

Sluttrapport

2026

Mer bærekraftig fôrproduksjon på norske ressurser

Kunnskap fra forskningsprosjektet SusFeed

Egil Petter Stræte (redaktør), Ida Grong Aursand, Elisabeth Fugger,
Andreas Hagemann, Anne Sigrid Haugset, Klaus Mittenzwei, Grete Stokstad,
Gunn-Turid Kvam, Shraddha Mehta, Anders Mahlum Melås, Roald Sand, Andrea Viken Strand



Kort sammendrag

Økt norsk andel i fôrproduksjon til oppdrettsfisk og husdyr i landbruket er et ambisiøst politisk mål som krever utvikling av nye råvarer og bærekraftige løsninger basert på norske ressurser. Rapporten oppsummerer forskningsprosjektet SusFeed, som kartlegger muligheter, utfordringer og bærekraft i fôrsystemet for både havbruk og landbruk.



STIKKORD

Bærekraft

Fôr

Husdyr

Nye fôringredienser

Oppdrettsfisk

Forfattere

Egil Petter Stræte (redaktør)
Ida Grong Aursand
Elisabeth Fugger
Andreas Hagemann
Anne Sigrid Haugset
Klaus Mittenzwei
Grete Stokstad
Gunn-Turid Kvam
Shraddha Mehta
Anders Mahlum Melås
Roald Sand
Andrea Viken Strand



Institutt for rural- og regional-
forskning, Universitetssenteret
Dragvoll
N-7491 Trondheim

+47 73 82 01 60
post@ruralis.no

Rapport 7/2026
Prosjekt nr. 6628
ISSN 1503-2035

Antall sider:
69

Forord

Denne rapporten sammenfatter arbeidet i forsknings- og utviklingsprosjektet SusFeed – Bærekraftig norsk fôrproduksjon – som startet sent i 2021 og avsluttes våren 2026. Vi har i prosjektet hatt et bredt blikk på fôrsystemet for å belyse sammenhenger og helhet.



Egil Petter Stræte

Prosjektleder og rapportredaktør

1. juni 2026

Det har ikke vært mulig å dekke alle temaene. Vi har derfor gjort et utvalg som synliggjør sentrale sider ved det norske fôrsystemet og arbeidet med å styrke fôrproduksjonen basert på norske ressurser.

Etter redaktøren er medforfatterne oppført i alfabetisk rekkefølge. I de fleste kapitlene bygger framstillingen på tidligere publiserte arbeider fra prosjektet. Referansene er oppgitt i noter som er samlet på slutten av rapporten. Bakerst i rapporten finner du også en lenke og en QR-kode til en oppdatert oversikt over publikasjoner fra SusFeed.

Kapittel 2 er skrevet av Grete Stokstad (NIBIO) og Andrea Viken Strand (SINTEF). Kapittel 3 er skrevet av Andreas Hagemann (SINTEF) og kapittel 4 av Ida G. Aursand (SINTEF). Kapittel 5 er skrevet av Roald Sand og Anne Sigrid Haugset (begge ved SINTEF). Kapittel 6 er skrevet av Shraddha Mehta og Andrea Viken Strand (begge ved SINTEF). Kapittel 7 er skrevet av Gunn-Turid Kvam (Ruralis). Kapittel 8 er skrevet av Anne Sigrid Haugset og Roald Sand (begge ved SINTEF). Kapittel 9 er skrevet av Anders M. Melås (Ruralis) og kapittel 10 av Egil Petter Stræte (Ruralis). Flere forskere har i tillegg bidratt med grunnarbeid og innspill underveis. For en samlet oversikt over forskere og øvrige partnere i prosjektet viser vi til prosjektsiden på Ruralis' nettsted eller QR-koden bakerst i rapporten.

Sluttkontrollen av rapporten er gjennomført av Svein Frisvoll. Rita Moseng Sivertsvik har utført korrektur. Takk til begge for gode innspill og korrigeringer. Takk til kommunikasjonsbyrået Gjete som har stått for den grafiske utformingen av rapporten. KI-verktøy er brukt til språkforbedring og til å sammenfatte enkelte deler av teksten. Feil og mangler er forfatternes, og særlig redaktørens, ansvar.

SusFeed har en samfunnsvitenskapelig innramming, men kombinerer samfunnsfaglige og naturfaglige perspektiver og forener forskningskompetanse med erfaringsbasert kompetanse – særlig i scenarioarbeidet og i fôrforsøkene. Slik sett er prosjektet både tverrfaglig og transfaglig.

Som prosjektleder vil jeg takke alle som har bidratt i SusFeed, både prosjektpartnere og deltakere som har stilt opp med data og innsikt gjennom intervjuer, spørreundersøkelser og samtaler. Vi håper at arbeidet i prosjektet SusFeed kan være til nytte og inspirasjon – også for å øke den politiske interessen for fôr- og matberedskap.

Innhold

1. Innledning	7
2. Tilgjengelige ressurser for fôringredienser til lands og til sjøs	11
3. Hvilke ingredienser og teknologier er mest egnet for nye fôringredienser av det vi har sett på?	19
4. Oppskalering – behov og flaskehalser	24
5. Forretningsutvikling av nye verdikjeder	28
6. Miljømessig bærekraft og resiliens	33
7. Sosial bærekraft	40
8. Interesser – sammenfall og motsetninger	43
9. Politikk som ramme – eksempel fra landbruk	47
10. Tåler det norske fôrsystemet en krise?	50
11. Hovedkonklusjoner	55
12. Forslag til tiltak for videre arbeid	59
13. Mer informasjon om SusFeed	63
14. Referanser	65

Sammendrag

Prosjektet SusFeed viser at norske myndigheters mål om mer bærekraftig fôrproduksjon basert på norske ressurser er både viktig og svært ambisiøst.

For å nå politiske mål om økt norskandel i fôr til oppdrett og husdyr innen 2034 trengs det mer enn 600 000 tonn med nytt norskprodusert fôr, selv uten vekst i produksjonen. Rapporten dokumenterer at Norge har et bredt ressursgrunnlag på land og til havs – blant annet gress, skogbaserte råstoff, marine restråstoff, mikroalger og insekter – men også at få av disse ressursene kan tas i bruk i store volum uten betydelig videreutvikling, investeringer og avklaringer i regelverk og forvaltning.

Flere av de undersøkte fôringrediensene framstår som lovende. Gressprotein kan gi et protein av høy kvalitet til enmagede dyr, mikroalger kan bidra med både protein og omega-3, og insektprotein kan bli en viktig ingrediens i både fjørfe- og fiskefôr. I tillegg viser prosjektet at soppnedbrutt trevirke kan fungere som substrat i insektproduksjon. Samtidig er det tydelige begrensninger: produksjonen er kostbar, teknologiene er ofte umodne, og biologiske og ernæringsmessige forhold setter grenser for hvor mye som kan blandes inn i fôret. Derfor er det lite realistisk at én ny råvare alene kan erstatte dagens importerte proteinkilder som soya og fiskemel. På kort sikt framstår bedre utnyttelse av marine restråstoff som det mest tilgjengelige bidraget til økt norskandel.

En hovedkonklusjon i rapporten er at oppskalering er den største flaskehalsen. For at nye råvarer skal bli tatt i bruk i etablerte verdikjeder, må de leveres i store nok volumer, til konkurransedyktig pris og med stabil kvalitet. Dette er krevende i et marked der dagens råvarer er billige og godt innarbeidet, og der fôrindustrien er avhengig av standardiserte råvarestrømmer. Samtidig viser analysene at bærekraft ikke kan vurderes isolert. Økt norskandel kan styrke beredskap og lokal verdiskaping, men kan også skape nye konflikter knyttet til areal, energi og naturressurser. Rapporten understreker derfor behovet for helhetlige vurderinger der miljømessige, økonomiske og sosiale hensyn ses i sammenheng. Scenarioanalysene viser dessuten at det norske fôrsystemet er sårbart i møte med internasjonale kriser, og at mål om høyere norskandel blir svært vanskelig å nå uten både tydelig politisk vilje og et mer omstillingsdyktig fôrsystem.

Summary

The SusFeed project demonstrates that the Norwegian governmental goal of more sustainable feed production using Norwegian resources is both important and highly ambitious.

To reach the policy targets for a higher Norwegian share of feed for aquaculture and livestock by 2034, more than 600,000 tonnes of new Norwegian-produced feed will be required, even without growth in production. The report documents that Norway has a broad resource base on land and at sea—including grass, forest-based raw materials, marine residual resources, microalgae and insects—but also that few of these resources can be used in large volumes without substantial further development, investment, and clarification of regulations and governance.

Several of the feed ingredients examined appear promising. Grass protein can provide high-quality protein for monogastric animals, microalgae can contribute both protein and omega-3, and insect protein may become an important ingredient in both poultry and fish feed. In addition, the project demonstrates that fungus-degraded wood can serve as a substrate for insect production. At the same time, there are clear limitations: production is costly, the technologies are often immature, and biological and nutritional factors limit how much can be incorporated into feed. It is therefore unrealistic to expect a single new raw material to replace today's imported protein sources, such as soy and fishmeal. In the short term, better utilisation of marine residual resources appears to be the most accessible contribution to increasing the Norwegian share.

A main conclusion of the report is that scaling up is the greatest bottleneck. For new raw materials to be adopted in established value chains, they must be delivered in sufficiently large volumes, at competitive prices, and with stable quality. This is challenging in a market where existing raw materials are cheap and well established, and where the feed industry depends on standardised raw material flows. At the same time, the analyses show that sustainability cannot be assessed in a single dimension. A higher Norwegian share can strengthen preparedness and local value creation, but it may also create new conflicts related to land use, energy and natural resources. The report therefore underlines the need for holistic assessments in which environmental, economic and social considerations are viewed together. The scenario analyses also show that the Norwegian feed system is vulnerable to international crises and that targets for a higher Norwegian share will be very difficult to achieve without both clear political commitment and a more adaptable feed system.

1.

Innledning

Kort om SusFeed

Bærekraftig fôrproduksjon med norske bioressurser til husdyr i jordbruket og til lakseoppdrett - SusFeed (Sustainable feed production from Norwegian bio-resources for livestock and aquaculture) er et kompetanse- og samarbeidsprosjekt for næringslivet (KSP) hvor vi driver forskning og utvikling knyttet til det norske fôrsystemet. Prosjektet startet ved utgangen av 2021 og ble avsluttet i mai 2026.

Vi har kartlagt mulige norskproduserte fôringredienser, mulighetene for industriell oppskalering og deres bærekraft. Selv om det satses mye på utvikling av nye fôringredienser, herunder statens samfunnsoppdrag om en mer bærekraftig fôrproduksjon med høyere norske produksjonsandeler, har vi svært begrenset kunnskap om det generelle fôrsystemet og hvordan det endrer seg. Dette er kunnskap som er kritisk for å dekke behovene i jordbruks- og havbrukssektoren. Hvor bærekraftig vil fôringssystemet være, og hvordan kan vi skaffe bærekraftig fôr i de volumene som trengs? SusFeed utvikler en grunnleggende forståelse av fôrsystemet: hvordan fôr kan høstes, produseres, bearbeides og distribueres for å tilfredsstille de voksende og endrede behovene i norsk landbruk og havbruk. I prosjektet har vi anvendt en systemtilnærming for å kartlegge det norske fôrsystemet og gjennomføre miljømessige, sosiale og økonomiske bærekraftvurderinger. Arbeidet har vært organisert i seks arbeidspakker ledet av henholdsvis Ruralis, SINTEF Ocean og NIBIO. SusFeeds tverrfaglige team involverer forskere fra samfunnsvitenskap, biologi, agronomi, ernæring, industriell økologi, operasjonsanalyse og teknologi. Vi var 22 partnere fra forskning, næringsliv og ulike interessenter som er involvert i fôrverdikjeden.

Den som vil vite mer om prosjektet, hvem som har deltatt, oversikt over publikasjoner og annet, finner lenker og QR-koder bak i denne rapporten.

Om denne sammenfattede rapporten

Mer norskprodusert fôr til fiskeoppdrett og husdyr i jordbruket er et sentralt politisk og samfunnsmessig mål.¹ De politiske myndighetenes ambisjoner er konkretisert gjennom samfunnsoppdraget for bærekraftig fôrproduksjon. Målene i dette samfunnsoppdraget er satt til å øke fra dagens 8 til 25 prosent norskandel i fôr til fiskeoppdrett og fra 60 til 70 prosent i kraftfôr til husdyr i landbruket innen 2034.² Dessuten skal alt fôret komme fra bærekraftige kilder, enten det er importert eller norskprodusert. Samtidig er det også et politisk mål å ha en selvforsyningsgrad av norske jordbruksmatvarer på 50 prosent, korrigert for import av fôrråvarer.³

I løpet av prosjektperioden har både den politiske situasjonen og oppmerksomheten rundt temaet endret seg betydelig – nasjonalt og internasjonalt. En mer bærekraftig norsk fôrproduksjon skulle først og fremst bidra til lavere klimagassutslipp og økt verdiskaping, særlig i oppdrettsnæringen. Dette ligger fortsatt fast i målene for samfunnsoppdraget om bærekraftig fôrproduksjon. Samtidig har krig, internasjonal uro og mer uforutsigbare rammebetingelser for handel og internasjonalt samarbeid gjort beredskap og selvforsyning til viktigere argumenter og ført til omprioriteringer i politikken, blant annet kraftige økninger i budsjettmidler til Forsvaret. Denne utviklingen påvirker både prioriteringer i de fôr- og matproduserende næringene og hvordan kunnskap anvendes, selv om vi så langt ikke har sett mange nye tiltak som løfter fôr- og matproduksjonen høyere opp i beredskapssammenheng.

I SusFeed har vi kombinert forskning på nye fôringredienser med innovasjoner som muliggjør oppskalering av produksjonen, samt en analyse av politiske rammer og bærekraftsindikatorer. Vi har også gjennomført et scenarioarbeid som undersøker hvordan en krise kan belaste det norske fôrsystemet – et svært aktuelt tema. Resultatene viser at det er krevende å opprettholde produksjonen og enda mer å øke den.

Med utgangspunkt i de politiske målene om 25 prosent norskandel i fôr til oppdrett og 70 prosent i kraftfôr til husdyr på land, har flere fagmiljøer beregnet hvilke volum dette innebærer. Utfallet i fôrvolum påvirkes av eventuelle endringer i produksjonsnivåene på matproduktene. Begrepet "fôr" er i seg selv bredt og avhenger av faktorer som tørrstoffinnhold og næringsprofil – protein, karbohydrater og fett – samt at grovfôr har en viktig rolle for drøvtyggere. Fôret må dessuten dekke de ernæringsmessige behovene til ulike dyre- og fiskeslag.

I løpet av prosjektperioden har både den politiske situasjonen og oppmerksomheten rundt temaet endret seg betydelig – nasjonalt og internasjonalt.

For vårt formål har vi gjort grove anslag på hvor mye nytt fôr som må produseres av norske råvarer for å nå målene innen 2034. Forutsatt uendret produksjon av oppdrettsfisk og husdyr på land, vil dette kreve mer enn 600 000 tonn nytt norskprodusert fôr hvert år, ifølge våre beregninger. Dette er et stort volum og svært ambisiøst å nå. Med vekst i lakse- og/eller husdyrproduksjonene vil fôrbehovet øke ytterligere.

Arbeidet i SusFeed har ført til en rekke vitenskapelige publikasjoner. For å gjøre funnene mer tilgjengelige har vi i denne rapporten samlet hovedresultatene. For mer detaljer henviser vi til de enkelte publikasjonene.

Kapittel 2 gir en oversikt over tilgjengelige land- og sjøbaserte ressurser som kan brukes som fôr. Mange av disse ressursene krever videre utvikling eller ny kunnskap for å kunne realiseres. Vi har særlig sett nærmere på insekter, mikroalger, gressproteinkonsentrat og trefiber, som er presentert i kapittel 3.

Veien fra lovende fôringredienser til industriell produksjon kan være lang. Behov og flaskehalser ved oppskalering omtales i kapittel 4, og forretningsutvikling av nye verdikjeder omtales i kapittel 5.

All fôrproduksjon i Norge skal være bærekraftig innen 2034. Miljømessig bærekraft og resiliens, eller robusthet, behandles i kapittel 6. Sosial bærekraft, et mindre utviklet forskningsfelt, diskuteres i kapittel 7.

I kapittel 8 analyseres ulike interesser og samfunnshensyn knyttet til fôrsystemet, mens i kapittel 9 er det politiske rammebetingelser som er temaet. Scenarioarbeidet om et dynamisk fôrsystem og dets respons på kriser presenteres i kapittel 10.

I kapittel 11 oppsummerer vi hovedkonklusjonene, og i kapittel 12 foreslår vi tiltak som kan gjøre det norske fôrsystemet bedre rustet til å nå målene framover. Avslutningsvis er det henvisninger til mer informasjon om prosjektet og publikasjonsoversikt.

2.

**Tilgjengelige ressurser
til lands og til sjøs
for fôringsredianser**

Landbaserte ressurser og fôrproduksjon

Arealet i Norge kan deles inn i ulike arealtyper etter dagens arealdekke:

Tabell 1

Antall dekar per arealtype i Norge

Arealtyper	Dekar	Prosent
Jordbruksareal	11 310 417	3,5
Skogbruksareal	123 053 342	38,0
Annen utmark	162 310 877	50,1
Bebygd areal	4 146 971	1,3
Vann/is	22 933 896	7,1
Sum	323 755 503	100,0

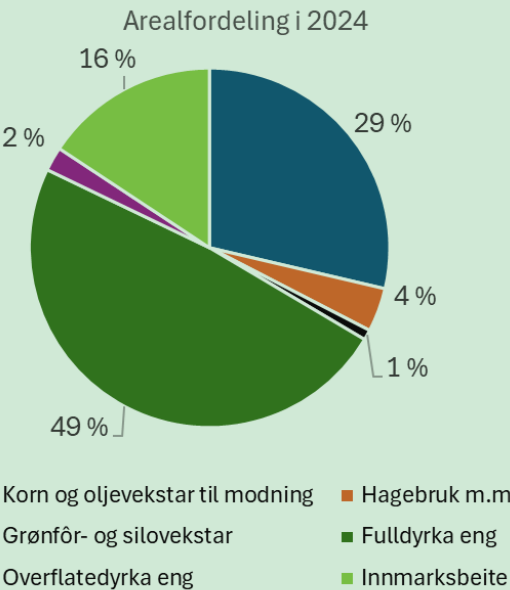
Kilde: Arealbarometer (NIBIO)

Jordbruksareal og dagens planteproduksjon

Jordbruksarealet utgjør litt over 11 millioner dekar, hvorav 78 prosent er fulldyrket areal, 19 prosent er innmarksbeite og 3 prosent er overflatedyrket areal. I 2024 var 86,8 prosent av jordbruksarealet i aktiv drift. Her produseres det hovedsakelig fôrmidler, men også matkorn, grønnsaker, frukt og bær. Tabell 2 viser samlet planteproduksjon, i million forenheter (melk). Forskjellen mellom år skyldes både endringer i arealbruk mellom år og variasjon i avling mellom år.

Figur 1

Fordeling av jordbruksareal i drift i 2024, totalt 9 841 tusen dekar på ulike arealtyper (SSB)



Kilde: (SSB)

Oppdyrking av resterende arealer kan også komme i konflikt med målene om bevaring av arts mangfold og redusert klimautslipp fra skogshogst.

Potensiale for å øke jordbruksarealet

En høy andel av arealet ute av drift finnes særlig i Nord-Norge og på Vestlandet, altså i områder der kornproduksjon uansett ikke er aktuelt. I tillegg kommer dyrkbar jord som utgjør 12,4 millioner dekar. I dag er 55 prosent av dette arealet skog og 34 prosent er myr. Hele 36 prosent av den dyrkbare jorda ligger i områder som ikke bør dyrkes, som myr, nasjonalparker, naturreservater og ravineområder som tidligere ble vurdert som dyrkbare ved bakkeplanering.⁴ Oppdyrking av resterende arealer kan også komme i konflikt med målene om bevaring av arts mangfold og redusert klimautslipp fra skogshogst.

Hoveddelen av det dyrkbare arealet ligger utenfor de beste klimasonene for korn. Dermed er det i første rekke gressproduksjonen som kan økes ved oppdyrking. Disse områdene har en kortere vekstsesong og et noe lavere avlingsnivå enn kornområdene.

Utmark

Utmarksbeite til husdyr utgjør 284 millioner FEm (100 FEm per saueenhet). I tillegg beiter tamrein og villrein rundt 140 millioner FEm.⁵ Det anslås at det er en ubrukt kapasitet på 520 millioner FEm i utmark. Utmarksbeitebruken kan i teorien doubles, men dette kan gi økte interessekonflikter, blant annet med rovdyrforvaltning og reindrift. Økt dyretall krever også mer vinterfôr.

Tabell 2

Samlet planteproduksjon i millioner FEmⁱ

Planteproduksjon	2023	2024
Korn, oljefrø, erter	882	1239
Poteter, grønnsaker m.m.	87	102
Silo (og høy)	2423	2395
Grønnfôr	15	17
Halm	8,72	7
Beite (inkl. utmarksbeite)	670	673
Sum FEm	4086	4434

Kilde: Arealbarometer (NIBIO)

i Fôrenhet melk (FEm) er definert som 6900 kilojoule nettoenergi (kJ NE), tilsvarende verdien av 1 kg standard bygg til melkeproduksjon (snl.no). Gjennomsnittlig avling med bygg per dekar i 2025 var 439 kg (SSB).

Hva kan dyrkes hvor?

Husdyr beiter også på alle typer jordbruksareal, men innmarksbeite kan kun benyttes til beite. Overflatedyrket og fulldyrka areal kan brukes til gress, mens kornproduksjon foregår på fulldyrka areal i de beste klimasonene. Kornproduksjon foregår først og fremst i Trøndelag og på Østlandet. I Nord-Norge, Sør-Norge og på Vestlandet dyrkes det stort sett gress og grønnfor. Mye av kornet som produseres, brukes til fôr, og andelen som brukes til mat, først og fremst hvete, varierer mye fra år til år.

Proteinrike vekster som erter og åkerbønner dyrkes i noe mindre omfang i områder med de beste

vekstvilkårene. Dette er i stor grad i de samme områdene som en kan dyrke hvete med matkornkvalitet. For å motvirke at skadegjørere bygger seg opp, kan ikke proteinvekster dyrkes på samme areal over tid. Men de er svært gode vekster å ta inn i et vekstskifte med korn. Derfor vil ikke økt omfang av proteinvekster nødvendigvis redusere matkornproduksjonen, men vil kunne påvirke areal med bygg og særlig havre. Det er anslått at ca. 547 000 dekar kan sås med oljevekster, erter eller åkerbønner.⁶

En inndeling av landet i klimatiske soner viser hvilke deler av landet som er egnet til å dyrke hva.

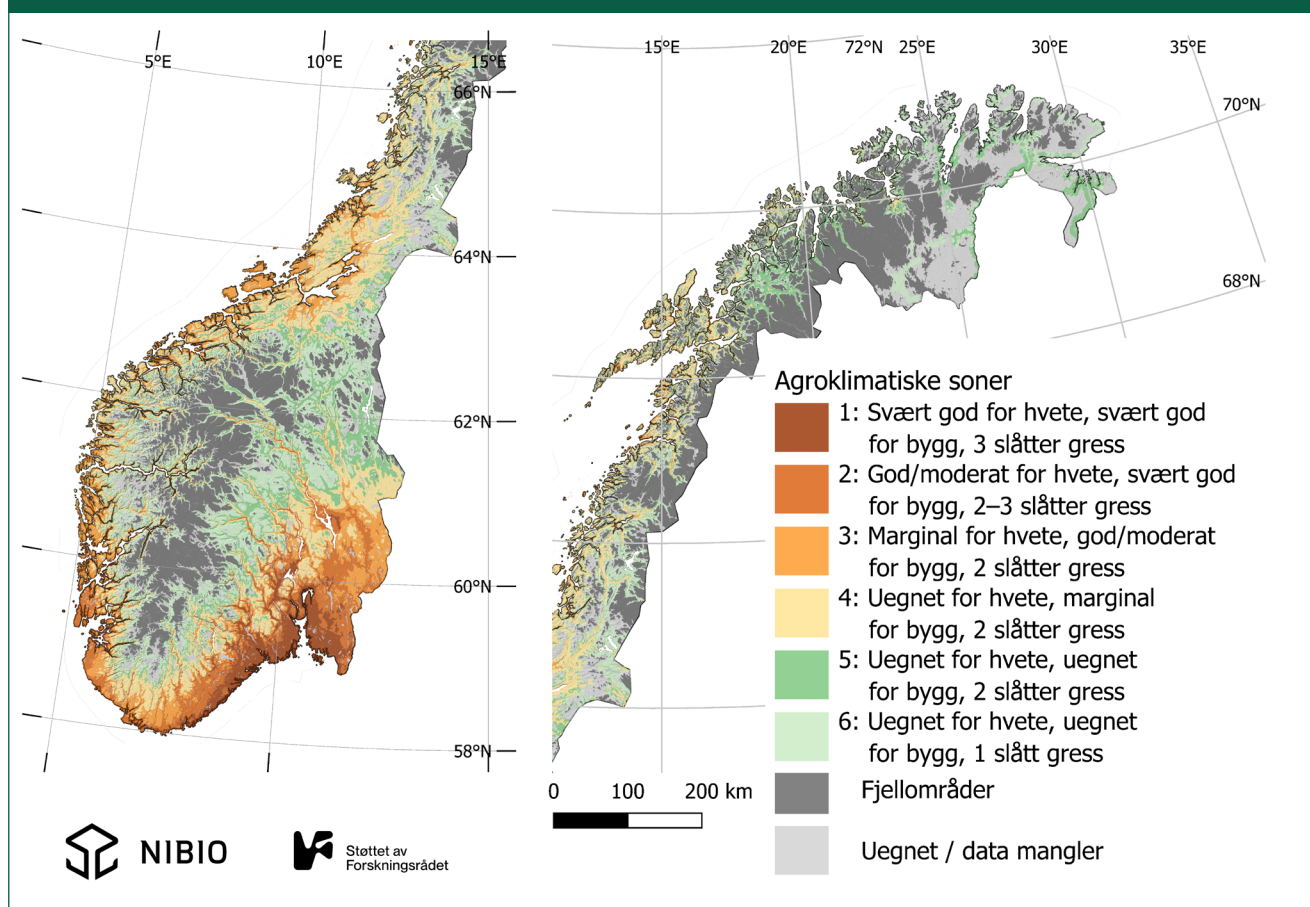
Figur 2Agroklimatiske soner i Norge.⁷



Foto: John Yngvar Larsson, NIBIO

Skog som fôrressurs

Skog utgjør 38 prosent av Norges fastlandsareal, og grovt sett utnyttes kun halvparten av tilveksten/biomassepotensialene til ulike næringsmessige formål. I 2025 ble det tatt ut om lag 15,5 millioner kubikkmeter (m^3) tømmer fra norske skoger, hvorav 12,5 millioner m^3 ble solgt til industriproduksjon av trelast, trevarer og treforedlingsprodukter, mens 2 millioner m^3 var fyringsved til privat bruk og 1 million m^3 var oppflisat tømmer til større varmeanlegg.⁸

I en analyse fra SINTEF vises tømmerforbruket i Norge til å være på rundt 10,5 millioner per år de siste årene, og at hogst utover dette har slått ut i eksport.⁹ I samme analyse er det vurdert prognoser fra NIBIO som tilsier at man i teorien kan avvirke 3–5 millioner m^3 tømmer mer per år i alle år framover uten å komme i konflikt med dagens regelverk angående biomangfold/natur,

hogstmoden alder m.m.¹⁰ I tillegg kan man ta ut 2–3 millioner m^3 hogstavfall per år. Kostnader/lønnsomhet, naturmangfold og andre interesser er imidlertid store barrierer som trekker hogstomfanget ned.

Både løv, ris (greiner med knopp) og skav (bark) har tidligere blitt brukt som fôr.¹¹ Nyere forskning viser at gjærprotein basert på sukkerarter fra gran kan være en god proteinkilde (Foods of Norway) og er godt egnet i fôr til f.eks. svin.¹² Produksjon av gjærprotein krever ressurser, og økonomien er foreløpig lite konkurransedyktig sammenlignet med rimelige, importerte proteinkilder som soya. Ubehandlet treflis kan også være mat for sopp, som deretter kan brukes som fôr til insekter. Dette er det arbeidet med i prosjektet SusFeed, og resultatene beskrives i kapittel 3.

Marine ressurser og deres potensial som fôrråvarer

Pelagisk og mesopelagisk fisk

Pelagisk fisk (sild, makrell, kolmule) bidrar allerede betydelig til marine proteiner og oljer. Fangstnivåene forventes likevel ikke å øke, og en stadig større andel går direkte til humant konsum. Potensialet for økt bruk i fôr er derfor begrenset. Mesopelagisk fisk (f.eks. laksesild og lysprikkfisk) fremstår som den mest lovende enkeltressursen og kan teoretisk dekke opptil 75 prosent av proteinbehovet, men realisering krever betydelig FoU-innsats og oppskalering innen fangstteknologi, forvaltning, selektivitet og prosessering.

Zooplankton

Norske havområder har svært høy årlig produksjon av zooplankton; om lag 200–300 mill. tonn raudåte per år og 287 mill. tonn nordlig krill per år. Disse har et høyt innhold av omega-3-fettsyrene EPA og DHA som er nødvendige i laksefôret. Fangst av nordlig krill er ulovlig i Norge, og fangstteknologien er kostbar og umoden. Dagens produksjon av raudåte går til kosttilskuddsprodukter og ikke til bulkfôr, noe som vil kreve betydelige teknologiske gjennombrudd og regulatoriske endringer.

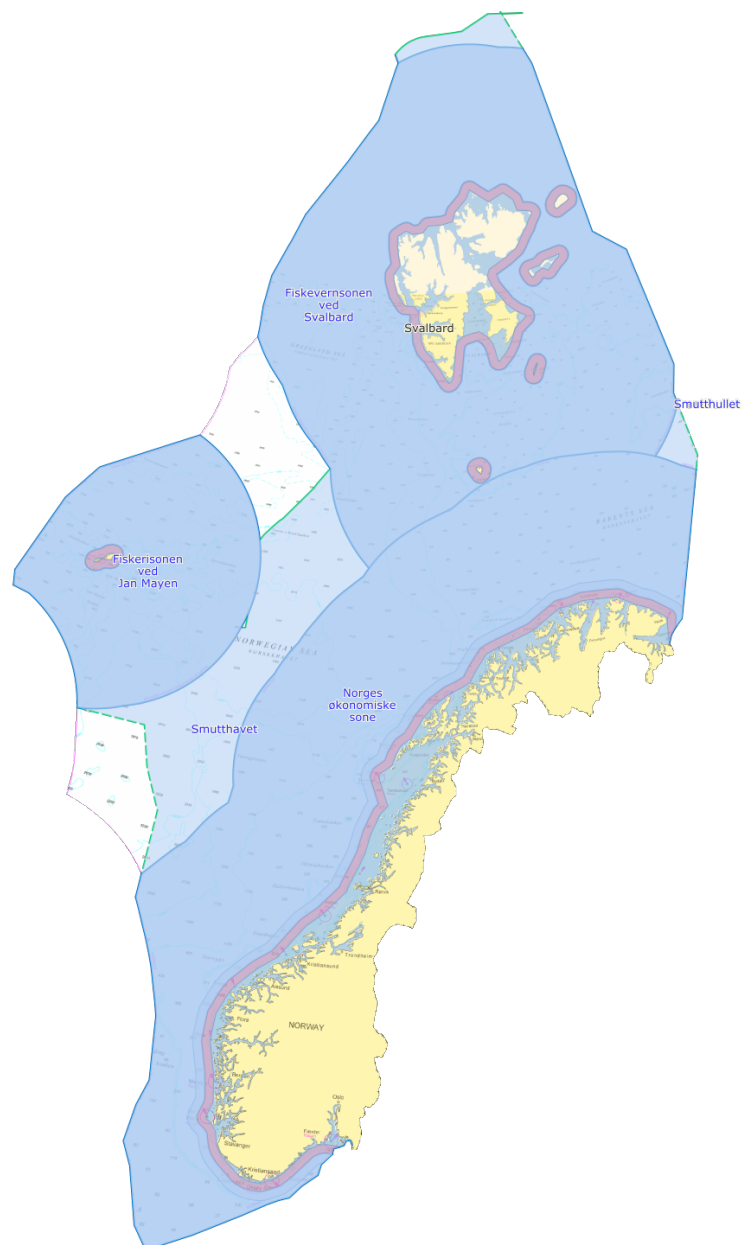
Makroalger

Norge har store viltvoksende tang- og tareforekomster som utgjør om lag 80 millioner tonn våtvekt i året. Det høstes rundt 130–180 tusen tonn stortare og 20 tusen tonn grisetang årlig. Det er ikke ønskelig å øke høsting av villtare fra et miljøperspektiv. Det finnes også flere aktører som jobber med kultivering av makroalger og samproduksjon av alger og laks (integriert multitrofisk akvakultur (IMTA)) som har blitt undersøkt. Makroalger inneholder også bioaktive stoffer som har positive effekter i fôr, men har også lavt proteininnhold og krever mye prosessering.

Figur 3

Norges kyst- og havsoner

Kilde: Kartverket.





Mikroalger og heterotrofe mikroorganismer

Mikroalger og heterotrofeⁱⁱ mikroorganismer er allerede tatt i bruk i fôr til laks i små mengder. De fleste mikroalger inneholder ca. 50 prosent protein i tørrvekt og har betydelige mengder EPA/DHA. Det finnes norsk produksjon i lukkede systemer (f.eks. Finnfjord-prosjektet), men kostnadene er foreløpig for høye for bulkfôr. Heterotrofe mikroorganismer som gjær, bakterier og thraustochytriderⁱⁱⁱ kan produsere både protein og omega-3. Både mikroalger og heterotrofe mikroorganismer trenger en karbonkilde, f.eks. sukker eller CO₂ for å vokse, og prisen på substratet er avgjørende for om denne fôrressursen vil være lønnsom. Mikrobiell olje med DHA/EPA kan bli en viktig komponent fremover.

ii Heterotrofe organismer trenger organiske næringsstoffer for å utvikle seg, i motsetning til autotrofe organismer, som kan utvikle seg normalt med utelukkende uorganisk næring (vann, salter, karbondioksid) (snl.no).

iii Thraustochytrider er mikroorganismer som lever overalt hvor det er saltvann (gemini.no).

Lavtrofiske organismer

Børstemark, gammarider, tunikater og muslinger kan dyrkes på reststrømmer, men produksjonen er ennå i pilotfase. Dette gir muligheter for sirkulær økonomi, men TSE-regelverket begrenser hva organismene kan føres med. TSE-regelverket har som formål å unngå at sykdomsfremkallende smittestoffer (spongiforme encefalitter, TSE) spres fra dyr til dyr eller mennesker. Dette regelverket tillater bl.a. ikke at organismer til fôr eller til menneskeemat føres med biprodukter fra andre dyr. Organismene har et høyt proteininnhold og en god fettsyreprofil. Har foreløpig høye kostnader.

Restråstoff fra sjømatindustrien

I dag utnyttes 89 prosent av det totale restråstoffet fra norsk sjømatindustri. Innen fiskeri er andelen restråstoffutnyttelse 100 prosent for pelagisk og 72 prosent for hvitfisk. For laks utnyttes 94 prosent, og kun blodet blir ikke utnyttet. Lakseolje er en kilde til EPA og DHA og kan brukes i laksefôr. I 2024 ble det anslått



at omtrent 820 000 tonn marint restråstoff ble eksportert som hovedprodukt til verdensmarkedene. Restråstoffraksjoner^{iv} fra oppdrettet laks og regnbueørret utgjorde majoriteten av det samlede volumet, med ca. 430 000 tonn (53 %), fulgt av sild og makrell på ca. 280 000 tonn (35 %) og torsk, hyse og sei på ca. 100 000 tonn (13 %).

Hoveddelen av dette volumet utnyttet i dag til dyrefôr og humant konsum i EU og Storbritannia, mens en mindre andel brukes til kjæledyrfôr. Bruk av proteinhydrolysat^v fra laks og lakseolje i laksefôr er regelverksmessig tillatt, men praktiseres i liten grad, blant annet på grunn av forbrukerpreferanser med skepsis til bruk av fôringredienser fra samme art, det vil her si fra laks til laks.

Tallene indikerer et betydelig potensial for å øke norsk produksjon av marint protein og olje, forutsatt økt innenlandsk tilgang til og videreforedling av marint restråstoff. Det største potensialet ligger i bedre utnyttelse av hvitfiskrestråstoff og slakteblod. Bedre utnyttelse av restråstoff er den mest tilgjengelige ressursen på kort sikt.

Tallene indikerer et betydelig potensial for å øke norsk produksjon av marint protein og olje

^{iv} Reststrømmer og restråstoff er overskuddsmaterialer eller biprodukter fra produksjonsprosesser som kan utnyttes videre som ressurser til nye formål.

^v «Enzymatisk proteinhydrolyse er en prosess der man splitter proteiner i mindre bestanddeler ved hjelp av enzymer og vann. Slik får man tak i fullgode proteiner, som ellers er vanskelig å løse ut fra eksempelvis avskjær fra fisk, grønnsaker, eller kyllingskrog» (fra no-fima.no).

3.

Hvilke ingredienser og teknologier er mest egnet for nye fôringredienser av det vi har sett på?

Introduksjon

Det foreligger utilstrekkelige analyser av de fleste nye anvendelser av nye bioressurser som fôringredienser, blant annet fordi de i dag ikke inngår i kommersielle verdikjeder. For å møte denne utfordringen har vi gjennomført fire case-studier, valgt ut basert på følgende kriterier:

1. De representerer nye anvendelser av bioressurser til fôrformål;
2. De omfatter ulike kategorier av bioressurser (jord, skog, hav, insekter);
3. De åpner for verdikjeder på tvers av etablerte sektorer (jordbruk, skogbruk, havbruk);
4. De belyser ulike trinn i potensielle verdikjeder; og
5. de er av kommersiell interesse for næringsaktører.

Gress inneholder verdifulle proteiner med en aminosyresammensetning som er sammenlignbar med soyaproteiner¹³, men det høye fiberinnholdet gjør at det utnyttes dårlig av enmagede dyr. Trefiber kan være tilgjengelig i store mengder, men er i utgangspunktet ufordøyelig for de fleste dyr. Imidlertid kan soppbasert depolymerisering brukes til å forbedre fordøyeligheten. Mikroalger tilbyr proteiner med en gunstig aminosyreprofil for fisk samt essensielle omega-3-fettsyrer, men tilgjengeligheten er foreløpig begrenset. Insekter er allerede en etablert kilde til fôringredienser, men næringsprofilen til insektbasert fôr, særlig når insektene fôres på ulike substrater, er utilstrekkelig dokumentert. Det er derfor viktig å øke kunnskapen om bruk av alternative fôrsubstrater og hvordan disse påvirker næringsverdien i insektene.

Formålet med denne studien har vært å karakterisere disse nye fôringrediensene og deres egnethet i fôr, med sikte på å identifisere muligheter og begrensninger knyttet til industriell oppskalering og utvikling av nye verdikjeder for fôrressurser.

Figur 4

Fiberrik fraksjon (venstre) og proteinrik jus (høyre) etter fraksjonering ved bruk av en laboratorieskala tvillingskruepresse (Angel Juicer 8500S).



Foto: Rasa Slizyte, SINTEF Ocean.

Gressfraksjonering

I Norge er det forholdsvis lite areal som er egnet for jordbruk, og av dette er mesteparten kun egnet til å dyrke gress. Gress kan potensielt erstatte andre proteinkilder i oppdrettsfôr ved å lage et gressproteinkonsentrat gjennom fraksjonering av gresset, det vil si å dele gresset i enkelte bestanddeler. Dette vil imidlertid kreve forskningsinnsats for å finne gode prosesseringsmetoder. I SusFeed har det blitt forsket på metoder for både fraksjonering av gress og ekstraksjon av proteiner, og dette har blitt gjort med mange forskjellige typer gress, samt gress høstet i ulike deler av sesongen. I tillegg har næringsverdien i gresset blitt undersøkt ved å analysere proteininnholdet og hvilke aminosyrer det består av. Både artssammensetningen i gressblandingen, hvor gresset har blitt dyrket, når på året det høstes, og ikke minst gjødningsstiltørselelen viser seg å ha betydning for både protein- og askeinnhold^{vi}, men også for kvaliteten på proteinene. For å ekstrahere proteiner fra gress må pressvannet varmes opp, og temperaturen har alt å si for utbyttet av proteiner. Faktisk inneholder gress både «hvite» og «grønne» proteiner, og disse kan man kontrollere ved hjelp av gradvis oppvarming av pressvannet, hvilket betyr at en kan påvirke nyttbart protein. De hvite proteinene utgjør kun noen få prosent av det samlede proteininnholdet, men de har til gjengjeld den høyeste ernæringsmessige kvaliteten og kan i de fleste tilfeller uten videre erstatte soya til enmagede dyr som fisk og kylling. Hovedparten av

proteinet i pressaften består imidlertid av "grønt protein", men denne fraksjonen inneholder også fett, fiber og fargestoffer (karotenoider, klorofyll m.m.). Fordøyeligheten er normalt høy, men spesielt i fiskefôr vil innholdet av fargestoffer gi utfordringer. Pressresten, som fortrinnsvis består av fiber, inneholder også en del fiberbundet protein. Denne fraksjonen egner seg som fôr til drøvtyggere eller som fiberprotein til insekter.

Forsøk med gressfiber som fôrsubstrat for larver av svart soldatflue (BSFL) viste at dette kan være egnet, forutsatt at det blandes med en annen organisk sidestrøm. I prosjektet ble soldatfluelarver fôret med fire forskjellige dietter der gressfiber utgjorde fra 0 til 60 prosent av fôret. Gruppen som fikk 15 prosent gressfiber i maten hadde best vekst og lavest fôrkonverteringsrate (FCR), som betyr at det er bedre å ha litt gressfiber i kosten, men at det også kan slå dårlig ut om det blir for mye. Melormer ble også matet med gressfiber. I disse forsøkene ble det tilsatt svært lave mengder gressfiber i fôret (5 og 10 prosent), men melormene så ut til å spise opp alt, uavhengig av hvor mye som var tilsatt. Melormene viste likevel tegn til å være kresne, da det ble observert en tendens til at de spiste opp grønne gressfibre, mens de lot brune fibre ligge igjen. Overordnet bør gressfiber finmales og blandes med annet fôr for å bli mer attraktiv og holde på fuktigheten.

vi Aske er det som blir igjen ved fullstendig forbrenning av organiske stoffer. Innholdet avhenger av utgangsmaterialet (snl.no).

Figur 5

Illustrasjon av prosessen for produksjon av trebasert insektfôr:

A: Finmalt sagflis fra gran blir tilsatt sopp og oppbevares i et klimarom,
 B: Aktiv soppvekst, her eksemplifisert med rosenkjuke,
 C: Nærbilde av soppnedbrutt trevirke ved høstetidspunkt,
 D: Melorm som spiser soppnedbrutt tremateriale.

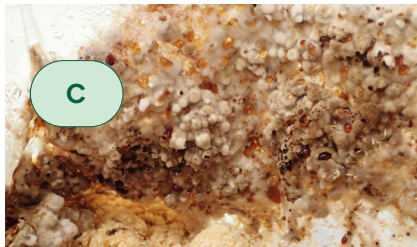


Foto: 5a-c: Sigrun Kolstad, NIBIO; 5d: Jakob B. Irgens, Invertapro.

Soppnedbrutt treflis

Biprodukter fra sagbruk har mange bruksområder i dag, hovedsakelig til energi, men andre eksempler er flis som strø i fjøs eller bark i hager og som jordforbedring. SusFeed har imidlertid vist at de også kan ha potensial som en ressurs i førkjeden.¹⁴ Selv om ubehandlet trevirke har lav fordøyelighet og lav næringsverdi for de fleste organismer, kan soppbasert depolymerisering^{vii} gjøre trevirket lettere fordøyelig og dermed øke verdien som insektfôr. I tillegg vil sopphyfer som vokser i treet tilføre ekstra næringsstoffer.

I prosjektet har man brukt større trepartikler, treflis og finmalt sagflis fra bjørk, gran og furu som utgangspunkt. Disse substratene har så blitt tilført to forskjellige typer råtesopp, brun- og hvitråtesopp, som har litt forskjellige egenskaper med hensyn til hvilke polymerer de er i stand til å bryte ned. Samtlige sopper som inngikk i forsøket, er hentet fra NIBIOs soppsamling og isolert fra naturlige forekomster i norsk skog. Ingen fremmede eller innførte arter ble brukt. Råtesoppene har fått bryne seg på trematerialet over varierende tidsperioder. Materialet ble deretter testet i fødingsforsøk med melorm (*Tenebrio molitor*), hussiriss (*Acheta domesticus*) og larver av svart soldatflue (*Hermetia illucens*). Materialet ble også testet i kombinasjon med gressfiber som fôr til melorm og hussiriss.

Melormer trenger små partikler i maten sin, så forsøkene der de ble matet med større

trepartikler var ikke særlig vellykkede. Trepartiklene ble som oftest liggende igjen etter en produksjonssyklus, mens råtesoppen var spist opp. Men det var også enkelte kombinasjoner av råtesopp og treslag som fungerte bedre enn andre. Kombinasjonen av brunråtesoppen rosenkjuke (*Fomitopsis rosea*) og finmalt sagflis fra gran, tilsatt i omtrent 25 prosent inklusjon, medførte at melormene spiste opp nesten alt trematerialet. Kombinasjonen av rosenkjuke og finmalt sagflis fra gran var også det beste substratet for soldatfluelarver. Faktisk viste forsøkene at man ved 20 prosent inklusjonsgrad av denne kombinasjonen i fôret oppnådde bedre vekst hos larvene, med høyere utbytte og lavere fôrkonverteringsrate. Selv om denne kombinasjonen virker lovende for soldatfluelarver og melormer, så var situasjonen en annen for hussirisser. Verken nymfene eller de voksne var interessert i å spise treflis, uansett hvor mye flisa var nedbrutt av råtesopp, og i de tilfellene de spiste fôret var det fortsatt ikke noe tegn til at de vokste, og hvis man blandet treflisen med andre matkilder så unngikk sirissene aktivt å spise treflis. For å kunne inkludere depolymeriserte trepartikler i insektfôr bør trematerialet være finmalt, godt depolymerisert av sopp og blandet inn i et fôr som holder på fuktigheten.

Mikroalger

Næringsrike sidestrømmer fra insektproduksjon og gressprosessering kan også brukes som vekstmedium for dyrking av mikroalger. I SusFeed har vi gjort forsøk med både ferskvanns- og marine arter av mikroalger og vist

vii Depolymerisering er en kjemisk prosess der lange kjeder av molekyler brytes ned til sine opprinnelige, mindre bygggesteiner eller kortere kjeder (wikipedia).

Analysen fremhevet også potensialet for å redusere avhengigheten av kritiske mineraler som fosfor.

at næringsstoffene i insektfrass^{viii} fungerer bedre som vekstmedium enn gressprosesseringsvann. Resultatene viste at vekst og næringsverdi var nokså like det man får når man dyrker mikroalger i vanlige vekstmedium, forutsatt at det ble tilsatt ekstra jern, som frass-ekstraktet hadde for lite av. Klimagassutslipp fra mikroalgedyrking i insektfrass ble sammenlignet med dyrking med standard vekstmedium ved bruk av en livsløpsanalyse (LCA). Resultatene viste marginalt høyere utslipp ved dyrking i insektfrass, noe som tyder på at økt sirkulering av næringsstoffer kan oppnås uten betydelige miljøkostnader. Analysen fremhevet også potensialet for å redusere avhengigheten av kritiske mineraler som fosfor. Storskala dyrking i insektfrass kan likevel by på utfordringer, blant annet på grunn av sterk bakterievekst drevet av at det inneholder mye organisk karbon. Dette stiller dermed høye krav til hygienisering, teknologi og driftsprosedyrer for å ha kontroll over produksjonen.

Fôring av laks og kylling med insekter.

I prosjektet ble det laget kyllingfôr med proteiner av sorte soldatfluelarver. Dette fôret ble deretter brukt i en normal produksjonslinje for kylling, hvor resultatene ble sammenlignet med et standard kyllingfôr. Det ble ikke observert noen forskjeller i slaktevekt mellom kyllingene som spiste insektfôr og kontrollgruppen, mens det var litt lavere dødelighet blant kyllingene som spiste insektfôr den første uken og for produksjonen under ett. Forskjellene vurderes samlet

sett ikke som store, da verdiene var lave i begge ledd, men dette viser at det er potensial for å benytte insektprotein til produksjon av kylling, noe som bør vies videre uttesting.

Det ble også laget laksefôr av gress- og insektproteiner. Fôret ble brukt i et forsøk med atlantisk laks som varte i tre uker, der fordøyeligheten til laksefôr med gressprotein og insektprotein ble sammenliknet med standard laksefôr som inneholder fiskemel. Alle fiskene vokste som forventet, og det var kun én av 1530 fisk som døde. Fordøyeligheten til gressprotein, målt som summen av aminosyres ADC (Apparent Digestibility Coefficient), var på 81 prosent, noe som er relativt sett bra og ikke veldig mye lavere enn for fiskemel, som var omtrent 84-85 prosent ADC for protein og summen av aminosyrer. ADC for protein var imidlertid lavere med 76 prosent, noe som er knyttet til tilstedeværelsen av ikke-protein-nitrogen, og derfor er summen av aminosyrer et mer realistisk mål for fordøyelig protein. Insektprotein hadde en mye lavere fordøyelighet enn gressprotein, på omtrent 61 prosent for summen av aminosyrene, men med større variasjon mellom replikantene. Den lave fordøyeligheten kan ha flere årsaker, som for eksempel suboptimal tørking av insektsmelet, tilstedeværelse av ikke-proteinrikt nitrogen som kitin og/eller at insektene har blitt fôret med substrat som har påvirket proteinkvaliteten negativt.

^{viii} Insektfrass er ekskrementer, fôrrester og biologiske restprodukter fra oppdrett av insekter.

4.

Oppskalering – behov og flaskehalser

Det er veldokumentert at det finnes flere gode kandidater til nye fôrråvarer produsert i Norge og Europa, og det finnes mange forskningsresultater på ulike fôringredienser som viser deres egnethet. Det er også god dokumentasjon på at fôringredienser bidrar med den største andelen av klimafotavtrykket til laks. Ingredienser i kraftfôr utgjør også en betydelig del av klimafotavtrykket til husdyr.

Likevel, hvis en ser på endringen i råvareporteføljen i fôrreseptene de siste årene, er det ingen større endringer som er gjort. NOFIMAs rapport fra 2022 viser sammensetningen av fôret til laks og ørret.¹⁵

I prosjektet SusFeed har deltakere som mindre oppstartsbedrifter (som bl.a. Invertapro, Folven-Gaard, Pronofa og tidligere Montasjen), fôrselskaper (Biomar, Felleskjøpet Agri og Felleskjøpet fôrutvikling), forskningsmiljøer (Ruralis, SINTEF, NIBIO, Aarhus Universitet) og foredlingsbedrifter (Norsk Kylling) i fellesskap forsøkt å komme over flaskehalsene knyttet til flere råvarer som er jobbet med i casestudier, nemlig mikroalger, gress, insekt samt trevirke som substrat til sistnevnte. Det er gjennomført flere forsøk av industrideltakerne selv for å teste egnetheten til råvarene, med positive resultater. Kyllinger hos Norsk Kylling ble fôret med insektmel (storskala) og laks hos BioMar ble fôret med både gressprotein og insektmel (liten skala). Analysene som er gjennomført i prosjektet indikerer at det finnes et fremtidig potensial for økt produksjon av nye fôrråvarer i Norge. Insekter, gressprotein og mikroalger fremstår som noen av flere mulige fôrkilder som kan inngå i dyrefôret, men et sentralt spørsmål er i hvilken grad disse kan erstatte eksisterende proteinrike fôrråvarer, eller om de i større grad vil fungere som et supplement til etablerte råvarer som soya og fiskemel i det norske markedet.

Årsakene til at innovasjonene ikke realiseres, til tross for mye godt grunnarbeid, er sammensatte. De overordnede årsakene er at det er svært krevende å produsere nye råvarer kostnadseffektivt nok til å konkurrere med de store globale råvarene som soya og fiskemel. Per i dag finnes det ingen insentiver eller regulering i Norge som fremmer endring. Oppdrettsnæringen har de siste årene også hatt andre store utfordringer med dødelighetstall og miljøbelastning som har krevd prioritet. I tillegg har generelle kostnader økt, skattleggingen har økt gjennom grunnrenteskatt (fra 2025), og mange oppdrettsaktører har uttrykt mindre interesse for å ta risiko i nye innovasjoner.

Når det gjelder husdyrnæringen i Norge, er det generelt vanskelig å få inntektene til å strekke til når kostnadene øker, enten det gjelder fôr eller andre varer og tjenester. Inntektsgrunnlaget til husdyrbøndene i Norge, og hva det skal dekke, er imidlertid et politisk spørsmål som vi kommer tilbake til, blant annet i kapittel 9.

Det er flere små og større selskaper som har forsøkt å starte produksjon av encelleprotein, insektmel, tunikater, mikroalger og andre gode råvarer til fôr. Det er svært krevende for dem å hente risikokapital som gjør dem i stand til å oppskalere produksjonen, og lave volum gjør dem ikke attraktive for fôrprodusentene som ikke har infrastruktur til å håndtere mange små råvaretyper per i dag. I tillegg er prisen på de nye råvarene ikke konkurransedyktig sammenlignet med de store kommersielle råvarene.

Når det gjelder husdyrnæringen i Norge, er det generelt vanskelig å få inntektene til å strekke til når kostnadene øker, enten det gjelder fôr eller andre varer og tjenester.

Har soya et mindre klimafotavtrykk enn tidligere antatt?

Nesten all soya som importeres til Norge i dag kommer fra sertifiserte, avskogingsfrie områder. Dette innebærer at utslipp knyttet til arealbruksendringer (Land Use Change, LUC) i liten grad inngår i klimaberegningene for soyaprotein. Når LUC holdes utenfor, er klimafotavtrykket for soyaprotein betydelig lavere enn tidligere antatt ¹⁶. Dette betyr også at potensialet for å redusere klimagassutslipp ved å erstatte soyaprotein med alternative råvarer kan være overvurdert dersom vurderingen bygger på historiske utslippsdata der LUC utslipp var inkludert.

Begrensninger knyttet til inkluderingsgrad

En annen sentral begrensning for alternative råvarer er den maksimale innblandingsprosenten i fôret. Tabell 3 viser anbefalte maksimumsverdier for innblanding av nye fôringredienser i fôret til ulike dyreslag basert på dagens løsninger for prosessering. Alle anbefalingene i tabellen nedenfor baserer seg på tørre råvarer.

Tabellen er basert på et kombinert datagrunnlag bestående av primærdata fra industrielle aktører og sekundærdata fra litteraturen.^{17 18} Primærdata er innhentet fra prosjektpartnere og relevante aktører i verdikjeden, mens litteraturdata er benyttet for å validere tallene.

Innblanding over disse nivåene kan medføre negative effekter på dyrehelse, fordøyelighet eller

produktkvalitet. Selv om enkelte alternative råvarer kan skaleres opp i norsk produksjon, er det biologiske taket for inkluderingsgraden en avgjørende faktor som begrenser hvor mye av dagens importerte proteinkilder som faktisk kan erstattes.

Tabell 3

Maksimum innblanding av nye råvarer i fôret til ulike dyreslag basert på dagens løsninger for prosessering.

Råvarer	Drøvtyggere- (melkeproduksjon)	Fjørfe	Laks	Beskrivelse
Mikroalger Chlorella/ Phaeodactylum	N.A.	10-20%	10-15%	Grønt pigment fra Chlorella kan påvirke produktkvalitet
Gressprotein, konsentrat	N.A.	10 - 15%	10%	Kan farge kjøttet (både laks og kylling). Høy PBV gjør gressprotein mindre egnet til drøvtyggere. ^{ix}
Gresspulp/ gressfiber	50%	Ikke relevant	Ikke relevant	Andre drøvtyggere enn melkekyr kan ha mye høyere innblanding
Tunikater	Ikke tillat i dag, men i teori opptil 5%	2%	10%	Mye aske og ufordøyelige fiber i kappen. Innhold av salt begrenser inngangen.
Insekter - BSF	Ikke tillat i dag, men i teori opptil 20%	10%	10%	Kitin som begrensende faktor
Blåskjell / bløtdel	Ikke tillat i dag, men i teori opptil 10%	20%	N.A	Innhold av salt og tungmetaller kan begrense inngangen.

^{ix} Proteinbalansen i vomma.

I tillegg til de ernæringsmessige begrensningene finnes det en rekke andre faktorer som kan påvirke hvor mye av de nye fôrråvarene som kan inngå i en fôrblanding. Disse faktorene omfatter blant annet råvarenes proteininnhold, vanninnhold, teknisk håndterbarhet, dosering, pellets-kvalitet og hvordan ulike råvarer fungerer i kombinasjon med hverandre. Det er viktig å understreke at selv om hver enkelt råvare kan ha et teoretisk maksimumsnivå, betyr ikke dette at alle ingrediensene kan brukes samtidig på sine respektive maksimumsnivåer.

På bakgrunn av dette vurderes det som lite sannsynlig at alternative norske råvarer alene vil kunne erstatte soyamel på kort eller mellomlang sikt. Tradisjonelle proteinkilder som soyaprotein og fiskemel vil derfor fortsatt være nødvendige for å sikre tilstrekkelig ernæringsmessig dekning i fôrblandinger, selv om nye råvarer kan bidra til økt mangfold og redusert sårbarhet i fôrforsyningen.

5.

Forretningsutvikling av nye verdikjeder

En forutsetning for å øke norskandelen av fôrråvarer i tråd med målene i Samfunnsoppdrag bærekraftig fôr, er at det er mulig for tilbydere å bygge opp en lønnsom produksjon av fôringredienser produsert på norske ressurser. Både teknologisk utvikling, naturgitte forutsetninger, egenskaper ved eksisterende fôrproduksjon og -markeder, organisering og samarbeid mellom aktører i fôrsystemet, og politiske valg er med på å forme disse mulighetene.

Formål, data og analytisk tilnærming

I en del av SusFeed har vi hatt som mål å *beskrive og drøfte mulige idealtypiske forretningsmodeller (organisering av verdikjeder) for et knippe nye fôringredienser og disse forretningsmodellenes forutsetninger, hindringer og fremmere i møte med dagens fôrsystem*.¹⁹ Denne tilnærmingen lar oss blant annet kaste lys over hvilke hindringer produsenter av nye fôringredienser møter, hvilke forretningsmodeller de ser for seg å bruke, og hvilke tilpasninger og endringer som må til både hos tilbydere og potensielle kjøpere av nye fôringredienser, for at nye fôringredienser skal få en plass i fôrsystemet.

Det er møtet og interaksjonen mellom innovative aktører med nye ingredienser og det eksisterende «regimet» rundt dagens fôrproduksjon som har vært i fokus, og analysen er gjort i lys av teori om bærekraftstransisjoner i sosio-tekniske systemer med flere nivåer.²⁰ Datamaterialet er i hovedsak generert gjennom intervjuer med nøkkelinformanter hos produsenter av nye ingredienser som gressprotein-konsentrat, insektmel og mikroalger, og med nøkkelinformanter hos to store kraftfôrprodusenter til henholdsvis hav- og landbrukssektoren. Næringslivspartnere i SusFeed er brukt som nøkkelinformanter og supplert med andre informanter der dette har vært nødvendig. I alt 15 intervjuer er gjennomført i perioden 2022-2024.

Funn og resultater

Selv om enkelte bedrifter nå er i ferd med å etablere mikroalgeproduksjon i større skala, tyder funnene våre på at produsenter av nye fôringredienser fortsatt har en lang vei å gå før de har kommet opp på nivået de selv har (eller hadde) ambisjoner om. Behovet for forsknings- og utviklingsarbeid er fortsatt stort, og man har i liten grad bygd opp den produksjonskapasiteten som skal til for å bli en stabil leverandør av proteinvarer som ingredienser inn i eksisterende fôrverdikjeder. Nisjeprodusentene er langt fra kravene som nøkkelinformanter i kraftfôrindustrien stiller til pris, volum, lagerstabil tørr råvare, leveringssikkerhet og dokumenterte egenskaper. Disse kravene, med priskravet som det dominerende, gjør at norske produsenter av nye fôringredienser satser på å utvikle andre fôrprodukter med spesielle egenskaper til fôrindustrien, å benytte fôringrediensene i egen fôrproduksjon eller å utsette investeringer til rammebetingelsene i påvente av bedre rammebetingelser.

Tabell 4

Sentrale trekk i forretningsmodeller for produksjon av insekter, mikroalger og gressprotein som fôringrediens, inkludert utfordringer ved oppskalering og markedstilgang.

	Insekter	Fototrofe mikroalger	Gressprotein
Forretningsidé	Produksjon av 1) insektmel som proteinrik fôringrediens til fisk og en-maga husdyr, og 2) gjødsel (frass) for salg.	Dyrking av alger basert på fotosyntese i vanntanker med kunstig belysning, som ingrediens til fiske- og husdyrfôr.	Bioraffinering av ferskt gress til 1) protein-konsentrat til en-maga dyr og fisk, 2) fiber-fraksjon til kyr, 3) press-myse til gjødsel m.m
Sentrale bærekraft-dimensjoner i verdiløftene	Sirkulere organisk avfall til fôr. Bedre dyrevelferd/fiskehelse. Bruke ressurser andre dyr ikke kan spise. Arealeffektiv fôrproduksjon (fabrikk).	Resirkulere CO2 og energi fra tungindustri gjennom fotosyntese i mikroalger. Naturlig pigmentering og bekjemping av lus på laks. Lokal selvforsyning og ressursutnyttelse.	Mer effektiv utnyttelse av gress/gressareal. Dempere miljøutfordringer i landbruket. Synergier ved lokal proteinkilde og fôr til drøvtyggere.
Nøkkelressurser	Organisk substrat som er tillatt og egnet for bruk. Energi/strøm, teknologi.	Energi/strøm, teknologi, CO2, næringsstoffer.	Jordbruksareal. Energi/strøm, teknologi.
Utfordringer og hindringer	Regelverk rundt bruk av ulike typer substrat. Lovverket er lite tilpasset insekters spesielle egenskaper. Liten betalingsvilje for økt bærekraft/sirkularitet i vekstfôr. Forventer økende pris på substrat. Usikkerhet om forbrukerholdninger. Vanskelig å skaffe investorer.	Energikrevende produksjon (lys/tørking). For «nytt» til å tiltrekke seg lokale investorer. Å etablere gode dokumentasjonssystemer for bærekraft tilført fôret. Markedet (fôrindustrien) er svært prissensitivt.	Arealkrevende og utfordrer norsk land-brukspolitikk. Sesong-variasjon i tilgang til gress. Investerings- og energikrevende. Skalering trenger mye koordinering mellom mange jordeiere rundt fabrikkene.

Tabell 4 gir en oversikt over forretningsidé, sentrale bærekraftdimensjoner i verdiløftene, nøkkelressurser og de viktigste utfordringene som trekkes fram av nøkkelinformanter med ulike typer nye fôringredienser. Tabellen viser hvordan prinsipper relatert til sirkulær bioøkonomi og bidrag til mer effektiv bruk av norske bioressurser er svært sentrale for disse bedriftene. De møter barrierer i form av tilgang til innsatsfaktorer, dokumentasjon av bærekraft og ikke minst det de

opplever som en høy terskel for å få adgang inn i eksisterende veletablerte, lineære og delvis globale verdikjeder for fôringredienser. Markedene for spesielt vekstfôr og fôringredienser er prissensitive. Nisjeaktørene tvinges derfor til å rette seg inn mot markedssegmenter med lavere krav til volum og høyere betalingsvilje. Her kan de gi viktige bidrag til blant annet bedre dyrehelse, men samtidig bidrar de i mindre grad til målet om å øke andelen norske fôringredienser betydelig.

Politisk evne og vilje til styring og et regelverk tilpasset sirkulære prinsipper, mer effektiv bruk av bioressurser og verdsetting av miljøgoder åpner vegen for forretningsmodellene vi har beskrevet.

For produsenter av insekter oppleves strengt regelverk og mangel på tilgang til volumer av rimelig substrat som følge av dette som den største utfordringen. For produksjon av fototrofe mikroalger er utfordringene per i dag svært høye energi- og produksjonskostnader samt svakt dokumenterte dyrevelferdseffekter. Mulighetene er store for mikroalger med ulike egenskaper, også gjennom å være et naturlig stoff som farger laksekjøttet rødt, men det er fortsatt stort behov for mer uttesting og forskning.

Av de tre er det trolig raffinering av gress til gressproteinkonsentrat som er lengst fra å få en rolle i det norske fôr- og matsystemet. Denne arealkrevende og sesongbaserte produksjonen har store utfordringer knyttet til samla virkninger på fôr- og matproduksjon, betydelige energi- og produksjonskostnader, og er foreløpig avhengig av dokumentasjon og verdsetting av både produktegenskaper og eksterne positive virkninger som mindre avrenning og bedre jordhelse. Forsøkene i Norge går imidlertid framover og kan muliggjøre denne typen produksjon på lengre sikt.

Hva driver og muliggjør endring i fôrsystemet?

For at henholdsvis insekter, mikroalger og gressprotein skal gi vesentlige bidrag til økning av norskandelen i fôret til fisk og husdyr, må det skje endringer i fôrsystemet som gjør det mulig med lønnsom produksjon av disse ingrediensene i stor skala. Basert på analysen vår har vi identifisert et knippe sannsynlige drivere av slike endringer, og terskler eller «knekkpunkter» for endring. I tabell 5 har vi sortert disse etter to faktorer som SusFed-partnerne i fellesskap har definert som svært viktige, men samtidig preget av stor usikkerhet når det gjelder å stake ut vegen videre for norsk fôrproduksjon, jf. kapittel 10.²¹

Politisk evne og vilje til styring og et regelverk tilpasset sirkulære prinsipper, mer effektiv bruk av bioressurser og verdsetting av miljøgoder åpner vegen for forretningsmodellene vi har beskrevet. Etablering av et hierarki for bruk av bioressurser som stiller krav om at verdifulle næringsstoffer tas ut for biogassproduksjon er en mulig terskel i så måte. Det samme er kunnskapsbasert oppdatering av regelverk som hindrer sirkulære løsninger, for eksempel når det gjelder trygg bruk av slam. Videre vil både utvikling og tilpassing av ny teknologi til norske forhold og skala kunne utgjøre terskler, sannsynligvis i et samspill mellom politisk styring og utviklingsarbeid hos markedssaktører i fôrsystemet.

Tabell 5

Sammenstilling av identifiserte drivere og terskler for endring i førsystemet, relatert til henholdsvis politisk evne og vilje til styring og til førsystemets resiliens.

	Drivere for endring av førsystemet	Terskler for endring av førsystemet
Politisk evne og vilje til styring	• Politikk for sirkulære prinsipper og mer effektiv bruk av bioressurser • Politikk basert på verdsetting av kollektive miljøgoder fra førproduksjon • Sørge for kapasitet og vilje til aktiv utvikling av regelverk der dette trengs	• Etablert hierarki for effektiv/ønsket bruk av bioressurser • Forskningsbasert revidering av regelverk • Teknologi utviklet, tilpasset og validert for norske forhold
Førsystemets resiliens	• Omforent forståelse av utfordringer, mål og vegen dit mellom markedsaktørene • Etablerte markedsaktører har vilje og kapital til diversifisering og utvikling • God kontakt og samhandling mellom et mangfold av nisjeaktører og etablert førindustri	• Dokumenterte gunstige sideeffekter av nye føringredienser øker betalingsviljen • Kriser gir førindustrien behov for å tilpasse produksjonen til nye ingredienser • Det vokser fram nisjeaktører med ambisjoner og evne til å etablere storskala produksjon av ingredienser

Førsystemets resiliens handler om evne til å tilpasse seg kriser og opprettholde produksjonen, også gjennom kursendring. I datamaterialet har vi sett at det ikke nødvendigvis er enighet om alle utfordringer, mål og veger fram til økt bærekraft i førsystemet. Et eksempel på dette er når (bærekrafts)verdien av sirkulære og ressurseffektive lokale løsninger vurderes ulikt av nisjeaktører og førindustrien. Endring betinger både en endrings- og utviklingsorientering i etablert industri og en god dynamikk mellom denne og et mangfold av innovative nisjeaktører. Flere forhold kan fungere som «terskler» i så måte: Sideeffekter som øker betalingsvilje for nye føringredienser, forsyningskriser som tvinger fram nye løsninger, og framvekst av nisjeaktører med stor evne til oppskalering.

Førsystemets resiliens handler om evne til å tilpasse seg kriser og opprettholde produksjonen

6.

Miljømessig bærekraft og resiliens

Målet med denne del-studien i SusFeed er å estimere det samlede miljøfotavtrykket fra all fôrforbruk i Norge, inkludert både importert og innenlands produsert fôr, og sammenligne det på tvers av akvakultur og landbruk. I tillegg er resiliensen, motstandsdyktigheten, til nye fôrverdikjeder evaluert.

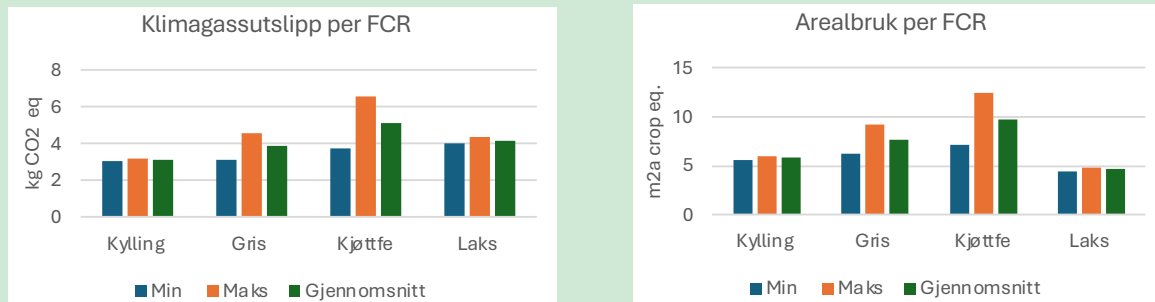
Miljømessig bærekraft

De relative miljøpåvirkningene fra fiskefôr sammenlignet med husdyrfôr gir et kunnskapsgrunnlag for sentrale 'hotspots' og identifiserer hvor den største negative påvirkningen skjer, enten innenlands eller i utlandet. Analysen peker også på hvilke råvaregrupper som har størst miljøpåvirkning, på tvers av akvakultur og landbruk. For denne analysen er 2019 brukt som referanseår for mengde fôrråvarer og importerte andeler. Dette året ble valgt for å unngå 2020 som følge av korona. Likevel er ikke dette valget uten utfordringer. Grunnet ekstraordinær tørke i 2018, var norskandelen av fôrråvarer til husdyr lavere i 2019 enn tidligere år (48,4% i 2019 mot 56,3% i 2018 og 60,0% i 2017).²²

Metodene livsløpsanalyser og kryssløpsanalyser er benyttet for å kvantifisere bærekraft ved bruk av indikatorer, som blant annet klimagassutslipp, arealfotavtrykk, energibruk og sysselsetting.

Figur 6

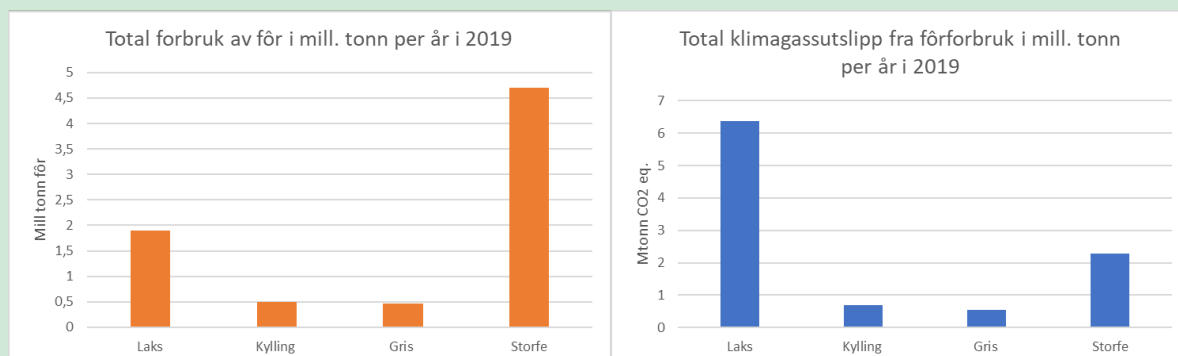
Sammenligning av arealbruk og klimagassutslipp knyttet til fôrforbruk (fôringutnyttelse/FCR) for ulike dyreslag



Figur 6 viser arealbruk og klimagassutslipp per fôrfaktor (Feed Conversion Ratio) for ulike dyreslag, med minimum, maksimum og gjennomsnittlige verdier, altså per mengde fôr som trengs for å produsere en kg kjøtt. Kjøttfe har gjennomgående høyest arealbruk og klimagassutslipp per FCR, mens laks og kylling ligger lavere. Her er arealbruk knyttet til både norske og importerte fôrråvarer med.

Figur 7

Totalt fôrforbruk og tilhørende klimagassutslipp beregnet ut fra samlet forbruk av fôr i 2019



Figur 7 viser totalt årlig fôrforbruk for ulike dyreslag i Norge inkludert kraftfôr og grovfôr. Laks har det høyeste forbruket av kraftfôr, mens storfe har det høyeste totale fôrforbruket når både grovfôr og kraftfôr regnes med. Kylling og gris har et betydelig lavere samlet fôrforbruk i Norge. Dette gjenspeiler både forskjeller i produksjonsvolum og fôrutnyttelse mellom dyreslagene. Tallene for årlig fôrforbruk er basert på et grovt estimat.

Hovedfunn

De samlede klimagassutslippene knyttet til norsk fôrforbruk er anslått til om lag 9,9 millioner tonn CO₂ ekvivalenter per år, der fôr til akvakultur står for hoveddelen av utslippene.

- Klimagassutslipp per enhet fôr til fisk, gris, kylling og storfe har blitt estimert og viser at laksefôret har høyest utslipp og kjøttfe har lavest utslipp per enhet fôr. Men når klimagassutslipp er beregnet per fôrfaktor, har fôr til storfe størst utslipp og kyllingfôr lavest utslipp.
- Arealforbruk knyttet til fôrproduksjon til storfe er høyest som følge av lav fôrutnyttelse og stor avhengighet av både dyrket mark og beitearealer. Laksefôret fremstår som mest areal-effektivt.
- Ved bruk av kryssløpsanalyse (multiregional input–output analyse) er samlet sysselsetting som er indirekte knyttet til Norges importerte fôrleverandørkjeder anslått til rundt 160 000 arbeidsplasser, hovedsakelig lokalisert i India, Brasil og Russland. Dette gjenspeiler arbeidsintensive landbrukssektorer i fôreksporterende land.

Resiliensanalyse av nye fôrråvarer

Et semikvantitativt rammeverk er utviklet for å vurdere hvor motstandsdyktige nye fôrverdikjeder er i konteksten av det norske fôrsystemet. Resiliens i sammenhengen av fôrverdikjeder er evnen til å motstå, håndtere og tilpasse seg forstyrrelser som bl.a. geopolitikk, klimaendringer, sykdomsutbrudd og prisvolatilitet uten varig tap av funksjon.

Rammeverket inkluderer et bredt sett av risikofaktorer og flaskehalser knyttet til miljømessige forhold, forsyningssikkerhet, sosiale og regulatoriske aspekter samt økonomi og marked. For hver av disse risikofaktorene er både sannsynlighet, mulige konsekvenser og tid det tar å gjenopprette eller forbedre operasjonene kvantifisert for å gi et helhetlig bilde av verdikjedenes sårbarhet.

Rammeverket ble testet på verdikjeden for insektprotein, basert på intervjuer med norske insektprodusenter kombinert med en litteraturstudie. Gjennom denne prosessen ble de mest kritiske risikofaktorene identifisert, og mulige konsekvenser av dem ble analysert. Studien avdekket de viktigste barrierene og flaskehalsene som kan påvirke utviklingen av nye verdikjeder.

Resultatene gir et systematisk grunnlag for å vurdere hvor motstandsdyktige nye fôrverdikjeder er, både på kort og lang sikt, og understøtter videre arbeid med risikohåndtering og beredskap i disse verdikjedene.

Tabell 6 Semikvantitativt rammeverk for resiliens av insektmel, inkludert en liste over risikofaktorer kategorisert i tre hoveddimensjoner og en skala for vurdering av både sannsynlighet og konsekvenser av ulike hendelser og risikoer.

	Risikofaktor eller flaskehals	Beskrivelsen	Hvem vil bli påvirket? Hviken aktør? Antall FVC-aktører som blir påvirket	Sannsynlighet for at risikohendelsen inntreffer (skala 1–3)	I hvilken grad blir de påvirket? Skala fra 1 til 5, der 1 er lavest påvirkning	Total risiko score	Risiko (Lav/ middels/ høy)	Forventet respons-/ gjenopprettingstid eller forbedringstid fra skala 1 til 5 (1 - mindre enn 1 år, 2- mellom 1-2 år, 3- mellom 3 til 5 år, 4- opptil 5 år, 5- opptil 10 år	Scoring, Totalrisikoscore x Gjenopprettingstid	Total resiliens
Ytre miljø og forsyning	Miljøforstyrrelser eller klimarisiko	Klimaendringer og ekstreme værforhold	Produsent	1		3	3	2	6	Høy resiliens
	Mangel på ressuser (land, vann, energi)	Konkurranse om land, energi og vann. Begrenset tilgang på landareal i Norge	Produsent	3		5	15	2	30	Middels resiliens
	Kontaminering	Kontaminering av produksjonsanlegg, batch, råmateriale eller ferdig produkt	Produsent	1		3	3	1	3	Høy resiliens
	Sykdommer	Utbrudd av sykdommer som fører til destruksjon av hele batchen eller overføring av sykdom til andre dyr	Produsent og forbruker	1		4	4	1	4	Høy resiliens
	Matsikkerhet	Råmaterialer og ferdige produkter kan være uegnet eller ha negativ påvirkning på dyrehelse	Produsent	1		4	4	1	4	Høy resiliens
Sosial og regulatorisk	Sertifiseringer og standarder	Intføring av nye standarder og sertifiseringer som innebærer risiko for produsenten	Produsent og forbruker	1		2	2	3	6	Høy resiliens
	Tilgang på arbeidskraft	Tilgang på kompetent arbeidskraft i Norge, og risiko knyttet til utenlandske arbeidere	Produsent	3		4	12	2	24	Høy resiliens
	Forbrukeropplæring	Forbrukernes aksept av nye produkter eller produkter basert på sidestrømmer	Produsent	2		5	10	4	40	Middels resiliens
Økonomi og marked	Lønnsomhet	Høye produksjonskostnader, lav lønnsomhet eller høy prisvolatilitet	Forbruker og produsent	2		4	8	4	32	Middels resiliens
	Regulatoriske endringer og justeringer	Endringer i tillatte grenseverdier for kontaminanter, godkjente råmaterialer eller bruk av sidestrømmer	Produsent og forbruker	3		4	12	5	60	Lav resiliens
	Konkurrerende produkter i markedet	Intføring av nye produkter med lavere pris eller bedre sammensetning	Produsent	2		4	8	4	32	Middels resiliens
	Teknologisk modenhet	Teknologiens modenhet og tiden før implementering	Produsent, andre sektorer	2		3	6	4	24	Høy resiliens
	Konflikt med andre verdikjeder	Konkurranse med mat, energi, landbruk osv.	Produsent	3		5	15	4	60	Lav resiliens
	Investeringer	Manglende vilje til å investere i ny industri og utfordringer med å sikre kapital	Produsent	3		5	15	4	60	Lav resiliens

Noen hovedkonklusjoner fra insektprotein-caset er:

- Hendelser som kontaminering, sykdomsutbrudd og potensielle krav til sertifiseringer har lav sannsynlighet, kort gjenopprettingstid og gir høy resiliens.
- De største risikoene ligger innen økonomi og reguleringer, spesielt endringer i regelverk, investeringsvilje og konkurranse fra andre verdikjeder. Disse kombinerer høy risiko + lang gjenopprettingstid gir lav resiliens.
- Begrenset tilgang til ressurser er av stor betydning, særlig mangel på substrater har høy risiko à middels resiliens for fremtidig produksjonskapasitet.
- Prismessig utkonkurrering av eksisterende produkter som fiskemel og soyaprotein kan ta lang tid, men kan bli til et nisje-fôr og dermed gi middels resiliens.
- Forbrukeroppfatning og tilgang på kompetent arbeidskraft peker seg ut som områder som kan gi utfordringer fremover.

7.

Sosial bærekraft

Et delmål i SusFeed var å undersøke den sosiale delen av bærekraft i nye og etablerte verdikjeder for fôr. I dette sammendraget oppsummeres følgende:

- Studier for å identifiseres hvilke kategorier og indikatorer som brukes for å vurdere sosiale bærekraft i dagens - og mulige nye mat- og fôrverdikjeder
- Spørreundersøkelser for å avdekke holdninger til nye fôrklider blant bønder og oppdrettere

Sosial bærekraft handler ifølge Brundtlandkomisjonen om tilfredsstillende av grunnleggende menneskelige behov og rettigheter, samt frihet til å tilfredsstille ens ambisjoner om et bedre liv²³. Dette gjelder så lenge oppfyllelsen av menneskers behov i dag ikke hindrer andres behov i nåtid eller i fremtidige generasjoner i å oppnå det samme. Når det gjelder sosial bærekraft, har denne delen av bærekraftbegrepet fått minst oppmerksomhet og er minst utviklet ifølge forskningslitteraturen.

Ved gjennomgang av forskningslitteratur innen jordbruk, oppdrett og biobaserte verdikjeder, bærekraftsrapporter for aktører i verdikjeden for fôr til husdyr og laks, og gruppeintervju med brukere i forskningsprosjektet SusFeed, ble følgende kategorier for sosial bærekraft funnet:

- Levekår og livskvalitet
- Sosial likhet og likeverd, rettferdighet og mangfold
- Helse, miljø og sikkerhet
- Arbeidstakers rettigheter
- Lokalsamfunnet
- Påvirkning ut over lokalsamfunnet
- Primærprodusenter
- Ansvarlig leverandørstyring og sosial bærekraft i verdikjeden
- Matsikkerhet
- Mattrygghet

- Ernæringsmessig og sunn mat
- Dyrehelse og dyrevelferd
- Sosial aksept og holdninger
- Konsumenter
- Transparens

For mange av disse kategoriene fant vi en rekke underkategorier som spesifiserer ulike innholdselementer i kategoriene. For noen av underkategoriene var det utviklet indikatorer for å kunne måle bærekraft og utviklingen av denne. Eksempler på dette er kategoriene helse, miljø og sikkerhet og lokalsamfunnet, der det er utviklet en rekke indikatorer. Fôrindustrien har lenge viet oppmerksomhet til arbeidsforholdene i de bedriftene den kjøper fôr fra.

Når det gjelder sosial aksept og holdninger til nye fôrklider, ble det gjennomført spørreundersøkelser blant bønder, oppdrettere og forbrukere i prosjektet. Resultatene viser at husdyrbøndene gjennomgående var lite skeptiske til å benytte animalsk protein fra insekt, tang og tare, encellede alger/plankton, protein fra gress og protein fra sopp utviklet fra trevirke som fôringredienser. Mange bønder svarer imidlertid «vet ikke» når de blir bedt om å vurdere hvor positive eller negative de er til ulike ingredienser. Protein fra gress får lavere oppslutning blant oppdretterne enn blant husdyrbønder. Av de ulike fôringrediensene er det marint restråstoff oppdretterne er mest positive til. Både blant bønder og opp-

Både blant bønder og oppdrettere er tilliten høy til norsk fôrindustri, men noe lavere til utenlandsk fôrindustri.

drettere er tilliten høy til norsk fôrindustri, men noe lavere til utenlandsk fôrindustri.²⁴

Resultatene fra forbrukerundersøkelsen indikerer en relativt høy aksept for bruk av insektbasert dyre- og laksefôr. Likeledes er økt bruk av norske fôrråvarer i husdyr- og laksefôr noe som i stor grad verdsettes av forbrukerne, mens villigheten til å betale ekstra for dette fremstår som mer moderat.²⁵

I dag brukes mest ovenfra-og-ned-tilnærminger og kvantitative data når sosial bærekraft vurderes. Deler av forskningslitteraturen vektlegger imidlertid viktigheten av også å bruke nedenfra-og-opp-tilnærminger og kvalitative data i kombinasjon med kvantitative data for å sikre at viktige forhold knyttet til sosial bærekraft kommer opp i dagen og blir inkludert i vurderingene.

Det anbefales videre generelt å samarbeide nærmere med interessenter i prosessen med å vurdere sosial bærekraft. Samarbeid kan øke tilliten til prosessen og sannsynligheten for å akseptere ulike verdier og prioriteringer.²⁶

I arbeidet med samfunnsoppdraget for fôr er det en forutsetning at nye satsinger på fôrkilder skal være bærekraftige. Det kan likevel se ut som om vektleggingen av den sosiale delen av bærekraft kommer litt i bakgrunnen. En rekke forhold

vil være viktige å vurdere og ta hensyn til tidlig i prosessen for å sikre sosial bærekraft i nye satsinger. Eksempel kan være forhold som:

- Sosial aksept av produksjonen og råvaren
- Lokal medbestemmelse i utviklingsprosesser
- Norsk/lokalt eierskap
- Tilgang på arbeidskraft og kompetanse
- Forsyningssikkerhet og beredskapsmessige hensyn

Arbeidet som er gjennomgått viser at sosial bærekraft blir mer vektlagt i dag enn tidligere i bærekraftsvurderinger. Det er likevel behov for mer forskning for ytterligere å øke forståelsen av den sosiale dimensjonen og for å utvikle bedre rammeverk og metoder for vurderinger. SINTEF Ocean, Ruralis mfl. arbeider med dette i et oppfølgingsprosjekt som startet opp i 2024, Utvikling av samfunnsvitenskapelige metoder for å vurdere bærekraft i norske fôrsystem for husdyr og havbruk (SocialFeed).

8.

**Interesser –
sammenfall og
motsetninger**

Gitt at man løser utfordringene knyttet til oppskalering av ny norsk fôringrediensproduksjon, samtidig som natur- og bioressurser fortsatt er knappe goder: Hvordan vil interessekonflikter knyttet til de nye verdikjedene kunne se ut? Hvilke aktører og sektorer vil berøres, hvilke mekanismer vil komme i sving for å skape synergier eller motsetninger, og hvilke arenaer kan dette tenkes å utspille seg på? Formål, data og analytisk tilnærming

Vi har gjort en analyse av *mulige interessekonflikter, særlig knyttet til jordbruksarealer og energi i form av elektrisk kraft, i forbindelse med nye verdikjeder for norske fôringredienser*.²⁷ Analysen er basert på en empirisk undersøkelse av verdikjedene for henholdsvis gressprotein- og mikroalgeproduksjon samt offentlige registerdata (SSB).²⁸ Funnene drøftes i lys av framtids-scenarioene som er utviklet i SusFeed.²⁹ De to framtidsscenarioene som er benyttet forutsetter begge et tilpasningsdyktig fôrsystem med godt samspill mellom aktører med ulike posisjoner. Scenarioene forutsetter derimot ulik grad av politisk vilje og evne til å styre på dette området.

Funn og resultater

Tabell 6 oppsummerer analysen og diskusjonen av mulige interessekonflikter som er beskrevet mer omfattende i en egen rapport fra SINTEF.³⁰

Tabellen viser at i de fotosyntesebaserte fôringrediensproduksjonene vi har sett på, henger areal- og elektrisk energibehov sammen: Primærproduksjon på friland basert på direkte sollys er energieffektivt, men krever mye jordbruksareal. Den langt mer arealeffektive mikroalgeproduksjonen i tankanlegg krever på sin side en betydelig tilførsel av elektrisk energi. Denne energien kan være transportabel og brukes til andre formål, men den kan også være lokal i betydningen at den er basert på resirkulering av ressurser i en prosess som ikke uten videre er lønnsom med tanke på leveranser av strøm inn på det offentlige strømmettet. Prosessering til tørr fôringrediens for transport og blanding inn i

kraftfôr/fiskefôr vil kreve mye energi i begge produksjonene. Også her vil symbiose og utnyttelse av lokal restvarme ha stor betydning.

Resultatene viser at lokaliseringsvalg og grad av industriell symbiose, med utnyttelse av restenergi fra annen produksjon, vil kunne ha stor betydning for aktuelle interessekonflikter på både areal- og energiområdet. En kan se for seg at noe mikroalgeproduksjon og gressraffinerer kan løses ut av det vi kan kalle markedskrefter, mens det trolig må til gode politiske evner og vilje til styring for at det skal bli svært store endringer i denne typen ressursøkonomisk utvikling.

Dersom en skal ta på alvor høyere internasjonale og nasjonale ambisjoner om å ivareta natur og økosystemer for framtida, er både jordbruksareal og fornybar elektrisk energi svært viktige ressurser som det finnes en begrenset mengde av. Jordbruksareal er underlagt et ressursregime som i prinsippet allokere alt tilgjengelig areal til matproduksjon (Jordloven).³¹ Elektrisk energi mangler i dag et tilsvarende institusjonalisert allokeringssprinsipp, og tilgangen er i stedet basert på et «først-til-mølla-kø-system» der etterspørselen langt overskrider kapasiteten. Dette bidrar til at konfliktene som oppstår over bruk av henholdsvis areal og elektrisk energi får ulik karakter, berører ulike aktører og kan forventes å spille seg ut på ulike arenaer.

Jordbruksareal er en lokalisert, ikke-flyttbar ressurs med varierende kvaliteter som brukes av mat- og landbrukssektoren. Arealet gir opphav til

Tabell 7

Oversikt over areal- og elektrisk energibruk samt trekk ved interessekonflikter utløst av oppskalering av henholdsvis gressprotein og fototrofe mikroalger.

	Dyrking og bioraffinering av gress	Dyrking og prosessering av mikroalger
Lokal arealbruk og -type	Høy arealbruk, jordbruksareal	Lav/moderat arealbruk, natur, eventuelt gråareal
Energibehov i primærproduksjon	Lav/moderat energibruk Gjødsel/biorest (sirkulær) og kunstgjød-sel (fossil)	Høy energibruk Strøm (resirkulert) til lyssetting/fotosyntese
Energibehov i prosessering	Høsting og transport fra jorde til fabrikk (typisk fossil), raffinering og tørking (strøm, fornybar eller fossilt)	Høsting, bearbeiding og tørking (strøm resirkulert og restvarme resirkulert)
Interessekonflikter:		
Berørte aktører	Direkte berørt: Gårdbrukere, lokale verdikjeder de gir opphav til, lokalsamfunn rundt disse. Indirekte berørt: Fellesgoder som matberedskap, selvfor-syning av mat og landbrukspolitikk når råvarer fra jordbruket går til fiskefôr. Naturinteresser dersom det utløses nydyrking, tidligere slått m.m	Direkte berørt: Industri og annen virksomhet over hele landet med behov for energi/strøm, inkludert verdikjeder og lokalsamfunn. Indirekte berørt: Naturinteresser ved utbygging av mer arealkrevende fornybar energi
Forventede arenaer for interessekonflikter	Lokal/regional (fragmentert), nasjonal bi-sektoriell. Berører først og fremst rurale lokalsamfunn og verdikjeder i mat-, landbruks- og havbrukssektoren. Kan berøre naturinteresser ved behov for nydyrking og endring av slåttetidspunkt	Nasjonal/internasjonal tverrsektoriell. Engasjerer et bredt sett av velorganiserte næringsaktører, i tillegg til berørte lokalsamfunn. Kan aktivere nasjonal og lokal motstand ved utbygging av natur til fornybar energi
Konfliktens karakter	Ikke nødvendigvis et nullsumspill. Sambruk av areal med f.eks. melke-produksjon eller biogass er mulig	Nullsumspill om en ikke har lokal «innestengt kraft» eller varmeenergi som ikke kan leveres i strømmettet
Normative og politiske konsekvenser	Økt behov for å diskutere hvordan vi som samfunn bør forvalte og allokere knappe areal- og fornybare energiresurser, inkludert landbrukspolitikken, hvem som skal få delta i disse diskusjonene, og på hvilken måte	

Interessekonflikter knyttet til jordbruksarealer kan forventes å berøre mange ulike lokalsamfunn og matverdikjeder

lokale verdikjeder med stor betydning for rurale lokalsamfunn over hele landet, men også til fellesgoder som matberedskap som angår hele befolkningen. I tillegg har vi fellesgoder som kulturlandskap og hvordan bruken av jordbruksarealet tar vare på biologisk mangfold. Her kan det være motsetninger. Gressproteinproduksjon kan f.eks. kreve tidligere slåttetidspunkt enn tradisjonell høsting, og dermed gi større konsekvenser for rådyrkalver og fugler som oppholder seg i enga på våren.

Interessekonflikter knyttet til jordbruksarealer kan forventes å berøre mange ulike lokalsamfunn og matverdikjeder, og utspille seg langs grenseflaten mellom landbruks- og havbrukssektoren, som gressproteinproduksjon til fiskefôr skaper. Dagens omfattende jordbrukspolitikk er innrettet mot selvforsyning av jordbruksråvarer. Salg av ingredienser til fôr til oppdrettsfisk, som i hovedsak er en eksportvare, vil bryte med grunnlaget for dagens politikk og virkemidler. Det er mulig å se for seg at sambruk av jordbruksareal med drøvtyggerbaserte produksjoner kan gi økt nytte for begge produksjonene ved at ulike fraksjoner av gresset kan brukes til henholdsvis laks og drøvtyggere, og at gressdyrkingen blir større. Dette kan bidra til at interessekonflikt over arealbruk ikke blir en kamp om ressurser i et rent null-sumspill, og at man dermed demper virkningene på landbrukspolitisk måloppnåelse.

Om produksjonene ikke kan anvende strøm basert på restenergi uten særlig alternativverdi, må det baseres på bruk av elektrisk energi med høy alternativverdi. Elektrisk energi er en generisk, flyttbar ressurs som kan transporteres over store avstander og mellom land med svært lite tap underveis. Den er essensiell for et bredt spekter av

industri og annen virksomhet og for menneskers sysselsetting og velferd i alle sektorer. Dette gjør at interessekonflikter om energi til fôrproduksjon blir en del av mer generelle, nasjonale og sektoroverskridende politiske diskusjoner rundt om og hvordan elektrisk kraft som ressurs skal allokeres. Der interessekonflikt og debatt om jordbruksareal risikerer å bli fragmentert geografisk, og deltakelse begrenses til de matproduserende grønne og blå sektorene, vil interessekonflikt om energi kunne ende opp som en brikke i en større samfunnsdiskusjon som angår alle sektorer. Dette legger blant annet ulike premisser for hvordan en kan sikre rettferdig medvirkning i debatten og legge til rette for sosial bærekraft og en rettferdig omstilling.

9.

Politikk som ramme: Eksempel fra landbruk

Selv om fôrpolitikk for de fleste er et ukjent begrep, har spørsmål om fôr i lang tid vært et omdreiningspunkt som påvirker mye av den norske landbrukspolitikken. I denne politikken er importvern, markedsregulering, regelverk og rammer for bøndenes inntekter gjennom jordbruksforhandlinger blant sentrale elementer som også kan påvirke hvilke fôringredienser som brukes, gjennom krav og de valgene fôraktører kan ta.

Fôr handler ikke bare om hva husdyrene våre skal spise, men også om hva som bør (eller ikke bør) importeres – og hvorfor, og om hva som skal produseres hvor og for hvem. Selv om mange landbrukspolitiske spørsmål i bunn og grunn kan formuleres som fôrpolitiske spørsmål, er det å utforme politikk for å styre og regulere fôr også noe som skiller seg fra mat på flere dimensjoner. Som vare kan fôrråvarer potensielt ha flere bruksområder: direkte som mat; som fôr til ulike husdyr; eller som innsatsfaktor i biodrivstoffproduksjon. Fôrråvarer er i langt større grad substituerbare enn mat, ettersom de reduseres til sin næringsverdi som en innsatsfaktor i fôrblandinger og dermed i større grad frikobles fra kulturelle og tradisjonelle verdier som gjerne kobles til mat til mennesker. Dette har konsekvenser for hvordan politikken rundt fôr utformes.

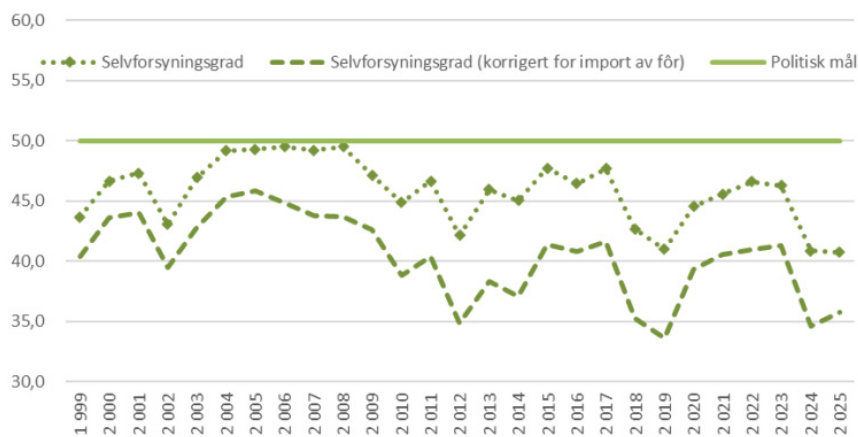
Denne delen beskriver hvordan fôr i landbrukssektoren er omfavnet av visse politiske rammer. Her beskrives de politiske rammene for fôret ved å knytte fôr til de landbrukspolitiske målene i norsk landbruk. De overordnede målene for norsk landbrukspolitikk er: 1) matsikkerhet og beredskap, 2) landbruk over hele landet, 3) økt verdiskaping og 4) et bærekraftig landbruk med lavere klimagassutslipp.³² Dette er prinsippene landbrukspolitikken bygger på, og institusjoner og politiske virkemidler utformes for å understøtte dem. Disse målene har vært relativt stabile over lang tid.³³ Ulike regjeringskonstellasjoner

har imidlertid vektlagt ulike mål på ulike måter.³⁴ Nedenfor viser vi hvordan fôr knytter seg til hvert av disse målene, for å illustrere fôrets rolle i å nå dem. Det er også andre aspekter ved politikk som er relevante, blant annet internasjonale handelsavtaler³⁵, reguleringer vedrørende mattrygghet³⁶ eller innretning av tilskudd³⁷, uten at vi går nærmere inn på det her på grunn av behovet for å avgrense arbeidet.

For det første produserer det norske landbruket i stor grad husdyrprodukter. *Matsikkerhet og beredskap* blir ofte feilaktig presentert som selvforsyningsgrad, selv om det ikke er det samme. Vektlegging av selvforsyningsgrad gir sterk avhengighet av hvor stor andel av det dyrene spiser som produseres i Norge. Mer enn to tredjedeler av det dyrkede jordbruksarealet i Norge brukes til gressproduksjon, og omtrent 80 prosent av kornet brukes til fôrproduksjon.³⁸ Figur 8 nedenfor viser at norsk selvforsyningsgrad i 2024 samlet sett var under 50 prosent, som er det fastsatte målet, og at når man korrigerer for importert fôr, er landbruksproduksjonen basert på norsk fôr rundt 35 prosent.^x Korreksjonen av selvforsyningsgraden for fôrimport kan diskuteres, fordi fôrråvarer som i prinsippet kunne brukes direkte som menneskemat (f.eks. soya) verdsettes med fôrverdien, som er betydelig lavere enn om soyaen går direkte til mat.

x Figuren viser selvforsyning for all mat, ikke bare landbruksvarer. Figuren korrigerer kun for import av kraftfôr til husdyr, ikke til fisk. Den korrigerer heller ikke for import av annet fôr til husdyr.

Figur 8

Selvforsyningsgrad for årene 1999-2025
(målt i energi)

Kilde: Hentet fra <https://www.nibio.no/tema/landbruksokonomi/selvforsyningsgrad-og-engrosforbruk>

Videre er dette basert på faktisk forbruk og ikke på et eventuelt kriseforbruk. Landbrukssektoren i Norge er, som i mange andre land, avhengig av import av store mengder fôrråvarer. Gjennomsnittlig for årene 2015-2025 er omtrent 57 prosent av råvarene brukt i kraftfôr norskproduserte.³⁹

Under målet om matsikkerhet inngår også å tilby befolkningen «trygg mat» og «god dyre- og plantehelse og -velferd».⁴⁰ En sentral del av dette i norsk landbrukspolitikken har handlet om å opprettholde en restriktiv og føre-var-basert politikk for genmodifiserte organismer i mat og fôr.⁴¹

Når det gjelder neste mål, *landbruk over hele landet*, er også fôret sentralt. Norge er et land med store variasjoner i produksjonsforhold. Ettersom en så stor del av bruken av jord i Norge er knyttet til produksjon av fôr, har det over tid blitt utviklet flere politiske virkemidler for å legge til rette for en geografisk fordeling av ulike fôrproduksjoner.⁴² Disse virkemidlene utgjør den såkalte kanaliseringspolitikken. Samlet har dette bidratt til at gressproduksjon skjer i områder der kornproduksjon ikke er agromisk eller teknisk mulig eller egnet. Bakgrunnen for politikken er at en slik geografisk produksjonsfordeling skal skape både høy innenlandsk fôrproduksjon og landbruksaktivitet i hele landet.

Det tredje landbrukspolitiske målet er *økt verdiskaping i landbruket*. Økt verdiskaping innebærer

å utnytte eksisterende produksjonsmuligheter og sikre effektiv og kostnadseffektiv ressursbruk på gården og i landet som helhet.⁴³ Som i andre landbrukskontekster har teknologisk utvikling og innovasjon, i tillegg til kontinuerlig reduksjon i arbeidskraft, vært viktige bidragsytere til økt produktivitet og dermed også økt verdiskaping. Økt bruk av kraftfôr har i stor grad økt produktiviteten i det norske landbruket. Eksempelvis har avdrått-søkningen^x i melkeproduksjonen, fra 6100 liter per melkeku i 2000 til 8700 i 2024, vært et resultat av blant annet økt kraftfôrforbruk.⁴⁴ Igjen, siden mesteparten av jordbruksarealet brukes til fôrproduksjon, spiller fôr en betydelig rolle for produktivitetsøkning i husdyrholdet og er derfor sentralt for å oppnå målet om økt verdiskaping i landbruket.⁴⁵

Det fjerde målet handler om å sikre at matproduksjonen er *bærekraftig*. Dette målet er spesielt relevant for SusFeed-prosjektet. Landbrukssektoren opplever økende press for en overgang til mer bærekraftige praksiser, lavere klimagassutslipp og mindre forurensning.⁴⁶ Som en del av dette øker også presset for å forbedre bærekraften i produksjon og forbruk av fôr, både fra myndigheter, offentligheten og markedsaktører. Samfunnsoppdraget for bærekraftig fôr er en del av denne trenden.⁴⁷

^x Brukes særlig om utbyttet av melkeproduksjonen, som produksjonen per dyr: årsavdrått til ei ku. (snl.no)

10.

**Tåler det norske
fôrsystemet en krise?**

Hva ville skje om det skjedde en dramatisk endring i importtilgangen på viktige ingredienser til fôret til oppdrettsfisken og kraftfôret til husdyr i jordbruket?

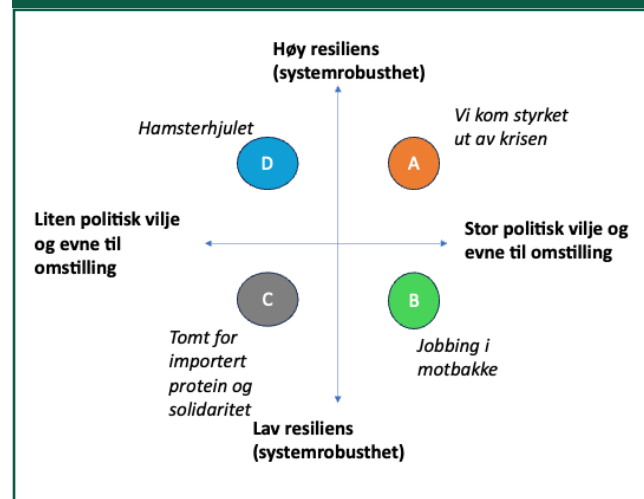
Flere forhold kan skape slike endringer. Det kunne for eksempel være at et voldsomt vær ødela soyahøstingen i Sør-Amerika, noe som betyr stor og akutt mangel på proteinressurser i Europa. I takt med klimaendringer øker usikkerheten knyttet til tilgangen på proteinråvarer. I hvilken grad og på hvilken måte klarer det norske førsystemet å tilpasse seg dette? Dette var utgangspunktet for en øvelse med scenarioer i prosjektet SusFed. Scenarioanalyse innebærer å undersøke mulige fremtidige hendelser, der de enkelte scenarioene tar høyde for identifiserte usikkerheter, for derved å få en bedre forståelse av deres mulige utfall. Disse usikkerhetene er faktorer som kan påvirke situasjonen og utviklingen i førsystemet, altså det vi kan kalle drivere. I vårt tilfelle valgte vi politisk vilje og evne til omstilling, samt førsystemets evne til omstilling, eller resiliens, som også kan brukes som et fagbegrep her. Scenarioarbeidet er også omtalt tidligere i rapporten, men er dokumentert og beskrevet mer detaljert i en egen rapport.⁴⁸

Setter vi dette sammen, får vi fire ulike kombinasjoner av de to usikkerhetsdriverne. Dette er vår måte å håndtere usikkerheten på ved å se på ulike utfall av disse driverne. På dette grunnlaget har fire grupper blant deltakerne laget ulike fremtidsbilder, med en tittel og en fortelling for hver. Fortellingene danner grunnlaget for fire ulike scenarioer. Dette er satt sammen og presentert i figur 9.

Vi går ikke inn i detaljer her, men forenklet kan vi si at scenario A har de beste forutsetningene, der vi legger til grunn at det både er stor politisk vilje og evne til omstilling og at førsystemet har sterk robusthet mot endringer og stor evne til å omstille seg (høy resiliens). I tillegg til disse scenarioene har vi gjennomført en egen ana-

Figur 9

Fire scenarioer ut fra to drivere med stor usikkerhet



lyse (MÅL34) knyttet direkte til regjeringas mål for bærekraftig fôrproduksjon i 2034, som oppfølging av samfunnsoppdraget for bærekraftig fôr og målet om økt matberedskap. Målet er 50 prosent selvforsyningsgrad fra jordbruket, en økt andel norskproduserte råvarer i fôr til oppdrettsfisk til 25 prosent og 70 prosent norske råvarer i kraftfôr til husdyr. Samtidig skal alt fôr, både til oppdrettsfisk i havbruket og til husdyr i jordbruket, være bærekraftig.

Til hjelp for å vurdere de ulike scenarioene hadde vi eksperter som bidro med beregninger i ulike modeller og med ulike kvalitative perspektiver, som til sammen kunne si noe om den samlede produksjonen og bærekraften i de ulike scenarioene.

Tabell 8

Ressurser og produksjon knyttet til de ulike scenarioene i år 2034

	2024	Scenario A	Scenario B	Scenario C	Scenario D	MÅL34
Produsert laks, mill tonn	1,5	1,5	1	0,7	2,2	1,5
Produserte jordbruksmatvarer (TJ)	11 325 (2021)	13 516	12 833	11 625	12 639	14 410
Dyrka jordbruksareal, 1000 dekar	9 840 (2024)	9 799	10 248	10 465	9 506	10 451
Fôr til laks, i mill tonn	1,9	1,9	1,3	0,9	2,9	1,9
Fôr til husdyr på land (kraftfôr og grovfôr), mill. tonn FEM	4,4 (2021)	4,3	4,1	3,9	4,4	4,0
Endring i økonomisk verdiskaping årlig, mrd kroner (prisår = 2019) (endring fra referanse= 2034)	0 (2034)	3	-23	-43	35	NA
Norskandel av kraftfôr til husdyr på land (%)	50	46	52	73	42	74
Norskandel av fôr til oppdrettsfisk (%) (2020)*	8*	30	30	35	15	25 ^{xi}
Selvforsyningsgrad av norske jordbruksvarer korrigert for import av kraftfôr (%) (2023)**	40**	43	44	41	40	50

Kilder⁴⁹ samt egne beregninger.

I tabellen over har vi samlet hvilke utfall vi forventer, basert på forutsetningene vi har lagt til grunn i de ulike scenarioene. Felles for alle scenarioene er at de har en visjon å strekke seg mot, konkretisert som målene for samfunnsoppdraget for bærekraftig fôrproduksjon, og at dette ikke skal gå utover selvforsyningsgraden av norske jordbruksvarer, men snarere tvert imot å øke den. For scenario MÅL34 er det satt som betingelse at de konkretiserte målene blir nådd, mens for de andre scenarioene A-D er det ikke en betingelse. Her er det en vurdering basert på at en alvorlig krise inntreffer, og at det blir ulik utvikling i de enkelte scenarioene ut fra utfallet av de to valgte driverne. For alle alternativene må det understrekes at anslagene er basert på modeller som representerer en forenkling av virkeligheten, og at forutset-

ningene kan være gjenstand for diskusjon.

Vi kan merke oss at MÅL34 framstår med stor jordbruksproduksjon og mer jordbruksareal enn både dagens situasjon og de fleste andre scenarioene. Dette kan bety at samfunnsmålene er svært ambisiøse og/eller at de andre scenarioene er vurdert som svært negative.

Våre fire kriseresponssscenarioer gir ingen sterk respons på målsettingene for verken selvforsyningsgrad eller norske fôrandeler.

^{xi} Samfunnsoppdraget for bærekraftig fôr har konkretisert mål om 600 000 tonn nye råvarer (Samfunnsoppdraget 2025). Med forutsetning om nullvekst i produksjon av oppdrettsfisk og at 54% av de nye fôrråvarene går til fisk, kan en norskandel på 25% av fôrråvarene nås.

Hvor går grensene for hvor mye fôr som kan produseres ved de ulike produksjonsmåtene?

For vurdering av bærekraft har vi brukt indikatorer som uttrykk for klimagassutslipp, vann, biologisk mangfold, jord- og havhelse, matforsyning, humanhelse, arbeid, sosialt og energi.

Vi kan på grunnlag av denne analysen si noe om bærekraft knyttet til ulike scenarioer og om noen viktige sammenhenger i førsystemet. Vi mangler verdier for 12 av 37 utvalgte indikatorer, noe som klart svekker grunnlaget for en helhetlig vurdering av bærekraft. Det er ulike årsaker til at det mangler verdier. Dels skyldes det at det ikke er tilgjengelig kunnskap til å fastsette verdier, dels at indikatorene ikke er operasjonalisert på en omforent måte, og dels at det ikke har vært mulig å fastsette verdier innenfor ressursene vi har hatt tilgjengelig i SusFeed. Likevel kan vi trekke noen slutninger ut fra de enkelte scenarioene, og ikke minst, vi kan se hvordan ulike scenarioer forløper og at samfunnsoppdragets ambisjon om norskandeler av fôret er svært ambisiøst.

Et hovedinntrykk fra analysene er at økt produksjon og forbruk av fôr gir dels økt press på de naturtilknyttede faktorene og dermed forverring med overskridelse av hva som antas å være naturens tålegrenser, og dels har det en nøytral virkning eller positiv virkning ved å redusere skadelig effekt på naturen. Dette gjelder for alle scenarioene, men i varierende grad. Dette er som ventet, økt produksjon gir vanligvis økt press på miljøet, her målt som overskridelser av indikatorer knyttet til naturens tålegrenser. Økt press i form av mer overskridelse av naturens tålegrenser fører i retning av mindre miljømessig bærekraft.

Tilsvarende vil redusert produksjon eller en forbedret produksjonsmåte lette trykket på de naturtilknyttede faktorene og gi en bedre eller nøytral reaksjon på naturens tålegrenser. Slik sett vil

det lede i retning av mer miljømessig bærekraft.

Scenarioanalysene tyder på at volumendringer betyr mest for de indikatorene vi kan se at det er endringer i. Med andre ord betyr de forskjellene i bærekraft som er registrert mellom de ulike forslagene og føringrediensene relativt sett mindre enn de volumendringene (økning eller reduksjon) som følger av ulike utviklinger i scenarioene.

I den såkalte «smultringøkonomien», med sin pedagogiske «smultringmodell», legges det vekt på at økonomisk virksomhet må bidra til å dekke samfunnets sosiale behov, samtidig som den ikke forringer naturen. Modellen beskriver, forenklet sagt, tilstanden i et system i forhold til naturens tålegrense og de nødvendige sosiale behov.⁵⁰ I et slikt perspektiv er det i kjølvannet av scenarioanalysene nødvendig å stille spørsmål ikke bare om produksjonsmåter, men også om det totale volumet som produseres og grenser for vekst. Hvor går grensene for hvor mye fôr som kan produseres ved de ulike produksjonsmåtene?

Vi kan se at det er mindre forskjeller på klimarelaterte indikatorer om fôret er norskprodusert eller importert. Det vil selvsagt innvirke på nasjonale klimaregnskaper, men for klimafaktorer for kloden som helhet er det liten forskjell. For sosiale indikatorer er forholdet mer sammensatt og usikkert. Dette skyldes dels at vi mangler verdier for mange indikatorer og dels at det ikke er entydig hvordan bærekraften i enkelte indikatorer skal tolkes. For eksempel kommer det an på hvordan en produksjon gjennomføres og organiseres, og sosiale grupper kan også rammes ulikt, også geografisk. Kategoriene matforsyning og sosiale forhold, får generelt bedre bærekraft ved økte produksjoner, mens arbeidsfaktorer og energi er mer sammensatte. Arbeidsindikatorene er avhengige av hvilken sosial gruppe en retter opp-

Selv med stor politisk vilje og økt omstillingsevne i førsystemet vil det være krevende å nå alle målene samtidig.

merksomheten mot. Dette er mer utdypet i den nevnte rapporten fra scenarioarbeidet i SusFeed.

Det er ikke store endringer i matforbruket i scenarioene. Dette er faktorer som må legges inn som forutsetninger, og vi har valgt å holde forbruksmønsteret stabilt, slik det er i dag.

Disse scenarioene og analysene vi har gjort i forbindelse med dette viser en sammensatt utvikling under usikkerhet. Det er ikke vanskelig å nå samfunnsoppdragets mål i 2034 hvis en har kontroll på de viktigste faktorene som skal til, at det er tydelig politisk vilje og langsiktig tenking, at alle de store næringsaktørene er enige i målet og samarbeider, at alle internasjonale forhold støtter opp om Norges ambisjoner, og endelig at klimaet ikke skaper problemer, men snarere gir muligheter. Slik er det jo ikke. I vårt scenarioarbeid ble politisk vilje og drivkraft og førsystemets evne til å tåle krise (resiliens) vurdert som de mest usikre driverne. I denne scenariodelen av forskningsprosjektet SusFeed kan vi se at det blir svært vanskelig å nå økte andeler av norsk førproduksjon hvis den politiske viljen svikter og førsystemets robusthet i kriser er svak. Selv med stor politisk vilje og økt omstillingsevne i førsystemet vil det være krevende å nå alle målene samtidig.

Dernest ser vi at bærekraftutviklingen ikke er entydig. Det er mange innbyrdes motsetninger mellom ulike bærekrafthensyn som kan knyttes til målkonflikter og dilemmaer. Dette er imidlertid i mindre grad analysert i annen forskning og i bærekraftsrapportering.⁵¹ Motsetningene er likevel påpekt i både norsk og internasjonal litteratur, og det må håndteres på ulike nivåer, fra en enkelt produsents valg av førstrategi til samfunnspolitiske avveininger.⁵² Til slutt kan vi nevne hensynene til selvforsyning av mat, som i modellarbeidet er forutsatt opprettholdt eller økt, til tross for at over 10 prosent av dagens jordbruksareal i

praksis kan gå til produksjon av eksportvaren laks. Dette bygger på forutsetninger om en stor omlegging av norsk jordbruksproduksjon basert på tidligere påviste avlings- og dyrkingspotensialer. Det er imidlertid mange barrierer, og mye kunnskap og mange tiltak som må til for at dette skal skje i praksis.

11.

Hovedkonklusjoner

Forskningen fra SusFeed-prosjektet viser at målene om økt norskandel og samtidig bærekraft i fôret innen 2034 er svært ambisiøse. Det finnes mange lovende norske råvarekilder og teknologiske muligheter, men volum, kostnad, regelverk, energi- og arealtilgang samt behovet for dokumentasjon og stabile leveranser gjør at overgangen fra forsknings- og pilotstadiet til industriell produksjon er krevende. Prosjektet peker også på at beredskap og forsyningssikkerhet bør tillegges større vekt i den videre utviklingen av fôrsystemet. Her følger de viktigste konklusjonene fra forskningsprosjektet:

Sårbarheter og bærekraftsdilemma: Kriseanalysen understreker sårbarheter i fôrsystemet og krevende målkonflikter. Scenarioarbeidet viser at uten både tydelig politisk vilje og evne og et omstillingsdyktig fôrsystem, er det svært vanskelig å nå høyere norske fôrandeler i en krisesituasjon. Samtidig peker analysen på at bærekraft ikke utvikler seg entydig: tiltak som styrker ett hensyn kan svekke et annet, og helhetlige avveininger må gjøres eksplisitt. Det betyr at en i arbeidet med å forbedre bærekraften vil måtte prioritere mellom flere bærekraftshensyn.

Ambisiøse volumkrav: For å nå 2034-målene trengs store tilleggsvolumer av norskproduserte fôrråvarer. Selv uten vekst i produksjonen av oppdrettsfisk og husdyr er omfanget betydelig, og måloppnåelse avhenger av både råvaretilgang, teknologi, økonomi og koordinering i verdikjedene.

Ressursgrunnlaget er bredt, men ikke «gratis»: Norge har både land- og sjøbaserte ressurser med potensial (gress, skogsbaserte råstoff, marine lavtrofiske ressurser, restråstoff), men mange kilder er bundet av naturhensyn, konkurrerende bruk, sesongvariasjon, forvaltningsregimer og behov for ny kunnskap før de kan bidra i stor grad. Det er ikke klart til høsting.

Kort sikt vs. lang sikt i marine ressurser: Bedre utnyttelse av restråstoff (særlig hvitfiskrestråstoff og slakteblod) fremstår som en aktuell mulighet på kort sikt. Flere andre marine kandidater (f.eks. mesopelagisk fisk, zooplankton, lavtrofiske organismer) kan teoretisk sett ha stort potensial, men krever betydelig FoU, teknologiutvikling og/eller regulatoriske avklaringer før de kan bli fôrråvarer i store volum.

Lovende ingredienser – men med tydelige begrensninger:

Prosjektet dokumenterer mulighetene for gressproteinfraksjonering, mikroalger og insektprotein, samt soppedbrutt trevirke som substrat i insektproduksjon. Samtidig begrenses reell substitusjon av importerte proteinkilder av blant annet ernæringsmessige forhold, prosessering, produktkvalitet (f.eks. fôr som gir farge i kjøttet) og praktiske maksimumsnivåer for innblanding i fôr for ulike arter. Potensialet er begrenset, og det er ikke én ingrediens *alene* som gir løsningen.

Oppskalering er hovedflaskehalsen:

Selv om egnethet kan vises i forsøk, er det vanskelig å få nye råvarer inn i etablerte fôrverdikjeder uten konkurransedyktig pris, tilstrekkelig volum, tørr/lagerstabil råvare, leveringssikkerhet og dokumenterte effekter. Mangel på risikokapital og fôrindustriens behov for standardiserte, store råvarestrømmer bremser utviklingen. Oppskalering av volum kan omfatte ulike retninger, avhengig av teknologivalg. Det kan være sentralisert i større industrielle systemer eller desentralisert i form av mange lokale virksomheter.

Konkurransedyktige substitutter og svake insentiver:

Dagens fôrråvarer (f.eks. soya) er svært konkurransedyktige substitutter for nye fôrråvarer. Dagens rammebetingelser gir heller ikke sterke drivere for rask endring av råvareporteføljen. Uten målrettede virkemidler, endringer i regelverk og/eller økt betalingsvilje (for eksempel knyttet til dokumenterte sideeffekter), vil nye råvarer ofte bli nisjeprodukter heller enn store volumbidrag til norskandelsmålene.

Miljøavtrykket domineres av volum:

Livsløpsanalyser viser at fôringredienser utgjør en stor del av miljøfotavtrykket til ferdigvaren, særlig for oppdrettsfisk. Scenarioarbeidet viser imidlertid at produksjonsvolum (opp/ned i produksjon og fôrforbruk) har størst betydning for bærekraftsindikatorene, mens valg av ingredienser har en mer marginal betydning. For klimaavtrykk globalt kan forskjeller mellom norskprodusert og importert fôr være mindre enn ofte antatt, mens andre indikatorer som arealfotavtrykk eller lokal sysselsetting påvirkes mer.

Resiliens krever mer enn nye råvarer:

Et rammeverk for robusthet i nye verdikjeder (testet på insektprotein) peker på økonomi og regulering som særlig kritiske risikoområder (høy risiko og lang gjenopprettingstid). Tilgang til substrater og stabilitet i rammevilkårene fremstår som avgjørende for om nye verdikjeder kan bli robuste.

Sosial bærekraft må inn tidligere og tydeligere:

Sosiale dimensjoner (aksept, medbestemmelse, eierskap, kompetanse/arbeidskraft, rettferdig fordeling av kostnader og gevinster) er mindre utviklet i forskning og praksis enn miljødimensjoner, men er likevel viktige for legitimitet og gjennomføring. Undersøkelser indikerer generelt moderat til høy aksept for flere nye fôrkilder, men også usikkerhet («vet ikke») og begrenset betalingsvilje.

Interessekonflikter vil øke ved stor oppskalering: Oppskalering av nye fôringredienser kan utløse nye eller forsterke konflikter om *jordbruksareal* (loka-

le, sektorspesifikke og knyttet til landbrukspolitikken mål) og om *elektrisk energi* (mer generisk ressurs, nasjonale/tverrsektorielle konflikter). Industriell symbiose og utnyttelse av restvarme og «innestengt» kraft som ikke kan transporteres ut som f.eks. strøm i et nett med god kapasitet kan dempe konflikter, men krever gode lokaliseringsvalg og koordinering.

Lokale sirkulære løsninger kan gi «drahjelp» – men krever koordinering:

Industriell symbiose og lokale kretsløp (utnyttelse av sidestrømmer/restråstoff, biorest, CO₂ og restvarme, samt bruk av «innestengt» energi) kan redusere kostnader og miljøfotavtrykk, dempe knapphet på innsatsfaktorer og styrke robustheten i nye verdikjeder. Samtidig forutsetter slike løsninger gode lokaliseringsvalg, tillit og avtaler mellom aktører på tvers av sektorer, samt et regelverk som gjør trygg sirkulering praktisk gjennomførbart.

Politikk er en nøkkelfaktor for omstilling:

Fôr er tett koblet til de landbrukspolitiske målene: matsikkerhet/beredskap, landbruk over hele landet, verdiskaping og bærekraft. Å øke norskandelen i fôr krever at virkemidler og prioriteringer trekker i samme retning, og at spenninger mellom ulike hensyn, som mat vs. fôr, men også arealbruk, natur og handel, håndteres på en transparent måte som gir bred legitimitet i samfunnet.

Samlet sett peker arbeidet i SusFeed på at økt norskandel i fôr ikke kan løses med én enkelt råvare eller teknologi, men krever en portefølje av tiltak, tydeligere prioriteringer og bedre samspill mellom FoU, industri, forvaltning og politikk. Hovedutfordringen ligger i å gjøre lovende løsninger skalerbare, lønnsomme og robuste – uten å skape uakseptable miljø- og samfunnskonsekvenser. Dette danner grunnlaget for de foreslåtte tiltakene i neste kapittel.

12.

Forslag til tiltak for videre arbeid

På grunnlag av vårt arbeid foreslår vi her tiltak som vi mener er nødvendige for å stimulere til økt bærekraftig fôrproduksjon basert på norske ressurser. Dette kan ses som et supplement til de 20 tiltakene Samfunnsoppdraget for bærekraftig fôrproduksjon har prioritert.⁵³

Et grunnleggende tiltak er å **styrke innovasjonsevnen og innovasjonskapasiteten i fôrsystemet**. Vi anbefaler å styrke kunnskapen ytterligere om hvordan dette gjøres i denne sektoren. Dette er et fundament for å få mer ut av arbeidet med å øke fôrproduksjonen i Norge. Det vil også gi bedre omstillingsevne og økt robusthet i fôr- og matsystemet. Innovasjonsevne er nødvendig for å nå målene om økt norsk fôrproduksjon og mer bærekraft, men enda viktigere: Det vil gjøre systemet bedre i stand til å håndtere kriser. Tiltak for å styrke kan følges opp av Forskningsrådet, Innovasjon Norge, forskningsmiljøer, bransjeorganisasjoner og ikke minst bedriftene i sektoren.

Arbeidet med scenarioer har tydeliggjort hvor viktig det er med **politisk vilje, engasjement og evne til å følge opp ambisjonene som er fastsatt for fôrsystemet**. Et grunnleggende tiltak er å sikre vilje og evne til å følge opp med politiske virkemidler som kan bidra til at samfunnsoppdraget realiseres. Det er fortsatt usikkerhet rundt dette. Hvilken vilje er det til å følge opp målene i samfunnsoppdraget og forslagene de har levert? Sektoren selv må bidra sterkere til å sette fôr og mat inn som en del av totalberedskapen. Politiske prioriteringer er viktige for å stimulere innovasjonsevnen i fôrsystemet, jf. tiltaket nevnt over, for å redusere risikoen som næringslivet møter særlig ved oppskaleringer av nye produksjoner og for å ta en aktiv rolle i å prioritere miljømessig og sosial bærekraft i de bærekraftsdilemmaene vi har pekt på i rapporten.

Bedre formidling av bærekraft til sluttforbrukeren og bedre forståelse av forbrukerens aksept. Overfor sluttforbrukeren trengs det bedre informasjon om bærekraft og hvordan dette vurderes i verdikjeden. Samtidig trengs det også en bedre

forståelse i verdikjeden av hvordan forbrukeraksepten av alternative råvarer dannes og endres. Dette kan gi grunnlag for økt aksept av råvarer fra sirkulære verdikjeder som for eksempel insekter, marint restråstoff fra samme art eller gressproteinkonsentrat.

Bygge kunnskap om de langvarige effektene av nye fôringredienser. De fleste fôringsforsøkene er kortvarige, og det finnes begrenset dokumentasjon på langvarige effekter av nye råvarer på både fisk og husdyr. Dette kan særlig gjelde for husdyr med lang levetid eller lang produksjonstid.

Bygge et datagrunnlag for troverdige bærekraftsanalyser. Selv om utvikling av teknologi og testing av råvarer skjer i pilotskala, er data om innsatsfaktorer, energi- og arealbehov viktige for å kunne identifisere en mulig forskyving av problemet mellom eller innenfor bærekraftsdimensjonene (miljø, sosial, økonomi).

Få til **bedre synergier mellom sektorer** for å styrke **sirkulære løsninger** i produksjonen av fôr. Slike sirkulære løsninger omfatter en mer komplett utnyttelse av bioressurser (bruk av restråstoffer/reststrømmer), men også der en kan oppnå synergier, for eksempel ved bruk av restvarme som energitilførsel til bioproduksjon. Tiltakene bør omfatte kunnskapsutvikling, kulturbygging, insentiver og gjennomgang av reguleringer som hindrer sirkulære løsninger.

Det bør utvikles ny kunnskap, teknologi og insentiver som bidrar til økt foredling av sjømat i Norge og mindre eksport av hel fisk. Dette vil gi økt tilgang til marint restråstoff som i dag eksporteres sammen med hele fisken og i noen

Mer aktiv bruk av landbrukspolitiske virkemidler kan styrke satsingen på nye vekster.

grad importeres som fiskemel – og olje etter bearbeiding i utlandet. Det er et betydelig potensial for å øke norsk produksjon av marint protein og olje, forutsatt økt innenlandsk tilgang til og videreforedling av marint restråstoff. Bruk av proteinhydrolysatv fra laks og lakseolje i laksefôr er regelverksmessig tillatt, men praktiseres i liten grad, blant annet på grunn av forbrukerpreferanser med skepsis til bruk av fôringredienser fra samme art, det vil her si fra laks til laks.

Innen jordbruket er det behov for tiltak i det etablerte innovasjons- og kunnskapssystemet – fra *sortsutvikling* og teknologi/kunnskap om produksjon og risiko til et bedre grunnlag for politikkutvikling. Det siste omfatter økt kunnskap om hvordan landbrukspolitikken fungerer, hvilke effekter den har og hvordan den bør tilpasses for å nå målene i samfunnsoppdraget for bærekraftig fôrproduksjon. Skal samfunnsmålene nås, trengs det økte avlinger og en betydelig omlegging av produksjonen i retning av redusert kraftfôrbruk i melkeproduksjonen og økt matkornproduksjon på dertil egne areal. Dette krever et omfattende kunnskapsgrunnlag både på politisk nivå og på et praktisk nivå for bøndene. Sortsutvikling er viktig for alle typer vekster, for eksempel for å redusere behovet for sprøyting mot skadegjørere. Sortsutvikling av åkerbønner/erter er viktig for å kunne dyrke proteinvekster i større deler av Norge med større sikkerhet. Sortsutvikling for å øke resistansen mot utvalgte sykdommer kan gjøre at en kan dyrke samme type vekst oftere i et vekstskifte. Dermed kan en også øke det årlige arealet for proteinvekster. Det trengs *kunnskap* om ulike sider ved de mange produksjonsmulighetene for å få bønder til å satse på spesifikke vekster og øke avlingene. Det må samtidig også sikres et mottaksapparat/market for produktet/fôrmid-

delet. Det kan være stor risiko ved produksjon av nye vekster/sorter, eventuelt også i nye områder. Mer aktiv bruk av *landbrukspolitiske virkemidler* kan styrke satsingen på nye vekster. Den statlige produksjonssviktsordningen dekker ikke alle situasjoner med feilslått avling. Derfor kan det være behov for ordninger som reduserer usikkerheten knyttet til det økonomiske resultatet når en prøver noe nytt.

Mer differensiering av markedet for fôringredienser. En viktig utfordring ved oppstart av produksjon av nye fôringredienser er å komme opp i et volum som er stort nok til at det er aktuelt for fôrindustrien å kjøpe inn. Med mer differensiering i markedet bør det være mulig å ta ut merpris eller tilfredsstillende kundepreferanser som gjør nye fôringredienser med spesielle kvaliteter interessante i enkelte markedssegmenter. Fôrindustrien er i en nøkkelposisjon her.

Kommunikasjon med forbrukere og borgere, og ikke bare med etablerte sektorinteresser, i omstillingen av fôrsystemet. En bred folkelig oppslutning om behovet for en omstilling av fôrsystemet er avgjørende for å sikre legitimitet og offentlig aksept. Dette er viktig ikke minst fordi nye fôringredienser til syvende og sist ender opp i befolkningens kosthold, men også fordi en del av de økte samfunnsmessige kostnadene ved en bærekraftig omstilling må dekkes av forbrukerne og skattebetalerne. Dette betyr at beslutningstakere bør rette mer oppmerksomhet mot å spre bevissthet og kunnskap om fôrets betydning for matsystemets bærekraft, samtidig som de får mer innsyn i og tar bedre hensyn til forbrukernes preferanser og valg. Det trengs mer og bedre kommunikasjon og ikke bare gjennom forbrukerens kjøpshandling.

Tiltakene som er foreslått her mener vi kan bidra til mer bærekraftig fôrproduksjon, både i forståelsen av hva som er mer bærekraftig, og i mer fôr.

Tiltakene som er foreslått her mener vi kan bidra til mer bærekraftig fôrproduksjon, både i forståelsen av hva som er mer bærekraftig, og i mer fôr. En kommer likevel ikke unna dilemmaene og utfordringene vi trakk fram i konklusjonskapitlet. Bærekraft er knyttet til miljø, økonomi og sosiale forhold. Gjennom å beskrive dette konkret gjennom indikatorer, samt å utvikle metoder og systemer som kan balansere ulike bærekraftshensyn, kan en finne veier til å håndtere dilemmaene.

Avslutningsvis er det også grunn til å gjøre noen refleksjoner på et mer overordnet nivå: Teknologi kan løse en rekke problemer knyttet til ressursbruk og bærekraft. Vi ser at det pågår en leting etter nye metoder og teknikker for å håndtere biologiske ressurser og prosesser. Det kan være en god investering å satse enda mer på å styrke innovasjonsevnen. Likevel må vi anta at det er grenser for vekst og forbruk. Naturens tålegrenser er dynamiske, men det er likevel grenser der overskridelser kan gi store konsekvenser. Dette er noe som angår hele samfunnet, på tvers av alle sektorer. Slik sett trenger vi mer kunnskap om hvor disse grensene går, og hvordan vi balanserer ulike hensyn for å holde oss innenfor tålegrensene.

Mer informasjon om SusFeed

Partnere i SusFeed

Forskning	Næringspartnere	Andre partnere
     	    	Sitep Bellona Norsk Kylling Bioakva Consult Felleskjøpet Agri NHO Mat og drikke WoodWorks! Cluster NCE AquaTech Cluster Norsk landbruksrådgiving Grønt kompetansesenter Mære-Skjetlein

Finansiering av prosjektet

Norges forskningsråd har i hovedsak finansiert prosjektet (ref. 326825), samt noe egenfinansiering fra partnere i næringslivet og interesseorganisasjoner.



Forskere som har deltatt i SusFeed

Denne lenken og QR-koden leder til en oversikt over forskerne som har deltatt i prosjektet:

<https://ruralis.no/prosjekter/susfeed-baerekraftig-norsk-forproduksjon/>



Publikasjoner fra SusFeed

Denne lenken og QR-koden leder til en oversikt i Norsk vitenarkiv over resultater fra prosjektet:

<https://nva.sikt.no/projects/2537346>



Webinarer fra SusFeed

Våren 2026 ble det gjennomført tre korte webinarer med presentasjoner av forskning fra prosjektet. Her er opptak av disse tre:

<https://ruralis.no/2026/04/13/webinar-serie-fra-susfeedprosjektet-utfordringer-og-tiltak/>



Referanser

- 1 Kunnskapsdepartementet. 2022. Meld. St. 5 (2022–2023) Langtidsplan for forskning og høyere utdanning 2023–2032: Regjeringen. Samfunnsoppdraget for bærekraftig førproduksjon. 2023. Et samfunnsløft for bærekraftig før. Samfunnsoppdrag om bærekraftig før: forslag til mål og organisering. Oslo: Norges forskningsråd.
- 2 <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/mere-norske-ravarer-i-for-til-oppdrettsfisk-og-husdyr-i-framtida/id3029864/> (15.03.2024)
- 3 LMD. 2024. Meld. St. 11 (2023–2024) Strategi for auka sjølvforsyning av jordbruksvarer og plan for opptrapping av inntektsmogleighetene i jordbruket.
- 4 NIBIO: <https://www.nibio.no/tema/jord/arealressurser/dyrkbar-jord/med-saerbestemmelser?locationfilter=true>
- 5 Strand, G.H., Svensson, A., Rekdal, Y., Stokstad, G., Mathiesen, H.F., Bryn, A. (2021). Verdiskaping i utmark: Status og muligheter. NIBIO rapport 7(175).
- 6 Abrahamsen, U., Uhlen, A. K., Waalen, W. M. & Stabbetorp, H. 2019. Muligheter for økt proteinproduksjon på kornarealene. I E. Strand (Red.), Jord- og plantekultur 2019: Forsøk i korn, olje- og proteinvekster, engfrøavl og potet 2018 (s. 160–168). NIBIO BOK 5(1). <https://kornforum.nlr.no/files/documents/Fagforum-Korn/Jord-og-plantekulturboka/2019/Abrahamsen-Mulighet-for-okt-proteinproduksjon.pdf>
- 7 Uleberg, E. og S. Dalmannsdotter (2018). Klimaendringenes påvirkning på landbruket i Norge innenfor ulike klimasoner. Rapport 4(75). NIBIO.
- 8 <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/skogbruk/statistikk/skogavvirkning-for-salg/artikler/rekordhogst>
- 9 Sand og Løvsletten Troset 2026. Skognæringas utvikling og muligheter i Midt-Norge: Statistikk og analyser for skognæringa i Midt-Norge 2025. SINTEF Rapport 2026:00100.
- 10 Hysten, G., Fernandez C.A. og A. Granhus. 2022. Skogressurser i Norge: Status og framtidsscenarier. NIBIO rapport 2023/8 nr 85.
- 11 Garnås, I., Hauge, L., og Svalheim, E. (2018). Haustings-skog [revidert]. Rettleiar for restaurering og skjøtsel. NIBIO rapport 4(150).
- 12 <https://www.nmbu.no/forskning/innovasjoner-som-tilrettelegger-nasjonal-satsing-pa-baerekraftig-i-bla-og-gronn-sektor>
- 13 Damborg, V.K., Jensen, S.K., Weisbjerg, M.R., Adamsen, A.P. and Stødkilde, L., 2020. Screw-pressed fractions from green forages as animal feed: Chemical composition and mass balances. *Animal Feed Science and Technology*, 261, p.114401.
- 14 Stokstad, G., G. Alfredsen, S.H. Ask, A.V. Strand og M. Thakur. 2023. Land based and marine based bioresources for feed production in Norway. *SusFeed*. Rapport 9/158/2023. Ås: NIBIO.
- 15 Aas, T.S. mfl. (2022). Utnyttelse av førressurser i norsk oppdrett av laks og regnbueørret i 2020. Rapport 2/2022. Nofima.
- 16 <https://www.kyst.no/norsk-laks-kan-fa-mindre-fotavtrykk-etter-nye-co2-tall-for-brasiliansk-soya/241549>
- 17 <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11718804/#-sec5-animals-15-00065>
- 18 <https://www.frontiersin.org/journals/insect-science/articles/10.3389/finsc.2022.933571/full>

- 19 Haugset, A. S. og Sand, R. 2024. Nye føringredienser i Norge: Potensielle forretningsmodeller for insekt, mikroalger og gressprotein. SINTEF rapport nr. 2024:01129.
- 20 Geels, F. W. 2019. Socio-technical transitions to sustainability: a review of criticisms and elaborations of the Multi-Level Perspective. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 39, s. 187-201.
- 21 Stræte og Borch (red.) mfl. (2026). Hva om en krise rammer fôrleveranser til fiskeoppdrett og husdyr i jordbruket? Scenarioer om bærekraftig norsk fôrproduksjon. Rapport nr 7/2026. Ruralis.
- 22 <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/statistikk-og-utviklingstrekk/utvikling-i-jordbruket/kraftforstatistikk>
- 23 Verdenskommisjonen for miljø og utvikling (Brundtland-kommisjonen). 1987. Vår felles framtid. Oslo: Tiden Norsk Forlag
- 24 Logstein, B. 2023. Holdninger til nye føringredienser i jordbruk og norsk oppdrettsnæring, og muligheter for samarbeid på tvers av jordbruk og oppdrett. En kartlegging. N-6/23. Trondheim: Ruralis.
- 25 Farstad, M. og M.U. Remøy. 2024. Forbrukerholdninger relatert til utvikling av mer bærekraftige verdikjeder for fôr. R-3/24. Trondheim: Ruralis.
- 26 de Olde, E.M., Moller, H., Marchand, F., McDowell, R.W., MacLeod, C.J., Sautier, M., Halloy, S., Barber, A., Bengé, J., Bockstaller, C., Bokkers, E.A.M., de Boer, I.J.M., Legun, K.A., Le Quellec, I., Merfield, C., Oudshoorn, F.W., Reid, J., Schader, C., Szymanski, E., Sørensen, C.A.G., Whitehead, A., Manhire, J. (2017). When experts disagree: the need to rethink indicator selection for assessing sustainability of agriculture. *Environ Dev Sustain*, 19:1327–1342.
- 27 Haugset, A.S., Sand, R. og Stræte, E. P. 2026. Interessekonflikter rundt nye føringredienser. Følger for areal- og energibruk av nye verdikjeder i fôrsystemet. SINTEF-rapport 2026-00113.
- 28 Haugset, A.S. og R. Sand. 2024. Nye føringredienser i Norge: Potensielle forretningsmodeller for insekter, mikroalger og gressprotein. Rapport 2024:01129. SINTEF Digital.
- 29 Stræte og Borch (red.) mfl. (2026). Hva om en krise rammer fôrleveranser til fiskeoppdrett og husdyr i jordbruket? Scenarioer om bærekraftig norsk fôrproduksjon. Rapport nr 7/2026. Ruralis.
- 30 Haugset, A.S., Sand, R. og Stræte, E. P. 2026. Interessekonflikter rundt nye føringredienser. Følger for areal- og energibruk av nye verdikjeder i fôrsystemet. SINTEF-rapport 2026-00113.
- 31 Vatn, A. 2021. Bærekraftig økonomi. Innsikt fra økologisk og institusjonell økonomi. Bergen: Fagbokforlaget.
- 32 Landbruks og matdepartementet (2025). Prop. 1 S (2025–2026). <https://www.regjeringen.no/contentassets/6c1f9ed49ebb4b96aac4d47aca68898d/nn-no/pdfs/prp202520260001lmdddpdfs.pdf>
- 33 Tufte, T., Fuglestad, E. M., & Melås, A. M. (2024). Opptrapping i jordbruket—Ei ny retning for å betre svara opp dei landbrukspolitiske måla (No. 1). *AgriAnalyse & Ruralis*. https://ruralis.no/wp-content/uploads/2024/01/rapport-1_2024_opptrapping-i-jordbruket.pdf
- 34 Vik, J. (2020). The agricultural policy trilemma: On the wicked nature of agricultural policy making. *Land Use Policy*, 99, 105059. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105059>

- 35 Farsund, A. A. (2020). Politicization Strategies in Domestic Trade Policy Making: Comparing Agriculture and Seafood Sectors in Norway. *Journal of Comparative Policy Analysis: Research and Practice*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/13876988.2020.1755839>
- 36 Østby, P. (2022). Matens reguleringsregimer. In *Matens meglere: Kontroll, kvalitet og kunnskap i den industrielle matens tid* (pp. 25–58). Cappelen Damm Akademisk/NO-ASP. <https://doi.org/10.23865/noasp.155.ch2>
- 37 Inderhaug, M.H. (2021). Jordbruksstøtte—En kobling mellom matproduksjon, verdiskaping og fellesgoder. *AgriAnalyse*. <https://www.agrianalyse.no/getfile.php/136622-1636116382/Dokumenter/2021/Notat%204-2021.pdf>
- E. M., & Melås, A. M. (2024). Opptapping i jordbruket—Ei ny retning for å betre svara opp dei landbrukspolitiske måla (No. 1). *AgriAnalyse & Ruralis*. https://ruralis.no/wp-content/uploads/2024/01/rapport-1_2024_opptapping-i-jordbruket.pdf
- 38 Berger, M., Bøe, E., Halland, A., Hjukse, O., Knutsen, H., Kårstad, S., Rustad, L. J., Svennerud, M., & Øvren, E. (2022). Utsyn over norsk landbruk. Tilstand og utviklingstrekk 2022. In 76 (No. 8). NIBIO. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xm-lui/handle/11250/3029092>
- 39 Landbruksdirektoratet (2026) Kraftførstatistikk. Hentet 10.05.2026.
- 40 Landbruks og matdepartementet (2025). Prop. 1 S (2025–2026). <https://www.regjeringen.no/contentassets/6c1f9ed49ebb4b96aac4d47aca68898d/nn-no/pdfs/prp202520260001lmdddpdfs.pdf>
- 41 Meld. St. nr. 9 (2011–2012). Landbruks- og matpolitikken – Velkommen til bords. Landbruks- og matdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld-st-9-20112012/id664980/>
- Meld. St. nr. 19 (1999–2000). (1999). Om norsk landbruk og matproduksjon. Landbruks- og matdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/st-meld-nr-19-1999-2000-/id192695/>
- 42 Bunger, A., & Tufte, T. (2016). Den norske landbruksmodellen. <https://www.agrianalyse.no/getfile.php/13653-1513245601/Dokumenter/Dokumenter%202016/Rapport%206%20Den%20norske%20landbruksmodellen%20%28web%29.pdf>
- Melås, A. M., Vik, J., & Farsund, A. A. (2024). Same but different: On continuity and change in agricultural policy reforms. *Scandinavian Political Studies*, 47(2). <https://doi.org/10.1111/1467-9477.12269>
- 43 Landbruks- og matdepartementet, 2025. Prop. 1 S (2025–2026). <https://www.regjeringen.no/contentassets/6c1f9ed49ebb4b96aac4d47aca68898d/nn-no/pdfs/prp202520260001lmdddpdfs.pdf>
- 44 Volden, H. (2025). Hvordan utnytte det norske kornet i melkeproduksjonen? Vedlegg 2 til rapport: Gjennomgang av korn- og kraftførlpolitikken. Landbruksdirektoratet.
- 45 Landbruksdirektoratet (2021). Bruk av norske forressurser. Utredning av forbedring av virkemidler med sikte på økt produksjon og bruk av norsk fôr. (Nr. 10). <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/nyhetsrom/rapporter/bruk-av-norske-forressurser>
- 46 De Schutter, O. (2017). The political economy of food systems reform. *European Review of Agricultural Economics*, 44(4), 705–731. <https://doi.org/10.1093/erae/jbx009>
- IPES. (2015). The new science of sustainable food systems: Overcoming barriers to food systems reform. International Panel og Experts on Sustainable Food Systems. https://ipes-food.org/_img/upload/files/NewScienceofSusFood.pdf

47 Aznar-Sánchez, J. A., Piquer-Rodríguez, M., Velasco-Muñoz, J. F., & Manzano-Agugliaro, F. (2019). Worldwide research trends on sustainable land use in agriculture. *Land Use Policy*, 87, 104069. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104069>

Burton, R. J. F., & Farstad, M. (2020). Cultural Lock-in and Mitigating Greenhouse Gas Emissions: The Case of Dairy/Beef Farmers in Norway. *Sociologia Ruralis*, 60(1), 20–39. <https://doi.org/10.1111/soru.12277>

Galanakis, C. M. (2023). The “Vertigo” of the Food Sector within the Triangle of Climate Change, the Post-Pandemic World, and the Russian-Ukrainian War. *Foods*, 12(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/foods12040721>

48 Stræte og Borch (red.) mfl. (2026). Hva om en krise rammer fôrleveranser til fiskeoppdrett og husdyr i jordbruket? Scenarioer om bærekraftig norsk fôrproduksjon. Rapport nr 7/2026. Ruralis.

49 Budsjettnemnda for jordbruket. 2025. Resultatkontroll for gjennomføring av landbrukspolitikken. NIBIO.

50 Raworth, K. 2017. Doughnut economics: seven ways to think like a 21st-century economist Chelsea Green Publishing.

51 Kvam, G.-T. 2025. Sosial bærekraft i verdikjeder for fôr. Rapport 6/25. Trondheim: Ruralis.

52 Bardalen, A., T.A. Skjerve og H.F. Olsen. 2020. Bærekraft i det norske matsystemet. Kriterier for bærekraftig produksjon. NIBIO og NMBU.

53 Samfunnsoppdraget for bærekraftig fôrproduksjon. 2025. På vei mot bærekraftig fôr – 20 grep for 2026. Oslo: Norges forskningsråd.



Ruralis
SINTEF
NIBIO

Rapport 7/2026, Ruralis
ISSN 1503-2035

Rapport 7/2026

Utgivelsesår: 2026
Antall sider: 69