



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Intensiv hausting av eng med robot på Vestlandet

Kostnadsanalyse

NIBIO RAPPORT | VOL. 8 | NR. 82 | 2022



Håvard Steinshamn¹, Jan Karstein Henriksen², Erik Brodshaug³, Synnøve Rivedal¹, Liv Østrem¹
¹Divisjon for matproduksjon og samfunn, avdeling fôr og husdyr, ² Norsk landbruksrådgivning Agder, ³TINE Rådgivning

TITTEL/TITLE

Intensiv hausting av eng med robot på Vestlandet - Kostnadsanalyse

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Håvard Steinshamn, Jan Karstein Henriksen, Erik Brodshaug, Synnøve Rivedal, Liv Østrem

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
23.05.2022	8/82/2022	Åpen	11088	18/00923
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-03093-5	2464-1162	33	2	

OPPDRAKSGIVER/EMPLOYER:

Oppdragsgiver

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Håvard Steinshamn

STIKKORD/KEYWORDS:

Engdyrking, hausteintensitet, fôrkvalitet, økonomi

Grassland management, harvesting frequency, forage quality, economy

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Fôr og husdyr

Grassland and milk production

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Norsk

Lengre vekstsesong gjer det mogleg å hauste enga oftare, noko som betrar grovfôrkvaliteten og reduserer behovet for kraftfôr i til dømes mjølkeproduksjon. Standard maskin og reiskap for dyrking og hausting av gras er tungt, og auka i tal slåttar per år vil auke pakking og skading av jorda. Det vil mellom anna gje lågare avlingar. Med små sjølvgåande lette robotar kan det tenkjast at enga kan haustast oftare utan at det går ut over jordstruktur og plantevekst. Formålet med dette arbeidet var å teste økonomiske lønsemd av å hauste enga fem gonger i året, som i eit tenkt robotsystem (Robot-system), samanlikna med standard hausting tre gonger i året (Standard-system). I Robot-systemet var graset tenkt slått, vendt, raka saman, samla opp og transportert til ei stasjonær rundballe-presse med ei flåte av sjølvgåande robotar (Thorvald II) med ein lastekapasitet på 200 kg per roboteining, medan i Standard-systemet var graset slått med ei breispriarslâmaskin med knekkar, raka saman og pressa med såkalla kombipresse. Tal for avlingsmengd og fôrkvaliteten av surfôret frå avlinga var frå eit engdyrkingsforsøk på Fureneset forsøksstasjon der to engfrøblandingar vart hausta tre eller fem gonger i året over tre engår. Dei økonomiske kalkylane vart gjort for to mjølkebruk med enten 200 eller 400 tonn mjølkekvote, med enten 8 000 eller 10 000 kg energikorrigert mjølk (EKM) per årsku. Optimering av fôrassjonen for dei ulike avdråttsnivåa og ulike grovfôrkvalitetane vart gjort i NorFor ved hjelp av programmet «TINE Optifôr». Vi brukte kalkyleprogrammet «Grovfôrøkonomi» for å rekne ut dyrkings-, haustings- og utfôrings-kostnadar av grovfôr og samla fôrkostandar for grovfôr og kraftfôr. Det var ingen effekt av engfrøblanding på avling og fôrkvalitet. Tre slåttar årleg gav i gjennomsnitt 16% høgare avling enn fem slåttar (1237 kg TS/daa *vs.* 1040 kg TS/daa), medan



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

surfôrkvaliteten av samla årsavling var høgare med fem enn tre slåttar. Avlingskilanden mellom fem og tre slåttar var om lag den same i alle tre engår. Fôroptimeringa viste at den betra fôrkvaliteten med Robotssystem auka grovfôropptaket med 14%, og reduserte kraftfôrbehovet med 45% ved eit avdråttsnivå på 8000 kg EKM og med 28% ved 10000 kg EKM. På grunn av lågare avling og høgare fôropptak var arealbehovet 32% større med Robotsystemet enn Standardssystemet. Låg lastekapasitet på den sjølvgåande roboten og stor kapasitet på stasjonær rundballepressa gjer at Robotsystemet var meir kostbart enn Standardssystemet. Men dersom graset i Robotsystemet blir samla opp og pressa med ei kombipresse, som i Standardssystemet, gav Robotsystemet lågare totale fôrkostander enn Standardssystemet. Dette resultatet var avhengig av arealtilskotssone, og i lågare tilskotssone enn 5B, var det ingen forskjell mellom haustesystema. På grunn av det større arealbehovet, var klimagassutsleppet i dyrking av grovfôret større i Robotsystemet, først og fremst på grunn av større lystgassutslepp frå kunstgjødsel. Det blir konkludert med at hausteteknologien i Robotsystemet vi testa kan fungere, men den må tilpassast større autonome traktorar som har høgare kapasitet til oppsamling og transport av fortørka gras og som kan brukast i andre driftoperasjonar. Analysen viste også at heile mjølkeproduksjonssystemet, både fôrdyrkinga og husdyrproduksjonen, må analyserast samla for å kunne avgjere om ei endring i driftstiltak i grovfôrproduksjonen vil gje betre lønsemd eller mindre miljøbelastning

English

Longer growth season, due to climate change, makes it possible to cut the grassland more frequently, which improves feed quality and reduce the need for of concentrate supplementation in diet of dairy cows. Standard machinery for cultivation and harvesting grass are heavy, and the increase in the number cuts per year will increase compaction and damage to the soil. This will, among other things, result in lower yields. With small self-propelled light robots, it is conceivable that the grassland can be harvested more often without affecting soil structure and plant growth. The purpose of this work was to test the financial profitability of harvesting grassland five times a year, as in an imaginary robotic system (Robot-system), compared with standard harvesting three times a year (Standard system). In the Robot-system, the grass was intended to be mowed, raked, collected and transported to a stationary round baler with a swarm of self-propelled robots (Thorvald II) with a load capacity of 200 kg per robot unit, while in the Standard system the grass was cut with a mower, raked, and collected and baled with so-called combi press.

Figures for crop quantity and silage quality were from a cultivation experiment at Fureneset experimental station where two grassland seed mixtures were harvested three or five times a year over three production years. The economic calculations were made for two dairy farms with either 200,000 or 400,000 kg of milk quota, with either 8,000 or 10,000 kg of energy-corrected milk (ECM) per cow and year. Optimization of the feed ration for the different production levels and different forage qualities was done in NorFor. We used the calculation program "Grovfôrøkonomi" to calculate the cultivation, harvesting and feeding costs of forage and total feed costs for forage and concentrates. There was no effect of seed mixture on crop yield and feed quality. Three cuts per year yielded on average 16% more than five cuts (12370 kg DM /ha vs. 10400 kg DM/ha), while the silage feed quality of the annual crop was higher by five than three cuts. The yield difference between five and three cuts was similar in all three production years. The feed ration optimization showed that the improved feed quality with Robot-system increased forage intake by 14% and reduced the concentrate feed requirement by 45% at a production level of 8 000 kg ECM and by 28% at 10 000 kg ECM.

Due to lower yields and higher forage intake, the area requirement was 32% greater with the Robot-System than the Standard-System. Due to the low load capacity of the self-propelled robot and the large capacity of the stationary round baler, the Robot-System was more expensive than the Standard-System. But if the grass in the Robot-System is collected and pressed with a combi press, as in the Standard-System, the Robot-System gives lower total feed costs than the Standard-System. This result was dependent on the area payment zone, and in a lower area payment zone than 5B, there was no difference between the harvesting systems in feed costs. Due to the greater need for area, the climate gas emissions in the cultivation of forage were greater in the Robot-System, primarily due to larger nitrous oxide emissions from fertilizers. It is concluded that the harvesting technology in the Robot-System tested can work, but it must be adapted to larger autonomous tractors that have a higher capacity for collecting and transporting cut grass and that can be used in other operations. The analysis also showed that the entire milk production system, both feed cultivation and livestock production, must be analyzed together in order to be able to decide that a change in operational measures in forage production will result in better profitability or less environmental impact.

LAND/COUNTRY: Noreg
FYLKE/COUNTY: Vestland
KOMMUNE/MUNICIPALITY: Fjaler
STED/LOKALITET: Fureneset

GODKJENT /APPROVED

Mats Höglind

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Håvard Steinshamn

NAVN/NAME



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Innhold

1	Innleiing	6
2	Materiale og metode	7
2.1	Dyrkingsforsøk	7
2.2	Surfôr laboratorieprøver	8
2.3	Fôroptimering	8
2.4	Økonomisk kalkyle	8
2.4.1	Verktøy	8
2.4.2	Robotsystemet	9
2.4.3	Scenarier	10
3	Resultat	13
3.1	Avling og surfôr kvalitet	13
3.2	Fôroptimering	15
3.3	Scenarioanalysane	15
3.3.1	Frøblanding	15
3.3.2	Robothasting – Kompaktor samanlikna med kombipresse	16
3.3.3	Standardhasting samanlikna med robothasting	17
3.3.4	Effekt av hausteintensitet ved standard metode for hasting og konservering	20
3.3.5	Miljøeffekt	21
4	Diskusjon	23
4.1	Effekt av hausteintensitet på frøblanding og avling	23
4.2	Fôroptimeringa	24
4.3	Robothasting	24
4.4	Konklusjon	25
5	Finansiering	26
	Litteratur	27
	Vedlegg	28

1 Innleiing

Klimaendring har gitt lengre vekstsesong med auka nedbør og oftare tilfelle med intens nedbør. Det gir kortare haustevindu, tal dagar det let seg gjere å hauste og konservere grovfôr med tradisjonelt hausteutstyr. Hausteustyret har høg kapasitet, men det er tungt og kan gje betydeleg jordpakking og avlingstap under ugunstige forhold og dårlegare fôrkvalitet om ein må vente på betre vêrforhold.

Ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) er det utvikla ein elektrisk drive lettvektsrobot (Thorvald II). Dersom ein slik lettvektsrobot kan slå, vende, rake saman, samle opp og transportere graset til ei stasjonær rundballepresse, kan ein sjå for seg at ein raskare kan køyre ut på enga og hauste graset etter regnvêr og at ein kan hauste graset oftare i vekstsesongen enn tradisjonelt utsyr utan at det påfører jorda betydeleg pakkingskader. Det gjer at ein kan produsere fôr med høgare fôrverdi og dermed minske behovet for kraftfôr. Men hyppig slått kan også redusere totalavlinga og dermed auke arealbehovet. Det kan derfor vere meir aktuelt å bruke grasartar betre tilpassa eit slåtteregime med mange slåttar, som til dømes meir typiske bladgras som raigras, strandsvingel og hybridraigras, enn timotei. For å vurdere om hyppig hausting med robot vil svare seg økonomisk må ein jamføre det med tradisjonell hausting og gjere ein heilskapleg analyse der ein reknar på kostnadane av både dyrking, hausting, utfôring og kraftfôr.

Formålet med dette arbeidet var å rekne på lønnsmda av å hauste graset oftare per sesong med robot og samanlikne det med meir tradisjonell, standard grashaustelinje, og om ei meir bladgrasrik frøblanding svarer seg betre økonomisk enn ei meir tradisjonell frøblanding.

2 Materiale og metode

2.1 Dyrkingsforsøk

I eit faktorielt feltforsøk blei effektar av tal slåttar per år og frøblanding på avling og avlingskvalitet, testa over tre engår. Feltet vart sådd i 2018 og lagt ut som eit split-plot forsøk med fire gjentak, der hausteregime, tal slåttar per år, var lagt ut på storrutene, medan frøblandingane var lagt til smårutene ($8\text{m} \times 1.5\text{m} = 12\text{m}^2$) innafor storrutene. Vi samanlikna tre og fem slåttar per år og ei standard frøblanding ('Vestland') med ei frøblanding med bladgrasartar ('Bladgras'). Tre slåttar ('Standard') per år er som eit standard to-trinns haustesystem der graset blir slått med slåmaskin, fortørka, raka saman i streng og pressa i rundballar med kombipresse. Fem slåttar ('Robot') etterliknar eit robothaustesystem, der graset blir slått med robot utstyrt med knivbjelke (Thorvald II, NMBU, (Grimstad and From, 2017), fortørka, raka saman i streng med robot og plukka opp og transportert inn med robot til stasjonær presse, såkalla kompaktorpresse (Orkel kompaktor, <https://orkel.no/produkter/kompaktorer/>). Frøblanding 'Vestland' var ei kommersiell frøblanding (Spire Vestland, Felleskjøpet Agri) med 35% timotei ('Grindstad'), 10% engsvingel ('Vestar'), 10% strandsvingel ('Swaj'), 8% raisvingel ('Hykor'), 7% hundegras ('Laban'), 15% engrapp ('Knut'), 10% fleirårig raigras ('Figgjo'), og 5% kvitkløver ('Litago'), medan frøblanding 'Bladgras' var sett saman av 16% strandsvingel (Swaj'), 16% raisvingel ('Hykor'), 16% raisvingel ('Frosta'), 16% engrapp ('Knut'), 16% fleirårig raigras ('Figgjo'), 16% hundegras ('Laban'), og 5% kvitkløver ('Litago').

Forsøksrutene fekk same mengd kunstgjødsel, tilsvarende 28,1 kg N/daa per år (160 kg/daa med YaraMila fullgjødsel 18-3-15). Fordelinga var 31% om våren, 25% etter 1. slått, 21% etter 2. slått, 13% etter 3. slått og 11% etter 4. slått i 'Robot'-systemet og 50% om våren, 31% etter 1. førsteslått, og 19% etter 2. slått i 'Standard'-systemet.

Avlinga vart hausta med ei forsøkshaustemaskin ('Haldrup') med stubbhøgde på om lag 8 cm. Prøver av avlinga var tatt for å bestemme tørrstoff, fôrkvalitet og avlingsmengd.

Dato for slått og akkumulert temperatursum (basistemperatur $0\text{ }^{\circ}\text{C}$) mellom slåttane og nedbørmengd frå 1. april til første slått og mellom slåttane er synt i tabell 1 og 2.

Tabell 1. Dato for slått og temperatursum frå vekststart, sett til 1. april, til 1. slått og mellom kvar slått for kvar av dei to hausteregima i tre engår

År	Slåttar per år	Dato slått					Temperatursum i vekstperiodane, $^{\circ}\text{C}$					
		1 sl	2 sl	3 sl	4 sl	5 sl	Vår - 1 sl	1sl-2sl	2sl-3sl	3sl-4-sl	4sl-5sl	Sum
2019	3 sl	12.6	1.8	23.9			657	721	713			2091
	5 sl	20.5	18.6	24.7	21.8	23.9	407	339	467	463	415	2091
2020	3 sl	10.6	15.7	2.9			526	523	716			1765
	5 sl	25.5	24.6	23.7	26.8	28.9	338	424	390	514	378	2044
2021	3 sl	3.6	21.7	1.9			482	684	614			1780
	5 sl	25.5	24.6	22.7	20.8	20.9	364	387	427	440	414	2032

Tabell 2. Nedbør (mm) frå 1. april til 1. slått og mellom kvar slått i dei tre forsøksåra

År	Slått/år	Vår - 1 sl	1sl. - 2sl.	2sl. - 3sl.	3sl. -4sl.	4sl. - 5sl.	Total
2019	3 sl	184	189	493			866
	5 sl	41	163	155	149	358	866
2020	3 sl	271	132	252			655
	5 sl	262	21	185	187	379	1034
2021	3 sl	154	203	99			456
	5 sl	154	140	63	86	103	546

2.2 Surfôr laboratorieprøver

Ved hausting dei to første engåra (2019 og 2020), vart det frå kvar forsøksrute og slått teke ut om lag 1 kg avlingsprøve. Prøven blei fortørka til om lag 30% TS, hakka, og tilsett ei maursyrebasert ensileringsvæske (Ensil1, Felleskjøpet Agri). Det blei brukt 4ml/kg gras, tilsvarande 4 l/tonn gras, som blei blanda godt inn prøven. Prøven blei så fylt i ein vakuumpose, vakuumert og lagra i ca. 3 månader. Etter ensilering blei kvar surfôrprøve delt i to prøver og fryst før dei blei sendt i frossen tilstand for kjemisk analyse. Den eine prøven blei analysert for innhald av vassløseleg sukker og løyseleg protein hos LabTek -NMBU og den andre parallellen for gjæringskvalitet (pH, NH₃-N, mjølkesyre, eddiksyre, propionsyre, smørsyre, isosmørsyre), tørrstoff (60°C i 24 timar), oske (AOAC Method 942.05), fiber (NDF, ANKOM Technology method), råprotein (AOAC 990.03), og fordøyeleg organisk stoff (in vitro berekning frå uNDFom30, Daisy) hos Ofotlab.

2.3 Fôroptimering

Vi brukte Tine Optifôr, som er det norske brukargrensesnittet basert på det nordiske fôrvurderingssystemet NorFor (Volden, 2011), til å optimere fôrrasjonen til mjølkeku ved høvesvis 8 000 og 10 000 kg energikorrigert mjølk (EKM) per laktasjon. Ved fordelinga av alder på kyrne i buskapan brukte vi gjennomsnittet i kukontrollen der 40% av kyrne er i førstelaktasjon, 28% i andrelaktasjon og 38% med fleire enn to laktasjonar med levandevækt satt til høvesvis 550, 600 og 650 kg for dei tre gruppene av kyr. Det blei optimert fôrrasjon for kvar av dei to engtypane ('Vestland' og 'Bladgras') og for begge slåttesystema, 'Robot' (5 slåttar) og 'Standard' (sjå 2.1). Vi brukte vege middeltal over alle slåttane av grovfôrkvaliteten oppnådd i surfôrforsøka (sjå 2.2).

2.4 Økonomisk kalkyle

2.4.1 Verktøy

For å rekne ut og samanlikne kostnader i dyrking, hausting og utføring av grovfôr for dei ulike fôrrasjonane frå optimering av fôrrasjonen (2.3), brukte vi kalkyleprogrammet 'Grovfôrøkonomi', utvikla av Norsk Landbruksrådgiving i samarbeid med TINE Rådgivning. Programmet er bygd som en gardsmodell, og inkluderer arealbruk, transport og tidsbruk i dyrking, hausting, lagring og utføring av grovfôr. Struktura og kalkyleprinsippa i 'Grovfôrøkonomi' er nærmare forklart hos (Steinshamn et al., 2020). For dei variable innsatsfaktorane mineralgjødning, kalk, grasfrø, plantevernmiddel, ensileringsmiddel, rundballeplast og drivstoff, har vi brukt prisar per 1. september 2021. Da var dieselpriisen på 9,50 kr pr liter, nett + 8 lag rundballeplast kosta 59 kr pr balle og gjødselpriisen var 3 – 4 kr /kg for NS 27-4 og ca. 5 kr /kg for Fullgjødning. Priisen på innsatsfaktorane har auka sterkt hausten

2021 og vinteren 2022. Det kan ha innverknad på dei relative forskjellane i kostnader mellom systema som blir samanlikna i dette arbeidet.

Alt arbeid som blir gjort med maskiner er rekna som lik maskintimar, mens manuelt arbeid, som klargjering av maskin og reiskap, fôrhandtering og administrasjon er lagt inn i programmet som ekstra manuelt arbeid. Arbeidskostnad er satt til kr 225 per time for både eige og innleigd arbeid.

Maskiner og reiskap er verdsett ut frå kostnaden ved innkjøp, og den årlege kostnaden eller avskrivningar kjem fram ved å dele kjøpsprisen på tal år for eigedelen si venta levetid. Kjøpsverdien og levetid for traktor, maskiner og reiskap brukt i kalkylen er stilt saman i vedlegg (Tabell I-III).

Gjennomsnittleg årleg rentekostnad er sett til 4 prosent. For maskiner er rentekravet rekna ut frå 65 prosent av kjøpsprisen. For bygningar og faste installasjonar er rentekravet rekna ut frå 50 prosent av kjøpsverdien.

Tal for avlingsnivå, fôr kvalitet og fôrbehov er basert på data frå dyrkingsforsøket, surfôranalysane og Fôroptimering i Optifôr.

Vi har i kalkylen lagt til grunn at bruket ligg i sone 5B for arealtilskot for 2021

(<https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/jordbruk/kart-og-register/soner-for-arealtilskudd>). Men det er også rekna korleis dei relative forskjellane blir mellom de ulike driftsopplegga i andre tilskots-soner.

2.4.2 Robotsystemet

I prosjektet ('GrassRobotics') er det utvikla ei grashauste-linje for å passe til den modulbaserte, batteridrive, sjølvgåande roboten Thorvald II (Grimstad and From, 2017). Det er utvikla reiskap som kan koplast på driveininga som slåtteaggregat (Isaksen and Grelland, 2018), og det er laga prototypar på riveaggregat for vending og samanraking av graset og ein 'pick-up' med lastekasse for oppsamling og transport av gras til stasjonær rundballepresse. Det er tenkt at Thorvald II kan brukast til alle operasjonane. I prosjektet var det tenkt at roboten skulle samle opp og transportere det fortørka graset til ei stasjonær presse, Orkel kompaktor, som skal stå på kanten av engskifta og presse graset i rundballar og pakke dei inn i plast.



Bilde 1. 'Robot'-haustesystem der graset blir slått med sjølvgåande robot med knivbjelke (venstre, Foto: Synnøve Rivedal), fortørka, raka saman med ei rive og samla opp og transportert med sjølvgåande robot til stasjonær rundballepresse der graset blir pressa og pakka inn i plastikk (høgre, Foto: ©NMBU)

Pris, levetid, vedlikeholdskostnader og energiforbruk for Thorvald II robot drivareining og reiskap og Orkel kompaktor er å finne i vedlegg (vedlegg I og Tabell I-III).

2.4.3 Scenarier

Hovudfaktorane vi samanlikna var haustesystem ('Robot' eller 'Standard') og engtype ('Vestland' og 'Badgras') ved to avdråttsnivå (8 000 og 10 000 kg EKM). I tabell 3 er dei ulike scenarioa med ein del sentrale karakteristikkar av driftsopplegga, sett opp. For å vurdere effekten av faktorane på førkostnadane, både av grovfôr og kraftfôr, har vi vald to typar mjølkeproduksjonsbruk med høvesvis 200 og 400 tonn mjølk i kvote, begge i sone 5B for arealtilskot, for å teste om produksjonsomfang har betydning for effekten av faktorane. Desse 'eksempel'-bruka skal vere attkjennelege med standard dyrkings-, haustings- og utføringssystem. Val av mekanisering på mjølkebruk er avhengig av arealstorleiken som igjen er avhengig av mjølkeknoten. I analysen har vi lagt til grunn at dyra utnyttar potensialet dei har for å ta opp grovfôr. Det vil seie at de skal ha fri tilgang på grovfôr slik at de kan vrake 5% av tildelt fôr. Arealbehovet er såleis gitt av avlingsnivået (2.1), kvaliteten av surføret (2.2), og det berekna grovfôropptaket frå fôroptimeringa (2.3). I praksis vil ein ikkje oppnå like store avlingar som i forsøk, og vi har derfor redusert avlingsnivået frå forsøket med 30% som brukt av Steinshamm m. fl. (2020).

Det er viktig at begge haustesystema gir likt tørrstoffinnhald i grasnet for å sikre at talet på rundballar, plastbruk, lessing og heimkøyring blir så likt som mogleg. Fleire forsøk i Agder har vist at breispriarslåmaskin med 'crimper' (stengelbehandlar) tørker grasnet like raskt som breispriarslåmaskin utan crimper men med ekstra vending. For 'Standard'-systema blir derfor grasnet slått med breispriarslåmaskin med 'crimper', fortørka, raka saman med ei rive og samla opp med ei kombipresse (presse som både pressar rundballar og pakkar rundballane inn i plast). For 'Robot'-systema blir grasnet slått med robot utstyrt med knivbjelke-aggregatet utan stengelbehandlar, fortørka, vendt under fortørking med robot utstyrt med vendeaggregat, fortørka vidare og raka saman med robot utstyrt med riveaggregat og samla opp med robot med pickup med lastekasse som transporterer grasnet til stasjonær rundballepresse (Orkel kompaktor). For å ha ei realistisk samanlikning mellom standard haustelinje og slått og samanraking med robot, må kapasiteten vere om lag den same. Det vil seie at ein treng ein flåte av robotar. I våre scenarioanalyser har vi berekna at det trengs 3-4 «små» robotar (med lasteevne 200 kg og arbeidsbredde 1,6 – 1,8 meter) på mjølkebruket med 400 tonn kvote og det halve på bruket med 200 tonn kvote, for å slå, vende og rake saman grasnet arealet. Til oppsamling og utkøyring av grasnet til jordekant trengs mange fleire robotar.



Bilde. 'Standard'-haustesystem der grasnet blir slått med breispriarslåmaskin med crimper (venstre, foto: Jan K. Henriksen), fortørka, raka saman med ei rive og samla opp, pressa og pakka inn i plastikk med ei kombipresse (høgre, foto: Åshild T. Randby)

Den stasjonære kompaktorpressa kostar ca. 2,6 millionar kroner. Sjølv med 25 år avskrivningstid blir verditap og renter på over 180 000 kr pr år. Den har stor kapasitet og må brukast på stort areal og må presse mange ballar totalt og per time for at den skal vere konkurransedyktig i pris for pressing og pakking samanlikna med vanleg rundballepresse (Sjå vedlegg II). Våre utrekningar viser at kompaktoren må presse minst 5 000 ballar per år for å konkurrere i pris på ca. 85 kr, utan plast, per balle med ei rundballepresse som pakkar 2 250 ballar per år. Om kompaktoren pressar 7 500 ballar per år og rundballepressa 5 000 ballar pr år, blir balleprisen ca. 70 kr per balle. For å oppnå dette må kompaktoren brukast til pressing av graset frå minst 5 gardsbruk på om lag 1 800 dekar grasareal totalt. Kompaktoren må eigast av 5 bruk saman eller at ein eig og leigekøyrer eller eventuelt at ein entreprenør har den. For å rekke pressing innanfor haustetidsvinduet med tilfredsstillande førkvalitet på så stort areal, må kompaktoren presse minst 30 ballar pr time. Kompaktor må altså presse minst 30 ballar per time for at sjølve pressinga skal bli billig nok. Da må den til ei kvar tid kunne bli mata med nok gras. Det vil seie at når graset har 30 % tørrstoff, må robotar kunne levere cirka 24 tonn gras i timen til kompaktoren. For å forsyne den stasjonære pressa med nok gras, trengst derfor betydeleg fleire robotar enn det som trengs til slått. Lastekapasiteten til dagens Thorvald II-robot er 200 kg og det må leverast om lag 120 lass per time til kompaktoren. Nytt lass må da tømmast kvart 30. sekund, og det må til 12 robotar for å ha kapasitet nok til å forsyne ei kompaktorpresse. Det er ikkje mogleg å ha så høg effektivitet at 2 robotar kan tømme sine lass kvart minutt. Det vil ikkje vere mogleg å laste av graset tidnok før neste robot står klar. Vi har derfor også rekna på scenario der graset blir slått, vendt og raka saman av robot, men samla opp og pressa av ei kombipresse. Vi har også rekna på ein tenkt større versjon av same type robot som Thorvald II med lastekapasitet på 1000 kg. Da trengst 5 – 6 robotar til opplukking og inntransport av graset og det må tømmast nytt lass med 2 min og 30 sekunder mellomrom. Det er realistisk å få til. I praksis er ikkje innsamling og inntransport av gras interessant med robotar før dei har kapasitet til å frakte minst 1000 kg per lass. Dyrkings- og utføringssystema har vi sett lik for 'Robot' og 'Standard'-systema, bortsett frå at i 'Robot'-systema blir enga slått fem gonger i året, mens ved 'Standard' blir enga slått tre gonger årleg.

Tabell 3. Driftsopplegg for ulike scenario for dyrking, hausting og utføringa av grovfôr

	'Standard' 400 tonn mjølkekvote		'Robot' 400 tonn mjølkekvote		'Standard' 200 tonn mjølkekvote		'Robot' 200 tonn mjølkekvote	
	50	40	50	40	25	20	25	20
Besetning, kyr	50	40	50	40	25	20	25	20
Avdrått, kg EKM ku	8000	10000	8000	10000	8000	10000	8000	10000
Jordarbeiding	4 skjær vendepløg, 4,5 m harv, 3 m såmaskin og 4,5 m trommel (50%)				3 skjær vendepløg, 3,5 m harv, 3 m såmaskin, 3,3 m trommel (50%)			
Engomløp	4 årig omlaup med 3 år eng og 1 år attlegg utan dekkvekst							
Engfrøblandingar	'Vestland' eller 'Bladgras'							
Slåttar per år	3	3	5	5	3	3	5	5
Gjødsling	28 kg N/daa							
Husdyrgjødsel	Gjødseltank, traktorpumpe og 10m ³ fanevogn				Gjødseltank, traktorpumpe og 8m ³ fanevogn			
Slått	Breispriarslåmaskin m/crimper (5,6m), 2-rotor rive (100%)		Robot: Knivbjelke (1,8m), vendar og rive		Breispriarslåmaskin m/crimper (3m), 2-rotor rive (50%)		Robot: Knivbjelke (1,8m), vendar og rive	
Rundballesystem	Kombipresse (100%)		Robot 'pick up' og transport til kompaktorpresse (leige)		Kombipresse (100%)		Robot 'pick up' og transport til kompaktorpresse (leige)	
Rundballetransport	Frontklype, stor ballehengar (100%)				Frontklype (100%), stor ballehengar (50%)			
Utføring	Fullfôrmiksar og bandføring							

3 Resultat

3.1 Avling og surfôr kvalitet

I gjennomsnitt over alle engår gav tre slåttar årleg om lag 200 kg meir TS per daa enn fem slåttar (Tabell 4). I første engår gav 'Vestland' større årsavling enn 'Bladgras' ved tre slåttar, men i dei andre engåra, og i gjennomsnitt over alle engår, var det ingen effekt av frøblanding. Årsavlinga i andre engår var i gjennomsnitt 140 kg TS/daa lågare enn i første og tredje engår, og avlingsdifferansen mellom åra var større for fem slåttar (185 kg TS) enn for tre slåttar (96 kg TS).

Tabell 4. Effekt av engår (E), slåttar per år (S) og frøblanding (F) på årsavlinga i kg TS/daa

Engår	3 slåttar 'Standard'		5 slåttar 'Robot'		SEM ¹	P-verdi ²						
	'Vestland'	'Bladgras'	'Vestland'	'Bladgras'		E	S	E*S	F	E*F	S*F	E*S*F
1	1314 ^a	1189 ^{bcd}	1098 ^d	1095 ^d	23.9	***	***	***	*	IS	IS	*
2	1187 ^{cd}	1160 ^d	903 ^e	929 ^e	19.7							
3	1287 ^{ab}	1286 ^{abc}	1139 ^d	1074 ^d	27.8							
Gj.snitt	1263 ^A	1211 ^A	1047 ^B	1033 ^B	19.4	IS						

¹SEM = standard feil for gjennomsnittet

²P-verdi: IS = ikkje signifikant= P>0,05, * = P<0,05, ** = P<0,01, ***=P<0,001

Avlingstal med ulike opphøgde bokstavar er statiske forskjellige

Fôr kvalitet i surfôret laga frå fem slåttar var betydeleg betre enn det enn frå tre slåttar, med høgare fordøyelegheit av organisk stoff, energiverdi (NEL) og proteinverdi (AAT) og lågare innhald av fiber (NDF) og ufordøyeleg fiber (iNDF) (Tabell 5). Det var ingen forskjell i fôr kvalitet mellom dei to engtypane.

Gjæringskvaliteten var god. Gjæringa var restriktiv, noko som gjer at konsentrasjonen av sukker er høg, konsentrasjon av mjølkesyre og sum syrer er låg og lite ammoniakddanning. Det var liten effekt av haustesystem og ingen effekt av frøblanding på ensileringskvaliteten.

Tabell 5. Effekt av slåttar per år (S) og frøblanding (F) på fôrkvaliteten i surfôret som vege middel over alle slåttar og dei to første engåra (E).

Fôrkvalitet	Eining	3 slåttar 'Standard'		5 slåttar 'Robot'		SEM ¹	P-verdi ²						
		Vestland	Bladgras	Vestland	Bladgras		E	S	E*S	F	E*F	S*F	E*S*F
Tørrstoff	g/kg	324	324	317	337	13,3	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS
Fordøyeleg, OS ³	%	74,4	74,5	79,3	79,4	0,84	IS	***	*	IS	IS	IS	IS
Oske	g/kg TS	67,1	69,7	70,1	76,0	3,8	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS
aNDFom	g/kg TS	481	482	404	405	9,3	**	***	IS	IS	IS	IS	IS
iNDF ⁴	g/kg NDF	127	127	105	101	2,4	***	***	**	IS	IS	IS	*
Råprotein (RP)	g/kg TS	120	124	141	137	7,1	IS	*	IS	IS	IS	IS	IS
NEL ⁵	MJ/kg TS	6,1	6,1	6,6	6,6	0,07	IS	**	*	IS	IS	IS	IS
AAT ⁶	g/kg TS	80	81	87	86	0,9	IS	**	IS	IS	IS	IS	IS
PBV ⁷	g/kg TS	-0,8	3,1	11,1	7,6	6,5	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS
pH		4,30	4,29	4,33	4,35	0,057	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS
Vassl. sukker	g/kg TS	126	116	155	162	16,2	IS	*	IS	IS	IS	IS	IS
Løyseleg RP	g/kg RP	477	454	452	440	22,4	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS
NH3-N	g/kg total N	43	41	44	42	2,4	**	IS	IS	IS	IS	IS	IS
Mjølkesyre	g/kg TS	32,3	34,7	40,6	40,0	3,4	***	IS	IS	IS	IS	IS	IS
Sum syrer	g/kg TS	36,8	39,8	47,1	44,6	4,5	**	IS	IS	IS	IS	IS	IS

¹SEM = standard feil for gjennomsnittet

²P-verdi: IS = ikkje signifikant= P>0,05, * = P<0,05, ** = P<0,01, ***=P<0,001

³OS = organisk stoff

⁴iNDF=ufordøyeleg NDF (fiber)

⁵NEL = nettoenergi laktasjon

⁶AAT= aminosyrer absorbert i tarmen

⁷PBV = proteinbalansen i vomma

Avlingstal med ulike opphøgde bokstavar er signifikant uike

3.2 Fôroptimering

Fôroptimeringa i 'Optifôr' gav same kvalitet av kraftfôr (Formel Premium 80 FKA) både for 'Standard' og 'Robot', sjølv om det var betydeleg forskjell i surfôr kvalitet. Det valde kraftfôret er i følge produsenten tilpassa høg yting med høg proteinverdi og stivekvalitet. Men kraftfôrbehovet i mengde var 44% lågare ved 8 000 kg EKM og 28% lågare ved 10 000 kg EKM for 'Robot' samanlikna med 'Standard' (Tabell 6). Det var litt mindre behov for kraftfôr på 'Vestlands'-blandinga i 'Robot'-systemet, om lag 60 og 100 kg per laktasjon ved høvesvis 8 000 og 10 000 kg EKM.

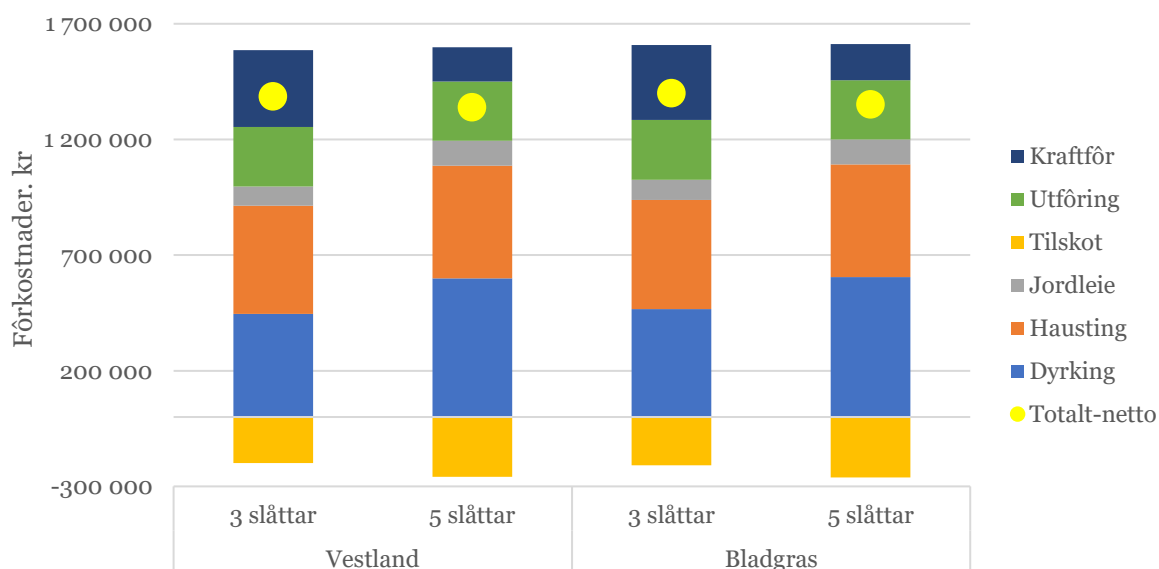
Tabell 6. Estimert dagleg fôropptak av grovfôr og kraftfôrbehov i kg tørrstoff (TS) for kyr i ulike laktasjonsgrupper (1., 2. og >2. laktasjonar), gjennomsnittleg tørrstoffopptak av grovfôr og kraftfôr per ku og laktasjon og per ku og dag for 8 000 og 10 000 kg EKM per ku og laktasjon og for to surfôrtypar ('Vestland' og 'Bladgras').

	8 000 kg EKM				10 000 kg EKM			
	3 slåttar 'Standard'		5 slåttar 'Robot'		3 slåttar 'Standard'		5 slåttar 'Robot'	
	'Vestland'	'Bladgras'	'Vestland'	'Bladgras'	'Vestland'	'Bladgras'	'Vestland'	'Bladgras'
Grovfôr, kg TS/ku og dag								
1. lakt	12,6	12,7	14,3	14,3	12,2	12,3	13,9	13,7
2. lakt	13,3	13,4	15,3	15,2	12,8	12,9	14,8	14,6
>2. lakt	14,2	14,3	16,5	16,3	13,7	13,8	16,1	15,9
Kraftfôr, kg TS/ku og dag								
1. lakt	4,9	4,8	2,5	2,6	8,2	8,1	5,7	6
2. lakt	6,3	6,2	3,5	3,7	9,7	9,6	6,8	7,2
>2. lakt	6,9	6,8	3,8	4,1	10,3	10,2	7,1	7,4
Gjennomsnitt, kg TS/ku og laktasjon								
Grovfôr	4066	4097	4672	4643	3926	3956	4541	4480
Kraftfôr	1817	1787	980	1039	2843	2812	1975	2075
Totalt	5884	5884	5651	5682	6768	6768	6516	6555
Gjennomsnitt, kg TS/ku og dag								
Grovfôr	13,3	13,4	15,3	15,2	12,9	13,0	14,9	14,7
Kraftfôr	5,0	4,9	2,7	2,8	7,8	7,7	5,4	5,7

3.3 Scenarioanalysane

3.3.1 Frøblanding

Grovfôrkostnadane korrigert for arealtilskot var i praksis lik for dei to frøblandingane for eit mjølkekubruk med 400 tonn i mjølkekvote og 8000 kg EKM i årsavdrått (Figur 1). Her har vi rekna med at graset er hausta og konservert med standard utstyr, både med 3 og 5 slåttar. I gjennomsnitt gav 'Vestland' 12 000 kr billigare grovfôr enn 'Bladgras', og 12 500 kr lågare totalkostnad (inkludert kraftfôr). Forskjellen i totale fôrkostnadar var enno mindre (ca. 10 400 kr) i scenarioet med 10 000 kg EKM i avdrått. I de andre scenarioa har vi derfor berre brukt tala for 'Vestlands'-blandinga. Grovfôrkostnadane var høgare (128 000 kr) med fem enn med 3 slåttar, men kraftfôrkostnadane var mindre (175 500kr). Dei totale fôrkostnadane var då 47 700 kr mindre med fem enn med tre slåttar.

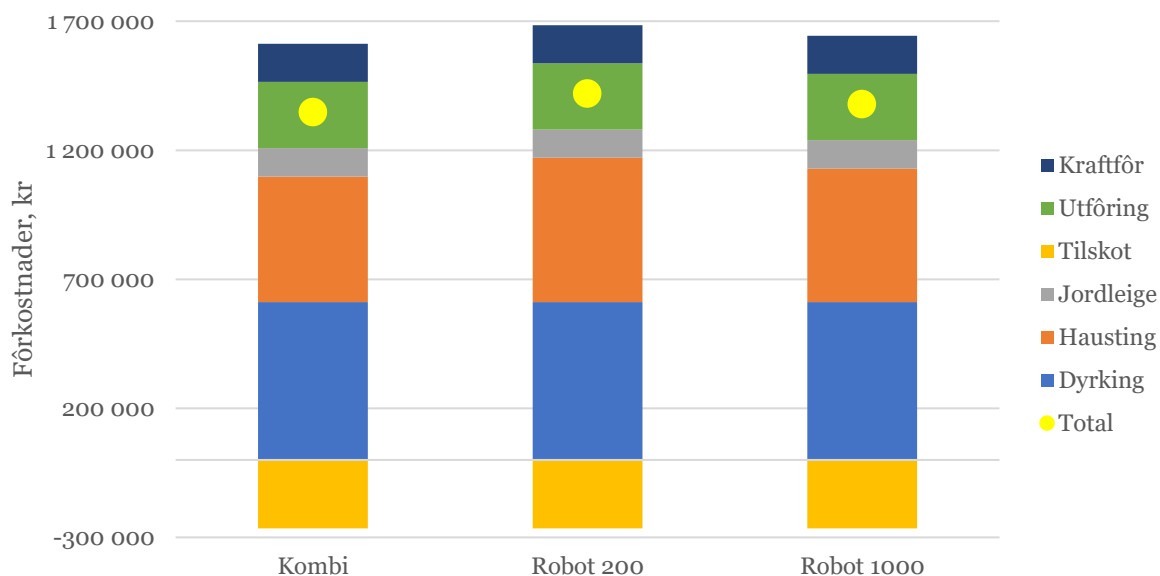


Figur 1. Effekt av frøblanding ('Vestland' og 'Bladgras') og av tal slåttar per år på kostnad av eige produsert grovfôr (dyrking, hausting, jordleige, utfôring), kraftfôr og netto totale førkostnader (grovfôrkostnad + kraftfôrkostnad -arealtilskot) for eit mjølkekubruk med 'Standard' hausting og konservering av gras med 400 tonn mjølkekvote og 8 000 kg EKM i årsavdrått i arealtilskotssone 5B

3.3.2 Robothausting – Kompaktor samanlikna med kombipresse

Til slåing, vending og innsamling av gras med arbeidsbredde 1,6 – 1,8 meter trengs 3 – 4 robotar på ein gard med 400 tonn kvote og det halve talet på robotar på ein gard med 200 tonn kvote for å ha høg nok haustekapasitet. Den store «flaskehalsen» er innsamling og inntransport av graset til ein kompaktor som står i jordekanten og pressar. Da trengs det betydeleg fleire robotar.

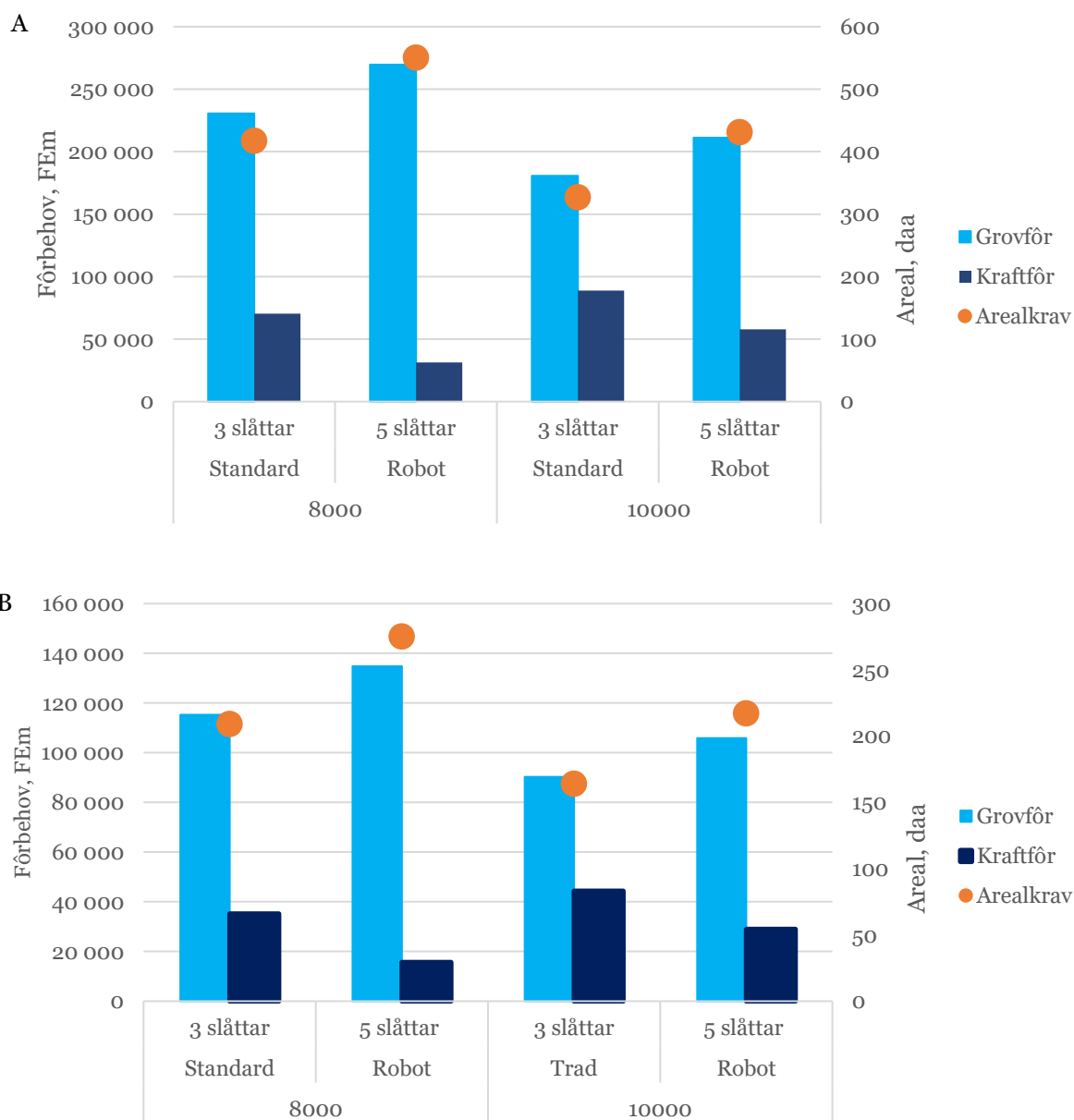
Kompaktor må for å vere konkurransedyktig på pris for pressing og pakking per balle, brukast til mange dekar og må presse 30 rundballar per time med om lag 790 kg (30% TS) vekt per balle. Robot, Thorvald II, har lastekapasitet på 200 kg og kan transportere om lag 10 lass i timen dersom transportfarten er 5 km/time, og det tar totalt 6 minuttar per lass inkludert transport, lessing og lesse av roboten, når arealet er kvadratisk og 15 daa stort. For å utnytte kapasiteten trengs det i dette tilfellet 12 robotar til innsamling og inntransport av gras for å utnytte pressekapasiteten til ein kompaktor. Dersom roboten har ein lastekapasitet på 1000 kg, vil talet på robotar for å mate kompaktoren vere 5-6 stk. Vi har derfor rekna kostnaden både med eksisterande robot der graset er slått, vendt, samla opp og transportert med robot med lastekapasitet på 200 kg og for ein sterkare robot med lastekapasitet på 1 000 kg og samanlikna det med at graset blir slått og raka saman med robot men pressa med ei kombipresse. Kostnadane til dyrking, utfôring og kraftfôr er det same, men haustekostnadane er om lag 72 000 kr dyrare med robotar med 200 kg lastekapasitet og kompaktor enn med robothausting og pressing med ei standard kombipresse (Figur 2). Med robotar med lastekapasitet på 1 000 kg er differansen om lag 31 000 kr. I dei andre scenarioa har vi derfor vald å rekne på alternativet der graset blir slått, vendt og raka saman med robot og graset blir plukka opp og pressa med kombipresse.



Figur 2. Effekt av hausting og oppsamling med robot med 200 (Robot 200) eller 1 000 (Robot 1000) kg lastekapasitet og pressing av rundballar med kompaktor samanlikna med robohausting og pressing av rundballar med kombipresse (Kombi) på kostnad av eige produsert grovfôr (dyrking, hausting, jordleige, utfôring), kraftfôr og netto totale fôrkostnader (grovfôrkostnad + kraftfôrkostnad - arealtilskot) for eit mjølkebruk med 400 tonn mjølkekvote og 8 000 kg EKM i årsavdrått i arealtilskotssone 5B.

3.3.3 Standardhausting samanlikna med robohausting

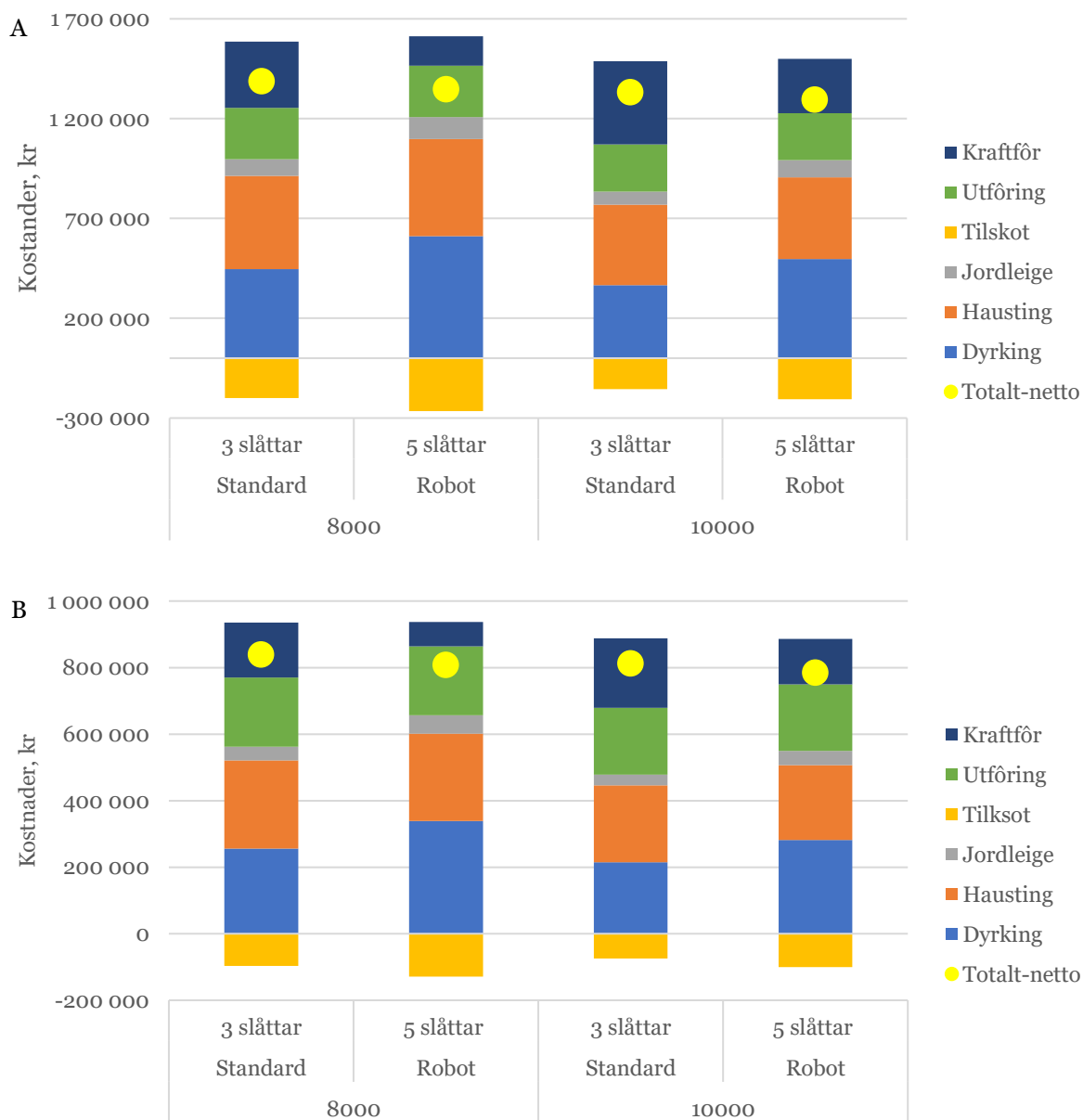
Ideen bak slått og samanraking av graset med robot var mellom anna at det skal gjere det mogleg å hauste graset oftare og dermed produsere grovfôr med høgare kvalitet utan at det påfører jorda store pakkeskader ved køring. Men auka tal slåttar gjer at avlinga blir lågare (Tabell 4) og fôropptaket av grovfôr høgare fordi fôrqualiteten blir betre (Tabell 5). Det gjer at det trengs meir grovfôr og arealbehovet auka med 29% (121 daa) og 24% (106 daa) ved høvesvis 8 000 og 1 0000 kg EKM i avdråttssnivå på mjølkebruk med 400 tonn mjølkekvote (Figur 3 A). På mjølkebruket med 200 tonn mjølkekvote auka arealbehovet med om lag 32% for begge avdråttssnivåa (Figur 3B).



Figur 3. Effekt av standard hausting av gras med slåmaskin, rive og pressing av rundballar med kombipresse (Standard) samanlikna med robot-hasting og -raking og pressing med kombipresse (Robot) på grovfôr- og kraftfôrbehov og arealbehov for eit mjølkebruk med A) 400 tonn mjølkekvote med 8000 eller 10000 kg EKM i årsavdrått og B) 200 tonn mjølkekvote med 8000 eller 10000 kg EKM i årsavdrått

Det auka arealbehovet ved Robothasting (5 slåttar) gjer at kostnadane med å dyrke og hauste grovfôret blir større. For bruket med 200 tonn kvote, er grovfôrkostnadane høvesvis 9 og 7% høgare ved 8 000 og 10 000 kg EKM med Robothasting (Figur 4B). Tilsvarende tal for bruket med 400 tonn kvote, er 14 og 12% (Figur 4A). Men på grunn av langt lågare kraftfôrbehov er kraftfôrkostnadane høvesvis 55 og 35% lågare ved 8 000 og 10 000 kg EKM. Det gjer at de totale fôrkostnadane blir om lag 30 000 mindre for Robot-systemet på bruket med 200 tonn kvote og 38 000 kr mindre på bruket med 400 tonn. I desse utrekningane har vi brukt tilskotssone 5B, som har høgt arealtilskot. Intensiv hausting med 5 slåttar og høgare arealbehov får auka arealtilskot i sone 5B som meir enn veg opp for auka dyrkings- og haustekostnader. Dersom bruka hadde ligge i tilskotssone 1 og 2, der det klimatisk og topografisk ligg betre til rette for intensiv hausting, men med betydeleg lågare arealtilskot, er det

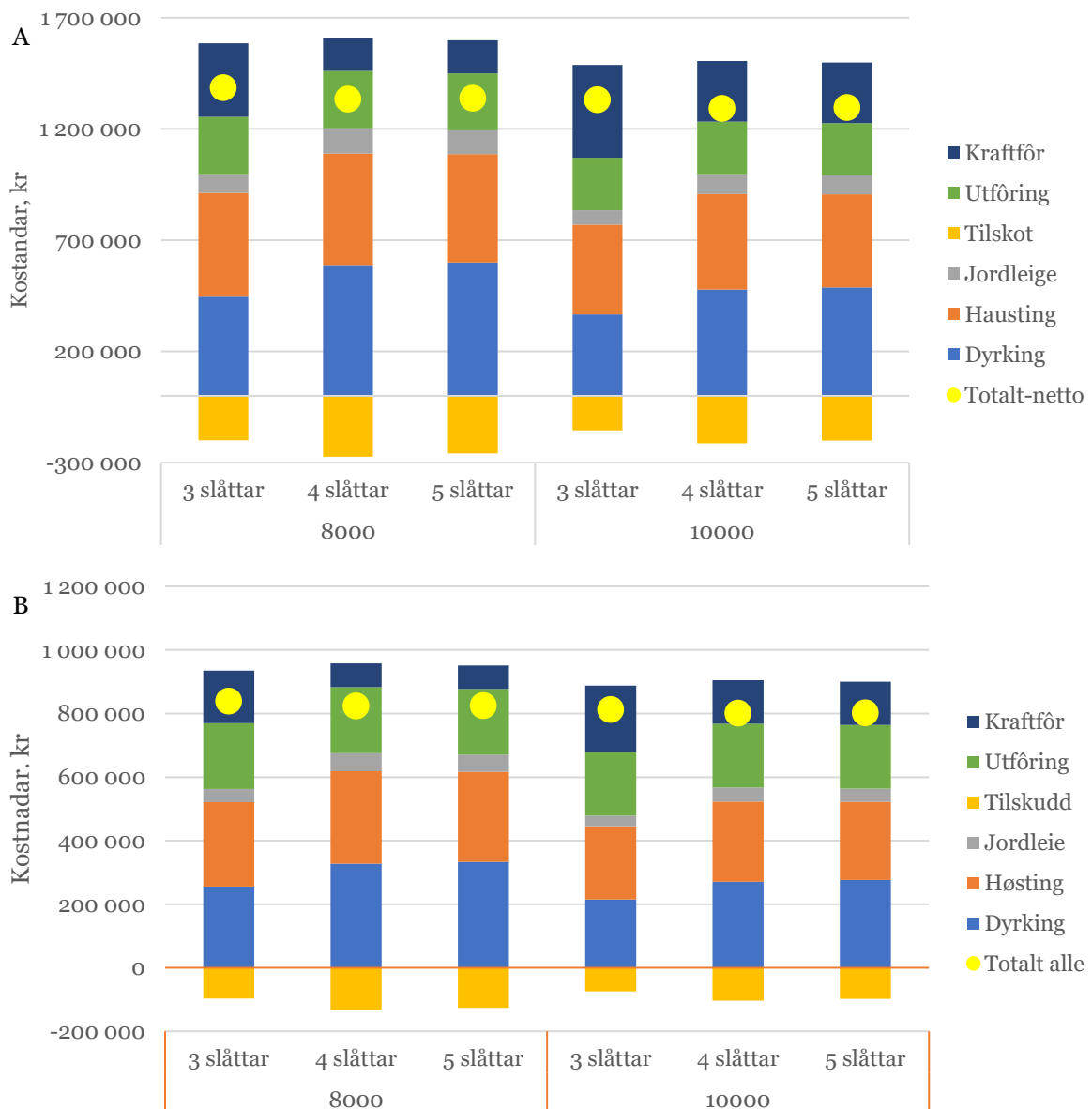
ingen forskjell mellom 3 og 5 slåttar i totale førkostnader. Da løner seg altså ikkje med meir intensiv slått.



Figur 4. Effekt av standard hausting av gras med slåmaskin, rive og pressing av rundballar med kombipresse (Standard) samanlikna med robot-hausting og -raking og pressing med kombipresse (Robot) på kostnad av eige produsert grovfôr (dyrking, hausting, jordleige, utføring), kraftfôr og netto totale førkostnader (grovfôrkostnad + kraftfôrkostnad -arealtilskot) for mjølkekubruk med A) 400 tonn mjølkekvote med 8000 eller 10000 kg EKM i årsavdrått og B) 200 tonn mjølkekvote med 8 000 eller 10 000 kg EKM i årsavdrått i arealtilskotssone 5B.

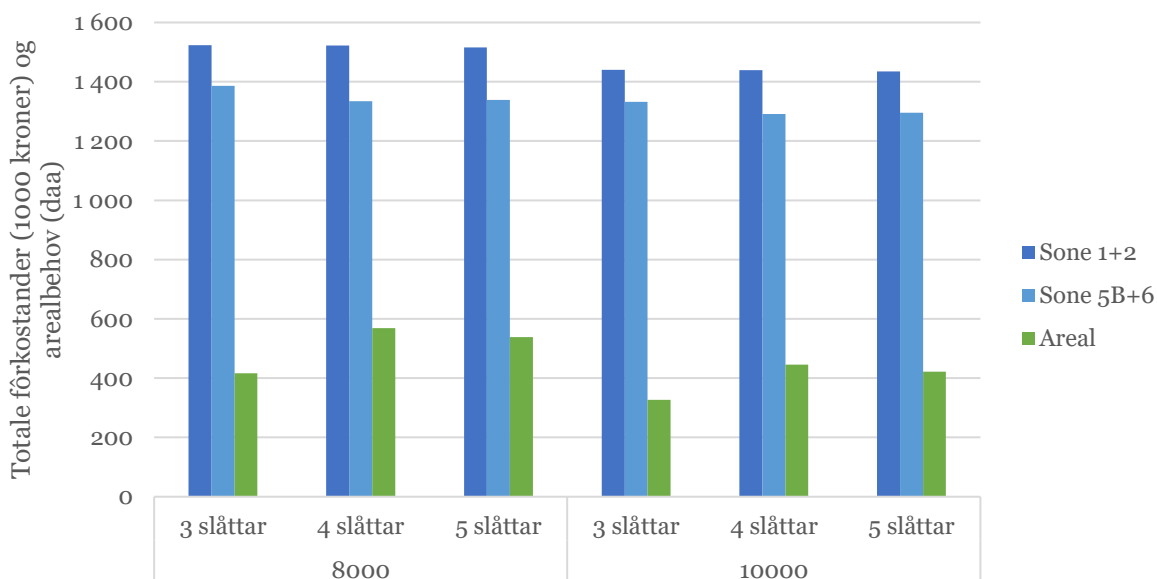
3.3.4 Effekt av hausteintensitet ved standard metode for hausting og konservering

Intensiv slått med 5 slåttar med standard hausteutstyr gir også lågare totale fôrkostnader enn 3 slåttar i året (Figur 5). Det skuldast at kraftfôrkostnaden blir meir redusert enn auke i grovfôrkostnadar når arealtilskotet blir trekt i frå. Analysen viste at den billigaste tilpassinga for samla grovfôr og kraftfôr kostnadar vart oppnådd med fire slåttar (Figur 5). Avlinga i femte-slåttan var svært låg og dekte ikkje inn haustekostnadene.



Figur 5. Effekt av tal slåttar med standard hausting av gras med slåmaskin, rive og pressing av rundballar med kombipresse (Standard) på kostnad av eige produsert grovfôr (dyrking, hausting, jordleige, utfôring), kraftfôr og netto totale fôrkostnader (gruvfôrkostnad + kraftfôrkostnad - arealtilskot) for mjølkekubruk med A) 400 tonn mjølkekvote med 8000 eller 10000 kg EKM i årsavdrått og B) 200 tonn mjølkekvote med 8000 eller 10000 kg EKM i årsavdrått i arealtilskotssone 5B.

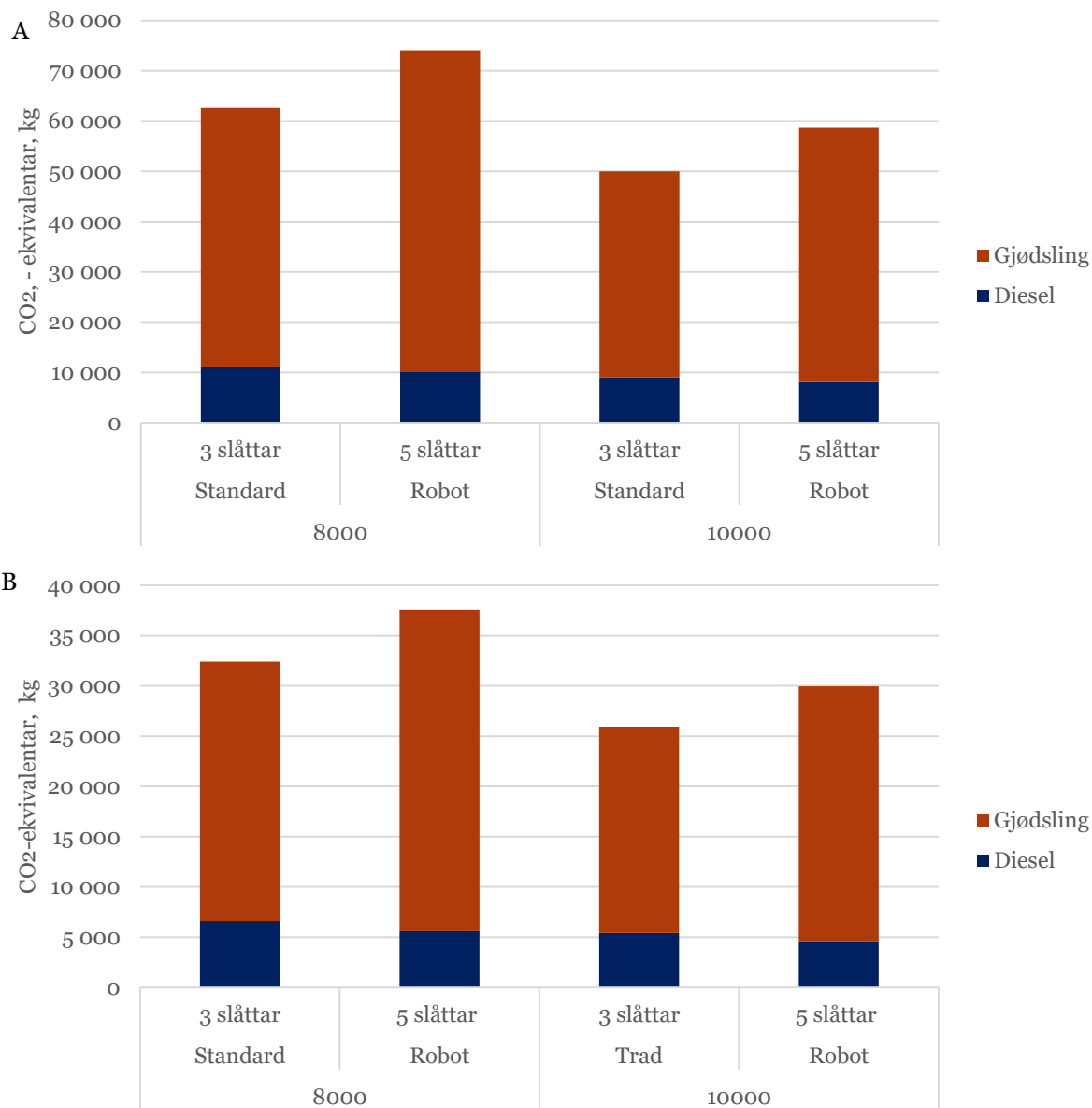
Som for robohausting, er resultatata heilt avhengig av i kva for tilskotssone bruket ligg i. I sone 1 og 2 er den ingen gevinst i samla kostnad for grovfôr og kraftfôr av å hauste meir enn 3 slåttar (Figur 6).



Figur 6. Effekt av tal slåttar med standard hausting av gras med slåmaskin, rive og pressing av rundballar med kombipresse (Standard) på arealbehov og totale fôrkostnader (grovfôrkostnad + kraftfôrkostnad - arealtilskot) for mjølkekubruk med 400 tonn mjølkekvote med 8000 eller 10000 kg EKM i årsavdrått i to ulike arealtilskotssonar (1+2 og 5B+6)

3.3.5 Miljøeffekt

I scenarioanalysane estimerte vi også mengd direkte utslepp av klimagassar i CO₂-ekvivalentar frå drivstoff-forbruk (diesel) og tap av lystgass frå gjødsling med kunstgjødsel og husdyrgjødsel i grovfôrproduksjonen. Vi har brukt IPCC sin standard utsleppsfaktor på 0,0125 kg N₂O-N/kg N tilført (IPCC, 2016). Robothasting gir om lag 10% mindre CO₂-utslepp frå dieselforbruk på bruk med 400 tonn kvote og 15% mindre på bruk med 200 tonn (Figur 7). På grunn av høgt klimabelastningspotensial betyr utslepp av lystgass frå gjødsling mye meir enn CO₂ frå diesel for total mengd direkte utslepp. Sidan arealbehovet auka mye (24-32%) med meir intensiv robothasting (sjå figur 3), auka også gjødselbehovet og estimert utslepp av lystgass i CO₂-ekvivalentar med 24%. Samla sett auka såleis det direkte utsleppet av klimagassar med 16% (200 tonn kvote) og 18% (400 tonn kvote) med fem slåttar (Robotsystemet) samanlikna med standard treslåttssystem.



Figur 7. Effekt av standard høsting av gras med slåmaskin, rive og pressing av rundballar med kombipresse (Standard) samanlikna med robot-høsting og -raking og pressing med kombipresse (Robot) på utslepp av klimagassar (CO₂-ekvivalenter) frå diesel og lystgass frå spreing av gjødsel for mjølkebruk med A) 400 tonn mjølkekvote med 8 000 eller 10 000 kg EKM i årsavdrått og B) 200 tonn mjølkekvote med 8 000 eller 10 000 kg EKM i årsavdrått

4 Diskusjon

4.1 Effekt av hausteintensitet på frøblanding og avling

Hausteintensitet gav liten effekt på dei to frøblandingane der hovudskilnaden er blanding med ('Vestland') og utan timotei ('Bladgras'). Med ein relativt lang vekstsesong som på Fureneset, vil timotei vere ein dominerande art tidleg i sesongen. Gjenvekstevna vil vere liten samanlikna med dei såkalla bladgrasa som, fordi dei i liten eller ingen grad set stenglar i gjenveksten, vil produsere mykje meir enn timotei utover sommaren og tidleg haust. Dei to frøblandingane er begge artsrike med høvesvis 7 og 8 artar i 'Bladgras' og 'Vestland'. Vurdering i feltet viste at mengde timoteiplanter forsvann fort i begge hausteregima, men når timoteidelen er såpass moderat som i 'Vestland' (35 %), vil dette gi godt grunnlag for at dei andre artane kan etablere seg godt i attleggsåret og dermed kunne utvikle seg vidare i engåra om andre artar går ut, i dette tilfellet timotei. Med høgare timoteidel (t.d. over 50%) i blandinga, vil timotei dominere sterkt slik at andre artar får mindre rom til utvikling frå starten. I tidlegare forsøk under ulike dyrkingsforhold har ein også sett at ei artsrik bladgrasblanding konkurrerer godt med timoteibasert frøblanding med moderat timoteimengde som i det aktuelle forsøket var på 30% (Rivedal og Østrem, 2018).

Effekten av artsrike frøblandingar viser også att i avlingsutviklinga over år. Det er truleg effekten av eit veletablert bestand av 'Vestland' ein ser i første engår der denne frøblandinga har høgare avling enn 'Bladgras'. Ved tre slåttar vil effekten av timotei i førsteslåtten bli redusert, og dei to frøblandingane blir etter kvart begge dominert av bladgras. Ser ein på avlingsstabiliteten, altså prosent skilnad mellom år med størst og minst tørrstoffavling, er denne rundt 90% i 'Standard' for begge frøblandingane. Ved Robotslått er avlingsstabiliteten 79% for 'Vestland' og 85% for 'Bladgras', noko som indikerer at 'Bladgras' tolerer denne slåtteintensiteten betre enn 'Vestland'.

I feltforsøket har avlingsnivået halde seg svært stabilt frå første til tredje engår, noko ein også har sett i andre forsøk, m.a. med hundegras ('Frisk') og raisvingel ('Hykor') i reinbestand i forsøk på Fureneset. Tørrstoffavlinga i fjerde engåret ved tre slåttar var høvesvis 118 % og 115 % av avlinga i første engår. Desse to artane har begge stor plantevekst frå våren av og stor gjenvekstevne i resten av sesongen. Frøblandingane i same forsøket hadde alle over 80 % av førsteårsavlinga i fjerde engår, og beste frøblanding 95 % av førsteårsavlinga. Denne frøblandinga var sådd med 50 % timotei, 30 % strandsvingel og 10 % kvar av fleirårig raigras og raudkløver. Ved sortering av bestandet i førsteslåtten i fjerde engår, var fordelinga mellom grasartane 20, 20 og 50 % av tørrstoffavlinga for høvesvis timotei, fleirårig raigras og strandsvingel (Østrem and Aune, 2020). Strandsvingel og også fleirårig raigras har begge ei stor evne til å ta over ledig plass etter t.d. timotei i eit plantebestand, og dermed kan avlingsnivået haldast stabilt høgt over fleire år. Andre forsøk på Fureneset viser liknande høg avlingsstabilitet som i hovudsak kjem ved bruk av lite eller ingen timotei i frøblandinga, med tillegg av fleire såkalla bladgrasartar i blandinga. Ved bruk av reine bladgrasblandingar har tørrstoffavlinga i tredje engåret vore 95-98 % av førsteårsavlinga. Timoteibasert frøblanding med anten engsvingel eller strandsvingel (begge 25 %) viste 85 % og 91 % for høvesvis engsvingel eller strandsvingel i blandinga for tredje engår samanlikna med førsteårsavlinga, noko som viser at artsvalet i ei frøblanding kan utgjere ein viktig skilnad. Same blandinga gjekk i favør av engsvingel under meir typiske toslåttsforhold (Løken, Valdres, 450 moh) der gjenvekstevna i strandsvingel ikkje kan nyttiggjerast i like stor grad som i ein lengre vekstsesong som på Fureneset (Østrem mfl., under publisering). Avlingsnedgangen i andre engår har å gjere med spesielle vêrtilhøve i 2020 med periodevis lite nedbør. I Standard gav dette stor avlingsreduksjon i 2. slått, og ein bra tredjeslått var ikkje stor nok til å vege opp dette avlingstapet, og i 5-slåttregimet var fleire av slåttane påverka.

Som venta var det betre førkvalitet i surfôret laga frå fem enn tre slåttar per år, men førkvaliteten var også god for 3-slåttsystemet. Innslaget av bladgras i 'Vestlands'-blandinga var relativt høgt og truleg aukande utover i sesongen og over engår, og kan forklare at det var ingen skilnad i førkvalitet mellom dei to engtypane.

4.2 Fôroptimeringa

Det er ikkje uvanleg at fôroptimeringa kjem ut med same type kraftfôr, sidan TINE Optifôr optimerer ut frå økonomiske omsyn. Med dei prisane som var på kraftfôr då vi gjorde optimeringa, kom det valde kraftfôrslaget ut som et prisgunstig alternativt kraftfôr. Det har høgt næringsinnhald (høgt innhald av fett og protein) og høg energiverdi i forhold til pris. Dette kan endre seg i og med at råvaresituasjonen er meir usikker framover på grunn av krigen i Ukraina (starta 24. februar 2022). Ein annan årsak til at dette kraftfôrslaget var vald for begge slåtteregima, kan vere at alt surfôret hadde relativt lågt innhald av råprotein (alle under 140 gram per kg TS), særleg sett i forhold til den høge energiverdien i surfôret.

For alle scenarioa var det lågt kraftfôrforbehov, også i 'Standard'-systemet. I gjennomsnitt vil det gå med om lag 23 og 18 kg kraftfôr per 100 kg EKM for høvesvis 'Standard' og 'Robot' ved 8 000 kg EKM, mens det for 10 000 kg EKM vil gå med 28 og 20 kg kraftfôr per 100 kg EKM. Til samanlikning er landsgjennomsnittet 30 kg kraftfôr per 100 kg EKM og 8 647 kg EKM per ku (Tine Rådgivning 2020).

4.3 Robothausting

Scenarioanalysane viste at konseptet med hyppig hausting (fem slåttar per år) med ein lettvekts sjølvgåande robot kan gje mindre kostnader enn standardhausting med tre slåttar årleg. Føresetnaden er at auka grovfôrkostnader på grunn av lågare avling og auka grovfôropptak med hyppig slått kan kompenseras med å redusere kraftfôrbehovet og større arealbehov med større arealtilskot. Men i praksis vil den lette roboten bli for veik. For at haustekapasiteten skal vere like stor som standard haustesystem og stor nok til å mate ei stasjonær rundballepresse, trengs det ein sverm av robotar. Sjølv ved auka lastekapasitet, trengs det mange roboteinigar. Vi har også lagt til grunn kvadratiske, einsarta areal, med ladestasjon for batteri utan behov for mye flytting. Vi føreset at robotane og stasjonær presse er eigd og drifta av ein entreprenør eller er i sameige. Grasarealet i Vestland er ikkje romleg einsarta og er oftast oppstykkka og krev meir flytting og lengre transport frå oppsamling av gras til stasjonær presse enn på meir kvadratiske samanhengande areal. Robothausting vil i praksis ta meir tid enn det vi har lagt til grunn, og det vil lett oppstå logistikkproblem når mange skal dele på utstyret.

Meir realistiske system er truleg elektriske førarlaus (autonome) traktorar, likevel relativt små og lette som også kan brukast til dyrking av grovfôr, som gjødsling med husdyrgjødsel og kunstgjødsel og jordarbeiding ved fornying av enga. Slike traktorar finst og er under utvikling (<https://www.traktor.no/teknikk/lanserer-autonom-konsepttraktor/> , <https://www.monarchtractor.com/?msclid=3bf6f522c49911ecb910532635245a42>).

Analysen viste at hyppig slått (4 og 5 gonger) var økonomisk meir lønsam enn 3 slåttar i tilskotsone 5B, mens det i områder med lågare arealtilskot ikkje var nokon forskjell i totale førkostander. Det er relativt lite areal egna for fire-fem slåttar på grunn av lengde på vekstsesong og andre vanskelege driftstilhøve. I områder med lang vekstsesong, der fire-fem slåttar er mogleg, er det neppe noko økonomisk å vinne på å auke talet på slåttar frå fire til fem. Det redusere behovet for kraftfôr monaleg, men det krev eit mye større grovfôrareal.

Robothausting auka arealbehovet og dermed også klimautsleppet i dyrking av grovfôret, først og fremst på grunn av lystgassutslepp frå kunstgjødsel. Så sjølv om klimagassutsleppet minkar i sjølve hausteoperasjonen med bruk av sjølvgåande elektrisk drive grashausteutstyr, aukar det totale utsleppet på grunn av større areal- og gjødselbehov. No reduserte den intensive haustinga behovet for kraftfôr og dermed også dei eksterne klimagassutsleppa i framstillinga av kraftfôret, som dyrking av

ingrediensane i kraftfôret. Vi har heller ikkje teke omsyn til moglege skilnader i enterisk metanproduksjon. Men resultatet frå scenarioanalysen illustrerer at det er naudsynt å ta med heile produksjonssystemet, inkludert eksterne innsatsfaktorar, for å vurdere om eit driftstiltak, som t.d. meir hyppig hausting for betre fôrqualität, er betre økonomisk og miljømessig enn alternativa.

4.4 Konklusjon

Robothausting med fem slåttar årleg gav lågare avling enn standard hausting med tre slåttar årleg, men betre grovfôrqualität, potensielt høgare grovfôropptak og lågare kraftfôrbehov i mjølkeproduksjon. Avlingsmengdene i enga haldt seg stabilt høgt i alle tre engår, både ved tre og fem slåttar årleg. Det var ingen effekt av engtype (frøblanding) på gjennomsnittleg årsavling og avlingsqualität. For å greie å produsere ein gitt mjølkekvote, trengs det større areal ved fem slåttar og dermed større kostnader til å produsere grovfôret. Men på grunn av lågare kraftfôrbehov var dei totale fôrkostnadane relativt like for Robothausting og Standardhasting. Arealtilskotet var avgjerande for kva som er mest lønsamt. Kapasiteten på den sjølvgåande roboten testa i denne studien er for liten til å konkurrere kostnads-messig ved oppsamling og transport av gras. Resultata viste at hausteteknologien kan fungere, men den må tilpassast større autonome traktorar som har høgare kapasitet til oppsamling og transport av fortørka gras og som kan brukast i andre driftsoperasjonar.

5 Finansiering

Prosjektet 'GrassRobotics- A novel adaptation strategy for forage production under wet growing conditions – robotization and high quality forages' er finansiert av 'Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri' via Norges forskningsråd. Prosjektnummeret er 28122 (sjå også <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/project/FORISS/281221>). Prosjektet har også fått stønad frå Fylkesmannen i Vestland, no Vestland fylkeskommune.

Litteratur

- Grimstad, L., From, P.J., 2017. The Thorvald II agricultural robotic system. *Robotics* 6.
<https://doi.org/10.3390/robotics6040024>
- IPCC, 2016. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use.
- Isaksen, A.X., Grelland, N., 2018. Utredning av energieffektive metoder for å kutte gras med den autonome landbruksroboten Thorvald. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.
- Rivedal, S., Østrem, L., 2018. Frøblandinger til beite og slått. NIBIO-rapport 4(24), 39pp
- Tine Rådgivning 2020. Statistikkksamling fra Ku- og Geitekontrollen 2020. Årsrapport fra Helsekortordningen 2020. 60 s.
- Steinshamn, H., Ystad, E., Henriksen, J.K., Naess, G., Walland, F., Bakken, A.K., Kostnadseffektivitet, F., Scenarioanalyser, A., Landbruk, G., Husdyrbruk, L.A., Kjersti Bakken, A., 2020. Grovfôrkostnader i norsk husdyrproduksjon - effekter av ulike valg i dyrking, høsting, konservering og utfôring av grovfôr, NIBIO RAPPORT vol.6 Nr 132.
- Volden, H., 2011. NorFor-The Nordic feed evaluation system, European Association for Animal Production. Wageningen Academic Publishers.
- Østrem, L., Aune, A., 2020. Kva finst igjen i ei fjerdeårseng av det me sådde? *Bondevennen* 33, 18–199.

Vedlegg

I Robotkostnader

Faste kostnader:

- Driverenhet 200kg lasteevne kr 330 000 i investering
- Driverenhet 1000kg lasteevne kr 430 000 i investering
- I kalkylene beregnes at robot driverenhet brukes totalt 800 timer pr år og det beregnes kostnader både på 5 og 10 års levetid / avskrivningstid
- Avskrivning av investert verdi / antall års levetid som er 5 eller 10 år
- Rente: 4 % av 65 % av investert kapital
- Forsikring er også med
- Garasjeplass
- Robotredskap
 - Slåmaskin, kr 55 000 i innkjøp
 - Vender, kr 55 000 i innkjøp
 - Rive, kr 55 000 i innkjøp
 - Pickup med vogn, kr 55 000 i innkjøp

Strøm:

- 200 kg 2 Kw/time a 2,00 Kr/Kw = 4 kr pr time for all bruk.
- 1000 kg 8 Kw/time a 2,00 Kr/Kw = 16 kr pr time for all bruk.

Vedlikehold:

- Vedlikehold robot driverenhet: Beregnet til 6000 – 12 000 kr/år = Fordelt til 12 kr pr brukstime for robot med 200 kg lasteevne og 16 kr per time for robot med 1 000 kg lasteevne.
- Vedlikehold robotredskap som brukes mindre settes også til 12 kr / time

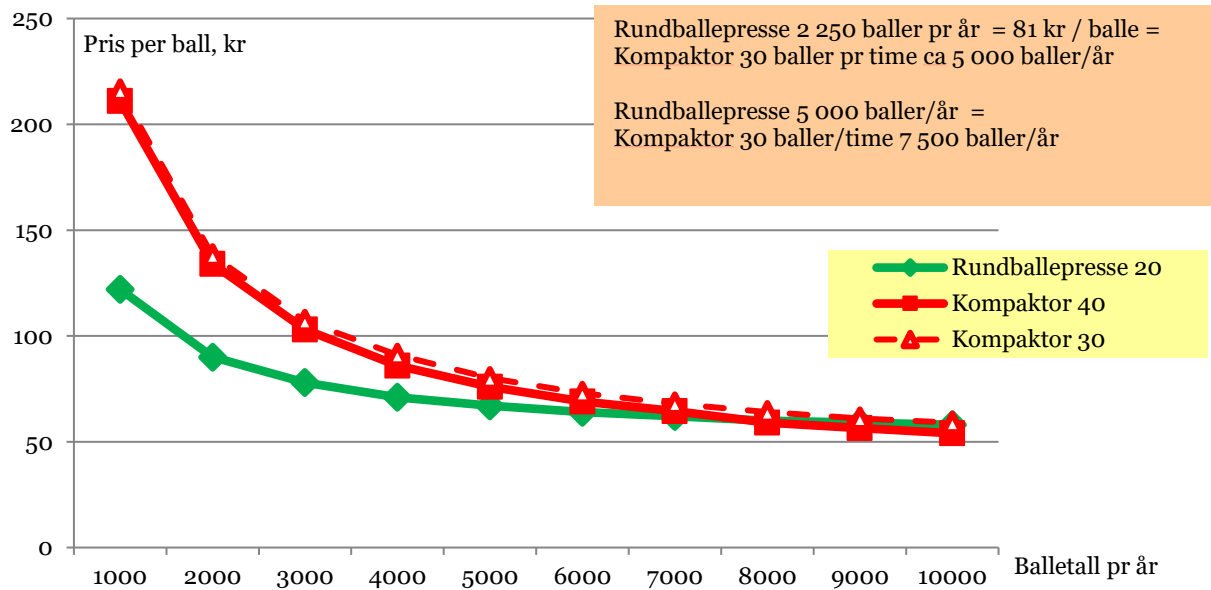
Riggetid, lading, vedlikehold og transport:

- Som for andre redskaper beregnes 20 % riggetid, transporttid på henger tur /retur jorder

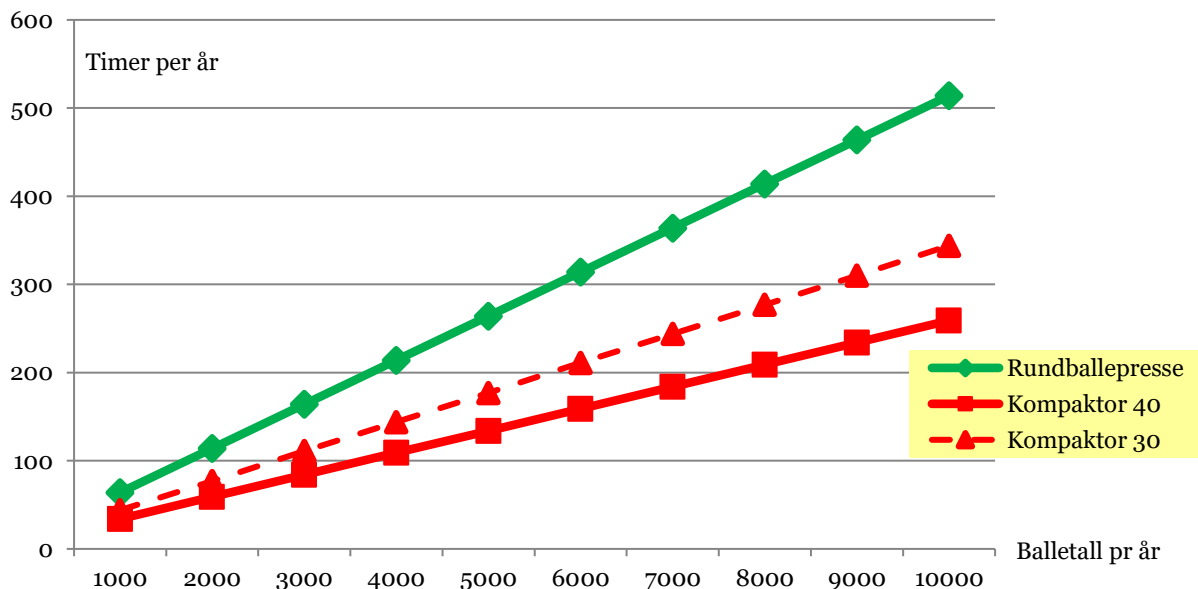
Personer:

Beregnes at det er med person i 10 % av gangtida til roboten

II Kostnader rundballepressing



Figur Samanhengen mellom tal rundballar pressa per år og kostnader (eks nett og plast) per rundballe for rundballepresse (kapasitet 20 baller/time) og Orkel kompaktor (30 og 40 baller per time). Det er lagt in kostand på kr 345/time for traktor og 225 kr/time fro arbeid



Figur Samanhengen mellom antall baller presset per år og arbeidsbehov per år for rundballepresse (kapasitet 20 baller/time) og Orkel kompaktor (kapasitet 30 eller 40 baller per time)

Tabell I. Traktorar og roboteiningar

Traktorer	Effekt HK	% Eierandel	Timer/år Utl./annet	Nyverdi 1000 kr	Innbytteverdi/alder ved innbytte	Avskrivning %/år	Vedl.h. Kr/t/1000 inv		Drivstoff l/hk/t
Betegnelse									
Mjølkebruk 200 tonn mjølkekvote									
Stor traktor	125	100	600	800	140/10	8	0,08		0,06
Liten	72	100	200	130	0/10	10	0,25		0,06
Mjølkebruk 400 tonn mjølkekvote									
Stor traktor	140	100	800	950	0/10	10	0,08		0,06
Liten	72	100	200	130	0/10	10	0,25		0,06
Robot									
Liten drivareining			800	330	0/10	10	0,037		4 kr/t
Stor drivareining			800	430	0/10	10	0,037		4 kr/t

Tabell II. 'Standard'- og 'Robot'-mjølkebruk 400 tonn mjølkekvote maskinpark og redskap

Maskinpark og redskap		Arbeidsbredde m	% Eierandel	Timer/år Utl./annet	Nyverdi, 1000 kr	Avskr. %/år	Vedl.h. Kr/t/1000	Annet Strøm osv
Redskap til:	Redskaps navn							
Husdyrgjødsel								
Røring/lessing	Traktorpumpe		100		60	7	0,5	
Transport + spredning	10 m ³ fanevogn	10	100		300	7	0,3	
Jordarbeiding og såing								
Pløying	4.skj vendepløg	1,62	50		140	7	0,25	
Harv/fres	Kombiharv	4,5	50		120	7	0,2	
Såing	Såmaskin	3	50		70	7	0,2	
Tromling	Cambridge 4,5m	4,5	50		80	7	0,2	
Gjødsling og sprøyting								
Min.gjødselspr	Min.gj aut.	15	100		115	7	0,2	
Ugrassprøyting	800 liter/12m	12	50		80	7	0,2	
Høsting og transport - Standard								
Slåing	Front+bak m. crimper	5,6	100		335	7	0,2	
Spredning og vending	Spredde/venderive	5,5	100		70	7	0,2	
Sammenraking	2 -rotors rive	7,5	100		210	7	0,2	
Presse	Kombipresse	1	100		850	7	0,25	
Sammentransp.	Frontklype	1	100		15	7	0,25	
Hjemtransport/Henger	Balleh. stor	1	100		160	7	0,4	
Avlesser transport		20	100	0	150	7	0,25	
Høsting og transport - Robot								
Slåing	Robotaggregat	1,8	100	200	55	10	0,22	4
Vending	Robotvender			200				4
Samanraking	Robotrive	1,6	100		55	10	0,22	4
Oppsamling	Robot-pickup m lastekasse	200 kg		200				4
Presse 1	Kompaktor		20		2600	7	0,25	
Presse 2	Kombipresse	1	100		850	7	0,25	
Hjemtransport/Henger	Balleh. stor	1	100		160	7	0,4	
Avlesser transport		20	100	0	150	7	0,25	
Grovfôrlager								
Lager system 1	På jordet	1						
Innlagring								

Selvgående maskin uttak lager	Minilaster	1	100	150	200	5	0,25	8
Utføringslager	Stasjonær fullfôrmikser	1	100		350	5	0,15	20
Utføringsystem	Båndføring	1	100		200	5	0,25	20
Redskap for håndtering av fôr	Skyverobot	1	100		10	5	0,1	50

Tabell III. 'Standard'- og 'Robot' mjølkebruk 200 tonn mjølkekvote maskinpark og redskap

Maskinpark og redskap		Arbeidsbredde m	% Eierandel	Tim/år/Utl.	Nyverdi 1000 kr	Avskr. %/år	Vedl.h. Kr/t/1000 inv	Annet Strøm osv
Redskap til:	Redskaps navn							
Husdyrgjødsel								
Røring/lessing	Traktorpumpe		100		60	7	0,5	
Transp+spredn	8 m ³ fanevogn	8	100		200	7	0,3	
Jordarbeiding og såing								
Pløying	3.skj vendepløg	1,22	50		110	7	0,25	
Harv/fres	Kombiharv	3,5	50		100	7	0,15	
Såing	Såmaskin	3	50		70	7	0,2	
Tromling	Cambridge 3,3m	3,3	50		60	7	0,2	
Gjødsling og sprøyting								
Min.gjødselspr	Min.gj aut.	15	50		115	7	0,2	
Ugrassprøyting	800 liter/10m	10	50		65	7	0,2	
Høsting og transport - Standard								
Slåing	Bak m. crimper	3	50		280	7	0,2	
Spredning og vending	Sprede/venderive	5,5	100		70	7	0,2	
Sammenraking	1 -rotors rive	7,5	50		210	7	0,2	
Presse	Kombipresse	1	50		850	7	0,25	
Sammentransp.	Frontklype	1	100		15	7	0,25	
Hjemtransport-Henger	Balleh, middels	1	100/50		100	7	0,4	
Høsting og transport - Robot								
Slåing	Robotslåmaskin	1,8	100	200	55	10	0,22	4
Vending	Robotvender			200				4
Sammenraking	Robotrive	1,6	100	200	55	10	0,22	4
Oppsamling	Robot pick-up m. lastekasse			200				4
Presse 1	Kompaktor				2600	7	0,25	
Presse 2	Kombipresse	1	100		725	7	0,25	
Hjemtransport/Henger	Balleh, stor	1	100		15	7	0,25	
Avlesser transport		1	100/50		100	7	0,4	
Grovfôrlager								
Lager system 1	På jordet	1						
Innlagring								
Selvgående maskin innlagring	Egen grave-maskin	1	100	200	120	7	0,25	

Diverse maskiner til innlagring	Matebord	1	100		80	7	0,25	
Diverse maskiner til innlagring	Transportør	1	100		80	7	0,25	
Uttak og handtering av fôr								
Utstyr til uttak	Blokkskjærer	1	100		40	5	0,25	
Selvgående maskin uttak lager	Minilaster	1	100	150	200	5	0,25	
Utføringslager	Stasjonær fullförmikser	1	100		350	5	0,15	
Utföringsystem	Båndföring	1	100		200	5	0,25	
Redskap for handtering av fôr	Dekkplog	1	100		10	5	0,1	

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.