I.1), og redusert kalvetap er derfor ikke en aktuell strategi i besetningen. Gjennomsnittlig levealder for morder er 6,1 år, men effekten av morderas alder på utslippsintensiteten er moderat, og er derfor ikke i første omgang et tiltak med stort potensiale for utslippskutt.

### *Mulige årsaker til forskjeller i effekt av tiltak*

#### Økt grovfôrkvalitet i okseoppdrettet

Hvor stor andel oksene utgjør av dyra i besetningen, vil sannsynligvis påvirke betydningen av tiltak i okseoppdrettet for samlede utslipp fra besetningen. Antall kalver per ku påvirker forholdet mellom årskyr og årsoks. Besetning 2, med lavest antall avvente kalver per årsku (0,87), har samtidig lavest effekt av økt grovfôrkvalitet i okseoppdrettet ved sammenligning av scenario GM2 og GST1. Motsatt hadde besetning nr. 6, med høyest antall avvente kalver per årsku (0,99), størst effekt av økt grovfôrkvalitet i okseoppdrettet. Kraftfôrnivå i okseoppdrettet vil også kunne ha betydning for effekten av grovfôrkvalitet. Randby et al. (2010) fant større forskjeller i tilvekst mellom surfôrkvaliteter uten kraftfôr i rasjonen. Avvenningsvekter, slaktevekter og rasens variasjon i tilvekst i SFK bestemmer oksenes utvikling i kroppsvekt i G-scenarioene. Kombinasjonen lav avvenningsvekt og høy slaktevekt gir større forskjell mellom slaktealder 1 og 2. Hvis det i tillegg er stor spredning i tilvekst for rasen i SFK blir forskjellene mellom slaktealder 1 og 2 særlig stor.

#### Optimal alder på mordyr

Variasjonen i effekt på produksjonen av slakt (34,2–58,4% økning ved å gå fra A3 til A1) var større enn variasjonen i effekt på utslippsnivå mellom besetninger (23,5–33,7% økning ved å gå fra A3 til A1). Dette kan bety at forskjeller i respons i produksjonen av slakt kan ha stor betydning for potensialet til redusert alder på mordyr som klimatiltak. Besetningene blir i ulik grad «straffet» ved redusert alder på mordyr gjennom bla. lettere kyslakt og høyere kalvetap (Tabell V-G.2). For besetning nr. 1, uten dødfødsler i B0, ble det for eksempel ikke beregnet effekt på kalvetap. Dette til forskjell fra besetning nr. 5, som har en dødfødselsrate på 0,072 i B0, og fikk en økning i dødfødselsraten på 66% fra scenario A3–A1. Besetningene hadde også ulik grad av uutnyttede tilvekstpotensiale for slaktekvigene. Slaktevekta til kviger var mellom 48,1–75,3% av slaktevekta til kyr (Tabell 3.5). Forholdet mellom slaktevekta til kviger og kyr var lavest i besetning nr. 2 og 6. Dette var også besetningene med størst økning i produksjon av slakt ved å gå fra scenario A3–A1.

#### Kalvetap

Effekten av kalvetap på utslippsintensiteten var relativt stor for alle besetningene (reduksjon på 11,4%–14,1% ved gå fra K2 til K1). Lavt kalvetap ser derfor ut til å være gunstig for klimagassutslippene uavhengig av produksjonsopplegg. Som ved redusert alder på mordyr var variasjonen i effekt på utslippsnivå (6,1–7,6% økning ved K2–K1) lavere enn effekt på produksjonen av slakt (19,8–24,1% økning ved K2–K1). Da slaktevekt er konstant i disse

scenarioene, er det antall dyr til slakt som avgjør endringer i produksjonsvolum av slakt.

Prosentvis økning i antall kalver ved K2–K1 er lik uavhengig av besetningsstørrelse i utgangspunktet. Prosentvis økning i antall slakt er derimot ikke lik, da denne økningen avhenger av forholdet mellom produksjon av kuskukt og slakt i andre kategorier. Besetning 5, med den laveste andelen av kg ku-slakt, hadde også den største reduksjonen i utslippsintensitet ved gå fra K2–K1. Motsatt hadde besetning nr. 2, med den høyeste andelen av kg ku-slakt, lavest respons på redusert kalvetap (K2-K1).

### 5.2.2 Økonomi og ressursbruk

Flere politiske målsettinger skal ivaretas under arbeidet for lavere klimaavtrykk i jordbruket (Innst. 251 S, 2016-2017). De fire hovedmålsettingene for landbruket er, som fastsatt i Meld. St. 11. (2016 –2017): «...matsikkerhet, landbruk over hele landet, økt verdiskaping og bærekraftig landbruk med lavere utslipp av klimagasser». Ved vurdering av potensialet av klimatiltak i landbruket må det derfor tas i betraktning at utslippsintensitet kun er en del av diskusjonen om en målrettet utvikling av landbruket. Da tiltakenes effekt på forhold som økonomi og ressursbruk er avgjørende for deres aktualitet kommenteres disse aspektene kort.

Økning av grovfôrkvaliteten i okseoppdrettet kan gi en mer kostnadseffektiv produksjon basert på norske ressurser og med lavere klimaavtrykk (Thuen & Tufte, 2019; Åby & Aass, 2017) . Bonesmo et al. (2010) fant at beregnet økonomisk optimal slaktealder var lavere og slaktevekt høyere enn praksis i norsk ammekuproduksjon, og kom med en generell anbefaling om intensivering av okseoppdrettet for bedring av økonomien. Intensivering er imidlertid ikke et grep som passer alle. Optimal slakteplanlegging avhenger av forhold som rase, pris og kvalitet av surfôr, kraftfôrpris, pris på slaktet, tilskudd og prisvariasjoner på kjøttet (Bonesmo et al., 2010). Nortura (2016b) anbefaler intensiv oppfôring når kalven har god vekstevne, det er begrenset plass i fjøset og begrenset mengde grovfôr. Mjølkeprodusenter påpeker at bedre grovfôr kvalitet krever mye tid og arbeid og at dette er ei hovedutfordring knyttet til bedring av grovfôr kvaliteten på sitt bruk (Thuen & Tufte, 2017). Bonesmo og Randby (2011) påpeker at det kan påløpe kostnader knyttet til produksjon av svært godt grovfôr som gjør det mindre lønnsomt, inkludert lavere avling og større høstekostnader.

Beitebruk er knyttet til flere landbrukspolitiske mål, som skjøtsel av kulturlandskapet, biologisk mangfold i beitemark og matproduksjon på norske ressurser (Meld. St. 11., 2016 –2017).

Redusert alder på mordyr medførte høyere fôropptak (Figur V-F.1) og en høyere andel beite i rasjonen på bekostning av innefôr (Figur V-F.2) for flere besetninger. Økt beitebruk ved økt

utrangering henger sammen at tidspunkt for utrangering er satt til høsten. Økonomiske analyser av besetningene i Optibiff-prosjektet viser at beite er rimelig fôr sammenligna med innhøsta grovfôr (Asheim, 2017). Økt bruk av beiteressursen kan dermed være gunstig for driftsøkonomien. A-scenarioene medførte samtidig økt bruk av kraftfôr på grunn av økt antall ungdyr til oppfôring. Kraftfôrbruken kan om ønskelig reduseres med en økning av grovfôrkvaliteten for ungdyra. Turner et al. (2013) fant at økt utrangering henger sammen med bedre lønnsomhet i ammekuproduksjonen. Fôret utgjør en stor andel av kostnadene på ammekubruket (Åby et al., 2011). Fôreffektivitet har dermed betydning for økonomien i drifta. For noen besetninger medførte redusert alder på mordyr stor økning i fôreffektivitet på besetningsnivå (Figur V-F.3), men for andre var effekten moderat. Økonomisk optimal alder på mordyr vil trolig derfor påvirkes av varierende forutsetninger mellom bruk.

Å ønske så mange vitale kalver til verden som mulig er et åpenbart mål i ammekuproduksjonen, et mål som begrunnes med langt mer enn redusert klimaavtrykk. Kalven er ofte ammekuprodusentens eneste grunnlag for inntekt og derfor avgjørende for økonomien. Modongo og Kulshreshtha (2018) beskriver økning i antall avvente kalver som et vinn-vinn-tiltak, da dette kan ha gunstig effekt både på klimaavtrykk og økonomi.

### **5.3 Metode**

#### **5.3.1 Metodeforskjeller i B0 og tiltaksscenario**

Kyrnes levealder i B0 var innenfor intervallet som ble undersøkt i A-scenario for alle besetninger. Likevel var utslippsintensiteten i samtlige A-scenario lavere enn i B0. I tillegg viser resultatene potensiale for reduksjon i utslippsintensitet fra B0 ved reduksjon i kalvetap for besetning nr. 1 som allerede har fravær av kalvetap. Dette kan tyde på at det er mer enn mordyras alder og kalvetap som er endra fra B0 i disse scenarioene. Siden tilsvarende metodikk som i A- og K-scenario ligger bak tiltakspakken forstyrres sammenligning av utslippsintensitet i B0 og tiltakspakken også av disse metodeforskjellene.

A-scenarioene forutsetter høy produktivitet, med antagelsene om innkalving 2 år gammel, kalvingsintervall på 1 år, 100% tilslag ved inseminering/bedekning og utrangering samme dag som avvenning ved 6 mnd. Det kan derfor argumenteres med at det ikke bare er effekten av alder på mordyr som er undersøkt i A-scenarioene, men også effekten av en økning i mordyreffektivitet. Arealbehovet er uforholdsmessig mye lavere i A-, K- og T-scenario sammenligna med B0 og kan også tyde på forskjeller i metodikk bak beregning av fôr- og arealbehov.

Arealbehovet kan være undervurdert for tiltaksscenarioene da det ikke er tatt hensyn til varierende størrelse på tapsposter fra jorde til fôrbrett. Det kan også foreligge avvik mellom faktisk og estimert fôropptak til grunn for beregningene, eller fra faktisk fôrbehov og gårdbrukers avlingsestimat. G-scenarioene påvirkes ikke på samme måte av forskjeller i metodikk for fôrberegningene mellom B0 og tiltaksscenario, da det i disse scenarioene kun er beregna endring i arealbehov som følge av endringer i okseoppdrettet, og ikke nye arealbehov for alle dyregrupper.

### **5.3.2 Slaktealder og rasjonssammensetning i G-scenario**

Metodevalg i utforming av scenario og opptaksberegninger i HoloNorBeef kan ha betydning for effekten av økt grovfôrkvalitet på utslippsintensiteten. I scenario med endring av grovfôrkvalitet i okseoppdrettet, er differansen mellom undersøkte slaktealder i snitt 246 dager (min 214, maks 290). Til sammenligning fant Randby et al. (2010) at NRF-okser på en rasjon med svært tidlig høsta grovfôr og 2–4 kg kraftfôr i snitt hadde 27 dager lavere slaktealder enn okser på en rasjon med grovfôr av middels kvalitet. Spennet i slaktealder mellom G-scenario er dermed sannsynligvis større enn det man kan forvente av en endring i grovfôrkvalitet alene. Samtidig reflekterer dette spennet i slaktealder variasjonen i tilvekst som faktisk foreligger blant norske ammekubesetninger.

I resultatene fra Optifôr ser man hvordan kraftfôrandelen varierer med grovfôrkvalitet og slaktealder, og hvordan dette påvirker arealbehov og gjødselbruk i fôrproduksjonen. Varierende kraftfôrnivå vil sannsynligvis gi vesentlig annen klimaeffekt enn det konstant kraftfôrnivå gir. Optifôr beregner svært lavt kraftfôrnivå med den beste grovfôrkvaliteten. Økonomisk optimalt kraftfôrnivå vil likevel kunne avhenge av besetningenes egne forutsetninger. Blant annet varierer forholdet mellom kostnaden på grovfôr og kraftfôr mellom bruk (Asheim, 2017) og for flere besetninger i Optibiff-prosjektet er tilgang på grovfôrareal begrensende (Wetlesen, 2015). Ved å holde kraftfôrnivået stabilt ble det unngått å ta stilling til slike vurderinger. Valget om å holde kraftfôrnivået stabilt er eksempel på en av mange forutsetninger som vil være mer eller mindre aktuelle for de ulike besetningene og som sannsynligvis har stor betydning for effekten av scenarioene på klimagassutslipp.

### **5.3.3 Grovfôrkvalitet og grovfôropptak for okser i HoloNorBeef**

Fôropptak har stor betydning for klimagassutslippene. Flere prediksjonsligninger har kun bruttoenergi- eller tørrstoffopptak som forklaringsvariabel ved prediksjon av enterisk CH<sub>4</sub>/dag fra storfe (Benaouda et al., 2019). Alle utslipp fra dyra avhenger av opptaket av energi eller

protein i HolosNorBeef (kap. 3.1.2), og fôropptaket bestemmer bla. størrelsen på arealer som må disponeres til fôrproduksjon. Måten grovfôrkvaliteten påvirker fôropptak i HolosNorBeef har dermed betydning for effekten av økt grovfôr kvalitet på klimagassutslippene.

HolosNorBeef setter energiopptaket for ungdyr lik energibehovet og tar med dette ikke hensyn til at ulike fôrmidler i ulik grad vil virke fyllende i vomma og fysisk regulere opptaket. Når energibehovet bestemmer opptaket vil opptaket kunne overvurderes for grovfôr med høy fylleverdi. Resultater fra rasjonsoptimaliseringa med Tine Optifôr Ungdyr (Tabell V-D.1) illustrerer at ikke alle kombinasjoner av grovfôr kvalitet og slaktealder undersøkt i oppgaven kan tilfredsstillende standard ernæringsmessige krav til rasjonen. For besetningene med Charolais ga middels kvalitet av grovfôret i kombinasjon med den høyeste slaktealderen for høy fylleverdi og vombelastning. Dette indikerer at fôrmidlene ikke kan kombineres i en tilstrekkelig energitett rasjon uten å gå på bekostning av vommiljøet. For besetning nr. 6 og 3 var det kun det svært tidlig høstede grovfôret som ga grunnlag for den høyeste tilveksten. Det påpekes at enkelte av feilkodene var indikasjoner på svært små avvik fra ernæringsmessige krav, og ikke nødvendigvis indikerer at rasjonene er urealistiske. Beregningene i Tine Optifôr Ungdyr illustrerer likevel at metodevalg har stor betydning for beregnet fôropptak, en variabel som har stor betydning for klimagassutslipp i ammekuproduksjonen.

Substitusjonseffekten er høy for ungdyr (Kristensen & Ingvarsen, 2003). Riktig substitusjonseffekt vil derfor ha relativt stor betydning i denne dyregruppen.

Substitusjonseffekten er høyere når grovfôret har god kvalitet og når kraftfôrandelen er høy (Volden et al., 2011). I HolosNorBeef vil imidlertid substitusjonseffekten være høyere når grovfôret er dårlig (har lav energikonsentrasjon) da kraftfôrets substitusjon av grovfôr bestemmes ut fra energiinnhold i fôrmidlene for ungdyr, og ikke på basis av fôrmidlenes fyllende effekt i vomma. Dette kan påvirke effekten av grovfôr kvalitet på fôropptak og klimagassutslipp.

Energienormene benyttet for okser i HolosNorBeef er utviklet for kviger av mjølkerase. Både kjønn og rase kan påvirke vekstkurven og sammensetning av tilveksten, og dermed energibehovet til et gitt stadium i oppdrettet (McDonald et al., 2011). Kviger oppnår dessuten ikke like høye nivåer av tilvekst og kroppsvekt som okser av kjøttferase. Som et ledd i vurdering av normverdiene benyttet i HolosNorBeef til okser, ble disse plottet mot normverdier til Berg og Matre (2001) gjengitt i ligning av NorFor (2006). Figur V-J.1 tyder på at normene kommer til kort når det gjelder å beskrive energibehovet særlig til Charolaisoksene i besetning nr. 5 og 6. Små forskjeller i energibehov per dag mellom høy og lav tilvekst for Charolais kan overdrive

den gunstige effekten på klimagassutslipp av å øke tilveksten, fordi dette da ikke medfører høyere fôrbehov.

### **5.4 Usikkerhet**

Utslipp fra landbruk kommer i hovedsak fra biologiske prosesser som viser stor naturlig variasjon, påvirkes av en rekke faktorer, og som er vanskelig å måle (Röös & Nylinder, 2013). Enkelte prosesser bak utslipp og opptak av karbon som er antatt å ha stor betydning for ammekuproduksjonens miljøpåvirkning er enda ikke forstått. Eksempelvis er samspillet mellom beitedyr og beitemark ventet å bidra betydelig til begrensning av klimaendringer gjennom karbonbinding i jord, men mer kunnskap er nødvendig (Aass et al., 2019). Samsonstuen (2019) påpeker at HolosNorBeef bør utvikles for å gi mer helhetlig informasjon om ammekuproduksjonens miljøeffekter, blant annet ved tilpasning av karbonbalansemodellen til utmarksbeiter. Tolking av resultatene fra studier av klimaavtrykket til storfekjøtt må gjøres med visshet om at det er knyttet usikkerhet til flere aspekter ved beregningene (Sykes et al., 2019). Ifølge Röös og Nylinder (2013) akkumuleres usikkerhet og variasjon knyttet til inngangsdata og usikkerhet knyttet til modell og metodevalg i husdyrprodukters klimaavtrykk. Også i denne oppgaven vil klimaavtrykket i hvert scenario være beheftet med betydelig usikkerhet fra inngangsdata, modellen og valg tatt ved utforming av scenario. Ifølge Röös og Nylinder (2013) kan beslutninger fattes på grunnlag av beregnede klimaavtrykk med stor usikkerhet i enkelte situasjoner. Studier av muligheter for utslippsreduksjoner i samme produksjonssystem/eksempelstudier er et slikt tilfelle.

## 6 Konklusjon

Simulering av tiltak som ga økt produktivitet og fôreffektivitet medførte redusert utslippsintensitet i storfekjøttproduksjonen ved seks norske ammekubesetninger. Størrelsen på utslagene i utslippsintensitet varierte for besetningene. Resultatene antyder også samspill mellom tiltak i effekten på utslippsintensitet. De største reduksjonene i utslippsintensitet i ammekuproduksjon oppnås dermed ved tilpasning av tiltak til den enkelte besetningen. Ved vurdering av aktuelle tiltak gir modellen HoloNorBeef verdifulle bidrag til beslutningsgrunnlaget.



## Litteratur

- Aass, L. & Åby, B. A. (2018). *Mulige tiltak for reduksjon av klimagassutslipp fra husdyrsektoren*. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.
- Aass, L. (2019). Er den norske ammekua bærekraftig? Tilgjengelig fra: <https://www.nationen.no/motkultur/kronikk/er-den-norske-ammekua-baerekraftig/> (lest 05.07.2019).
- Aass, L., Olsen, H. F. & Åby, B. A. (2019). *Klimatiltak i landbruket - en utredning om modeller, karbonlagring og bærekraftig matproduksjon*. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
- Addcon. (2009). Sikkerhetsdatablad GrasAAT Lacto Tilgjengelig fra: [https://app.econline.com/app/api/document/v1/sds/13733159/html?accesskey=NA0\\_AXjV/iT\\_A2JFDIPOfnjqPko101toInlL5\\_AN6egaAY2zq6ZVY5GEgDv2Mmfi9Q&applicationID=7&int\\_status=0](https://app.econline.com/app/api/document/v1/sds/13733159/html?accesskey=NA0_AXjV/iT_A2JFDIPOfnjqPko101toInlL5_AN6egaAY2zq6ZVY5GEgDv2Mmfi9Q&applicationID=7&int_status=0) (lest 24.10.2019).
- Alemu, A. W., Amiro, B. D., Bittman, S., MacDonald, D. & Ominski, K. H. (2017). Greenhouse gas emission of Canadian cow-calf operations: A whole-farm assessment of 295 farms. *Agricultural Systems*, 151: 73-83. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.11.013>.
- Andrén, O., Kätterer, T. & Karlsson, T. (2004). ICBM regional model for estimations of dynamics of agricultural soil carbon pools. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 70 (2): 231-239. doi: <https://doi.org/10.1023/B:FRES.0000048471.59164.ff>.
- Animalia. (2019a). Slaktestatistikk - storfe. Tilgjengelig fra: <https://www.animalia.no/no/kjott--egg/klassifisering/klassifisering-av-storfe/> (lest 18.09.2019).
- Animalia. (2019b). *Årsmelding 2018* Årsmelding Storfekjøttkontrollen 2018.
- Animalia. (u.å.). Årsmeldinger. Tilgjengelig fra: <https://www.animalia.no/no/Dyr/husdyrkontrollene/storfekjottkontrollen/arsmeldinger/> (lest 22.01.2020).
- Asheim, L. J. (2017). Optibeef og økonomi - regnskapsanalyse for 31 bruk med Angus, Hereford, Charolais, Limousin og Simmental *TYRmagasinet*, 5-2017.
- Audsley, E., Stacey, K., Parsons, D. J. & Williams, A. G. (2009). *Estimation of the greenhouse gas emissions from agricultural pesticide manufacture and use*. Cranfield, Bedford: Cranfield University
- Bardalen, A. (2018). *Klimarisiko og norsk matproduksjon* NIBIO Rapport 4/115/2018: NIBIO.
- Beauchemin, K. A., Henry Janzen, H., Little, S. M., McAllister, T. A. & McGinn, S. M. (2010). Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from beef production in western

- Canada: A case study. *Agricultural Systems*, 103 (6): 371-379. doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.agry.2010.03.008>.
- Beauchemin, K. A., Janzen, H. H., Little, S. M., McAllister, T. A. & McGinn, S. M. (2011). Mitigation of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada – Evaluation using farm-based life cycle assessment. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167: 663-677. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.047>.
- Bechmann, M., Greipsland, I., Riley, H. & Eggstad, H. O. (2012). *Nitrogen losses from agricultural areas. A fraction of applied fertilizer and manure (FracLEACH)*. Bioforsk Report Vol. 7 No. 50.
- Bell, A. W. & Greenwood, P. L. (2013). Optimizing maternal cow, grower and finisher performance in beef production systems. I: Makkar, H. P. S. & Beever, D. (red.) b. FAO Animal Production and Health Proceedings, No. 16 *Optimization of feed use efficiency in ruminant production systems*. Rome: FAO & Asian-Australasian Association of Animal Production Societies.
- Benaouda, M., Martin, C., Li, X., Kebreab, E., Hristov, A. N., Yu, Z., Yáñez-Ruiz, D. R., Reynolds, C. K., Crompton, L. A., Dijkstra, J., et al. (2019). Evaluation of the performance of existing mathematical models predicting enteric methane emissions from ruminants: Animal categories and dietary mitigation strategies. *Animal Feed Science and Technology*, 255: 114207. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114207>.
- Berg, J. & Matre, T. (2001). *Produksjon av storfekjøtt* Oslo: Landbruksforlaget
- Berglund, M., Cederberg, C., Clason, C., Henriksson, M. & Törner, L. (2009). *Jordbrukets klimatpåverkan-underlag för att bärekena växthusgasutsläpp på gårdsnivå og nulägesanalyser av exempelgårdar*. Delrapport i JOKER-prosjektet. Sverige: Hushållningssällskapet.
- Bonesmo, H., Nordang, L. & Davies, L. (2010). Tactical decisions of concentrate level, slaughter age and carcass weight of bulls of five beef breeds under Norwegian conditions. *Agricultural and Food Science*, 19 (2): 101-115. doi:  
<https://doi.org/10.2137/145960610791542361>
- Bonesmo, H. & Randby, Å. (2011). The effect of silage energy concentration and price on finishing decisions for young dairy bulls. *Grass and forage science*, 66 (1): 78-87. doi:  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00765.x>.
- Bonesmo, H., Skjelvåg, A. O., Henry Janzen, H., Klakegg, O. & Tveito, O. E. (2012). Greenhouse gas emission intensities and economic efficiency in crop production: A

- systems analysis of 95 farms. *Agricultural Systems*, 110: 142-151. doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.04.001>.
- Bonesmo, H., Beauchemin, K. A., Harstad, O. M. & Skjelvåg, A. O. (2013). Greenhouse gas emission intensities of grass silage based dairy and beef production: A systems analysis of Norwegian farms. *Livestock Science*, 152 (2-3): 239-252. doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.12.016>.
- Capper, J. (2012). Should we reject animal source foods to save the planet? A review of the sustainability of global livestock production. *South African Journal of Animal Science*, 43: 233-246. doi: 10.4314/sajas.v43i3.1.
- Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V., Canadell, J., Chhabra, A., DeFries, R., Galloway, J., Heimann, M., et al. (2013). Carbon and Other Biogeochemical Cycles. I: Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P. M. (red.) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.: Cambridge University Press.
- Crosson, P., Shalloo, L., O'Brien, D., Lanigan, G., Foley, P., Boland, T. & Kenny, D. (2011). A review of whole farm systems models of greenhouse gas emissions from beef and dairy cattle production systems. *Animal Feed Science and Technology*, 166: 29-45. doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.001>.
- Dalgaard, R., Schmidt, J., Halberg, N., Christensen, P., Thrane, M. & Pengue, W. A. (2008). LCA of soybean meal. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13 (3): 240-254.
- De Vries, A. (2017). Economic trade-offs between genetic improvement and longevity in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 100 (5): 4184-4192. doi:  
<https://doi.org/10.3168/jds.2016-11847>.
- Dick, M., Abreu da Silva, M. & Dewes, H. (2015). Mitigation of environmental impacts of beef cattle production in southern Brazil – Evaluation using farm-based life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 87: 58-67. doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.087>.
- DNV. (2010). *Verification Statement No. 76265-2010-OTH-NOR*. Høvik: Det Norske Veritas Certification.
- EAT. (u.å.). Summary Report of the EAT-Lancet Commission Healthy Diets From Sustainable Food Systems Food Planet Health. Tilgjengelig fra:

- [https://eatforum.org/content/uploads/2019/01/EAT-Lancet\\_Commission\\_Summary\\_Report.pdf](https://eatforum.org/content/uploads/2019/01/EAT-Lancet_Commission_Summary_Report.pdf) (lest 16.02.2020).
- Ekern, A. & medarbeidere. (1991). Nytt system for energivurdering av fôr til drøvtyggere. *Norsk Landbruksforskning*, 5: 237-277.
- Eurofins Agro. (2018). Næringsinnhold i grovfôr til drøvtyggere Tilgjengelig fra: <https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/2848751/naeringsinnhold-i-grovf%C3%B4r-til-droevtyggere.pdf> (lest 01.09.2019).
- FAO. (2006). Livestock`s long shadow. Environmental issues and options. Tilgjengelig fra: <http://www.fao.org/3/a0701e/a0701e.pdf> (lest 17.02.2020).
- FAO. (2013). *Climate-Smart Agriculture. Sourcebook*. Tilgjengelig fra: <http://www.fao.org/3/i3325e/i3325e.pdf> (lest 24.02.2019).
- FAO. (2016). *The State of Food and Agriculture 2016. Climate change, agriculture and food security*. Rome: FAO.
- Fjeldaas, T., Nafstad, O., Fredriksen, B., Ringdal, G. & Sogstad, Å. M. (2007). Claw and limb disorders in 12 Norwegian beef-cow herds. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 49 (24). doi: 10.1186/1751-0147-49-24.
- Flysjö, A., Cederberg, C. & Strid, I. (2008). *LCA-databas för konventionella fodermedel. Miljöpåverkan i samband med produktion SIK-Rapport Nr. 772*: Institutet för Livsmedel och Bioteknik.
- Foley, P., Crosson, P., Lovett, D., Boland, T., O'Mara, F. & Kenny, D. (2011). Whole-farm systems modelling of greenhouse gas emissions from pastoral suckler beef cow production systems. *Agriculture, ecosystems & environment*, 142 (3-4): 222-230. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.05.010>.
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. (2013). *Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Rome: FAO.
- Hedderich, R. & Whitman, W. B. (2013). Physiology and Biochemistry of the Methane-Producing Archaea. I: Rosenberg, E., DeLong, E. F., Lory, S., Stackebrandt, E. & Thompson, F. (red.) *The Prokaryotes Prokaryotic Physiology and Biochemistry*: Springer, Berlin, Heidelberg.
- Holmøy, I. H., Nelson, S. T., Martin, A. D. & Nødtvedt, A. (2017). Factors associated with the number of calves born to Norwegian beef suckler cows. *Preventive Veterinary Medicine*, 140: 1-9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.02.012>.

- Hristov, A. N., Oh, J., Lee, C., Meinen, R., Montes, F., Ott, T., Firkins, J., Rotz, A., Dell, C., Adesogan, A., et al. (2013). *Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production – A review of technical options for non-CO2 emissions*. I: Gerber, P. J., Henderson, B. & Makkar, H. P. S. (red.). FAO Animal Production and Health. Rome: FAO.
- Innst. 251 S. (2016-2017). *Innstilling fra næringskomiteen om Endring og utvikling – En fremtidsrettet jordbruksproduksjon*.
- IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., T., N. & K., T. (red.). Japan IGES.
- Jones, J. W., Antle, J. M., Basso, B., Boote, K. J., Conant, R. T., Foster, I., Godfray, H. C. J., Herrero, M., Howitt, R. E., Janssen, S., et al. (2017). Brief history of agricultural systems modeling. *Agricultural Systems*, 155: 240-254. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.05.014>.
- Klimasmart Landbruk. (2017). Om oss Tilgjengelig fra: <https://klimasmartlandbruk.no/om-oss/category849.html> (lest 22.05.2019).
- Knapp, J. R., Laur, G. L., Vadas, P. A., Weiss, W. P. & Tricarico, J. M. (2014). Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal of Dairy Science*, 97 (6): 3231-3261. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7234>.
- Kristensen, V. F. & Ingvarsen, K. L. (2003). Forudsigelse af foderoptagelsen hos malkekøer og ungdyr. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, P. (red.) *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering* Foulum: Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri
- Kätterer, T., Andersson, L., Andrén, O. & Persson, J. (2008). Long-term impact of chronosequential land use change on soil carbon stocks on a Swedish farm. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 81: 145–155. doi: DOI 10.1007/s10705-007-9156-9.
- Little, S., Lindeman, J., Maclean, K. & Janzen, H. (2008). *Holos A tool to estimate and reduce GHGs from farms*. Canada: Agriculture and Agri-Food Canada.
- Lystad, M. L., Nafstad, O. & Reksen, O. (2009). Kalvedødelighet i norsk ammekuproduksjon Tilgjengelig fra: <https://www.nmbu.no/fakultet/biovit/forskning/hfm/tidligere/2009> (lest 27.12.2019).
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. & Wilkinson, R. G. (2011). *Animal Nutrition*. 7 utg. England: Pearson Education Limited.

- Meld. St. 11. (2016 –2017). *Endring og utvikling En fremtidsrettet jordbruksproduksjon*. Oslo: Landbruks- og matdepartementet.
- Miljødirektoratet. (2017). *Greenhouse Gas Emissions 1990-2015, National Inventory Report*: Miljødirektoratet
- Miljødirektoratet, Enova, Vegdirektoratet, Kystverket, Landbruksdirektoratet & Norges vassdrags- og energidirektorat. (2020). *Klimakur 2030 Tiltak og virkemidler mot 2030*. Rapport M-1625 | 2020: Miljødirektoratet.
- Mo, M. (2005). *Surfôrboka*. Oslo: Landbruksforlaget
- Modongo, O. & Kulshreshtha, S. N. (2018). Economics of mitigating greenhouse gas emissions from beef production in western Canada. *Agricultural Systems*, 162: 229-238. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.12.008>.
- Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F.-M., Collins, W., Fuglestedt, J., Huang, J., Koch, D., Lamarque, J.-F., Lee, D., Mendoza, B., et al. (2013). Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. I: Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P. M. (red.) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge & New York: Cambridge University Press, Cambridge.
- Nielsen, N. I. & Volden, H. (2011). Animal requirements and recommendations. I: *NorFor - The Nordic feed evaluation system* The Netherlands Wageningen Academic Publishers
- NorFor. (2006). *NorFor Dyr i vekst. En test af fordøjelsesmodellen i NorFor Plan til ungdyr samt en sammenligning af energibehov og energitilførsel beregnet efter nationale systemer og NorFor Plan Tilgjengelig fra: [http://www.norfor.info/files/pdf-dokumenter/Artikler/Ungdyr\\_rapport\\_januar\\_2007.pdf](http://www.norfor.info/files/pdf-dokumenter/Artikler/Ungdyr_rapport_januar_2007.pdf) (lest 18.04.2020)*.
- Nortura. (2016a). *Temahefte - Alternative fôrmidler i storfekjøttproduksjonen*
- Nortura. (2016b). *Temahefte - Fôring av okser til slakt*.
- NRC. (2000). *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition*. Washington, USA National Academy Press.
- Nørsgaard, P. & Hvelplund, T. (2003). Drøvtyggenes karakteristika. I: Hvelplund, T. & Nørsgaard, P. (red.) *DJF rapport, Kvægets ernæring og fysiologi Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering*. Foulum: Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri Danmarks JordbrugsForskning.
- Oishi, K., Kato, Y., Ogino, A. & Hirooka, H. (2013). Economic and environmental impacts of changes in culling parity of cows and diet composition in Japanese beef cow–calf

- production systems. *Agricultural Systems*, 115: 95-103. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.09.007>.
- Oort, B. v. & Andrew, R. (2016). *Climate Footprints of Norwegian Dairy and Meat – a Synthesis*. CICERO Report 2016:06: CICERO.
- Randby, Å. T., Nørgaard, P. & Weisbjerg, M. R. (2010). Effect of increasing plant maturity in timothy-dominated grass silage on the performance of growing/finishing Norwegian Red bulls. *Grass and Forage Science*, 65 (3): 273-286. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00745.x>.
- Refsdal, A. O., Gillund, P. & Karlberg, K. (2014). *Fruktbarhet i fjøset*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Refsgaard Andersen, H., Foldager, J. & Lønne Ingvartsen, K. (1987). *Foderoptagelsessystem for ungvæg*. Statens Husdyrbrugsforsøg Meddelelse 683. Frederiksberg: Statens Husdyrbrugsforsøg.
- Refsgaard Andersen, H. (1990). *Ammekoens energibehov og foderoptagelseskapasitet*. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg 669. Foulum: Statens Husdyrbrugsforsøg.
- Regjeringen. (2019). Enighet om klimaavtale mellom regjeringen og jordbruket. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/enighet-om-klimaavtale-mellom-regjeringen-og-jordbruket/id2661309/> (lest 15.07.2019).
- Ruud, L. T. A., Wittussen, H. T., Juul-Hansen, B.-O., Mellby, J. O., Røhnebæk, E., Aass, L., Rustad, L. J., Anderssen, Å. M. F. & Nafstad, O. (2013). Økt storfekjøttproduksjon i Norge - rapport fra ekspertgruppen, februar 2013. Tilgjengelig fra: [https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/lmd/vedlegg/brosjyrer\\_veiledere\\_rapporter/kjoettgruppens\\_rapport\\_feb\\_2013.pdf](https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/lmd/vedlegg/brosjyrer_veiledere_rapporter/kjoettgruppens_rapport_feb_2013.pdf) (lest 11.02.2020).
- Röös, E. & Nylinder, J. (2013). *Uncertainties and Variations in the Carbon Footprint of Livestock Products*. Rapport 063. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Samsonstuen, S. (2019). *Whole-farm modelling of greenhouse gas emissions from suckler cow beef production* Philosophiae Doctor (PhD) Thesis Ås: Norwegian University of Life Sciences
- Samsonstuen, S., Åby, B. A., Crosson, P., Beauchemin, K. A. & Aass, L. (2019a). Mitigation of greenhouse gas emissions from suckler cow beef production. I: *Whole-farm modelling of greenhouse gas emissions from suckler cow beef production*. Philosophiae Doctor (PhD) Ås: Norwegian University of Life Sciences.
- Samsonstuen, S., Åby, B. A., Crosson, P., Beauchemin, K. A., Bonesmo, H. & Aass, L. (2019b). Farm scale modelling of greenhouse gas emissions from semi-intensive suckler cow beef

- production. *Agricultural Systems*, 176: 102670. doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102670>.
- Samsonstuen, S., Åby, B. A., Crosson, P., Beauchemin, K. A., Wetlesen, M. S., Bonesmo, H. & Aass, L. (2019c). Variability in greenhouse gas emission intensity of semi-intensive suckler cow beef production systems I: *Whole-farm modelling of greenhouse gas emissions from suckler cow beef production* Philosophiae Doctor (PhD) Ås: Norwegian University of Life Sciences.
- Schils, R., Verhagen, A., Aarts, H. & Šebek, L. (2005). A farm level approach to define successful mitigation strategies for GHG emissions from ruminant livestock systems. *Nutrient cycling in agroecosystems*, 71 (2): 163-175. doi: <https://doi.org/10.1007/s10705-004-2212-9>.
- Schils, R. L. M., Olesen, J. E., del Prado, A. & Soussana, J. F. (2007). A review of farm level modelling approaches for mitigating greenhouse gas emissions from ruminant livestock systems. *Livestock Science*, 112 (3): 240-251. doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.09.005>.
- Seager, T. P. & Theis, T. L. (2002). A uniform definition and quantitative basis for industrial ecology. *Journal of Cleaner Production*, 10 (3): 225-235. doi:  
[https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(01\)00040-3](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(01)00040-3).
- Seidel, G. E. & Whittier, J. C. (2015). Beef species symposium: Beef production without mature cows. *Journal of Animal Science*, 93 (9): 4244–4251. doi: 10.2527/jas.2014-8526.
- Sjaastad, Ø. V., Sand, O. & Hove, K. (2010). *Physiology of Domestic Animals 2*. utg. Oslo Scandinavian Veterinary Press.
- Sozanska, M., Skiba, U. & Metcalfe, S. (2002). Developing an inventory of N<sub>2</sub>O emissions from British soils. *Atmospheric Environment*, 36: 987–998. doi: [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(01\)00441-1](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(01)00441-1).
- SSB. (2019). Statistikkbanken. Utslipp til luft. 08940: Klimagasser, etter kilde (aktivitet), statistikkvariabel og år. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/08940/> (lest 05.05.2020).
- Stewart, A., Little, S., Ominski, K., Wittenberg, K. & Janzen, H. (2009). Evaluating greenhouse gas mitigation practices in livestock systems: an illustration of a whole-farm approach. *The Journal of Agricultural Science*, 147 (4): 367-382. doi:  
<https://doi.org/10.1017/S0021859609008764>.
- Sykes, A. J., Topp, C. F. E., Wilson, R. M., Reid, G. & Rees, R. M. (2017). A comparison of farm-level greenhouse gas calculators in their application on beef production systems.



- Journal of Cleaner Production*, 164: 398-409. doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.197>.
- Sykes, A. J., Topp, C. F. E. & Rees, R. M. (2019). Understanding uncertainty in the carbon footprint of beef production. *Journal of Cleaner Production*, 234: 423-435. doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.171>.
- Szabó, F., Nagy, L., Dákay, I., Márton, D., Török, M. & Bene, S. (2006). Effects of breed, age of dam, birth year, birth season and sex on weaning weight of beef calves. *Livestock Science*, 103 (1): 181-185. doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2005.12.005>.
- Sæthre, A. & Kluften, E. (2012). Effektivisering i kjøttfeproduksjonen. *TYRmagasinet*, 1 - 2012: 10-12.
- Tesfai, M. (2016). *Emissions of N2O from agricultural soils and mitigation options: A review with special reference to Norwegian agriculture* NIBIO rapport 2(25): NIBIO.
- Thuen, A. E. & Tufte, T. (2017). *Engdyrking og grovfôrkvalitet - En spørreundersøkelse blant melkeprodusenter*. Rapport 11- 2017 Oslo: AgriAnalyse
- Thuen, A. E. & Tufte, T. (2019). *Grasbasert ammekuproduksjon - Tiltak for økt bruk av grovfôr*. Rapport 7-2019. Oslo: AgriAnalyse.
- Turner, B. L., Rhoades, R. D., Tedeschi, L. O., Hanagriff, R. D., McCuiston, K. C. & Dunn, B. H. (2013). Analyzing ranch profitability from varying cow sales and heifer replacement rates for beef cow-calf production using system dynamics. *Agricultural Systems*, 114: 6-14. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.07.009>.
- Volden, H. (red.). (2011). *NorFor - The Nordic feed evaluation system*. EAAP publication No. 130. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
- Volden, H., Nielsen, N. I., Åkerlind, M., Larsen, M., Havrevoll, Ø. & Rygh, A. J. (2011). Prediction of voluntary feed intake. I: Volden, H. (red.) *NorFor - The Nordic feed evaluation system*. The Netherlands Wageningen Academic Publishers.
- Wall, E., Simm, G. & Moran, D. (2010). Developing breeding schemes to assist mitigation of greenhouse gas emissions. *Animal*, 4 (3): 366-376. doi: 10.1017/S175173110999070X.
- Weiske, A., Vabitsch, A., Olesen, J. E., Schelde, K., Michel, J., Friedrich, R. & Kaltschmitt, M. (2006). Mitigation of greenhouse gas emissions in European conventional and organic dairy farming. *Agriculture, ecosystems & environment*, 112 (2-3): 221-232. doi: 10.1016/j.agee.2005.08.023.
- Wetlesen, M. (2015). Optibiff-prosjektet er godt igang. *TYRmagasinet*, 2015 nr.4. Tilgjengelig fra: <https://www.tyr.no/wp->

- content/uploads/2016/10/TYRmagasinet\_0415\_Optibiff\_prosjektet\_igang.pdf (lest 09.05.2020).
- Wetlesen, M. S., Åby, B. A., Vangen, O. & Aass, L. (2020). Suckler cow efficiency – breed by environment interactions in commercial herds under various natural production conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 68 (4): 161-173. doi: <https://doi.org/10.1080/09064702.2020.1717592>.
- Öko-Institut. (2010). E.V., Tankstelle\Diesel-DE-2010. Tilgjengelig fra: <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/volltextsuche.php?&prozessid=%7b9F010C0D-A18D-4163-B86D-22E8656276F7%7d&id=1&step=1&search=Tankstelle/Diesel-DE&b=1#in-output>>
- Østerås, O. (2015). Utrangerer du kua for tidlig? Tilgjengelig fra: <https://medlem.tine.no/fagprat/helse/utrangerer-du-kua-for-tidlig> (lest 24.02.2020).
- Åbro, A. (2011). tarmkanal. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/tarmkanal> (lest 09.08.2019).
- Åby, B. A., Vangen, O. & Sehested, E. (2011). Økonomisk viktige egenskaper i ammekuproduksjon. Tilgjengelig fra: <http://www.umb.no/statisk/husdyrforsoksmoter/2011/38.pdf> (lest 24.02.2020).
- Åby, B. A., Aass, L., Sehested, E. & Vangen, O. (2012). A bio-economic model for calculating economic values of traits for intensive and extensive beef cattle breeds. *Livestock Science*, 143 (2): 259-269. doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.10.003>.
- Åby, B. A. & Aass, L. (2017). Stort potensial for reduksjon i klimagassutslippene. *Buskap*, 1-2017. Tilgjengelig fra: [https://www.buskap.no/journal/2017/1/m-213/Stort\\_potensial\\_for\\_reduksjon\\_i\\_klimagassutslippene](https://www.buskap.no/journal/2017/1/m-213/Stort_potensial_for_reduksjon_i_klimagassutslippene) (lest 11.05.2020).
- Åby, B. A., Randby, Å. T., Bonesmo, H. & Aass, L. (2019). Impact of grass silage quality on greenhouse gas emissions from dairy and beef production. *Grass and Forage Science*, 74 (3): 525–534. doi: DOI: 10.1111/gfs.12433.
- Åkerlind, M., Nielsen, N. I. & Volden, H. (2011). Animal input characteristics. I: Volden, H. (red.) *NorFor-The Nordic feed evaluation system*. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers.

## Vedlegg A Utslippsfaktorer i HolosNorBeef

Tabell V-A.1 Utslippsfaktorer i HolosNorBeef (Samsonstuen et al., 2019b).

Utslippskilde	Utslippsfaktor	Referanse
<i>Metan (CH<sub>4</sub>)</i>		
Enterisk CH <sub>4</sub>	$(Y_m/55,65) \text{ kg CH}_4 \text{ (MJ bruttoenergiopptak)}^{-1}$	IPCC (2006)
Andel av bruttoenergiopptak omdanna til CH <sub>4</sub> (Y <sub>m</sub> )	$0,1058 - 0,0006 \times \text{Fordøyelig energi i rasjonen (\%)}^{-1}$	Bonesmo et al. (2013) <sup>a</sup>
Maksimal potensiell CH <sub>4</sub> -produksjon fra gjødsel (B <sub>o</sub> )	$0,18 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{ (kg VS)}^{-1}$	IPCC (2006)
Andel av B <sub>o</sub> omdannet til CH <sub>4</sub> (MCF) for talle	0,17	IPCC (2006)
Andel av B <sub>o</sub> omdannet til CH <sub>4</sub> (MCF) for gjødsel på beite	0,01	IPCC (2006)
<i>Lystgass (N<sub>2</sub>O)</i>		
Direkte N <sub>2</sub> O fra N tilført jord <sup>b</sup>	$0,01 \text{ kg N}_2\text{O-N (kg N)}^{-1}$	IPCC (2006)
Relativ effekt av vannfylt porevolum i jord (WFPS)	$0,4573 + 0,01102 \times \text{WFPS}$	Sozanska et al. (2002), Bonesmo et al. (2012) <sup>c</sup>
Relativ effekt av jordtemperatur ved 30cm dybde (ts30)	$0,5862 + 0,03130 \times \text{ts30}$	Sozanska et al. (2002), Bonesmo et al. (2012) <sup>c</sup>
Direkte N <sub>2</sub> O fra talle	$0,01 \text{ kg N}_2\text{O-N (kg N)}^{-1}$	IPCC (2006)
Direkte N <sub>2</sub> O fra gjødsel på beite	$0,02 \text{ kg N}_2\text{O-N (kg N)}^{-1}$	IPCC (2006)
N <sub>2</sub> O fra fordampa N	$0,010 \text{ kg N}_2\text{O-N (kg N)}^{-1}$	IPCC (2006)
Fordamping av N tilført jord	$0,10 \text{ kg N (kg N)}^{-1}$	
Fordamping av N fra talle	$0,30 \text{ kg N (kg N)}^{-1}$	
Fordamping av N fra beite	$0,20 \text{ kg N (kg N)}^{-1}$	
N <sub>2</sub> O fra utvaska N	$0,0075 \text{ kg N}_2\text{O-N (kg N)}^{-1}$	IPCC (2006)
Utvasking av N tilført jord/beite	$0,30 \text{ kg N (kg N)}^{-1}$	

## Klimasmart ammekuproduksjon - Vedlegg A

Tabell V-A.1 fortsettes.

Utslippskilde	Utslippsfaktor	Referanse
<i>Karbonbalansen i jord</i>		
Nedbrytningsrate for ungt organisk materiale i jord	0,8 år <sup>-1</sup>	Andrén et al. (2004)
Nedbrytningsrate for gammelt organisk materiale i jord	0,007 år <sup>-1</sup>	Andrén et al. (2004)
Humifiseringskoeffisient for avlingsrester	0,13	Kätterer et al. (2008)
Humifiseringskoeffisient for storfegjødsel	0,31	Kätterer et al. (2008)
<i>Direkte karbondioksid (CO<sub>2</sub>)</i>		
Forbrenning av diesel	2,7 kg CO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	Miljødirektoratet (2017)
<i>Indirekte CO<sub>2</sub>ekv</i>		
Produksjon av mineralgjødsel	4 kg CO <sub>2</sub> ekv (kg N) <sup>-1</sup>	DNV (2010)
Produksjon av plantevernmidler	0,069 kg CO <sub>2</sub> ekv (MJ) <sup>-1</sup>	Audsley et al. (2009)
Produksjon av maursyre i ensileringsmidler	0,720 kg CO <sub>2</sub> ekv kg <sup>-1</sup>	Flysjö et al. (2008)
Produksjon av diesel	0,3 kg CO <sub>2</sub> ekv L <sup>-1</sup>	Öko-Institut (2010)
Produksjon av elektrisitet	0,110 kg CO <sub>2</sub> ekv kWh <sup>-1</sup>	Berglund et al. (2009)
Produksjon av soya i kraftfôr	0,93 kg CO <sub>2</sub> ekv (kg TS) <sup>-1</sup>	Dalgaard et al. (2008)
Produksjon av bygg i kraftfôr	0,62 kg CO <sub>2</sub> ekv (kg TS) <sup>-1</sup>	Bonesmo et al. (2012)

<sup>a</sup>Ligningen er utviklet på samme måte som av Bonesmo et al. (2013), basert på IPCC (2006), Little et al. (2008) og Beauchemin et al. (2010).

<sup>b</sup>Inkluderte N-kilder er storfegjødsel, avlingsrester, mineralgjødsel og mineralisert N.

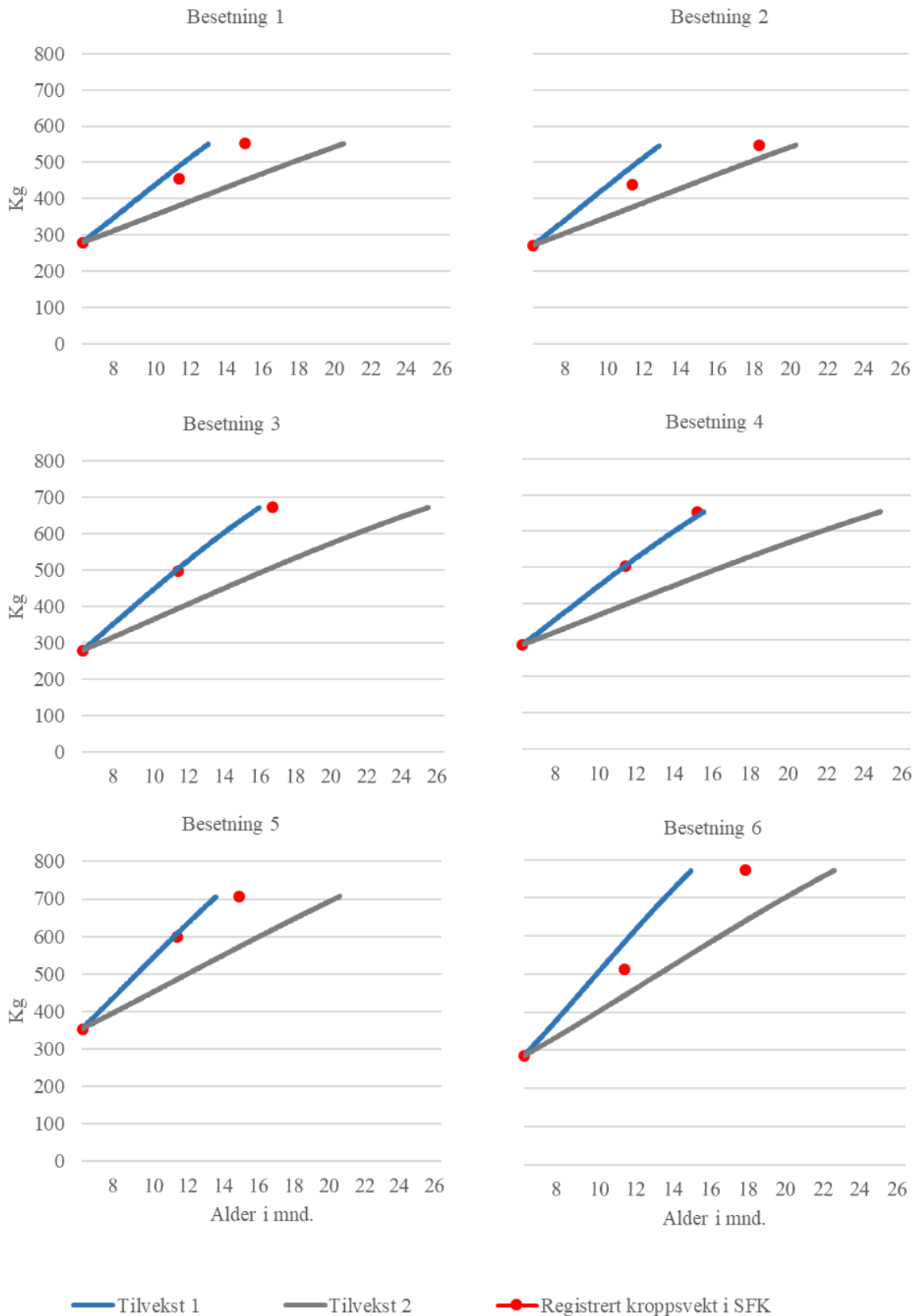
<sup>c</sup>Ligningen er utviklet av Bonesmo et al. (2012) med data fra Sozanska et al. (2002)

**Vedlegg B Detaljert informasjon om grovfôrkvaliteter undersøkt i G-scenario**

Tabell V-B.1 Informasjon om surfôr høstet svært tidlig (H1), tidlig (H2) og med middels høstetid (H3) fra Randby et al. (2010).

Surfôr kvalitet	H1	H2	H3
<i>Kjemisk analyse</i>			
TS (g/kg)	299	271	322
pH	4,43	4,18	4,31
Organisk materiale (g/kg TS)	927	929	935
Råprotein (g/kg TS)	166	145	113
Bufferløselig råprotein (g/kg N)	714	692	622
NH <sub>3</sub> -N (g/kg N)	111	130	140
Vannløselige karbohydrater (g/kg TS)	82,3	80,6	63,0
aNDF <sub>om</sub> (g/kg TS)	477	533	601
ADF <sub>om</sub> (g/kg TS)	284	321	359
ADL (g/kg TS)	46,4	51,2	64,7
Fett (g/kg TS)	38,0	29,6	25,2
Mjølkesyre (g/kg TS)	62,4	74,7	41,1
Eddiksyre (g/kg TS)	6,3	7,2	5,2
Maursyre (g/kg TS)	11,1	17,7	11,7
Propionsyre (g/kg TS)	0,83	0,00	0,00
Smørsyre (g/kg TS)	0,02	0,00	0,01
Etanol (g/kg TS)	8,2	17,1	10,1
<i>Fordøyelighetsforsøk med sau</i>			
Fordøyelighet av organisk materiale	0,806	0,763	0,693
<i>In sacco nedbrytning</i>			
Ufordøyelig N av total N	0,031	0,038	0,063
Nedbrytningshastighet for nedbrytbart protein per time	0,072	0,043	0,059
Ufordøyelig NDF (iNDF) av total NDF	0,094	0,128	0,209
Nedbrytningshastighet for nedbrytbart NDF per time	0,058	0,047	0,046
<i>Fôrverdi</i>			
Nettoenergi tilvekst (MJ/kg TS)	7,08	6,44	5,49
Aminosyrer absorbert i tarm (g/kg TS)	77,2	75,4	73,3
Proteinbalanse i vom (g/kg TS)	29,6	8,2	-21,6

**Vedlegg C Utvikling i oksenes kroppsvekt**



Figur V-C.1 Beregnet utvikling i oksenes kroppsvekt i scenario med endring av grovfôr-kvalitet i okseoppdrettet (linjediagram), 200-dagersvekt, 365-dagersvekt og kroppsvekt ved slakt registrert (punkter i diagrammet) i Storfekjøttkontrollen (SFK). Tilvekst 1= slaktetilveksten tilsvarer gjennomsnitt for tredjedelen av registreringer i SFK med høyest slaktetilvekst; Tilvekst 2= slaktetilveksten tilsvarer gjennomsnitt for tredjedelen av registreringer i SFK med lavest slaktetilvekst (Animalia 2019b). Kroppsvekt ved slakt er funnet ved slaktevekt/0,52.

**Vedlegg D Alternativ beregning av fôropptak for okser i G-scenario**

Tabell V-D.1 Fôropptak, arealbehov og bruk av gjødsel for scenario med endring av grovfôrkvalitet i okseoppdrettet basert på resultater fra rasjonsoptimalisering i Tine Optifôr Ungdyr. Scenarioene inkluderer surfôr høstet svært tidlig (GST), tidlig (GT) og med middels høstetid (GM) brukt i okseoppdrettet i kombinasjon med lav (1) og/eller høy (2) slaktealder. *Røde* verdier er basert på rasjoner hvor resultater for én eller flere optimeringsvariable avviker fra optimalt intervall i hele eller deler av framføringsperioden.

Scenario	GST1	GT1	GT2	GM2
<b>Besetning 1</b>				
Opptak av kraftfôr (kg TS) <sup>a</sup>	3	729	139	996
Opptak av grovfôr (kg TS) <sup>a</sup>	1673	1091	2871	2125
Arealbehov, okser (daa)	17	9	25	17
Gjødsling, totalt (kg N/daa) <sup>b</sup>	0,6	0,3	0,8	0,4
<b>Besetning 2</b>				
Opptak av kraftfôr (kg TS) <sup>a</sup>	16	816	156	1029
Opptak av grovfôr (kg TS) <sup>a</sup>	1688	1018	2859	2098
Arealbehov, okser (daa)	29	15	41	29
Gjødsling, totalt (kg N/daa) <sup>b</sup>	13,4	13,2	13,6	13,0
<b>Besetning 3</b>				
Opptak av kraftfôr (kg TS) <sup>a</sup>	32	1132	186	1302
Opptak av grovfôr (kg TS) <sup>a</sup>	2647	1779	4304	3371
Arealbehov, okser (daa)	89	50	120	90
Gjødsling, totalt (kg N/daa) <sup>b</sup>	11,0	9,9	11,7	9,4
<b>Besetning 4</b>				
Opptak av kraftfôr (kg TS) <sup>a</sup>	9	966	149	1199
Opptak av grovfôr (kg TS) <sup>a</sup>	2419	1791	3889	3064
Arealbehov, okser (daa)	47	29	63	47
Gjødsling, totalt (kg N/daa) <sup>b</sup>	9,0	8,6	9,3	8,5
<b>Besetning 5</b>				
Opptak av kraftfôr (kg TS) <sup>a</sup>	35	1290	1475	2347
Opptak av grovfôr (kg TS) <sup>a</sup>	2144	1382	2284	1517
Arealbehov, okser (daa)	24	13	21	13
Gjødsling, totalt (kg N/daa) <sup>b</sup>	15,6	15,4	15,6	14,9

## Klimasmart ammekuproduksjon - Vedlegg D

Tabell V-D.1 fortsettes.

Scenario	GST1	GT1	GT2	GM2
<b>Besetning 6</b>				
Opptak av kraftfôr (kg TS) <sup>a</sup>	126	1621	1642	2581
Opptak av grovfôr (kg TS) <sup>a</sup>	2504	1207	2495	1675
Arealbehov, okser (daa)	209	84	174	111
Gjødsling, totalt (kg N/daa) <sup>b</sup>	12,8	12,2	12,6	11,9

<sup>a</sup>Opptak per okse fra avvenning til slakt.

<sup>b</sup>Vektet gjennomsnitt. Gjødsling per daa for alt engareal disponert til fôrproduksjon i besetningen.



## Vedlegg E Ligninger brukt til beregning av besetningsstruktur

$$\text{Kuas levealder} = \text{Innkalvingsalder} + (\text{kalvinger før utrangering iht. scenario} - 1) \cdot \text{Kalvingsintervall} + \text{kalvens avvenningsalder} \quad 5$$

$$\text{Kalvinger per årsku} = \frac{\text{Kalvinger før utrangering iht. scenario}}{(\text{levealder} - \text{innkalvingsalder})} \quad 6$$

$$\text{Kalvinger per år} = \text{Årskyr} \times \text{kalvinger per årsku} \quad 7$$

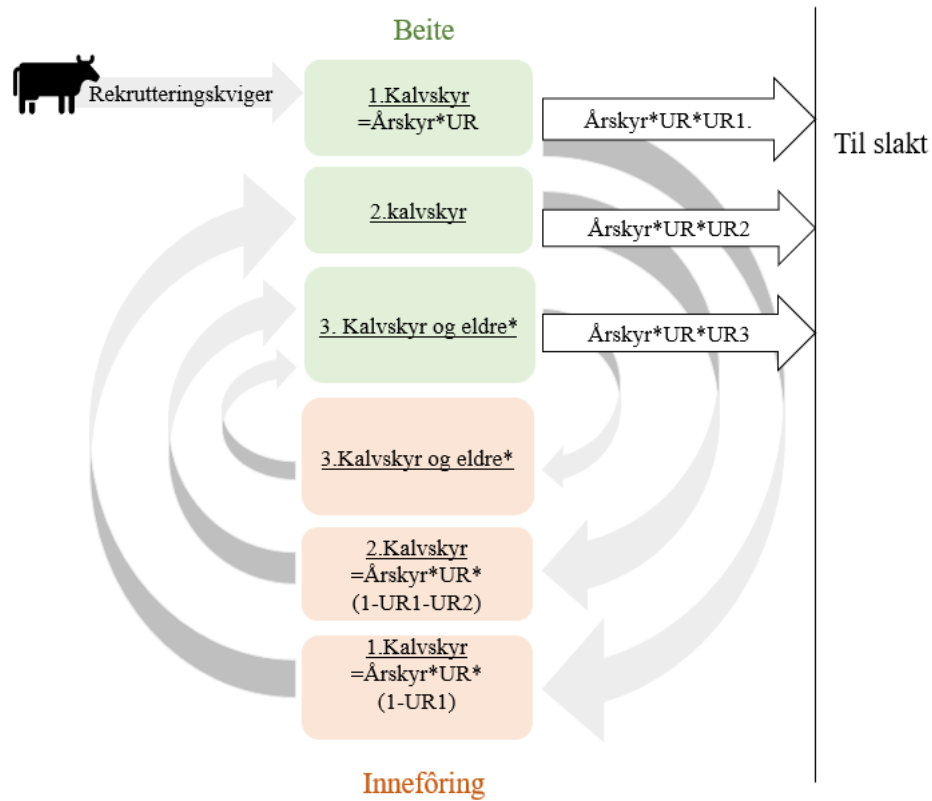
$$\text{Andel av kviger til påsett} = \frac{\text{Behov for kviger til rekruttering}}{\text{Tilbud av kviger fra egen besetning}} \quad 8$$

$$\begin{aligned} \text{Behov for kviger til rekruttering} &= \text{antall kyr til slakt per år} \\ &= \text{Årlig utrangeringsrate} \cdot \text{Årskyr} \end{aligned} \quad 9$$

$$\begin{aligned} \text{Tilbud av kviger fra egen besetning} &= \text{Kalvinger per år} \\ &\cdot (1 - \text{andel dødfødsler}) \cdot (1 - \text{andel kreperte før 180 dager}) \cdot (1 \\ &+ \text{tvillingfrekvens}) \cdot \text{andel kukalver av kalver} \end{aligned} \quad 10$$

$$\text{Årlig utrangeringsrate} = \frac{1}{(\text{Levealder} - \text{innkalvingsalder})} \quad 11$$

## Klimasmart ammekuproduksjon - Vedlegg E

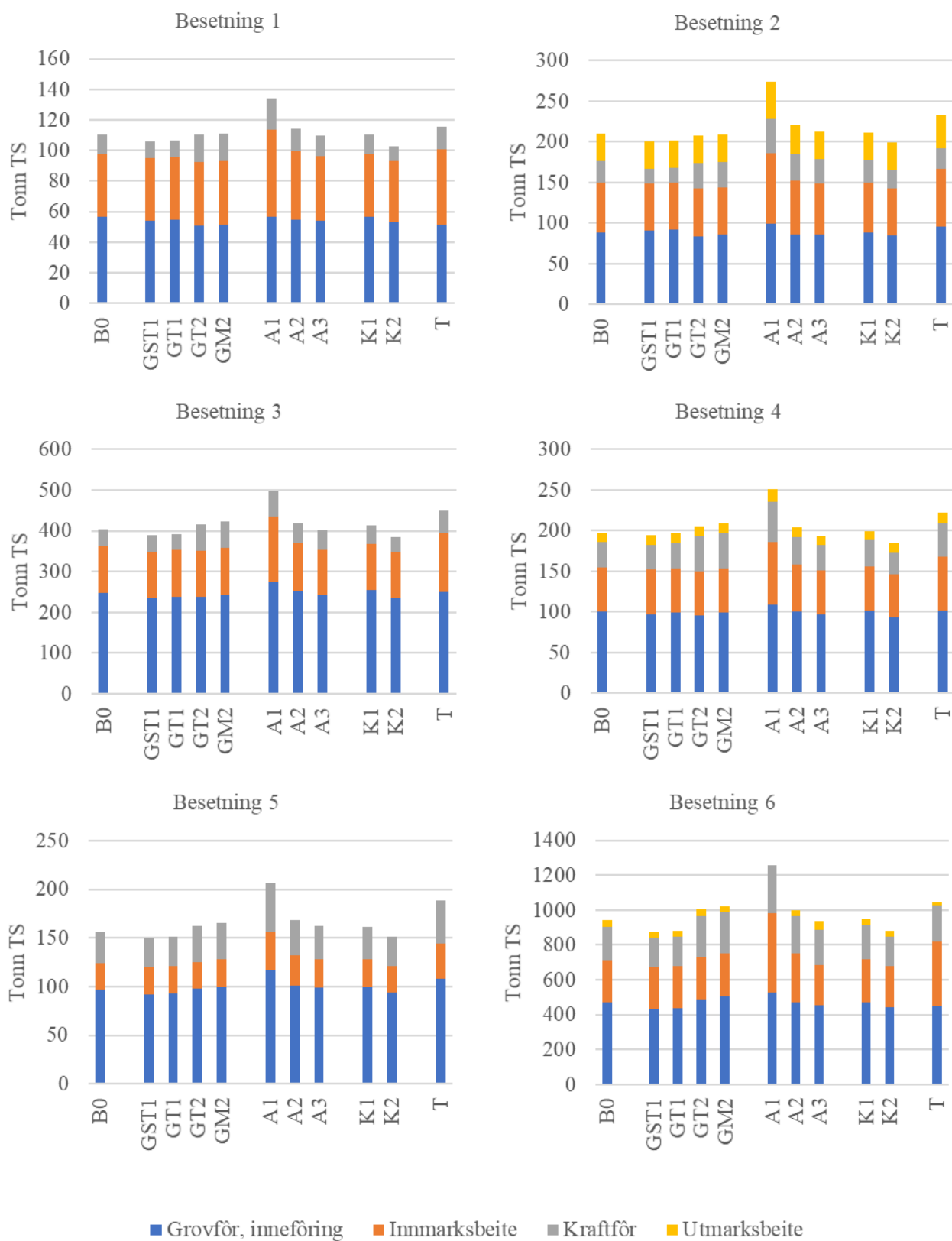


\*3. kalvskyr og eldre = 2. kalvskyr i inneføringsperioden + eldre kyr, hvor eldre kyr beregnes ved:  

$$\text{Årskyr} - 1. \text{ og } 2. \text{ kalvskyr} - \text{utrangerede } 3. \text{ kalvskyr og eldre} * \frac{\text{Dager i beiteperioden}}{365}$$

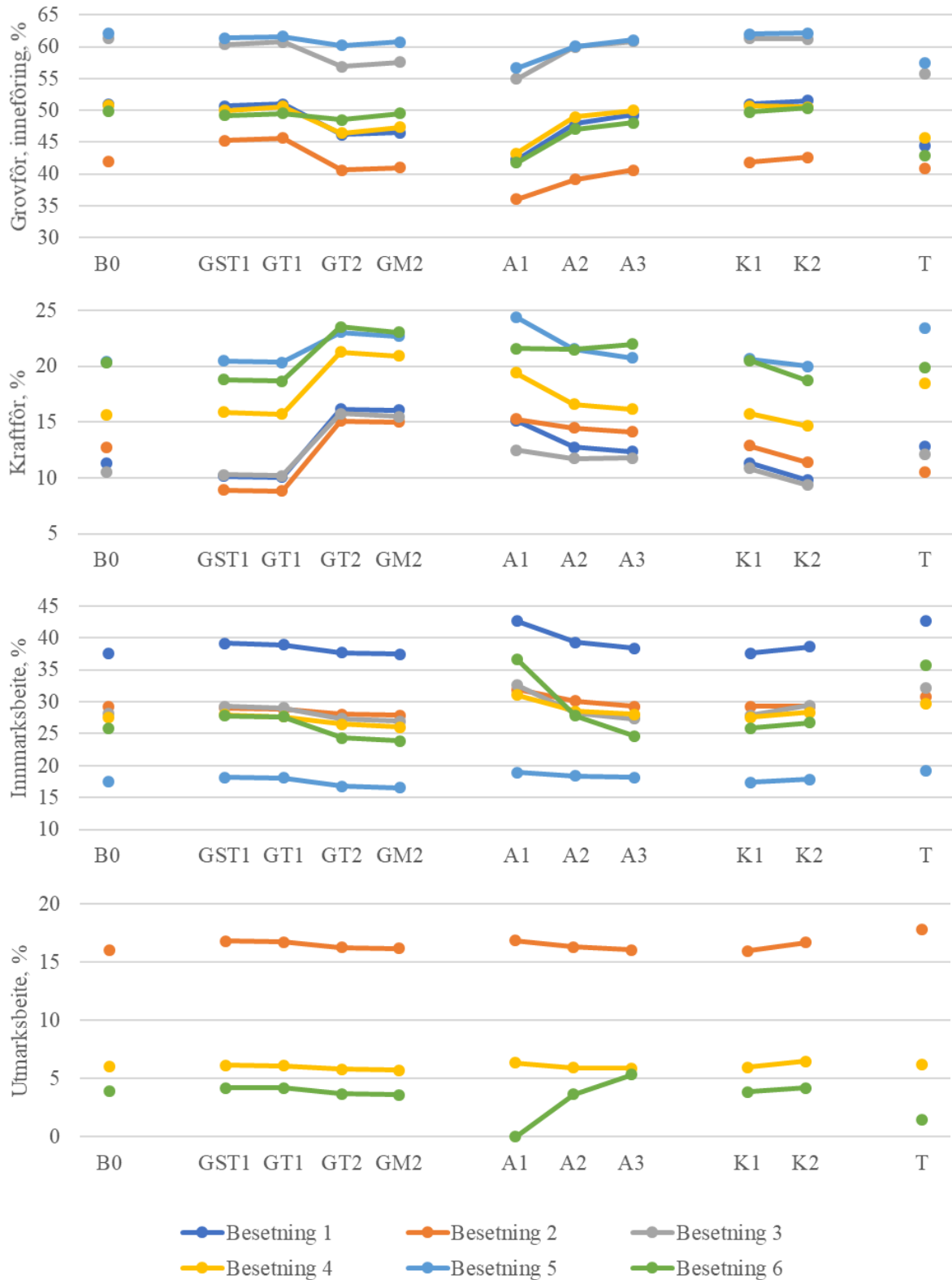
Figur V-E.1 Beregning av antall kyr i seks kategorier (hhv. 1., 2. og 3. kalvskyr og eldre på inneføring og beite) benyttet som inngangsdata i scenarioer med endring av alder på mordyr. UR=utrangeringsrate. UR1=andel av utrangeringer blant 1. kalvskyr. UR2=andel av utrangeringer blant 2. kalvskyr. UR3= andel av utrangeringer blant kyr med >2 kalver.

**Vedlegg F Fôrforbruk på besetningsnivå**



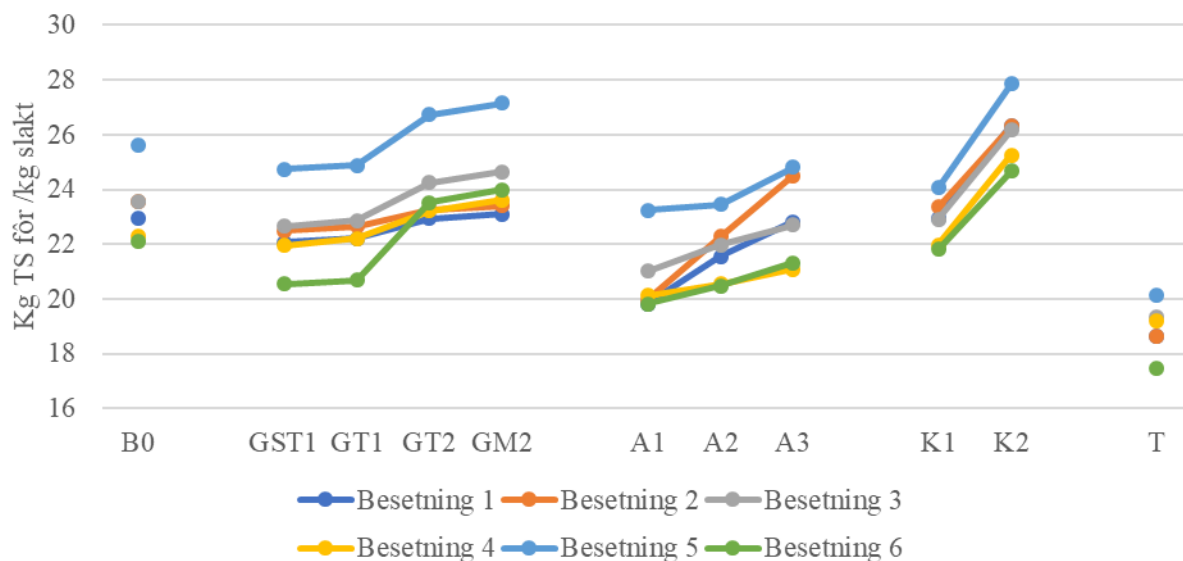
Figur V-F.1 Opptak (Tonn TS) av ulike fôrmidler i alle besetninger og scenario: basisscenario (B0); scenario med svært tidlig høstet grovfôr (GST), tidlig høstet grovfôr (GT) og grovfôr med middels høstetid (GM) i kombinasjon med lav (GST1 og GT1) eller høy (GT2 og GM2) slaktealder i okseoppdrettet; scenario hvor mordyr kalver hhv. 1,5 (A1), 4 (A2) og 7,5 (A3) ganger før utrangering; scenario med kalvetap på hhv. 0 (K1) og 20% (K2); scenario med kombinasjon av tidlig høstet grovfôr og lav slaktealder i okseoppdrettet, lav alder på mordyr og fravær av kalvetap (T).

## Klimasmart ammekuproduksjon - Vedlegg F



Figur V-F.2 Rasjonssammensetning på tørrstoffbasis for alle besetninger og scenario: basisscenario (B0); scenario med svært tidlig høstet grovfôr (GST), tidlig høstet grovfôr (GT) og grovfôr med middels høstetid (GM) i kombinasjon med lav (GST1 og GT1) eller høy (GT2 og GM2) slaktealder i okseoppdrettet; scenario hvor mordyr kalver hhv. 1,5 (A1), 4 (A2) og 7,5 (A3) ganger før utrangering; scenario med kalvetap på hhv. 0 (K1) og 20% (K2); scenario med kombinasjon av tidlig høstet grovfôr og lav slaktealder i okseoppdrettet, lav alder på mordyr og fravær av kalvetap (T).

## Klimasmart ammekuproduksjon - Vedlegg F



Figur V-F.3 Fôreffektivitet (kg TS fôr/kg slakt) på besetningsnivå for alle besetninger og scenario: basisscenario (B0); scenario med svært tidlig høstet grovfôr (GST), tidlig høstet grovfôr (GT) og grovfôr med middels høstetid (GM) i kombinasjon med lav (GST1 og GT1) eller høy (GT2 og GM2) slaktealder i okseoppdrettet; scenario hvor mordyr kalver hhv. 1,5 (A1), 4 (A2) og 7,5 (A3) ganger før utrangering; scenario med kalvetap på hhv. 0 (K1) og 20% (K2); scenario med kombinasjon av tidlig høstet grovfôr og lav slaktealder i okseoppdrettet, lav alder på mordyr og fravær av kalvetap (T).

**Vedlegg G Inngangsdata for tiltaksscenario**

Tabell V-G.1–4 viser beregnede inngangsdata for scenario med endring av grovfôrkvalitet i okseoppdrettet (Tabell V-G.1), scenario med endring av alder på mordyr (Tabell V-G.2), scenario med endring av kalvetap (Tabell V-G.3) og scenario med kombinasjon av tiltak (Tabell V-G.4).

*Tabell V-G.1 Oversikt over beregnede inngangsdata for basisscenario (B0), scenario med svært tidlig (GST), tidlig (GT) og middels høstetid (GM) av grovfôr brukt i okseoppdrettet i kombinasjon med lav (1) og/eller høy (2) slaktealder.*

<b>Scenario</b>	<b>B0</b>	<b>GST1</b>	<b>GT1</b>	<b>GT2</b>	<b>GM2</b>
<b>Besetning 1</b>					
Slaktealder (d)	475	415	415	643	643
Avrundet slaktealder (mnd) <sup>a</sup>	15	13	13	21	21
365-dagersvekt (kg)	456	491	491	382	382
Opptak av kraftfôr (kg TS) <sup>b</sup>	958	744	744	1604	1604
Opptak av grovfôr (kg TS) <sup>b</sup>	1157	844	928	496	581
Arealbehov, okser (daa)	48	9	8	4	5
Arealbehov, eng totalt (daa)	673	634	633	629	630
Gjødsling, totalt (kg N/daa) <sup>c</sup>	0,0	0,3	0,3	0,1	0,1
Ensileringsmiddel (L)	0	113	133	71	70
<b>Besetning 2</b>					
Slaktealder (d)	575	411	411	636	636
Avrundet slaktealder (mnd) <sup>a</sup>	19	13	13	21	21
365-dagersvekt (kg)	438	490	490	377	377
Opptak av kraftfôr (kg TS) <sup>b</sup>	1243	598	598	1565	1565
Opptak av grovfôr (kg TS) <sup>b</sup>	1044	994	1092	526	617
Arealbehov, okser (daa)	42	17	16	8	9
Arealbehov, eng totalt (daa)	520	495	494	486	487
Gjødsling, totalt (kg N/daa) <sup>c</sup>	13,0	13,3	13,2	13,1	13,0
Ensileringsmiddel (L)	0	225	265	128	126

Klimasmart ammekuproduksjon - Vedlegg G

Tabell V-G.1 fortsettes.

Scenario	B0	GST1	GT1	GT2	GM2
<b>Besetning 3</b>					
Slaktealder (d)	527	506	506	796	796
Avrundet slaktealder (mnd) <sup>a</sup>	17	16	16	26	26
365-dagersvekt (kg)	498	503	503	394	394
Opptak av kraftfôr (kg TS) <sup>b</sup>	1029	934	934	1894	1894
Opptak av grovfôr (kg TS) <sup>b</sup>	1894	1400	1539	1474	1729
Arealbehov, okser (daa)	63	47	43	41	46
Arealbehov, eng totalt (daa)	354	337	333	331	336
Gjødsling, totalt (kg N/daa) <sup>c</sup>	8,0	9,8	9,6	9,6	8,8
Ensileringsmiddel (L)	0	611	719	689	680
<b>Besetning 4</b>					
Slaktealder (d)	481	492	492	775	775
Avrundet slaktealder (mnd) <sup>a</sup>	16	16	16	25	25
365-dagersvekt (kg)	504	504	504	398	398
Opptak av kraftfôr (kg TS) <sup>b</sup>	934	934	934	1772	1772
Opptak av grovfôr (kg TS) <sup>b</sup>	1617	1429	1571	1312	1540
Arealbehov, okser (daa)	47	28	25	21	24
Arealbehov, eng totalt (daa)	600	580	578	574	577
Gjødsling, totalt (kg N/daa) <sup>c</sup>	8,0	8,6	8,6	8,5	8,2
Ensileringsmiddel (L)	1876	1958	2022	1952	1947
<b>Besetning 5</b>					
Slaktealder (d)	472	433	433	647	647
Avrundet slaktealder (mnd) <sup>a</sup>	15	14	14	21	21
365-dagersvekt (kg)	600	608	608	486	486
Opptak av kraftfôr (kg TS) <sup>b</sup>	958	853	853	1604	1604
Opptak av grovfôr (kg TS) <sup>b</sup>	1506	978	1075	1603	1880
Arealbehov, okser (daa)	24	11	10	15	17
Arealbehov, eng totalt (daa)	209	196	196	200	202
Gjødsling, totalt (kg N/daa) <sup>c</sup>	15,0	15,3	15,3	15,4	14,9
Ensileringsmiddel (L)	0	141	166	248	245

## Klimasmart ammekuproduksjon - Vedlegg G

Tabell V-G.1 fortsettes.

	<b>B0</b>	<b>GST1</b>	<b>GT1</b>	<b>GT2</b>	<b>GM2</b>
<b>Besetning 6</b>					
Slaktealder (d)	561	474	474	707	707
Avrundet slaktealder (mnd) <sup>a</sup>	18	15	15	23	23
365-dagersvekt (kg)	513	585	585	445	445
Opptak av kraftfôr (kg TS) <sup>b</sup>	1606	1201	1201	2270	2270
Opptak av grovfôr (kg TS) <sup>b</sup>	1465	883	970	1721	2019
Arealbehov, okser (daa)	171	74	68	120	134
Arealbehov, eng totalt (daa)	1802	1705	1699	1751	1766
Gjødsling, totalt (kg N/daa) <sup>c</sup>	11,0	11,4	11,4	11,7	11,2
Ensileringsmiddel (L)	0	961	1131	2007	1982

<sup>a</sup>Slaktealder avrundet i HolosNorBeef, Input-modellen

<sup>b</sup>Opptak per okse fra avvenning til slakt

<sup>c</sup>Vektet gjennomsnitt. Gjødsling per daa for alt engareal der det er tatt hensyn til endret gjødsling på engareal brukt i fôrproduksjon til oksene.



## Klimasmart ammekuproduksjon - Vedlegg G

Tabell V-G.2 Beregnede inngangsdata til scenarioer hvor kyr kalver henholdsvis 1,5 (A1), 4 (A2) og 7,5 (A3) ganger før utrangering.

Scenario	B0	A1	A2	A3
<b>Besetning 1</b>				
Kalvinger per år	16,0	24,6	18,7	17,6
Andel av kukalver til påsett (%)	63	130	49	26
Dødfødsler (%)	0,0	0,0	0,0	0,0
200dg. vekt, kukalv (kg)	252	241	253	257
200dg. vekt, oksekalv (kg)	279	266	280	285
Slaktevekt, ku (kg)	351	260	313	313
Eng (daa)	673	478	406	386
Innmarksbeite (daa)	96	132	104	97
<i>Kutall</i>				
1.kalv, dieperiode	5,1	16,4	4,7	2,3
1.kalv, innefôring	4,4	8,2	4,7	2,3
2.kalv, dieperiode	4,4	8,2	4,7	2,3
2.kalv, innefôring	3,2	0,0	4,7	2,3
>2.kalv, dieperiode	8,8	0,0	9,4	12,9
>2.kalv, innefôring	8,8	0,0	4,7	10,5
<b>Besetning 2</b>				
Kalvinger per år	31,6	51,2	39,1	36,6
Andel av kukalver til påsett (%)	64	118	44	24
Dødfødsler (%)	0,8	1,1	0,7	0,6
200dg. vekt, kukalv (kg)	224	216	227	231
200dg. vekt, oksekalv (kg)	272	262	275	280
Slaktevekt, ku (kg)	351	260	313	313
Eng (daa)	520	487	397	383
Innmarksbeite (daa)	30	43	32	30
<i>Kutall</i>				
1.kalv, dieperiode	11,4	34,2	9,8	4,9
1.kalv, innefôring	15,4	17,1	9,8	4,9
2.kalv, dieperiode	15,4	17,1	9,8	4,9

Klimasmart ammekuproduksjon - Vedlegg G

Tabell V-G.2 fortsettes.

<b>Scenario</b>	<b>B0</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
<b>Besetning 2</b>				
2.kalv, innefôring	6,8	0,0	9,8	4,9
>2.kalv, dieperiode	12,0	0,0	19,5	26,9
>2.kalv, innefôring	12,0	0,0	9,8	22,0
<b>Besetning 3</b>				
Kalvinger per år	55,0	83,0	63,3	59,3
Andel av kukalver til påsett (%)	60	130	48	25
Dødfødsler (%)	4,7	6,7	4,6	4,0
200dg. vekt, kukalv (kg)	261	249	262	267
200dg. vekt, oksekalv (kg)	278	266	279	284
Slaktevekt, ku (kg)	324	252	299	299
Eng (daa)	354	409	364	350
Innmarksbeite (daa)	260	369	270	250
<i>Kutall</i>				
1.kalv, dieperiode	17,2	55,3	15,8	7,9
1.kalv, innefôring	16,6	27,7	15,8	7,9
2.kalv, dieperiode	16,6	27,7	15,8	7,9
2.kalv, innefôring	10,4	0,0	15,8	7,9
>2.kalv, dieperiode	28,4	0,0	31,6	43,5
>2.kalv, innefôring	28,4	0,0	15,8	35,6
<b>Besetning 4</b>				
Kalvinger per år	28,2	42,8	32,7	30,6
Andel av kukalver til påsett (%)	63	149	55	29
Dødfødsler (%)	2,8	4,1	2,8	2,5
200dg. vekt, kukalv (kg)	250	238	250	254
200dg. vekt, oksekalv (kg)	287	273	287	292
Slaktevekt, ku (kg)	324	252	299	299
Eng (daa)	600	262	191	168
Innmarksbeite (daa)	255	364	273	254
<i>Kutall</i>				
1.kalv, dieperiode	8,0	28,6	8,2	4,1
1.kalv, innefôring	7,6	14,3	8,2	4,1

Klimasmart ammekuproduksjon - Vedlegg G

Tabell V-G.2 fortsettes.

<b>Scenario</b>	<b>B0</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
<b>Besetning 4</b>				
2.kalv, dieperiode	7,6	14,3	8,2	4,1
2.kalv, innefôring	4,4	0,0	8,2	4,1
>2.kalv, dieperiode	16,6	0,0	16,3	22,5
>2.kalv, innefôring	16,6	0,0	8,2	18,4
<b>Besetning 5</b>				
Kalvinger per år	19,4	30,3	23,1	21,6
Andel av kukalver til påsett (%)	40	145	52	28
Dødfødsler (%)	7,2	11,3	7,8	6,8
200dg. vekt, kukalv (kg)	310	292	307	312
200dg. vekt, oksekalv (kg)	353	333	349	356
Slaktevekt, ku (kg)	405	301	363	363
Eng (daa)	209	218	166	156
Innmarksbeite (daa)	24	34	27	26
<i>Kutall</i>				
1.kalv, dieperiode	3,8	20,2	5,8	2,9
1.kalv, innefôring	3,6	10,1	5,8	2,9
2.kalv, dieperiode	3,6	10,1	5,8	2,9
2.kalv, innefôring	3,4	0,0	5,8	2,9
>2.kalv, dieperiode	13,2	0,0	11,5	15,9
>2.kalv, innefôring	13,2	0,0	5,8	13,0
<b>Besetning 6</b>				
Kalvinger per år	115,2	179,2	136,6	128,1
Andel av kukalver til påsett (%)	54	141	52	28
Dødfødsler (%)	2,6	3,8	2,6	2,3
200dg. vekt, kukalv (kg)	264	251	263	268
200dg. vekt, oksekalv (kg)	285	271	284	289
Slaktevekt, ku (kg)	405	301	363	363
Eng (daa)	1802	1430	1095	997
Innmarksbeite (daa)	531	1001	607	504
<i>Kutall</i>				
1.kalv, dieperiode	29,6	119,4	34,2	17,1

## Klimasmart ammekuproduksjon - Vedlegg G

*Tabell V-G.2 fortsettes.*

<b>Scenario</b>	<b>B0</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
<b>Besetning 6</b>				
1.kalv, inneføring	27,0	59,7	34,2	17,1
2.kalv, dieperiode	27,0	59,7	34,2	17,1
2.kalv, inneføring	23,6	0,0	34,2	17,1
>2.kalv, dieperiode	69,0	0,0	68,3	94,0
>2.kalv, inneføring	69,0	0,0	34,2	76,9

## Klimasmart ammekuproduksjon - Vedlegg G

*Tabell V-G.3 Beregnede inngangsdata til scenarioer med endring av kalvetap (K1=0% kalvetap og K2=20% kalvetap).*

<b>Scenario</b>	<b>B0</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>
<b>Besetning 1</b>			
Rekrutteringskviger, andel av kviger (%)	63	63	78
Eng (daa)	673	388	364
Innmarksbeite (daa)	96	96	92
<b>Besetning 2</b>			
Rekrutteringskviger, andel av kviger (%)	64	62	78
Eng (daa)	520	391	371
Innmarksbeite (daa)	30	30	28
<b>Besetning 3</b>			
Rekrutteringskviger, andel av kviger (%)	60	56	70
Eng (daa)	354	365	340
Innmarksbeite (daa)	260	263	257
<b>Besetning 4</b>			
Rekrutteringskviger, andel av kviger (%)	63	61	76
Eng (daa)	600	177	160
Innmarksbeite (daa)	255	258	246
<b>Besetning 5</b>			
Rekrutteringskviger, andel av kviger (%)	40	36	45
Eng (daa)	209	151	138
Innmarksbeite (daa)	24	25	24
<b>Besetning 6</b>			
Rekrutteringskviger, andel av kviger (%)	54	52	65
Eng (daa)	1802	1050	989
Innmarksbeite (daa)	531	536	514

## Klimasmart ammekuproduksjon - Vedlegg G

*Tabell V-G.4 Beregnede inngangsdata til tiltakspakken: scenario med kombinasjon av fravær av kalvetap, svært tidlig høsta grovfôr og lav slaktealder i okseoppdrettet og laveste alder på mordyr som gir tilstrekkelig antall rekrutteringskviger fra egen besetning for stabil besetningsstørrelse.*

<b>Besetning</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<i>Dyreholdet</i>						
Kalvinger per ku før utrangering	2,0	2,0	2,0	2,1	2,0	2,0
Kalvinger per år	21,8	45,6	73,8	37,3	26,9	158,4
Andel av kukalver til påsett (%)	98	87	90	100	93	100
200dg. vekt, kukalv (kg)	245	220	254	243	297	255
200dg. vekt, oksekalv (kg)	271	267	271	279	339	276
365dg. vekt, okse (kg)	489	489	500	501	603	581
Slaktealder, okse (mnd)	13,6	13,5	16,6	16,2	14,2	15,6
Slaktevekt, ku (kg)	277	277	268	268	322	322
<i>Kuttall</i>						
1.kalv, dieperiode	10,9	22,8	36,9	17,4	13,5	77,7
1.kalv, innefôring	7,3	15,2	24,6	11,6	9,0	51,8
2.kalv, dieperiode	7,3	15,2	24,6	11,6	9,0	51,8
2.kalv, innefôring	3,6	7,6	12,3	5,8	4,5	25,9
>2.kalv, dieperiode	3,6	7,6	12,3	8,3	4,5	28,8
>2.kalv, innefôring	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	2,9
<i>Fôrproduksjonen</i>						
Eng (daa)	332	351	374	200	185	1143
Innmarksbeite (daa)	114	35	329	309	32	814
Gjødsling, totalt (kg N/daa)	0,73	13,53	10,22	10,37	15,51	11,86
Forbruk, ensileringsmidler (L)	153	317	850	1985	215	1325

## Vedlegg H Utslippsintensitet fordelt på utslippskilder

Tabell V-H.1 Utslippsintensitet (kg CO<sub>2</sub>ekv/kg slakt) fordelt på utslippskilder for alle besetninger og scenario.

Scenario	B0	GST1	GT1	GT2	GM2	A1	A2	A3	K1	K2	T
<b>Besetning 1</b>											
Enterisk CH <sub>4</sub>	14,03	13,43	13,57	13,94	14,08	11,94	13,09	13,89	14,03	16,13	11,22
Gjødsel CH <sub>4</sub>	3,36	3,13	3,21	3,29	3,37	2,57	3,02	3,26	3,36	3,85	2,41
Gjødsel N <sub>2</sub> O	3,10	3,01	3,00	3,07	3,06	2,81	2,97	3,10	3,10	3,58	2,62
Jord N <sub>2</sub> O	3,31	3,37	3,35	3,32	3,29	2,35	2,59	2,74	2,76	3,15	2,34
Karbonbalanse i jorda	5,10	4,84	4,83	4,69	4,70	2,32	2,30	2,34	2,31	2,77	1,53
Kraftfôr, bygg CO <sub>2</sub> ekv	0,91	0,78	0,78	1,29	1,29	1,05	0,96	0,98	0,91	0,90	0,83
Kraftfôr, soya CO <sub>2</sub> ekv	0,81	0,70	0,70	1,16	1,16	0,94	0,86	0,88	0,81	0,81	0,74
Indirekte CO <sub>2</sub> ekv energi	0,01	0,18	0,17	0,09	0,08	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,19
Direkte CO <sub>2</sub> , energi	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03
<b>Besetning 2</b>											
Enterisk CH <sub>4</sub>	14,36	13,66	13,80	14,11	14,25	12,08	13,53	14,90	14,22	16,05	11,23
Gjødsel CH <sub>4</sub>	2,82	2,57	2,64	2,71	2,77	2,19	2,58	2,91	2,80	3,14	1,96
Gjødsel N <sub>2</sub> O	3,64	3,53	3,52	3,58	3,57	3,14	3,46	3,77	3,61	4,10	2,96
Jord N <sub>2</sub> O	6,91	6,70	6,68	6,62	6,59	4,62	5,26	5,80	5,63	6,37	4,01
Karbonbalanse i jorda	-0,04	-0,06	-0,07	-0,19	-0,18	-0,37	-0,54	-0,67	-0,61	-0,64	-0,62
Kraftfôr, bygg CO <sub>2</sub> ekv	1,05	0,70	0,70	1,22	1,22	1,06	1,13	1,21	1,05	1,05	0,69
Kraftfôr, soya CO <sub>2</sub> ekv	0,94	0,63	0,63	1,10	1,10	0,95	1,01	1,08	0,94	0,94	0,61
Indirekte CO <sub>2</sub> ekv, energi	3,45	3,39	3,38	3,29	3,28	2,14	2,47	2,73	2,66	3,04	1,85
Direkte CO <sub>2</sub> , energi	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	1,62	2,25	2,57	2,46	2,95	1,78

Klimasmart ammekuproduksjon - Vedlegg H

Tabell V-H.1 fortsettes.

Scenario	B0	GST1	GT1	GT2	GM2	A1	A2	A3	K1	K2	T
<b>Besetning 3</b>											
Enterisk CH <sub>4</sub>	14,74	14,02	14,22	14,99	15,37	12,98	13,70	14,18	14,32	16,40	11,84
Gjødsel CH <sub>4</sub>	3,87	3,52	3,64	3,85	4,06	3,12	3,56	3,75	3,77	4,26	2,77
Gjødsel N <sub>2</sub> O	2,95	2,90	2,89	3,02	3,00	2,76	2,74	2,80	2,85	3,33	2,55
Jord N <sub>2</sub> O	4,16	4,21	4,18	4,33	4,26	3,67	3,87	4,00	4,06	4,67	3,60
Karbonbalanse i jorda	-1,90	-1,81	-1,82	-2,11	-2,07	-1,40	-1,76	-1,88	-1,87	-2,00	-1,38
Kraftfôr, bygg CO <sub>2</sub> ekv	0,87	0,81	0,81	1,33	1,33	0,92	0,90	0,94	0,87	0,86	0,82
Kraftfôr, soya CO <sub>2</sub> ekv	0,77	0,73	0,73	1,19	1,19	0,82	0,80	0,84	0,78	0,76	0,73
Indirekte CO <sub>2</sub> ekv, energi	1,17	1,31	1,30	1,29	1,24	1,04	1,09	1,12	1,14	1,34	1,14
Direkte CO <sub>2</sub> , energi	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	0,84	1,04	1,12	1,10	1,35	0,85
<b>Besetning 4</b>											
Enterisk CH <sub>4</sub>	13,66	13,35	13,58	14,12	14,50	12,06	12,51	12,90	13,46	15,52	11,47
Gjødsel CH <sub>4</sub>	2,69	2,56	2,66	2,85	3,04	2,22	2,42	2,53	2,65	3,04	2,10
Gjødsel N <sub>2</sub> O	3,14	3,09	3,08	3,15	3,13	3,02	2,93	2,95	3,09	3,58	2,80
Jord N <sub>2</sub> O	6,35	6,40	6,37	6,42	6,35	3,59	3,43	3,39	3,56	4,06	3,42
Karbonbalanse i jorda	-0,51	-0,52	-0,53	-0,74	-0,72	-0,78	-0,90	-0,92	-1,00	-1,04	-0,87
Kraftfôr, bygg CO <sub>2</sub> ekv	1,22	1,22	1,22	1,73	1,73	1,36	1,19	1,19	1,21	1,29	1,24
Kraftfôr, soya CO <sub>2</sub> ekv	1,09	1,09	1,09	1,54	1,54	1,22	1,06	1,06	1,08	1,16	1,11
Indirekte CO <sub>2</sub> ekv, energi	3,50	3,60	3,58	3,54	3,48	1,84	1,81	1,80	1,88	2,19	1,80
Direkte CO <sub>2</sub> , energi	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	2,63	3,29	3,57	3,60	4,46	2,83



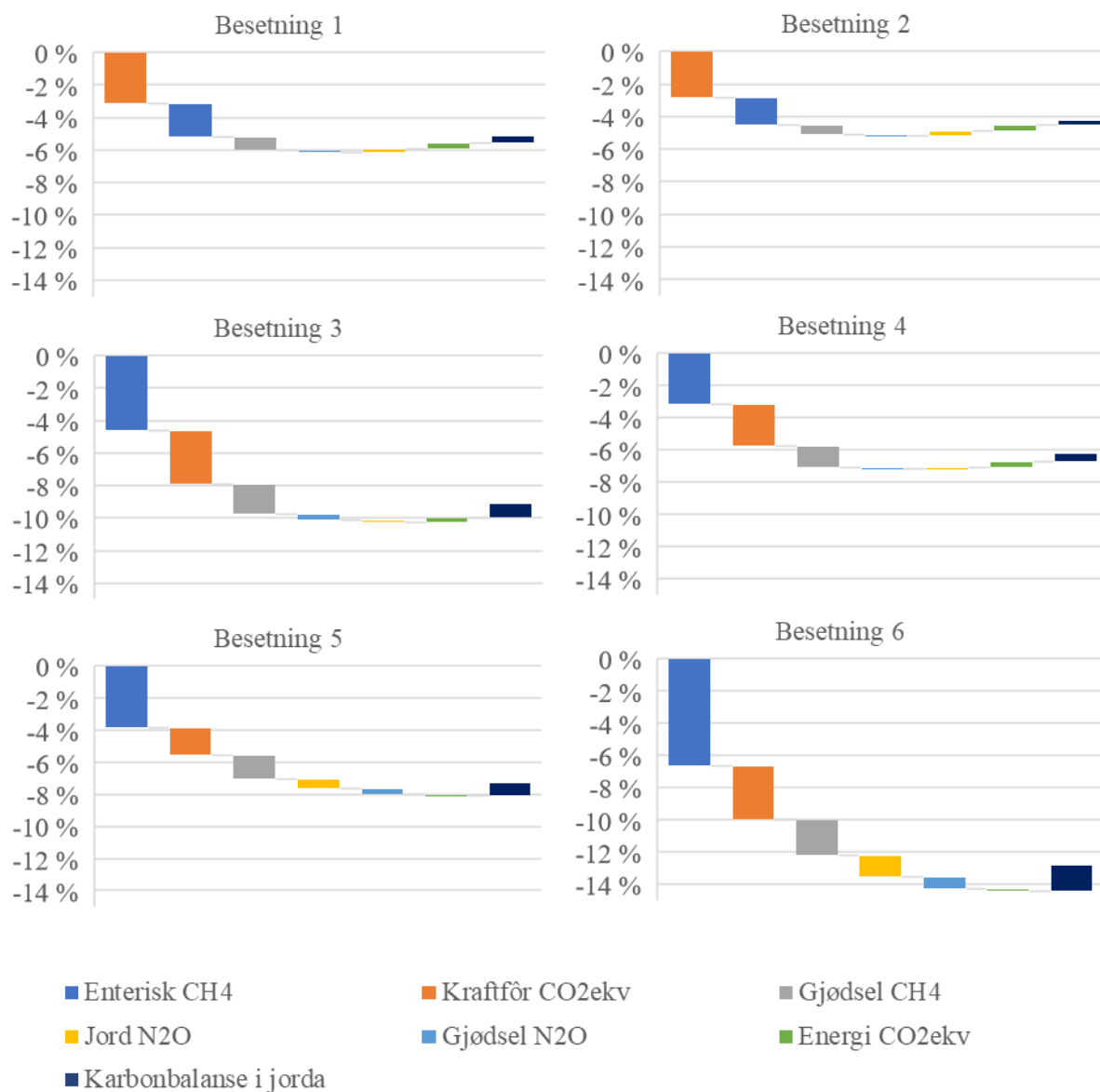
Klimasmart ammekuproduksjon - Vedlegg H

Tabell V-H.1 fortsettes.

Scenario	B0	GST1	GT1	GT2	GM2	A1	A2	A3	K1	K2	T
<b>Besetning 5</b>											
Enterisk CH <sub>4</sub>	16,25	15,54	15,68	16,74	17,13	14,55	14,80	15,69	15,25	17,68	12,50
Gjødsel CH <sub>4</sub>	4,21	3,86	3,93	4,25	4,46	3,49	3,71	3,98	3,96	4,55	2,91
Gjødsel N <sub>2</sub> O	2,71	2,70	2,69	2,87	2,85	2,58	2,53	2,66	2,54	2,97	2,26
Jord N <sub>2</sub> O	6,10	5,93	5,91	6,26	6,18	4,85	4,70	4,90	4,67	5,35	4,18
Karbonbalanse i jorda	-0,72	-0,80	-0,82	-1,18	-1,15	-0,86	-0,98	-1,08	-1,14	-1,28	-0,93
Kraftfôr, bygg CO <sub>2</sub> ekv	1,82	1,77	1,77	2,15	2,15	1,98	1,76	1,80	1,74	1,94	1,64
Kraftfôr, soya CO <sub>2</sub> ekv	1,63	1,58	1,58	1,92	1,92	1,77	1,58	1,61	1,55	1,74	1,47
Indirekte CO <sub>2</sub> ekv, energi	3,06	3,00	2,99	3,07	3,02	2,27	2,27	2,38	2,25	2,62	1,98
Direkte CO <sub>2</sub> , energi	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	3,23	4,00	4,39	4,28	5,30	3,07
<b>Besetning 6</b>											
Enterisk CH <sub>4</sub>	13,35	12,34	12,47	14,10	14,55	11,80	12,32	12,87	13,18	14,93	10,35
Gjødsel CH <sub>4</sub>	2,38	2,10	2,13	2,65	2,83	1,63	2,02	2,25	2,34	2,72	1,40
Gjødsel N <sub>2</sub> O	2,70	2,57	2,57	2,84	2,82	2,67	2,55	2,59	2,66	3,08	2,33
Jord N <sub>2</sub> O	5,87	5,60	5,59	6,13	6,04	3,91	3,94	4,03	4,23	4,80	3,45
Karbonbalanse i jorda	-0,21	-0,04	-0,05	-0,63	-0,59	-0,25	-0,71	-0,90	-0,88	-0,91	-0,24
Kraftfôr, bygg CO <sub>2</sub> ekv	1,68	1,46	1,46	2,04	2,04	1,60	1,63	1,73	1,67	1,75	1,31
Kraftfôr, soya CO <sub>2</sub> ekv	1,42	1,23	1,23	1,75	1,75	1,35	1,39	1,48	1,42	1,47	1,10
Indirekte CO <sub>2</sub> ekv, energi	2,07	2,06	2,05	2,17	2,11	1,13	1,16	1,19	1,25	1,45	1,07
Direkte CO <sub>2</sub> , energi	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,11	1,44	1,60	1,61	1,97	1,18

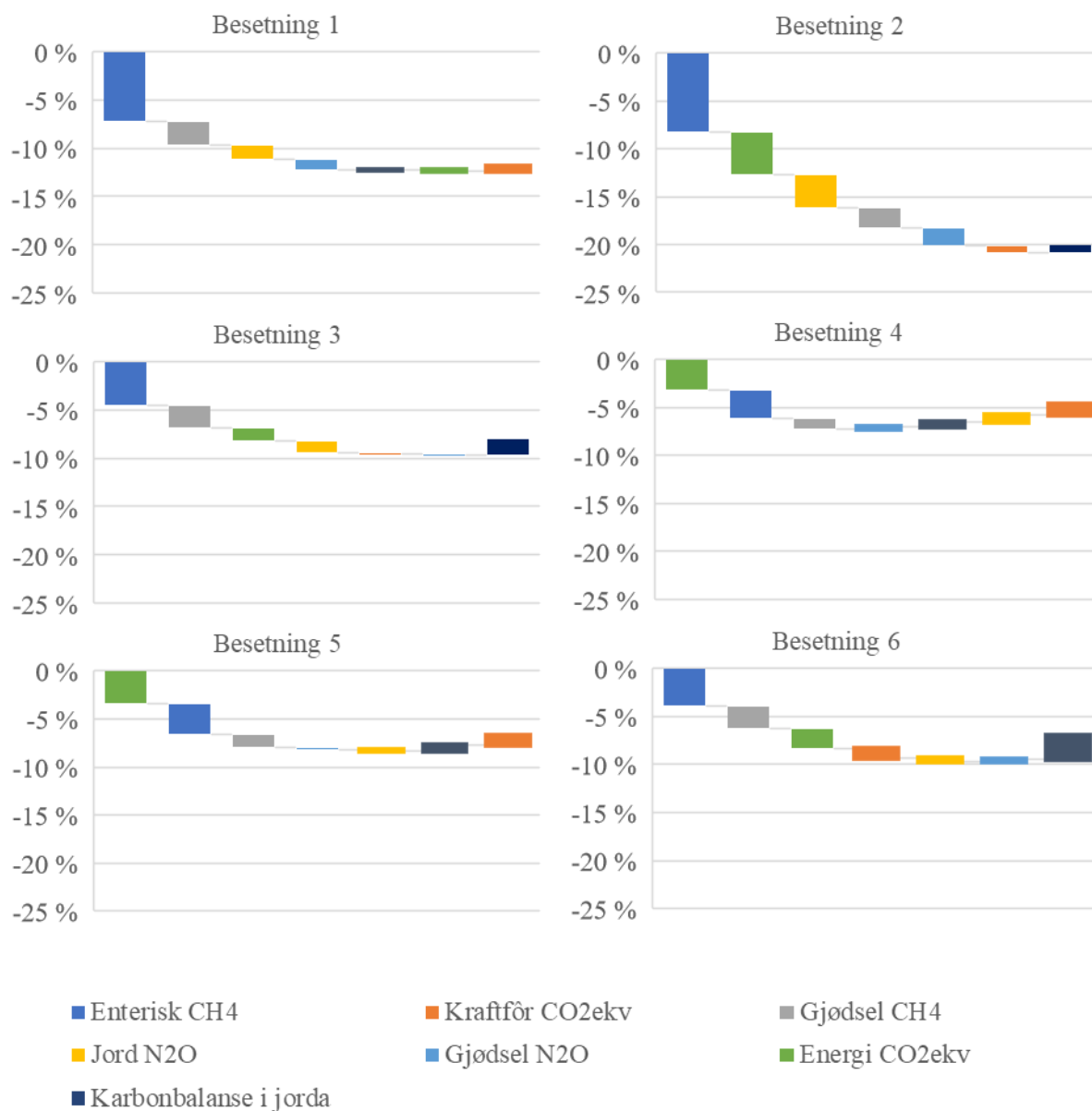
B0=basisscenario; GST1=scenario med svært tidlig høstet grovfôr og lav slaktealder i okseoppdrettet; GT1=tidlig høstet grovfôr og lav slaktealder i okseoppdrettet; GT2=tidlig høstet grovfôr og høy slaktealder i okseoppdrettet; GM2=grovfôr med middels høstetid og høy slaktealder i okseoppdrettet; A1=kyr kalver 1,5 ganger før utrangering; A2=kyr kalver 4 ganger før utrangering; A3=kyr kalver 7,5 ganger før utrangering; K1=0% kalvetap, K2=20% kalvetap; T=tiltaksplan.

## Klimasmart ammekuproduksjon - Vedlegg H



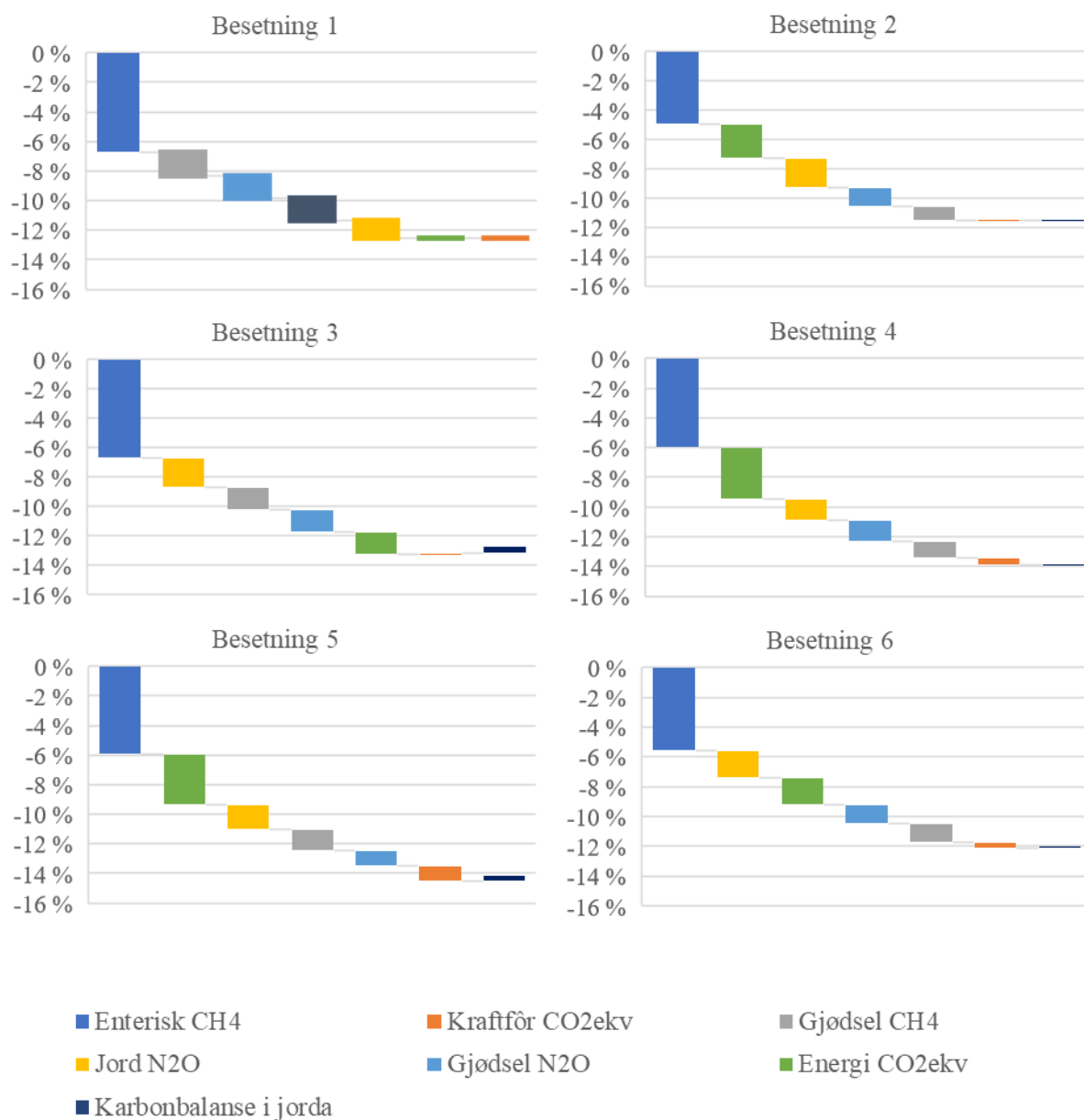
Figur V-H.1 Endring i utslippsintensitet fordelt på utslippskilder ved endring av grovfôr kvalitet i okseoppdrettet (G-scenario). Sammenligning av G-scenario med høyest (GM2) og lavest (GST1) utslippsintensitet (% av utslippsintensitet i scenario GM2). Utslippskildene er rangert etter størrelsen av endringen i utslippsintensitet.

## Klimasmart ammekuproduksjon - Vedlegg H



Figur V-H.2 Endring i utslippsintensitet fordelt på utslippskilder ved endring av alder på morder (A-scenario). Sammenligning av A-scenario med høyest (A3) og lavest (A1) utslippsintensitet (% av utslippsintensitet i A3). Utslippskildene er rangert etter størrelsen av endringen i utslippsintensitet.

## Klimasmart ammekuproduksjon - Vedlegg H



Figur V-H.3 Endring i utslippsintensitet fordelt på utslippskilder ved sammenligning av scenario med endring av kalvetap (% av utslippsintensitet i scenario K2). Utslippskildene er rangert etter størrelsen av endringen i utslippsintensitet.

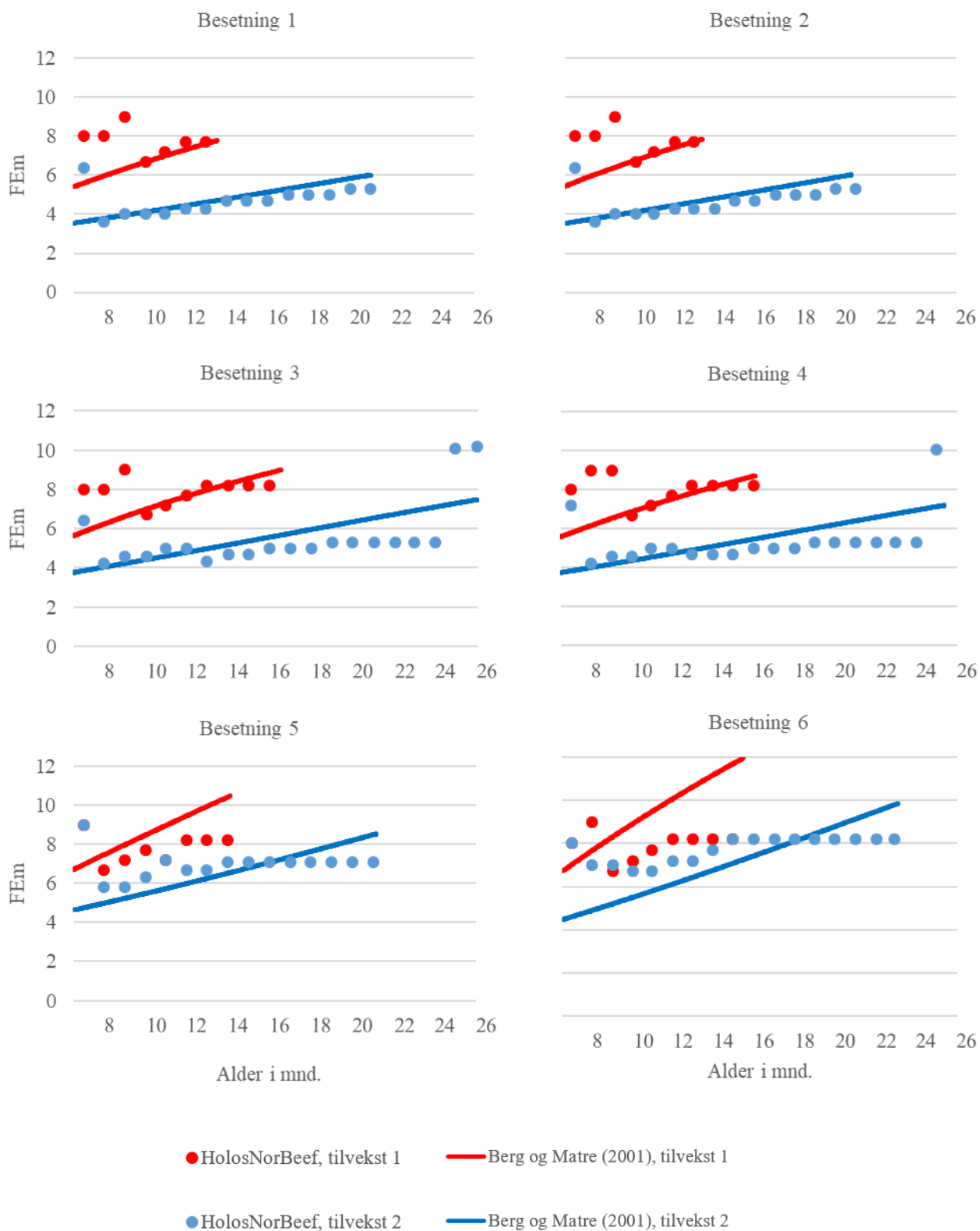
**Vedlegg I Sammenligning med produksjonsresultater i Storfekjøttkontrollen**

*Tabell V-I.1 Sammenligning av besetningenes produksjonsresultater i okseoppdrettet og kalvetap med gjennomsnitt i Storfekjøttkontrollen (Animalia, u.å.) i samme periode som dataregistrering (SFK 2010–2014) og fra årsmelding for 2018 (SFK 2018).*

Hereford	SFK 2010–2014	SFK 2018	Besetning 1	Besetning 2
Slaktevekt, okse (kg)	280	289	287	285
Alder ved slakt, okse (mnd)	17,5	16,5	15,6	18,9
200-dagersvekt, okse (kg)	266	272	279	272
365-dagersvekt, okse (kg)	455	469	456	438
Dødfødte (%)	3,2	3,2	0,0	0,8
Kreperte (%) <sup>a</sup>	3,3	3,4	0,0	1,3
A. Angus	SFK 2010–2014	SFK 2018	Besetning 3	Besetning 4
Slaktevekt, okse (kg)	273	291	350	340
Alder ved slakt, okse (mnd)	17,2	16,7	17,3	15,8
200-dagersvekt, okse (kg)	266	256	278	287
365-dagersvekt, okse (kg)	435	451	498	504
Dødfødte (%)	4,0	3,9	4,7	2,8
Kreperte (%) <sup>a</sup>	3,7	4,3	0,7	0,0
Charolais	SFK 2010–2014	SFK 2018	Besetning 5	Besetning 6
Slaktevekt, okse (kg)	350	361	368	402
Alder ved slakt, okse (mnd)	17,0	16,4	15,5	18,4
200-dagersvekt, okse (kg)	302	310	353	285
365-dagersvekt, okse (kg)	550	551	600	513
Dødfødte (%)	3,8	3,6	7,2	2,6
Kreperte (%) <sup>a</sup>	4,6	4,7	3,1	0,0

<sup>a</sup>% av antall levendefødte kalver

**Vedlegg J Energinormer for okser**



Figur V-J.1 Sammenligning av energinormer for okser (FEm/dag) benyttet i HolosNorBeef (punkter i diagrammet) og energinormer for okser av kjøttferase fra Berg og Matre (2001; NorFor, 2006; linjer i diagrammet) ved slaktetilvekst lik gjennomsnittet for tredjedelen i Storfekjøttkontrollen med hhv. høyest (tilvekst 1) og lavest slaktetilvekst (tilvekst 2).



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

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway