Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Biobasert verdiskaping - framtidsperspektiver

2019
ISBN: 978-82-575-1679-6

Foto: Kjersti Sørlie Rimer

Forord

Næringslivets Hovedorganisasjon (NHO) igangsatte våren 2019 prosjektet «Veikart for fremtidens næringsliv» som en oppfølging av Næringslivets perspektivmelding fra 2018. Målet med prosjektet er å analysere muligheter, identifisere satsingsområder og vise retning mot mer bærekraftig utvikling av norsk næringsliv. Med det som bakgrunn er det tatt initiativ til å utrede muligheter koblet til kompetanseområder ved NMBU som kan ha stort potensial for fremtidig industriell utvikling. Oppdraget har vært gjennomført i perioden 1. mai til 1. desember 2019.

Arbeidet er utført av en arbeidsgruppe bestående av fagpersoner ved NMBU. Denne gruppen har utarbeidet rapporten gjennom felles arbeidsgruppemøter og skriftlige bidrag.

Den 21. juni ble det avholdt et dialogmøte med arbeidsgruppe på Campus Ås for å drøfte og spesifisere hvilke biobaserte verdikjeder koblet til NMBUs kompetanseområder som skal beskrives og analyseres videre i mulighetsstudier.

Den 26. august ble det avholdt en workshop med Samfunnsøkonomisk Analyse AS, hvor NMBUs arbeidsgruppe og NHOs representanter var tilstede. Hovedtema for workshopen var mulighetsstudier rundt utvalgte biobaserte verdikjeder samt trendanalyser innen landbruksutvikling og bioøkonomi frem mot 2050. Resultater fra denne workshopen er beskrevet i rapporten. NHO og NMBU har drøftet utkastene til rapporten i felleskap.

I rapporten har vi beskrevet dagens situasjon for sysselsetting og verdiskapning innenfor skogbruk, jordbruk og bioteknologi. Rapporten oppsummerer muligheter for utvikling av et bærekraftig næringsliv innen skogbruk, jordbruk, bioteknologi og havbruk. Videre beskrives utvalgte teknologiområder, og akvakultur berøres som en naturlig del av de utvalgte områdene. Vi presenterer analyser av mulighetsstudier for fire utvalgte teknologiområder med stort potensial for fremtidig verdiskaping.

Ås, 1. desember 2019

Øystein Johnsen
Prorektor for forskning og innovasjon
Leder for utredningen

Innhold

Sammendrag

1. Ny kunnskap er grunnlag for nye næringer

2. Et mangfold av muligheter
    - 2.1. Bærekraftig bruk av naturressurser – nye muligheter
    - 2.2. Genetisk informasjon gir nye muligheter
    - 2.3. Bioteknologi, bioprosessteknologi og bioraffinering
    - 2.4. Digitalisering
    - 2.5. Potensialer for bidrag til framtidig omsetning i norsk bioøkonomi

3. Nye biobaserte næringer
    - 3.1. Utnyttelse av biomasse til produksjon av fôr, mat og biodrivstoff
        - 3.1.1. Biomasse til sukker
        - 3.1.2. Produksjon av ulike produkter
            - 3.1.2.1. Biodrivstoff
            - 3.1.2.2. Fôr til fisk og husdyr
            - 3.1.2.3. Mikrobiell mat
        - 3.1.3. Nye muligheter fram mot 2050
    - 3.2. Presisjonsavl
    - 3.3. Digitalisering i landbruket
    - 3.4. Fortrinn og barrierer

4. Mulighetsstudier – bærekraftig utvikling av landbruk og bioøkonomi frem mot 2050
    - 4.1. Tallfesting av scenarioer
    - 4.2. Resultater fra mulighetsstudier for fire utvalgte biobaserte verdikjeder
        - 4.2.1. Omdanning av skogbasert biomasse til biodrivstoff
        - 4.2.2. Bioraffinering av bioressurser til mikrobiell mat og fôr
        - 4.2.3. Presisjonsavl basert på genetisk forskning
        - 4.2.4. Utvikling av robotbaserte produksjonsteknologi
    - 4.3. Samlede virkninger for de fire biobaserte verdikjeder

5. Kompetansebehov for fremtidens arbeidsliv

6. Oppsummering

7. Referanser

Foto omslag: Håkon Sparre

Sammendrag

Næringslivets Hovedorganisasjon (NHO) igangsatte våren 2019 prosjektet «Veikart for fremtidens næringsliv» som en oppfølging av Næringslivets perspektivmelding fra 2018. Målet med prosjektet er å analysere muligheter, identifisere satsingsområder og vise retning mot mer bærekraftig utvikling av norsk næringsliv. Med det som bakgrunn er det tatt initiativ til å utrede muligheter koblet til kompetanseområder og teknologier som kan ha stort potensial for fremtidig biobaserte verdikjeder og mer bærekraftig utvikling av norsk næringsliv. Det er i rapporten pekt på kompetanseområdenes mulige rolle sett i lys av FNs bærekraftsmål.

Rapporten gir en beskrivelse av dagens situasjon for utvalgte områder og potensiale for sysselsetting og verdiskapning for noen teknologiområder. For å lykkes med verdiskapingen fra disse teknologiområdene vil det i tiden fremover være nødvendig med en helhetlig politikk og med forutsigbare reguleringssystemer. Det vil også kreve investeringer i industrien som er rettet mot hele kjeden fra innovasjon til sluttprodukt. Det er behov for tilgang på risikovillig kapital som allokeres til unge bedrifter i vekst og infrastruktur for oppskalering av prosesser. I tillegg kreves det økt kompetanse på innovasjon og entreprenørskap, prosjektledelse og forretningsutvikling for å løse utfordringene samfunnet står overfor.

Utnyttelse av fornybare bioressurser til produksjon av nye mat-, fôrråvarer og biodrivstoff, er et viktig tiltak for å skape verdi i norsk økonomi, øke selvforsyningsgraden og minimere miljøbelastning. Utviklingen av teknologier for anvendelse av biomasse fra skog og hav til produksjon av fôr, mat og biodrivstoff kan også bidra til vekst innenfor grønn og blå sektor.

Innovasjon innen plante- og husdyravl, inklusiv fisk, vil øke kvaliteten og produktiviteten og kunne gjøre planter og husdyr mer robuste, friske, produktive og klimasmarte i møtet med effektene av klimaendringer. God forvaltning av de genetiske ressursene gjennom teknologiutvikling og bærekraftig bruk og vern er viktige grunnlag og tiltak for å sikre økt verdiskaping innenfor jordbruk og akvakultur.

Innovasjon innen robotbaserte produksjonsteknologier vil bidra til effektivisering og forbedring av flere av verdikjedene i landbruket i tillegg til å skape nye verdikjeder. Dette vil gi mer bærekraftig matproduksjon samt optimalisering av kvaliteten på sluttproduktet.

Formålet med denne rapporten er å synliggjøre potensialer for økt omsetning i de bioverdikjedene som bygger på det norske jordbrukets, havbrukets og skogbrukets ressurser og forutsetninger.

De store globale utfordringene knyttet til klima, matsikkerhet og befolkningsvekst skaper behov for et grønt skifte og en bærekraftig økonomi. Våre bioressurser og smart forvaltning av disse står sentralt.

Foto: Håkon Sparre, Gisle Bjørneby, Pål From

Rapporten beskriver fire utvalgte eksempler på verdikjeder med tilhørende teknologier som er sentralt forankret ved NMBU og mulighetsstudier tilknyttet disse. De fire eksemplene er valgt utfra forretningsmessig modenhetsgrad. Beregninger av verdiskapingspotensialet er gjort på teknologisk anvendelse innen hvert område:

- Omdanning av skogbasert biomasse til biodrivstoff
- Bioraffinering av bioressurser til mikrobiell mat og fôr
- Presisjonsavl basert på genetisk forskning
- Utvikling av robotbasert produksjonsteknologi

Tallfestet potensial for verdiskaping viser at samlede effekt for de fire biobaserte verdikjeder analysert i rapporten vil øke brutto verdiskapingen i berørte næringer med 40 milliarder kroner i 2050. Disse resultatene, sammen med tidligere publisert tallfestet potensial for verdiskaping, tyder på at biobasert produksjon og digitalisering under gitte forutsetninger kan bidra til en betydelig økt omsetning i norsk bioøkonomi fram mot 2050.

De globale utfordringene krever at vi samhandler og skaper nytt på tvers av tradisjonelle fagområder og etablerte strukturer. En verden i endring stiller høye krav til omstilling og kontinuerlig læring. Utdanningssektoren må utdanne kandidater som har erfaring i å arbeide tverrfaglig, samarbeide på tvers av sektorer og fagområder og har kompetanse om og evne til kritisk tenking. Samfunnet har behov for økt kompetanse på innovasjon og entreprenørskap, prosjektledelse og forretningsutvikling. Et samarbeid mellom utdanningssektoren og næringsliv er viktig for å sikre kompetanse for og i fremtidens arbeidsliv.

Foto: Odd Einar Lekang, Camilla Wiik Gjerdrum

1.
Ny kunnskap er grunnlag for nye næringer

Verden står overfor store, komplekse utfordringer knyttet til klimaendringer, arealbruk, miljøforurensning, befolkningsvekst, migrasjon og fattigdom. Faktorer og drivere som påvirker vår fremtid er folke- og dyrehelse, tilgang på mat og vann, behov for energi samt bruk og vern av naturressurser og arealer. Olje- og gassproduksjon utgjør en vesentlig del av Norges økonomi. I tillegg er fiskeri og akvakultur en særlig viktig næring fordi også denne næringen har en høy eksportverdi. Akvakultur har gått fra å være en tilleggsaktivitet til å bli en svært viktig industri for Norge. Denne rapporten beskriver noen mulige kompetansefelt som kan utvikles til nye næringer og som kan bidra til å nå klima- og bærekraftsmålene. Kunnskapen som tas fram kan være banebrytende og, under gitte forutsetninger, danne grunnlag for nye næringer og verdikjeder. Rapporten gir et estimat for mulig verdiskaping. Dette estimatet er imidlertid svært usikkert. Historien har vist at det er krevende å spå om framtidige næringer. Mange faktorer spiller inn som kan føre til at bildet blir annerledes enn estimatene. Nye og fremtidige næringer kan utvikles, og å anslå verdiskaping og sysselsetting fra slike er forbundet med stor usikkerhet.

Oppdrettsnæringen har vokst mer de siste 30 år enn noen økonomisk modell klarte å forutse. Den begynte som en liten næring i 1970-årene i det gårdbrukere og fiskere etablerte mindre anlegg for regnbueørret langs kysten. Et avlsarbeid for ørret og laks startet i forskningsmiljøet på NMBU (den gang NLH) basert på etablert kunnskap innen husdyravl. Samtidig startet en utvikling av fôr til fisk. Viktig forskning innen genetikk, avl, ernæring og fôrutvikling la grunnlaget for en eventyrlig vekst. Parallelt økte kompetansen om fiskesykdommer og vaksineutvikling. Utviklingen av den norske kompetansen sammen med distriktspolitiske virkemidler, førte til at antall virksomheter som produserte ørret og laks vokste raskt på 1980-tallet. Etter en priskrise i 1980-årene og oppheving av løyve-systemet i 1991, har strukturen i bransjen endret seg dramatisk. Store investorer satset, og nå produserer de 10 største oppdrettsselskapene 70 prosent av fisken. Produksjonen målt som førstehånds-verdi vokste på 30 år mye mer enn de aller fleste kunne forutse: fra 1,4 milliarder kroner i 1985 til 46 milliarder kroner i 2015 [1]. Dette viser at nye næringer kan ha et stort potensial hvis forskning og kompetanseutvikling, gründerånd, tilrettelegging fra myndigheter samt nok av interesserte investorer arbeider i samme retning.

Norge har signert Paris-avtalen og sluttet seg til FNs bærekraftsmål (2015 – Sustainable Development Goals (SDG)). Norge har som mål å redusere klimautslippene med 80 - 95 prosent i forhold til 1990 innen 2050 [2]. Det er i tillegg satt mål for Norges bidrag til bærekraftsmålene. Næringsliv og offentlig sektor må gjøre helt konkrete tiltak for at bærekraftsmålene kan nås. Samtidig må den verdiskapingen Norge henter fra petroleumssektoren gradvis skapes fra annen virksomhet. Dette byr på store utfordringer, og ingen annen industri er per i dag i stand til tilsvarende verdiskaping. Det er derfor behov for nye næringer, nye produkter og tjenester som samlet kan gi Norge den verdiskapningen som bidrar til et bærekraftig samfunn og gode livsvilkår. Utvikling av næringer basert på teknologiene som beskrives i rapporten, vil være viktig for at vi skal nå bærekraftsmålene. Hver enkelt teknologi bør utvikles med flere bærekraftsmål for øyet. Flere av teknologiområdene har særlig relevans for målet om å utrydde sult (SDG 2), god helse (SDG 3), sikre ren energi for alle (SDG 7), anstendig arbeid og økonomisk vekst (SDG 8), innovasjon og infrastruktur (SDG 9), bekjempe klimaendringene umiddelbart (SDG 13), liv under vann (SDG 14) og liv på land (SDG 15).

I de følgende kapitler beskriver rapporten et mangfold av muligheter (Kap. 2). Kapittel 3 presenterer noen utvalgte teknologier i mer detalj, og deretter analyserer rapporten fire avgrensede teknologianvendelser med hensyn på disses verdiskapingspotensial (Kap. 4). Eksemplene som beskrevet i rapporten benyttes til å foreta et anslag på effekt for norsk bioøkonomi fram mot 2050.

Foto: Håkon Sparre

2.
Et mangfold av muligheter

2.1. Bærekraftig bruk av naturressurser – nye muligheter

Skog og annet trebevokst areal i Norge utgjør om lag 14 millioner hektar, eller rundt 44 prosent av landarealet. Av dette er 8,6 millioner hektar produktivt skogareal. Beregninger fra Landsskogtakseringen viser at det i 2018 var 974 millioner kubikkmeter tømmer, mer enn tre ganger så mye som på 1920-tallet [3, 4]. Utnytting av skogens bioressurser innen rammen av bærekraftig skogbruk vil bidra til overgangen fra bruk av fossile ressurser til bioøkonomi.

Til tross for skognæringens potensielle muligheter, falt den samlede verdiskapning i skognæringen i Norge med 4 prosent i løpet av de 10 siste årene [5]. En av årsakene til nedgangen er bortfall av skogindustri og en kraftig økning av eksporten av tømmer som en konsekvens av dette.

Nettoopptak av CO_2 i skog og andre arealer i Norge er estimert til 25,4 millioner tonn. Det tilsvarer om lag halvparten av Norges samlede utslipp av CO_2 og andre klimagasser [4]. Nettoopptaket bidrar til å øke skogens karbonlager, gir store klimagevinster og verdiskaping. Bruk av trevirke fremfor utslippsintensive byggematerialer og bruk av bioenergi produsert fra skogråstoff fremfor fossil energi bidrar til raskere overgang til lavutslippssamfunnet.

Skogbiomasse (inklusiv GROT - greiner, røtter, kvister og topper) har en rekke bruksområder (for eksempel papir, byggematerialer, emballasjeprodukter). Biomassen kan utnyttes til produkter som kan bidra til utvikling av nye markeder for norsk næring [6].

Skogbiomasse er den viktigste råstoffkilden for bioenergi. Ut fra ressursgrunnlaget, miljøhensyn og øvre tak for driftskostnader er det mulig å øke årlig hogstkvantum til 15 millioner kubikkmeter. Dette kan gi grunnlag for produksjon av bioenergi fra skogråstoff tilsvarende 16 TWh. En sentral forutsetning for dette er at prisen på tømmer og energi har om lag samme nivå som i dag. Nærheten til både råvaren og markedet gir korte transportavstander og er forutsetninger for en velfungerende verdikjede [4, 7].

En av de store utfordringene i norsk mat- og husdyrproduksjon er tilgang til proteinrike fôrmidler. Dette er en problemstilling som både landbruksorganisasjonene, fôrindustrien, matindustrien og oppdrettsnæringen er opptatt av. Det er et mål å produsere fôr ved å utnytte biomasse som ikke konkurrerer med areal til matproduksjon. Det forskes på og utvikles derfor teknologi som kan anvende biomasse fra for eksempel tre, makroalger (tang og tare) og animalske hydrolysat (produkt av hydrolyse) til fôr [8, 9].

Bærekraftig og lønnsom produksjon av biodrivstoff kan redusere klimagassutslipp fra transportsektoren. Rester fra skog og landbruksavfall, har potensiale til å erstatte bruk av fossile ressurser i transportsektoren [6], sammen med andre fornybare energiløsninger. I tillegg til hovedrutene fra biomasse til biodrivstoff, er det flere andre muligheter for å omdanne sidestrømmer fra prosessene til produkter med høyere verdi enn drivstoff. Dette er svært viktig for totaløkonomien i en kommersiell prosess.

Utnyttelse av fornybare bioressurser til nye mat- og fôrvarer gjennom bioteknologi vil skape verdi i norsk økonomi, øke selvforsyningsgraden og minimere miljøbelastning.

Tang og tare

Foto: Rune Gustavsen

Foto: Håkon Sparre

2.2. Genetisk informasjon gir nye muligheter

Formålet med jordbruket og havbruket er at produksjon av mat i Norge må vokse i takt med befolkningsveksten og det er derfor viktig med utvikling av ny teknologi. En utvikling av konkurransedyktig matindustri kan gi en omsetningsverdi i 2050 på om lag 230 milliarder kroner, opp mot 100 milliarder mer enn i dag [10].

Bare 3 prosent av det samlede landarealet i Norge (utenom Svalbard og Jan Mayen) er dyrket jord. Klimatiske forhold gjør at det er store variasjoner i hva det er grunnlag for å dyrke. Nærmere 90 prosent av jordbruksarealet brukes til fôrdyrking til husdyr og i store deler av landet er det kun mulig å dyrke gras som brukes til grovfôr til husdyr [11].

Verdien av den samlede jordbruksproduksjonen i Norge var på 44,6 milliarder kroner i 2017 [12].

Norsk avls- og foredlingsarbeid har resultert i høy kvalitet på plante- og dyrematerialе. Norsk plante- og dyrehelse er blant verdens beste. Dette er et viktig konkurransefortrinn for norsk jordbruks- og akvakulturproduksjon. Det bidrar til redusert bruk av antibiotika og plantevernmidler, økt mattrygghet, kostnadseffektivitet og bærekraftig matproduksjon.

Kunnskapen innen genetikk og avl gir bedre produktkvalitet og lønnsomhet og har vært med å utvikle næringen helt fra oppstarten av avlsarbeidet innen norske husdyr, planter og akvakultur. Godt samarbeidet mellom næring og avlsforskere har blant annet lagt grunnlaget for dette. Beregninger viser at avlsarbeidet på norsk rødt fe (NRF) i perioden 1996–2007 samlet har redusert de variable kostnadene med om lag 434 millioner kroner for alle melkebrukene i Norge. Dette kommer tydelig fram nå når bønder fra alle verdenshjørner er interesserte i norsk avlsmateriale av storfe og svin (eksporteres av avlsselskaper Geno og Norsvin). Det samme gjelder for norsk laks. Denne eksporten er et resultat av en 40-årig historie med samling og analyser av store datamengder i avlsarbeidet blant annet fra husdyrkontrolldata og teststasjonsdata. For forbrukerne betyr denne kunnskapen at vi blant annet kan designe mat, ikke bare som kilde til ernæring, men også som en ny og framtidig kilde til bedre helse og klima basert på en bærekraftig produksjon.

Når det gjelder norsk kornproduksjon (hvete, bygg, havre, rug) så har andelen av forbruket av norskprodusert korn økt fra 2-3 prosent til om lag 30 prosent i perioden fra 1960-tallet til 2015 [13].

Arealet hvor det dyrkes oljevekster (raps, rybs, lin, solsikke) ligger de fleste årene rundt 40–50 000 dekar [14]. Det samlede arealpotensialet har blitt beregnet til 450 000 dekar. Et mer realistisk anslag med gitte forutsetninger er at om lag 250 000 dekar vil kunne bli dyrket med oljevekster.

Forsking innen anvendt plantebiologi gjennom mange år har lagt grunnlaget for en sterk norsk næring. Et målrettet avlsarbeid for planteproduksjon under norske forhold har vært viktig. Vi må videreutvikle kompetanse innen produksjon av viktige planteprodukter til mat og fôr. Planteproduksjon i veksthus er en sektor med en verdiskaping på om lag 1,5 milliarder kroner per år.

Klimaendringene påvirker primærproduksjonen i stor grad, de medfører både utfordringer (nye skadegjørere og stress), og muligheter i form av økt biomasseproduksjon (økt temperatur, lengre vekstsesonger, nye arter). For at norsk landbruk skal kunne tilpasse seg klimaendringene, og utvikle bærekraftige produksjonssystemer, må det ha tilgang til plantematerialer som er klimatilpasset, og avlsarbeidet er i denne sammenhengen svært viktig.

Lokal produksjon av nye proteinkilder til fôr, for eksempel gjær, innsekter og larver er mulige alternativer for å bli mindre avhengig av fôrimport. Denne typen produksjon kan utvikles lokalt på gården og gi bonden tilgang til en bærekraftig, lokalprodusert proteinkilde (et eksempel på dette er en produsent av insekter til bruk i mat som vi finner på Toten).

Foto: Gisle Bjørneby

Optimal produksjon og utnyttelse av norske proteinrike vekster til gode, helseriktige og attraktive plantebaserte matvarer med høyt proteininnhold er også et område med stort potensial. Slike produkter er helt sentrale i skiftet mot et mer bærekraftig kosthold og bedre helse for store befolkningsgrupper. Det vil gi muligheter for verdiskapning både i landbruket og i matindustrien.

En moderne og effektiv planteforedling er et viktig grunnlag for å kunne utnytte potensialet for økt matproduksjon i Norge. I senere tid har forskningen på genomikk (studiet av organismers genom - den arvemessige informasjonen) gitt betydelig ny kunnskap og etablering av effektive metoder i planteforedlingen. Det gir mulighet for å utvikle det plantematerialet som gir økte avlinger, er resistent mot skadegjørere, tolerant mot abiotisk stress (for eksempel for mye vann) og har bedre kvalitet og dermed mindre tap i verdikjeden. Det kan også gi økt innhold av høyverdige komponenter for nye utnyttelser eller ved utnyttelse av restråstoff. Kunnskapen og kompetansen innen planteforedling, kan utnyttes til å forbedre plantemateriale som benyttes i andre deler av verden der klimaendringene gir andre utfordringer, for eksempel tørke, og dermed bidra i utviklingen av den globale bioøkonomien.

Innovasjon innen plante- og husdyravl og genetikk vil kunne øke kvaliteten og produktiviteten ved at planter og dyr blir friskere, og mer produktive og klimasmarte i møtet med effektene av klimaendringer.

2.3. Bioteknologi, bioprosessteknologi og bioraffinering

Mikroorganismer, eller deler av disse, kan brukes for å lage produkter. Sentralt står forståelsen av hvordan gener koder for proteiner, og da spesielt for proteiner med katalytisk aktivitet som kalles enzymer. Det finnes et utrolig mangfold av enzymer i naturen som kan brukes til å bygge opp eller bryte ned biomolekyler. Disse biokatalysatorene kan anvendes i form av rene enzymer eller blandinger av enzymer, i form av mikroorganismer (fermentering), eller som samfunn av mikroorganismer (for eksempel biogassprosesser). Kommersiell bruk av biokatalysatorer kalles gjerne industriell bioteknologi og omfatter alt fra produksjon av enzymer og antibiotika til kjemikalier og biodrivstoff. I den kommende bioøkonomien vil bruk av biokatalysatorer være en nøkkelteknologi og det er dermed forventet at aktiviteten innen industriell bioteknologi vil vokse. I Norge er den sektoren ennå lite utbygd.

Norge har en sterk internasjonal forskningsposisjon innen mikrobiologi, fermentering og enzymteknologi som bør kunne danne grunnlaget for nye produkter som kan ha både et nasjonalt og et internasjonalt marked. I tillegg har vi tilgang på store naturressurser i form av skog og marine makroalger, det vil si, tang og tare. Bioteknologi er anerkjent som en såkalt muliggjørende teknologi og potensialet kan bli så gjennomgripende at det fører til store endringer i samfunnet.

Markedet for industrielle enzymer har ekspandert i de siste årene. Enzymer katalyserer kjemiske prosesser under naturlige betingelser og gjør at slike prosesser forløper mye raskere. Enzymer har svært mange anvendelsesområder innen blant annet mat- og drikkevareindustrien, i fôr, finkjemikalier, farmasøytiske produkter og produksjon av biodrivstoff.

Utviklingen av industrielle enzymer krever blant annet at en finner egnende enzymer i naturen gjennom såkalt bioprospektering, men også ved å forbedre enzymene slik at de blir enda bedre til å katalysere kjemiske prosesser.

Foto: Håkon Sparre

Modellen viser hvordan et enzym kan se ut.

Enzymer benyttes og kan potensielt få økt og ny anvendelse innen bioraffinering. Raffineringen beskriver omdanningen av forskjellige biobaserte råstoffer til et bredt spekter av produkter, for eksempel mat, fôr, kjemikalier, materialer og energi. Biomasse fra landbruket kan omfatte for eksempel skogsbiomasse, energivekster, korn, oljefrø og gras samt bi- og restprodukter fra jordbruket (halm) og næringsmiddelindustrien. Bioraffinering kan omfatte hele kjeden fra primærproduksjon via matindustrien, handel, forbruk og til gjenbruk av bi- og restprodukter.

Ved å benytte et bioraffineri er det et mål at alle deler av biomassen skal utnyttes, og at næringsstoffer resirkuleres. Ethvert bioraffineri bør derfor preges av en helhetlig tankegang; det skal lages forskjellige produkter som til sammen gjør raffineriet lønnsomt, mens hele biomassen utnyttes og avfallsproduksjon minimeres. I Norge er Borregaard et godt eksempel på et bioraffineri som foredler gran til en rekke materialer og kjemikalier, og skaper store verdier nasjonalt og internasjonalt i deres fabrikker.

Foto: Gunn Evy Auestad, NMBU

Bioraffineriet på Borregaard.

Matsvinn oppstår i primærproduksjonen, foredlingsleddet, i dagligvarehandelen, storhusholdninger og hos forbruker. Det forskes både nasjonalt og internasjonalt på hvordan en kan utnytte matsvinnet bedre. Et eksempel er å fremstille antioksidanter, fiber eller andre stoffer som kan benyttes som helsefremmede matingredienser («neutraceuticals»). Matavfall kan brukes i bioraffinerier for å utvikle lønnsomme produkter eller leveres til biogassanlegg dersom det ikke finnes andre utnyttelsesmåter. Restprodukter fra slakteriene har et betydelig potensial. Viktige produkter er huder og skinn, tarm, ull og råstoff til dyrefôr.

Fra matmelmøllene kan en for eksempel se på skallfraksjoner fra korn. Mye av dette brukes i dag til energiproduksjon for anlegget, men en kan også se på potensialet for raffinering. Det samme gjelder for andre fiberrike eller proteinrike fraksjoner fra næringsmiddelindustrien. Restprodukter fra mat- og drikkeproduksjon kan brukes videre i annen produksjon, for eksempel kan berm og mask, som er restprodukt fra brygging, brukes i dyrefôr.

2.4. Digitalisering

Ny teknologi og digitalisering gir mulighet for et mer effektivt, presist og miljøvennlig landbruk og dermed økt produksjon uten å øke innsatsmidlene. Dette vil føre til at innsatsfaktorer og praksis tilpasses jordbruksarealene eller husdyra, samtidig som miljøbelastningen kan reduseres. For å minske jordpakking og energiforbruk kan for eksempel roboter ta over for traktorer. Mye av dagens teknologi i jordbruket utvikles i land med større driftsenheter enn det vi har i Norge. Det er viktig at den teknologiske utviklingen også innrettes mot det småskalajordbruket som er dominerende i mange områder av landet. Effektiv utnyttelse av små arealer betinger at maskiner og utstyr er tilpasset naturgrunnlaget. En framtidig bærekraftig produksjon er avhengig av fortsatt utvikling av teknologi i form av mer presisjonslandbruk. Utnyttelse av sensorteknologi for å måle jordas egenskaper blir viktig for å tilpasse tilsats av næringsstoffer. Dette kan også innebære utvikling og bruk av roboter innen alle ledd fra primærproduksjonen, for eksempel bruk av roboter på jordet og til melking. Roboter kan også bidra til mer effektiv såing, ugrasbekjemping og høsting. Verdiskapingen ved bruk av roboter på jordet er sparte kostnader til arbeidskraft, jordbearbeiding og såkorn, samt mindre bruk av sprøytemidler.

Foto: Pål From

Landbruksrobot

Det utvikles og testes ut ny teknologi innen bildeanalyse og genomseleksjon (valg av planter/dyr basert på informasjon om plantens/dyrets DNA) for å øke presisjonen i utvelgelsen av nye plantesorter. Droner og en spesialdesignet landbruksrobot utstyrt med multispektrale kamera er brukt for å automatisere datainnsamling i felt. Dette kan gi planteforedlerne tilgang til mer presise data om plantens vekst og utvikling. I tillegg vil serier med bilder i tid og rom brukes til å bygge tredimensjonale modeller som kan benyttes til å estimere viktige agronomiske egenskaper som strålengde, aksskytingsdato og gulmodning i korn. De multispektrale bildene kan i tillegg benyttes til å beregne vegetasjonsindekser som kan indikere plantens helsetilstand og estimere biomasse.

Det utvikles digitale muligheter innenfor grasproduksjon, fôr, fjøs, melkeproduksjon og melkeprosessering. Automatisk innsamling av data gjennom sensorer og digitale målinger, utnyttelse av dataene gjennom maskinlæring til det beste for bonden, og etablering og utnyttelse av en nettbasert plattform for samling og deling av store data mengder, er kompetanseområder med stort potensiale for å øke produktiviteten på en bærekraftig måte.

Det jobbes med å etablere et bærekraftig driftssystem for grovfôrhøsting i form av en lett robot med slåtte-, oppsamlings- og transportutstyr. Kombinert med relevante frøblandinger vil det være egnet for flere innhøstinger i en lengre og våtere vekstsesong. Potensialet er stort for økt produktivitet og inntekter gjennom sparte fôrkostnader og høyere produksjon ved innføring av flere høstinger. Driftssystemet har potensialet for å øke matsikkerhet i møte med våtere klima og øke andelen av norskprodusert grovfôr med høy fôrkvalitet. Det vil gi en mer kostnadseffektiv utnyttelse av norsk grovfôrproduksjon basert på en bærekraftig agronomi som reduserer klimapåvirkning.

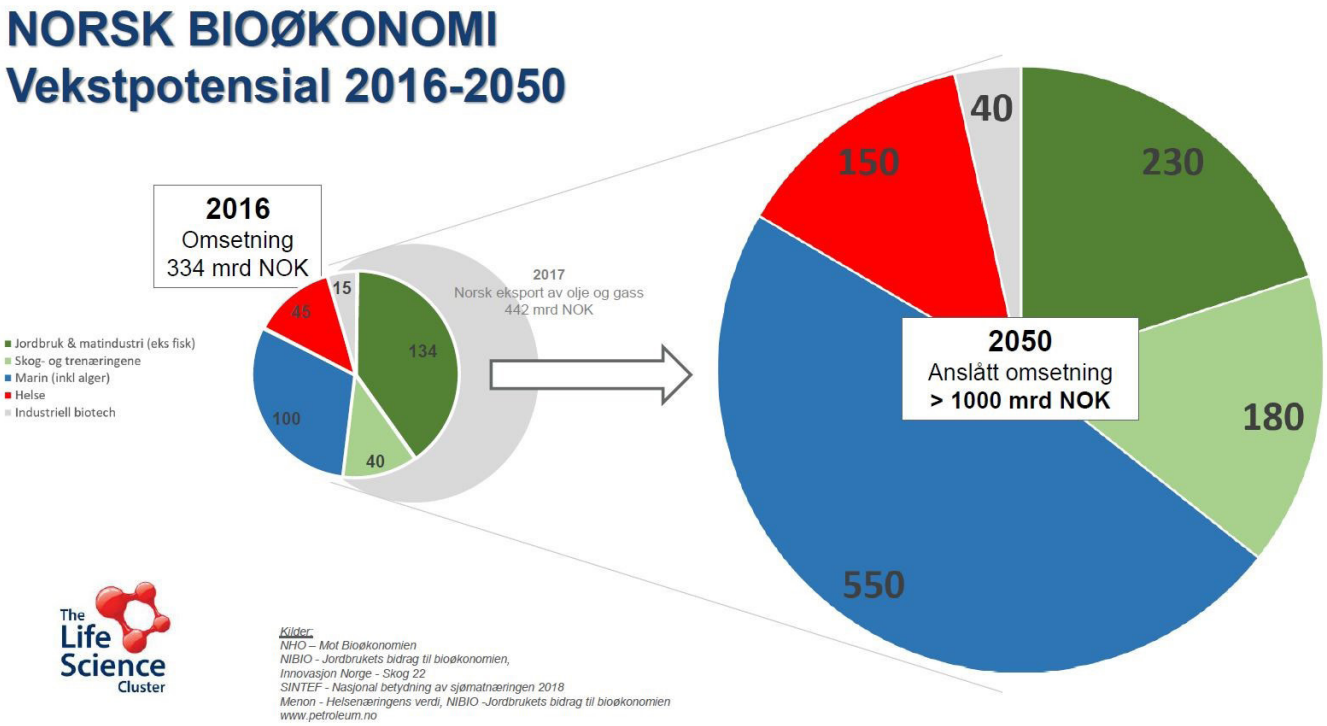
Foto: Shutterstock

Digitalisering gir mange muligheter. Det utvikles for eksempel matematiske modeller for å se på en sammenheng mellom genetiske faktorer og hva laks spiser. Dette gjøres ved å integrere kompetansen innen matematikk, dataanalyse, informatikk, måleteknologi, genomikk og eksperimentalbiologi til en slagkraftig helhet. Dette er et fagfelt med stort potensial for en mer bærekraftig lakseproduksjon som kan gi bedre fordøyelse, stoffskifte og helse for fisken, samt høyere ernæringsverdi av laksekjøtt.

2.5. Potensialer for bidrag til framtidig omsetning i norsk bioøkonomi

Globalt fram mot 2050 forventes det en økende knapphet på biomasse til mat, dyrefôr, materialer, energi og som råstoff for et bredt spekter av industrielle prosesser og produkter. Knapphet på råstoffer fra skogbruk og jordbruk vil medføre verdiøkning av alle typer biomasse. Det eksisterer nye teknologiplattformer for bearbeiding av biomasse til ulike produkter. Det er anslått at verdien av restressurser fra landbruket kan økes til 5–6 milliarder kroner i 2050 [10].

Basert på estimater publisert i rapporten «Nasjonal strategi for skog- og trenæringen» [6] over tilgjengelige råstoffmengder som kan høstes fra norsk skog innen rammen av bærekraftig skogbruk, viser at det i 2045 vil være 15,8 millioner kubikkmeter (årlig tilvekst) av tilgjengelig råstoff. Dette tilsvarer en økning på om lag 30 prosent av nåværende tilgjengelig råstoff. Med utgangspunkt i denne råvaretilgangen ble en verdiskaping i norske skog- og trenæringer estimert til å være på 43 milliarder kroner i 2045 med anslått omsetningsverdi til 180 milliarder kroner per år.



Vekstpotensial i norsk bioøkonomi i 2050. Kilde: The Life Science Cluster.

Rapporten «Jordbrukets bidrag til bioøkonomien» [10] viser at norsk jordbruk og matindustri kan bidra til en omsetning i norsk bioøkonomi med 250 milliarder kroner fram mot 2050. Det er da forutsatt tung satsing på forskning, teknologiutvikling, generell verdiøkning av alle typer biomasse og videreutvikling av jordbrukssektoren og matindustrien. Dette er videre en forutsetning at norske myndigheter vil utvikle rammebetingelser for å fremme utvikling av sterk bioøkonomi i Norge. Gitt de anslag som er gjort for skog [6], jordbruk, mat [10] og hav [15], kan disse sektorene bidra til en omsetning i norsk bioøkonomi med 1 000 milliarder kroner i 2050.

Norsk økonomi og produksjon står foran store og langvarige omstillinger til å bli et reelt lavutslippssamfunn. FN estimerer at det er behov for å øke matproduksjon med 60 prosent fram mot 2050. Omstilling til fornybarøkonomien kan fremstilles som en ny industriell revolusjon [10]. Det vil øke behovet for fornybar biomasse fra primærnæringene betydelig, dersom bioøkonomien i økende grad skal erstatte petroleumsøkonomien. Dette vil kreve mer bærekraftig ressursbruk og anvendelse av biomasse ikke bare lokalt i Norge men også globalt. De store globale utfordringene som klimaoppvarming, matsikkerhet og befolkningsvekst skaper behovet for det grønne skifte og bærekraftig økonomi. Det vokser frem forbrukerpreferanser for sunne, lokalt produserte [16] og bærekraftige produkter, i tillegg til mer vegetarkosthold. Disse drivkreftene vil ha betydning for utvikling av norsk bioøkonomi fram i tid.

Teknologiske løsninger vil effektivisere, øke presisjon og redusere klimagassutslipp fra norsk landbruk i fremtiden. Det er behov for å redusere utslipp fra matproduksjon, og dette vil drive frem utvikling av nye mat- og fôrvarer basert på nye råvarer, for eksempel tang og tare, tre og restråstoff. Effektiv og bærekraftig ressursutnyttelse av restprodukter med gjenbruk eller resirkulering av alt avfall fra landbruket kan ha stor potensial for verdiskaping. Norge har gode forutsetningene og konkurransefortrinn for å hevde seg i denne utviklingen i biobaserte verdikjeder ettersom det er god tilgang til bioressurser, avansert teknologiutvikling og høy faglig kompetanse innen jordbruk-, mat-, skogbruk-, akvakultur- og bioteknologisektor.

De globale trender innen økonomi og næringspolitikk samt utvikling og implementering av nye produksjonsteknologier, er forbundet med stor usikkerhet knyttet til kvantifisering av verdiskapingspotensialer fram i tid. Derfor må resultatene av slike beregninger tolkes i lys av usikkerhetene.

Rapporten omtaler fire teknologiområder innen overnevnte sektorer med stor potensial for fremtidig biobasert verdiskaping. Tallfestet potensialer for verdiskaping viser at samlede effekter for de fire biobaserte verdikjeder, som er analysert i rapporten, vil øke brutto verdiskapingen i berørte næringer med 40 milliarder kroner i 2050, konservativt anslått. Disse resultatene støtter tidligere publiserte tallfestede potensialer for verdiskaping, og tyder på at norsk jordbruk, skogbruk, havbruk og bioteknologi under gitte forutsetninger kan bidra til en betydelig økt omsetning i norsk bioøkonomi fram mot 2050.

Norge har verdensledende kompetanse på fôrutvikling, god dyrehelse og velferd, målrettet avlsarbeid og teknologiutvikling innen landbruk og havbruk. Utvalgte kompetanseområder beskrevet i rapporten vurderes å være av særlig interesse for å utvikle et bærekraftig, klimasmart og mer effektivt landbruk og havbruk basert på biobaserte verdikjeder. I det neste kapittelet beskrives noen utvalgte teknologiområder ytterligere.

Foto: Lars Helge Frivold

3.
Nye biobaserte næringer

I dette kapittelet beskriver vi utvalgte biobaserte mulige «verdikjeder» basert på teknologiske framskritt. Det er valgt ut områder med potensial for relativt rask kommersialisering (i et 10-15 års perspektiv), med et vesentlig bidrag til mer grønn konkurransekraft:

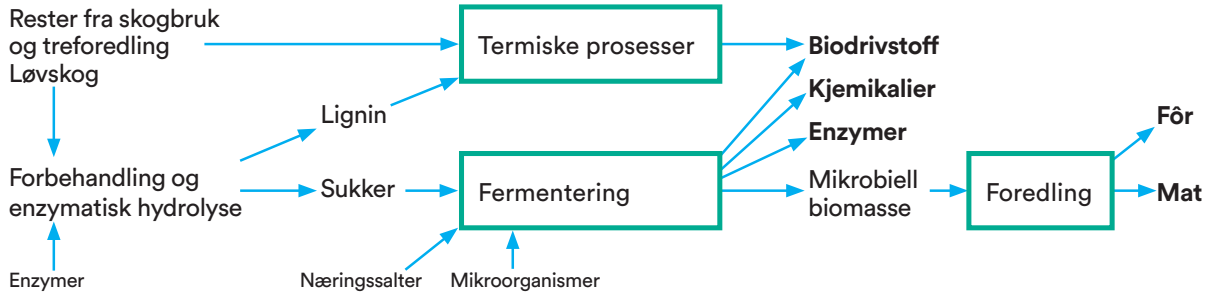
- utnyttelse av bioressurser til produksjon av
  - fôrråvarer
  - mat
  - biodrivstoff
- presisjonsavl
- digitalisering.

3.1. Utnyttelse av biomasse til produksjon av fôr, mat og biodrivstoff

Som beskrevet i kapittel 2, kan en foredle biomasse ved bruk av enzymer. Alle levende organismer produserer enzymer, og er en utømmelig kilde til nye biokatalysatorer. I dag produseres enzymer industrielt ved hjelp av fermenteringsprosesser. Da setter en inn genet som koder for et bestemt enzym inn i en mikroorganisme som så dyrkes i en fermentor og produserer enzymet. Det danske selskapet Novozymes er verdens største produsent av enzymer for anvendelse i alt fra vaskemidler til prosessering av mat og produksjon av biodrivstoff. Enzymer kan brukes direkte som biokatalysator eller en kan bruke hele mikroorganismer. Produksjon av etanol med gjær og produksjon av biogass med et mikrobielt samfunn er også eksempler på anvendelse av biokatalysatorer. Nedenfor følger eksempler på verdikjeder hvor biokatalysatorer er sentrale i fordeling av lignocellulose til en rekke produkter.

3.1.1. Biomasse til sukker

Det finnes mye restråstoffer fra skogbruk og treforedling som kan anvendes. Det er også mulig å høste mer av skogen, for eksempel løvskog. Når en jobber med biokatalysatorer og bioteknologi er det karbohydratene i disse ressursene som er mest interessante. Denne typen råstoff kalles lignocellulose fordi den er rik på hemicellulose, cellulose og lignin. Hemicellulose og cellulose er store sukkerkilder og kan anvendes til produksjon av alt fra biodrivstoff og kjemikalier til mat ved hjelp av fermenteringsprosesser. Utfordringen er å bryte ned disse sukkerkjedene til enkeltsukker som så mikroorganismer kan foredle til ulike produkter. Dette kan i dag gjøres med en kombinasjon av mekanisk forbehandling (åpne opp fiberstrukturen) og enzymteknologi [17]. I dag er det utviklet enzymblandinger som effektivt kan bryte ned sukkerkjeder i lignocellulose til fermenterbart sukker. Figur 1 illustrerer hvordan fermentering av sukker kan være utgangspunkt for en rekke produkter.



Figur 1. Prosessering av skogressurser til en rekke produkter

3.1.2. Produksjon av ulike produkter

3.1.2.1. Biodrivstoff

Mye av dagens biodrivstoff produseres fra råstoffer som potensielt også kan brukes til mat (for eksempel sukkerrør, mais, raps). Det er derfor ønskelig å produsere biodrivstoff fra kilder som ikke kommer i konflikt med matproduksjon, som for eksempel rester fra skogbruk og jordbruk. Når sukker er gjort tilgengelig kan det fermenteres til drivstoff, avhengig av hvilken type mikroorganisme som brukes. Det er naturligvis også viktig å kunne benytte bioraffinering for å utvikle lønnsomme produkter. Det er blant annet avgjørende at en også finner anvendelser for lignin-delen av råstoffet, som kan utgjøre 30 prosent av biomassen, samt også produserer høyverdiprodukter sammen med drivstoff (lav verdi, stort volum).

Biogass kan også brukes til drivstoff. Trenden i Norge er at alle nye biogassanlegg oppgraderer biogassen til ren metan som så selges som biodrivstoff. Biogass kan produseres fra alle typer organisk materiale ved hjelp av såkalt anaerob utråtning. Dette er en biokatalyseprosess hvor et samfunn av mikroorganismer danner biogassen fra det organiske råstoffet. Biogassproduksjon er ofte avfallshåndtering, noe som gjør at det organiske råstoffet koster lite. I tillegg til produksjon av biogass lager et biogassanlegg også en næringsrik biorest som kan brukes som gjødsel i landbruket. Det finnes i Norge i dag rundt 40 biogassanlegg. Biokraft på Skogn, som er det nyeste anlegget, er verdens største produsent av flytende biogass. I tillegg til biogassproduksjon, produseres det i Biokraft fornybar biogjødsel ved å utnytte avfall og biprodukter fra industri. Bedre utnytelse av sidestrømmer som ressurs er viktig for å få til sirkulære råvarekretsløp.

I det nasjonale forskningssenteret Bio4Fuels jobber forskere med å komme frem til løsninger som kan redusere klimagassutslipp fra transportsektoren ved å realisere bærekraftig og økonomisk produksjon av biodrivstoff.

Trenden i Norge er at personbiltrafikken blir elektrifisert. Dermed er biodrivstoff mest interessant for tungtransport, skipsfart og fly. Selskapet Hurtigruten skal bygge om en del av sine skip slik at de kan bruke biogass som drivstoff og de har inngått en avtale med Biokraft om levering. Biogass kan også i prinsippet brukes som drivstoff innen romfart.

Industriell bioteknologi er i vekst i Norge, men det er et stykke fram før dette er en bransje med en produksjon som nyttiggjør resursene i stor skala til nye lønnsomme produktporteføljer. Det er fortsatt behov for forsknings-innsats, men det er også behov for politiske rammevilkår (for eksempel innblandingskrav for biodrivstoff). Det er stort behov for både pilotanlegg og større demonstrasjonsanlegg for utprøving og implementering av produksjon i stor industriell skala. Per i dag benyttes Borregaards pilotanlegg, men på sikt må det sikres både finansiering og kompetanse for drift av et slikt anlegg. Investering i pilot- og demonstrasjonsanlegg er en viktig forutsetning for å lykkes med utvikling av industriell bioteknologi. Det er også behov for å legge forholdene til rette slik at det lønner seg å investere i produksjon i Norge.

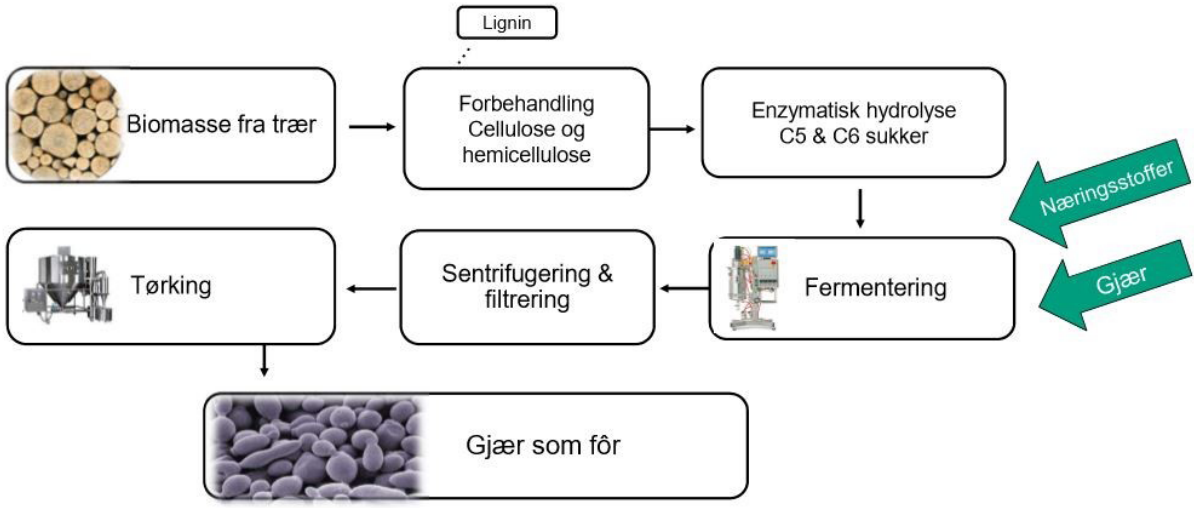
3.1.2.2. Fôr til fisk og husdyr

Norsk akvakultur er i rask ekspansjon og videre vekst må være miljømessig og økonomisk bærekraftig. Forutsigbar tilgang på fôrråvarer som er egnet til å dekke næringsbehovet, er en nøkkelfaktor for utnyttelse av næringens utviklingspotensial. Tilgangen på marine fôrråvarer som fiskemel og fiskeolje er begrenset, og norsk akvakultur er i økende grad avhengig av importerte fôrråvarer. Norsk husdyrproduksjon er også avhengig av importerte proteinkilder, som utgjør over 90 prosent av total mengde protein i kraftfôret. Norsk produksjon av proteinrike råvarer til husdyrfôr må derfor styrkes hvis selvforsyningsgraden skal opprettholdes eller økes. Det er derfor strategisk viktig å utvikle alternative proteinkilder som kan erstatte importerte plantebaserte råvarer. Det forventes at mikrobielle fôrkilder med gode og stabile kvalitetsegenskaper kan bli kommersielt viktige næringskilder til fisk og husdyr i løpet av overskuelig framtid. Det er også her et stort behov for investering i både pilotanlegg og større demonstrasjonsanlegg for utprøving og implementering av fôrproduksjon i stor skala. Etablering og drift av felles infrastruktur er en forutsetning for raskere vei fra innovasjon til produksjon av fôrråvarer i full skala.

Gjennom bioraffinering og fermenteringsteknologi kan en produsere proteinrik gjær fra karbohydratene i lignocellulose [8]. Slik produksjon av gjær bør være en del av et bioraffineringskonsept rettet mot totalutnyttelse av lignocellulosisk biomasse. Dette ville innebære at også lignin-fraksjonen må utnyttes til for eksempel produksjon av biodrivstoff (se Figur 1).

Gjær med over 50 prosent protein er produsert ved NMBU og i Borregaards pilotanlegg. Gjæren dyrkes på sukker fra cellulose og hemicellulose, med hydrolysater fra makroalger (tare) eller animalske biprodukter som mineral- og nitrogenkilde [9, 18]. Videre prosessering av gjær for å bryte ned cellevegger gir en godt fordøyelig proteinkilde. Forskning ved NMBU har vist at gjær kan utgjøre minst 30 prosent av fôret til laks, tilsvarende om lag 40 prosent av proteinet. Disse gjærtypene kan ha gunstig effekt på immunforsvar, helse og robusthet hos laks og gris i kritiske livsstadier [19, 20]. Slik kan det utvikles produkter som styrker akvakultur og husdyrnæringer, samtidig med økt lønnsomhet i skogbruk og tilknyttet industri.

3.1.2.3. Mikrobiell mat



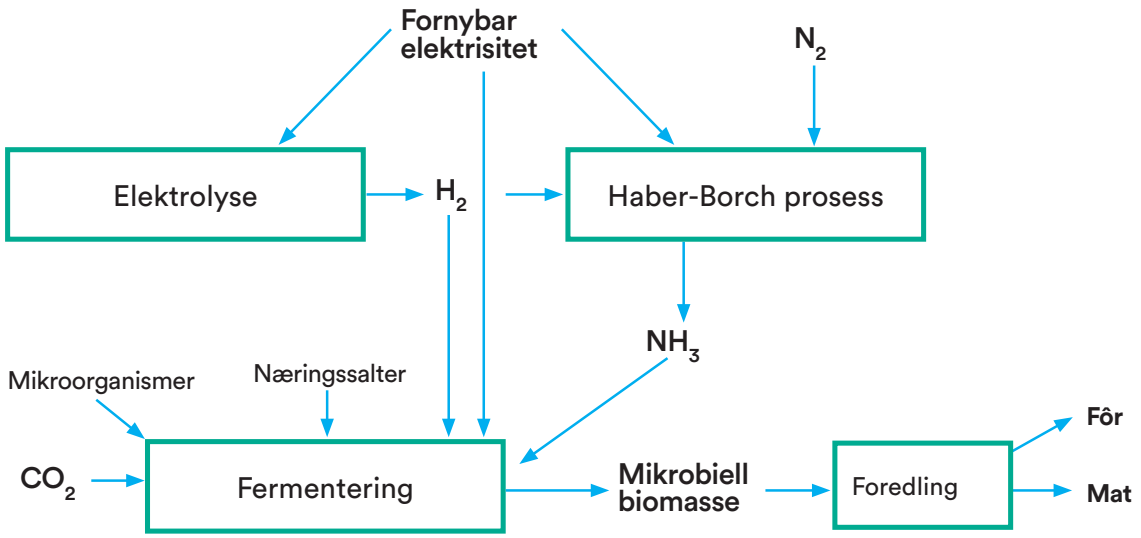
Verdikjede fra trær til fôr. Kilde: Foods of Norway

Mikroorganismer kan bli dyrket i bioreaktorer på sukker og næringssalter for å produsere mikrobiell biomasse. Denne biomassen vil være rik på protein, fett, mineraler og vitaminer og kan brukes som fôr (se nedenfor) eller mat. På denne måten kan en produsere mat i en bioreaktor, men i motsetning til matproduksjon på et jorde kan mikrobiell mat dyrkes døgnet rundt hele året og overalt. Innsatsfaktorene er sukker, oksygen og næringssalter. I Norge kunne det være naturlig å bruke lignocellulose som sukkerkilde og muligens tare som en kilde til næringssalter. Mat basert på mikrobiell biomasse vil være vegansk og ha et lavt klimaavtrykk. Det finnes i dag slike produkter på markedet, for eksempel Quorn som er laget av en mikrobiell sopp og produseres i Storbritannia. I Norge er fermentering i industriell skala omtrent fraværende, og denne typen industri vil måtte bygges opp hvis mikrobiell matproduksjon skal realiseres.

3.1.3. Nye muligheter fram mot 2050

Produksjon av mikrobiell mat som skissert over er fremdeles avhengig av fotosyntesen siden disse mikroorganismene vokser på sukker. Men det finnes også mikroorganismer som kan vokse på en blanding av H_2 (eller elektrisitet direkte), CO_2 og næringssalter. H_2 kan bli produsert ved hjelp av elektrolyse ved å bruke fornybar strøm, noe vi har mye av i Norge. H_2 kan også brukes til å fiksere N_2 fra atmosfæren for å lage NH_3 (Haber-Borch prosessen). I Norge har vi en kompetanse innen industriell bioteknologi hvor enzymer og mikroorganismer benyttes til å framstille blant annet matprodukter. På denne måten kan en i et lengre perspektiv se for seg å frikoble matproduksjon fra fotosyntesen og klassisk jordbruk. Figur 2 illustrerer dette konseptet for produksjon av mat og fôr.

Økende etterspørsel etter vegansk mat kan gjøre det lønnsomt å investere i mikrobiell mat. Det er behov for investering i produksjon og markedsutvikling. Eksportmuligheter vil sannsynligvis være avgjørende for å oppnå et tilstrekkelig volum for å oppnå lønnsomhet.



Figur 2. Nytt konsept for produksjon av mat og fôr fra CO2 og elektrisitet.

3.2. Presisjonsavl

Ved avlsarbeid kan en sikre ønsket og riktig utvikling av husdyr, planteproduksjon og oppdrett gjennom et målrettet genetisk foredlingsarbeid. NMBUs forskning over mange ti-år har bidratt til at Norge har et internasjonalt ledende genetikkmiljø som har utviklet avansert metodikk innen genetisk foredling. Sekvensering av genomer innen våre viktige husdyr og planter gjør at det nå utvikles meget avanserte metoder for å bedre våre husdyr, fisk og planter med hensyn til blant annet produksjon, effektivitet, ressursutnytting, robusthet, helse, kvalitet og klimaavtrykk. Totalt sett bidrar dette til en kostnadseffektiv matproduksjon. Avlsarbeidet har ført til en dobling av tilvekst, produksjon og ressursutnytting, og gitt oss verdens beste dyrehelse. Dette har også resultert i en signifikant eksport med stor økonomisk verdi for Atlantisk laks, svin og melkekyr.

De norske avlsprogrammene inkluderer både produksjonsegenskaper og helsegenskaper. De norske landbruksbaserte avlsorganisasjonen har utviklet gode databaser (blant annet gjennom husdyrkontrollen) som gjør det mulig å drive et effektivt avlsarbeid, som gir resultater i genetisk materiale med høy helsestatus og god produksjonseffektivitet. Norske avlsorganisasjoner er ledende i å selektere for a) sykdomsresistens mot mastitt hos storfe b) moregenskaper og fruktbarhet hos griser c) produksjonseffektivitet og sykdomsresistens hos laks og d) planteavl tilpasset de unike nordiske vekstforhold. Dette er avgjørende bidrag til en bærekraftig utvikling innen disse produksjonene. Genetisk forbedring resulterer i betydelig forbedring av effektivitet og dermed redusert klimabelastning av matproduksjonen. Norsk svineproduksjon har i dag et årlig utslipp av om lag 390.000 CO_2-ekvivalenter; et betydelig lavere utslipp (om lag 160.000 CO_2-ekvivalenter mindre) enn med en svineproduksjon med genetisk materiale fra 1960.

Det ligger et stort potensial i å videreutvikle metodikk og teknologi innen avl. Stikkord her er sekvenserte genomer, bruk av mer avansert måleteknologi (for eksempel sensorer, bildeanalyse), avansert bioinformatikk, statistikk, modellering, maskinlæring og kunstig intelligens. Ett av grunnlagene for den grønne og bærekraftige veksten er å utvikle presisjonsavl innen det biologiske materialet.

Landbruksrobot

Foto: Håkon Sparre

3.3. Digitalisering i landbruket

Digitalisering, robotisering og kunstig intelligens vil gi nye verdikjeder innen matproduksjon. I dette avsnittet beskriver vi hvordan dette kan utvikle seg i primærproduksjonen i landbruket, men den digitale utviklingen vil også ha store innvirkninger på øvrige deler av verdikjeden i matproduksjon. Det betyr at digitalisering er en svært viktig del av framtidig både bærekraftig og effektiv matforedling og distribusjon av forbrukerpakker mat. En kan også se for seg en rask videreutvikling av mer lokalprodusert og lokaldistribuert mat, delvis fordi rask innhenting av store mengder data og kraftige databehandlerverktøy gir helt nye forretningsmuligheter.

Digitalisering vil bidra til å effektivisere og forbedre mange av de viktigste verdikjedene vi finner i landbruket i dag. I tillegg til en ren forbedring av dagens drift, vil denne type teknologi være muliggjørende for å skape helt nye og innovative verdikjeder. Dette vil resultere i mer og bedre mat, mer bærekraftig produksjon og sunnere og mer sporbar mat for sluttbrukeren.

Behovet for å effektivisere landbruket skaper enorme markedsmuligheter. Vi forventer at mer enn én million roboter vil bli solgt kun til landbruket innen 2025, noe som fordrer en enorm vekst over de neste årene. Dette er ikke medregnet i anslagene i mulighetsstudiene. Norsk industri har her store muligheter ved å benytte kunnskap fra utvikling av avansert teknologi innen blant annet olje- og gassnæringen til å utvikle en ny industri med globalt potensiale. Vi ser allerede flere norske aktører som posisjonerer seg i dette markedet.

Fremtidens landbruk vil ha tilgang til enorme mengder informasjon som kan gi oss informasjon om tilstanden på jordet i sanntid. Når denne informasjonen blir systematisert og standardisert vil det være mulig å trekke ut intelligente beslutninger for å optimalisere driften. I dag er denne informasjon ikke tilgjengelig og heller ikke praktisk mulig å få tak i. Det er muligheter for å skape helt nye verdikjeder for å lage intelligente systemer som vil understøtte beslutninger, enten automatisk eller i samråd med bonden. Når selve driften av gården i tillegg blir automatisert vil dette gi muligheter innen helautomatisert drift.

Digitalisering vil være en av bærebjelkene i et moderne landbruk. Ved bruk at avanserte sensorer vil en kunne samle store mengder data. Det er grunn til å anta at det er mulig å bevege seg helt ned på plantenivå der flere parametere for hver enkelt plante kan måles. Dette gir enorme muligheter til å optimalisere driften da hver enkelt plante kan få tilført de innsatsmidlene som kreves for å vokse optimalt. Samtidig vil denne datamengden utgjøre en teknologisk utfordring både når det gjelder lagring og analyse.

Fremtidens gård vil være hel-digitalisert der det er full kontroll over alt som skjer ute på jordet og i fjøset. Det vil være mulig å få informasjon om kvalitet og volum på produksjonen som kan mates tilbake i systemet. Det vil gi en lukket sløyfe der handlingene ute på jordet vil være bestemt av avanserte algoritmer som optimaliserer kvaliteten på sluttproduktet. Full digitalisering gjennom hele verdikjeden gir derfor nye muligheter og gi grobunn for teknologiske nyvinninger.

Ny teknologi vil føre til flere nye produksjonsmetoder i landbruket, blant annet gjennom bruk av avanserte sensorsystemer og robotikk. Dette vil i seg selv være positivt da det vil gi bedre og mer effektiv produksjon, men det vil også føre til en lang rekke nye produkter og verdikjeder. Bedre arealutnyttelse og mindre påvirkning på miljøet, i kombinasjon med økt avling, vil gi rom for økt produksjon. Rent konkret kan en se nye forretnings-muligheter for produksjon på arealer som i dag ikke er lønnsomme.

Foto: Pål From

Ny teknologi

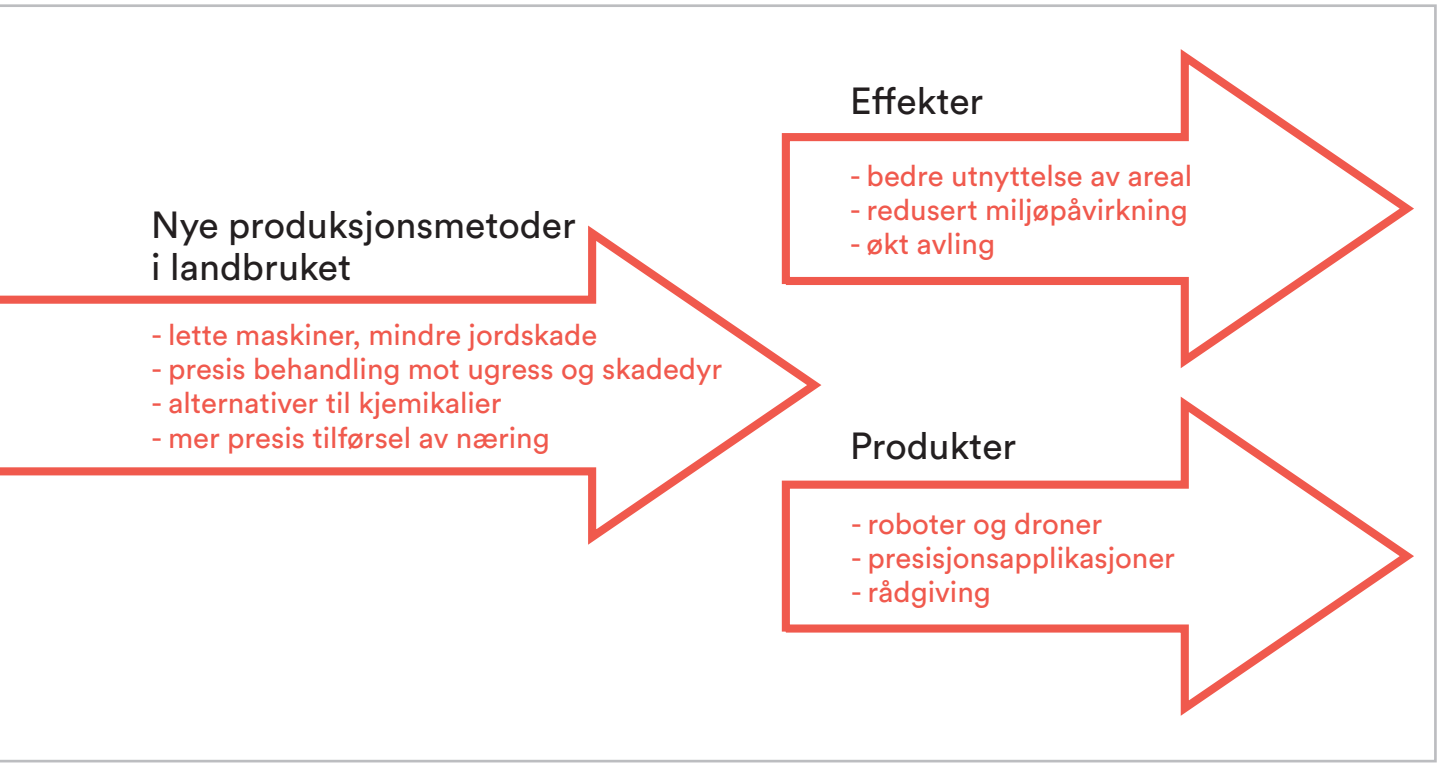
- robotteknologi
- sensorer og data
- AI, maskinlæring

Ny teknologi i landbruket. Kilde: NMBU

Det ligger også et stort potensial i nye produkter i landbruket, både innen software og hardware. Roboter og droner vil innta landbruket og operasjoner i landbruket vil være styrt av intelligent styring og presisjonsapplikasjoner. Planter vil bli behandlet på individnivå når det kommer til gjødsling, vanning og innhøstingstidspunkt som vil gi en helt ny industri innen presisjonsverktøy for landbruket. Store avanserte systemer som holder alt dette under oppsyn og optimaliserer driften vil også føre til nye verdikjeder og nye mulige forretningsområder.

3.4. Fortrinn og barrierer

Norge har gode konkurransefortrinn, god tilgang til bioressurser, avansert teknologiutvikling og høy faglig kompetanse som er viktig grunnlag for videreutvikling av bioøkonomien. Biomasse fra jordbruk, skog og hav er grunnlag for industrielle produkter, mat og energi og kan i fremtiden utgjøre en viktig del av verdiskapingen i hele landet. Det vil skape nye arbeidsplasser. Dersom Norge skal nå målet om et lavutslippssamfunn i 2050, må klimagassutslipp reduseres betydelig. En økt utnytting av skog og tareskog i havet kan bidra til en overgang til bioøkonomien og reduksjon av klimagassutslippene. Biomasseressurser er begrenset og har alternative og konkurrerende anvendelser. Utvalgte biobaserte verdikjeder beskrevet i rapporten vurderes å være av særlig interesse for å utvikle et bærekraftig, klimasmart og mer effektivt landbruk og havbruk.



Utvikling av nye næringer og/eller verdikjeder krever tilrettelegging av rammebetingelser, av kompetanse og kultur og ikke minst kapital for investeringer i produksjon og marked. For at alle de omtalte teknologiene skal lykkes må det investeres i kompetanseutvikling, forskning og infrastrukturoppbygging. Det er stort behov for både pilotanlegg og større demonstrasjonsanlegg for utprøving og implementering av fôr- og biodrivstoffproduksjon i stor industriell skala. For å lykkes med digitalisering i landbruket må det investeres i utvikling av digital infrastruktur. Investering i pilot- og demonstrasjonsanlegg samt digital infrastruktur er en viktig forutsetning for raskere vei fra innovasjon til kommersialisering.

Det er behov for tilgang på risikovillig kapital som allokeres til unge bedrifter i vekst. I tillegg kreves det økt kompetanse på innovasjon og entreprenørskap, prosjektledelse og forretningsutvikling for å løse utfordringene samfunnet står overfor.

Det er viktig med tett samarbeid med industrielle partnere for å lykkes med kommersielle løsninger. Det er vesentlig å arbeide med regulatoriske forhold i forbindelse med blant annet bruk av bioprodukter i mat. Det må legges til rette for investeringer i produksjon og markedsforhold for å lykkes.

Foto: Håkon Sparre

4.
Mulighetsstudier – bærekraftig utvikling av landbruk og bioøkonomi frem mot 2050

Forfattere: Rolf Røtnes og Jørgen Steen; Samfunnsøkonomisk Analyse AS

I dette kapitlet er fire utvalgte biobaserte verdikjeder med sterk kunnskaps- og teknologiutvikling analysert.

Verdiskaping betyr i økonomisk sammenheng den verdi arbeid og kapital i en virksomhet tilfører et produkt. Verdiskapingen måles som verdien av en virksomhets produkt, fratrukket verdien av all vareinnsats fra andre (underleverandører). For landet som helhet summerer alle virksomheters verdiskaping seg opp til brutto nasjonalprodukt (BNP). Netto nasjonalprodukt beregnes på samme måte, men en tar da hensyn til at kapital forringes over tid (slites). Netto nasjonalprodukt blir dermed BNP fratrukket kapitalslit. Verdiskaping er et inntektsbegrep og deles mellom lønn/betaling til alle sysselsatte, avkastning til kapitaleierne (inklusive långivere) og det offentlige gjennom skatt og avgifter.

Anslagene i analysene tar utgangspunkt i en modell som er basert på framskrivninger av eksisterende trender i norsk arbeidsmarked og norsk økonomi fram mot 2050. Målene i denne type framskrivninger er primært formulert ut ifra fortidens behov og kan beskrives som «business as usual»-scenario. Med det politiske kravet om en reorientering mot store globale utfordringer, kan framskrivninger av eksisterende trender være altfor konservative. En kan ikke forutsi fremtiden, men en kan utvikle kompetanse som gjør det lettere å forberede seg på ulike fremtidsscenarioer.

Mulighetsstudiene ble gjennomført av Samfunnsøkonomisk Analyse AS (SØA) og er basert på innspill fra arbeidsgruppen hvor fire teknologiområder ble drøftet. De fire teknologiområdene ble valgt utfra modenhetsgrad for næringsmessig utnyttelse, størst potensial for fremtidig verdiskaping og potensial for utvikling av mer bærekraftig landbruk og havbruk.

På grunn av en begrenset ramme for utredningen, har det ikke vært anledning til å få utført slike analyser på flere teknologiområder.

4.1. Tallfesting av scenarioer

Dette kapittelet tar som utgangspunkt at lovende forskning og teknologiutvikling beskrevet over får både teknologiske og markedsmessige gjennombrudd. Gitt at teknologiutviklingen viser seg vellykket, anslås realistiske næringsmessige virkninger for Norge i form av sysselsettings- og verdiskapingsvirkninger. Effekter av teknologigjennomslag er beregnet innenfor følgende fire teknologier:

- Omdanning av skogbasert biomasse til biodrivstoff
- Bioraffinering av bioressurser til mikrobiell mat og fôr
- Presisjonsavl basert på genetisk forskning
- Utvikling av robotbasert produksjonsteknologi

Foto: Who Dares

Den næringsmessige betydningen av de mulige teknologiske og markedsmessige gjennombruddene som er beskrevet over, må forholde seg til underliggende endringer i alle andre næringer i økonomien. Utgangspunktet for beregningen av verdiskapingseffekter av teknologiområdene er at norsk verdiskaping vil ha en utvikling fram mot 2050 i tråd med utviklingen i tilgjengelig arbeidsstyrke, og ventet utvikling innen produktivitet og sammensetning av næringer. Dersom de teknologiske gjennombruddene gir grunnlag for næringsvirksomhet som er mer lønnsom enn eksisterende, er det grunn til å regne med at de både blir realisert og bidrar til å øke verdiskapingen i forhold til hva som ellers vil være tilfelle.

Dette kapittelet vurderer hva som kan være det ekstra verdiskapingsbidraget som nevnte teknologiske og markedsmessige gjennombrudd gir grunnlag for. Anslagene tar utgangspunkt i en modell som framskriver norsk arbeidsmarked og norsk økonomi fram mot 2050. Med denne modellen er det laget en referansebane for utviklingen i norsk økonomi, i tråd med henholdsvis:

- SSBs anslag for Norges befolkning i alderen 20-66 år.
- Arbeidsmarkedsdeltakelse i 2050 tilsvarende gjennomsnittlig arbeidsmarkedsdeltakelse for aldersgruppen 20-66 år i 2003-2018, det vil si at det for eksempel hverken blir flere eller færre uføre eller tidlig pensjonering enn gjennomsnittet for de siste 15 årene.
- Trendforlengelse av endringer i alle nasjonalregnskapsnæringer som gjennomsnittet for de siste 15 årene, noe som betyr at både produktivitetsendringer og markedsendringer i de ulike næringen trendforlenges til 2050.
- Korrigert for kjente betydningsfulle endringer som tilsier at trendforlengelse er lite aktuelt. I disse tilfellene er trendforlengelsene justert med utgangspunkt i annen kunnskap. Det er blant annet tatt hensyn til fall i petroleumsinvesteringer utover 2020-tallet, fall i byggeaktivitet i tråd med sannsynlige boligprognoser og teknologiske endringer i varehandelsnæringene. Det er også korrigert for mindre næringer som har hatt en særskilt utvikling de siste årene og hvor det er liten grunn til å tro at disse endringene vil vedvare.
- Beregningen av verdiskapingsbidrag i 2050 følger samme logikk. I referansebanen legges det til grunn den samme gjennomsnittlige årlige vekst i verdiskaping per sysselsatt fram mot 2050 som de siste 15 årene. Alle beregninger gjøres i faste 2018 kroner.

Beregningene har tatt utgangspunkt i at de teknologiske gjennombruddene som drøftes tidligere i rapporten viser seg i form av både nyinvesteringer i enkeltnæringer, produktivitetsutvikling og styrket konkurranseevne i flere næringer.

Det er forutsatt at dette gir opphav til sysselsettingseffekter, som innebærer at sysselsettingen (årsverk) i de aktuelle næringene avviker fra referansebanen fordi de teknologiske gjennombruddene finner sted.

I tillegg vil teknologien, som flere av gjennombruddene innebærer, gi en økning i produktiviteten i enkelte næringer utover hva som har vært tilfelle de siste 15 årene.

Både referansebanen og scenarioet for vekst i bioproduksjoner forutsetter samme samlede sysselsetting for Norge, jf. forutsetningene over. Basert på denne forutsetningen vil økt sysselsetting i de aktuelle næringene innebære at sysselsettingen og tilhørende verdiskaping i øvrige næringer reduseres tilsvarende.

Når det gjelder verdiskapingseffekter, er det viktig å merke seg at etablering av ny næringsaktivitet kun øker norsk verdiskaping dersom den nye produksjonen har høyere verdiskaping per sysselsatt enn produksjon som

den benyttede arbeidskraften og kapitalen alternativt hadde blitt nyttet til. Dersom det er omvendt – det vil si dersom den nye næringsaktiviteten har lavere verdiskaping enn gjennomsnittet for norsk næringsliv – vil verdiskapingen i 2050 bli lavere enn hva den ellers ville ha vært. En situasjon med lavere verdiskaping knyttet til ny industri kan oppstå om lønningene er lave, eventuell statsstøtte er vedvarende høy og/eller kapitalen får meget lav avkastning, dvs. at investorene bommer i sine antagelser om lønnsomhet.

For å beregne (brutto) verdiskapingseffektene av anslåtte næringsendringer, er det sammenlignet to situasjoner i 2050:

A. 2018-verdiskapingen per årsverk for den trendforlengede verdiskapingen i 2050 (referansebane), og
B. Samme 2018-verdiskapingen per årsverk i 2050, men med justert sysselsetting og verdiskaping som følger av de nevnte teknologiske gjennombruddene.

Verdiskapingseffektene anslås som avviket mellom situasjon B og A. Forutsetningene for den justerte verdiskapingen i situasjon B beskrives under. Disse består av en kvantifisert tolkning av mulige konsekvenser for sysselsetting og verdiskaping av teknologiske gjennombrudd som er beskrevet i kapittel 3.

Samlet anslås det at alle de teknologiske gjennombruddene beskrevet over gir en økt **sysselsetting** i berørte næringer på 2 700 årsverk, og en tilhørende **ekstra verdiskaping** (brutto verdiskapingseffekt) på **40 milliarder kroner**. Den store forskjellen mellom bioøkonomiens bidrag til vekst i sysselsetting og verdiskaping skyldes at det er lagt til grunn at flere bioøkonomiske teknologier bidrar til økt produktivitet i flere berørte næringer. Viktigst for resultatet er at bedre presisjonsavl bidrar til økt produktivitet i både landbruk og akvakultur.

Fordi sysselsettingen vil øke i næringer som er positivt berørt av de teknologiske gjennombruddene og gå ned i andre næringer som må avgi arbeidskraft, vil nettovirkningen på sysselsetting per definisjon bli 0. Men verdiskapingsbidraget for Norge bli betydelig, selv om det blir lavere enn bruttobidraget. Forskjellen følger av at andre næringer må avgi ressurser til voksende biobaserte næringer. Samlet netto verdiskapingseffekt anslås til 37 milliarder kroner.

4.2. Resultater fra mulighetsstudier for fire utvalgte biobaserte verdikjeder

4.2.1. Omdanning av skogbasert biomasse til biodrivstoff

Forskning på klimagassutslipp fra transportsektoren er drevet av behovet for overgang til klimanøytralt drivstoff for å realisere bærekraftig og økonomisk produksjon av biodrivstoff. Selv om elmotorer har vokst mye innen personbiler i Norge, vil det globalt mest sannsynlig være behov for forbrenningsmotorer i en rekke sammenhenger i flere tiår. Spesielt i flytransport er det vanskelig å se for seg en stor overgang til annet drivstoff i overskuelig framtid. Det kan likevel tenkes at gjennombrudd innen andre framdriftsteknologier enn forbrenningsmotorer etter hvert opphever behovet for biobasert drivstoff. I så fall frigjøres ressurser til bruk i andre biobaserte teknologier, som f.eks. fôringredienser (se nedenfor).

NMBU forfølger flere hovedruter for å utvikle lønnsomme metoder for å omdanne biomasse, spesielt GROT, lavkvalitetsmassevirke, sidestrømmer fra treindustri og andre biologiske ressurser som råstoff for ulike former for biodrivstoff, jf. omtale i kapittel 3.

Anslag for verdiskapingsbidraget fra denne forskningen kan ta utgangspunkt i allerede besluttede investeringer i produksjon av bioolje. Det forutsetter at investorer nå eller i framtiden har tro på et stort markedspotensial i flere år. Markedspotensialet er ikke begrenset til Norge, men er globalt og for Norges vedkommende spesielt i Europa. Det kan legges til grunn at potensialet er større enn foreløpige offentlige investeringer.

Norske GROT ressurser er ikke uendelige og ulike anvendelser av spesielt GROT vil konkurrere med hverandre. Både eksisterende og eventuelt nye biokjemiske anlegg (som forutsatt over), samt flere anlegg for biodrivstoff, vil konkurrere om ressursene. Tilveksten i Norge er imidlertid langt høyere enn dagens avvirkning (dobbelt så høy). Anvendelse av treindustriens biprodukter som sagflis innebærer også betydelige ressurser. Det er derfor råstoff tilgjengelig for betydelig vekst til produksjon av biobaserte produkter, gitt at det kan frambringes effektivt nok til å sikre lønnsom foredling.

Det legges til grunn og forutsettes at det i løpet av det neste tiåret er realistisk å regne med flere anlegg for produksjon av biodrivstoff. Beregningsmessig er det lagt til grunn at det investeres i nye anlegg som til sammen utgjør i underkant av 600 årsverk, noe som tilsvarer 10 prosent økning i forhold til referansebanen for kjemisk industri. Verdiskapingsbidrag beregnes ved å anta tilsvarende verdiskapingen per årsverk som i kjemisk industri.

I og med at produksjonen av bioolje i stor skala representerer helt nye verdikjeder, er det rimelig å forvente oppkomst også av leverandør og kunnskapsbaserte tjenester tilknyttet denne nye næringen. For å anslå denne effekten er det antatt at ulike kunnskapsnæringer vil levere tjenester inn til de nye næringene i samme grad som slike næringer leverer tjenester til dagens kjemiske industri (andelsmessig). Anslaget er basert på nasjonalregnskapets kryssløpstabeller.

Som følge av at produksjon av biodrivstoff forutsetter økt bruk av GROT, vil aktiviteten i skogbruket øke. Det legges til grunn at aktiviteten i skogbruk og tilknyttet virksomhet vil øke med 10 prosent utover referansebanen.

Basert på forutsetningene over tilsier et kommersielt gjennombrudd for biodrivstoff basert på norske bioressurser at sysselsettingen i berørte næringer øker med om lag 1 400 årsverk og at verdiskapingen i 2050 øker med omlag **5 milliarder** 2018-kroner utover hva det ellers ville ha hatt (brutto verdiskapingseffekt for Norge). I anslaget er det ikke tatt hensyn til kommersielle gjennombrudd for øvrige teknologier omtalt i dette kapitlet.

4.2.2. Bioraffinering av bioressurser til mikrobiell mat og fôr

Basert på NMBUs forskning legger en til grunn at det lar seg gjøre å utvikle produksjon av mat og fôr basert på mikrobiell biomasse, jf. kapittel 3. Det finnes i dag slike produkter på markedet, men i beskjeden skala. I Norge må fermentering i industriell skala bygges opp fra grunnen.

Det er grunn til å anta at dette lar seg gjøre i et 10 – 15 års perspektiv. Drivkreftene for et kommersielt gjennombrudd antas å være økende etterspørsel etter mat og behov for nye råstoffkilder til fôr til oppdrettsnæringen. Etterspørselen fra norsk og internasjonal oppdrettsindustri kan være spesielt viktige som følge av at næringen vokser og at det er behov for nye proteinkilder. Markedet forutsettes å være globalt.

Det er lagt til grunn at råstoffene både er den delen av trevirke som i dag har lavest verdi, det vil si GROT, men også andre biologiske råstoffer som tang og tare.

---

[1] Se omtale av Biozins investeringer her.

[2] Statistisk vil slike biobaserte anlegg klassifiseres som kjemisk industri.

Samlet legges det til grunn at økende etterspørsel etter og teknologiske gjennombrudd innenfor produksjon av mikrobiell mat og fôr gir grunnlag for lønnsom produksjon.

Omfanget av ny produksjon må ta hensyn til at det vil ennå ta relativt lang tid til teknologien gir grunnlag for kommersiell produksjon. Det er lagt til grunn at etterspørselen etter mikrobiell mat og fôr gir grunnlag for en produksjonsenhet på i underkant av 400 årsverk i 2035, noe som er om lag det halve av dagens produksjon ved Borregaard. Anslaget tilsvarer 2 prosent økning i forhold til referansebanen for næringsmiddelindustri. Verdiskapingsbidrag beregnes ved å anta tilsvarende verdiskapingen per årsverk som i næringsmiddelindustrien.

Som en følge av at det er anslått at det etableres et helt nytt produksjonssystem, er det grunn til å regne med også økte leveranser av nytt utstyr og kunnskapstjenester til den nye verdikjeden, som igjen vil innebære ny nærings-virksomhet. For å anslå denne effekten er det antatt at ulike kunnskapsnæringer vil levere tjenester inn til de nye næringene i samme grad som slike næringer leverer tjenester til dagens næringsmiddelindustri (andelsmessig). Anslaget er basert på nasjonalregnskapets kryssløpstabeller.

Det er tatt hensyn til at råstoffet også har konkurrerende anvendelse og krever en effektiv logistikk for å bli hentet ut lønnsomt. Det er også lagt til grunn at skognæringen må øke aktiviteten knyttet til å hente ut GROT og annet trevirke som alternativt hadde blitt liggende. Beregningsmessig er det anslått at denne ekstraaktiviteten øker årsverksbruken i skognæringene med om lag 3 prosent utover referansebanen.

Basert på forutsetningene over tilsier et kommersielt gjennombrudd for mikrobiell mat og fôr basert på norske bioressurser at sysselsettingen i berørte næringer øker med om lag 700 årsverk og at verdiskapingen i 2050 øker med omlag **1,7 milliarder** 2018-kroner utover hva det ellers ville ha hatt (brutto verdiskapingseffekt for Norge). I anslaget er det ikke tatt hensyn til kommersielle gjennombrudd for øvrige teknologier omtalt i dette kapitlet.

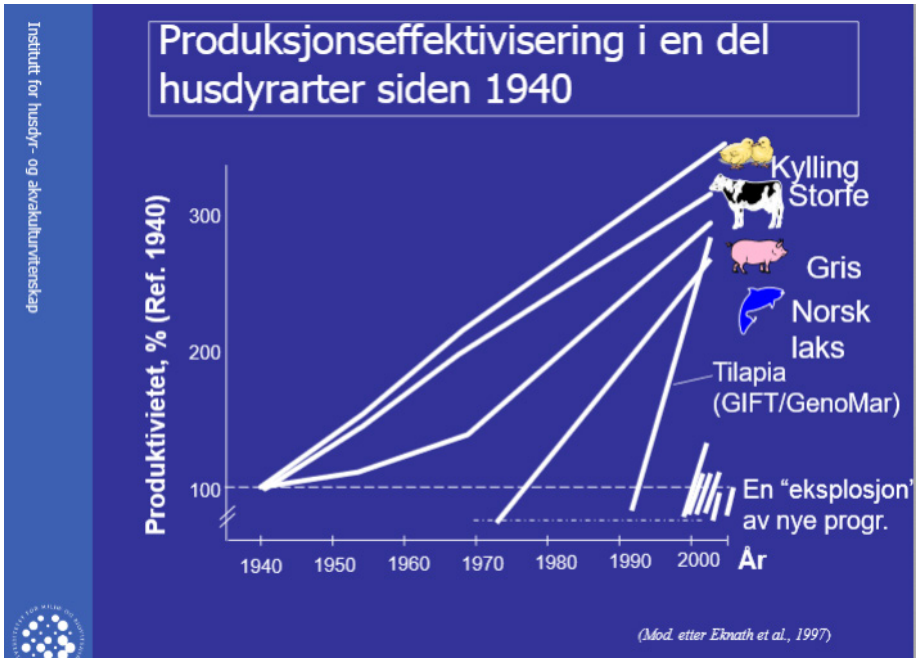
4.2.3. Presisjonsavl basert på genetisk forskning

Forskning på presisjonsavl har pågått lenge i Norge og verden for øvrig. Avlen har bidratt til stadig høyere produktivitet i all matproduksjon. Norge har også spesialiserte selskaper, for eksempel Geno, Norsvin, Norsk sau og geit, Aquagen, Salmobreed, Graminor, som selger både kunnskap (genetikk) og genetisk materiale. Nye samfunnsmessige utfordringer utfordrer dagens tilnærminger og skaper behov for mer presise og avanserte avlsmessige tilnærminger.

En trendforlengelse av norsk jordbruk i tråd med produksjons- og produktivtetsutviklingen de siste tiårene tilsier en vesentlig mindre jordbrukssektor i 2050 enn i dag. Det motsatte er tilfelle for norsk fiskeoppdrett. Anslaget tilsier at sysselsettingen i norsk jordbruk i løpet av de neste 30 årene vil reduseres til en fjerdedel av hva det er i dag, mens fiskeoppdrett vil mer enn dobles.

Presisjonsavl vil bidra til økt produktivitet i jordbruk og fiskeoppdrett. Det vil bidra til målrettede endringer knyttet til produksjon, produktkvalitet, helse, ressursutnytting og klimatilpassing i tråd med globale utfordringer og befolkningens preferanser. Denne avlsmessige framgangen knyttet til økt kvalitet og preferanser, vil slå ut i høyere pris per produkt enn hva som ellers ville ha vært tilfelle. Basert på kunnskapen presentert i kapittel 3 legger en til grunn at presisjonsavl bidrar til at produktivitetsøkningen knyttet til bedre avl i de to berørte

[3] Statistisk vil mikrobiell mat klassifiseres som næringsmiddelindustri.



Produksjonseffektivisering i en del husdyrarter siden 1940.

Kilde: Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, NMBU

næringene blir 50 prosent høyere i årene framover. Produktivitetsframgang i de to næringen skyldes også andre faktorer. Den ekstra økningen i produktivitet knyttet til bedre avl er anslått til å utgjøre 1,6 prosentpoeng og 0,35 prosentpoeng på årlig basis for henholdsvis jordbruk og fiskeoppdrett.

Basert på forutsetningene over knyttet til presisjonsavl anslås verdiskapingen i jordbruket å øke med **14 milliarder** 2018-kroner utover hva som ellers ville ha vært tilfelle. Verdiskapingen innen fiskeoppdrett anslås å øke med **19 milliarder** 2018-kroner utover hva som ellers ville ha vært tilfelle. I anslaget er det ikke tatt hensyn til kommersielle gjennombrudd for øvrige teknologier omtalt i dette kapitlet. Sysselsettingen er antatt å følge referansebanen.

4.2.4. Utvikling av robotbaserte produksjonsteknologi

En vesentlig produksjonsbegrensning i norsk landbruk vil i årene framover være tilgang på arbeidskraft til arbeidskrevende aktiviteter, spesielt høsting av bær, frukt og grønnsaker, men også annen jordbruksproduksjon. I følge NMBU har i dag 20 prosent av jordbærene i deler av verden ikke blitt høstet på grunn av varierende og mangelfull tilgang på arbeidskraft. Forskning på avanserte robotløsninger vil redusere denne flaskehalsen dersom den får gjennomslag, jf. kapittel 3.

Robotteknologiske løsninger vil også ha betydelig etterspørsel internasjonalt, i tråd med alle vellykkede arbeidsbesparende teknologier. Landbruket er ekstremt arbeidsintensivt og mulighetene for kostnadsreduksjoner tilsvarende store.

Forskningen ved NMBU indikerer at det kan forventes teknologiske gjennombrudd innen robotikk på flere områder, spesielt innen høsting av bær, frukt og grønnsaker.

Det legges til grunn at de neste tiårene gir oppkomst av minst ett kommersielt vellykket robotikkselskap. Dersom et produksjonsselskap får et kommersielt gjennomslag i Norge er det rimelig at det også vinner fram innen

nisjemarkeder internasjonalt. Det legges til grunn at det skjer i løpet av neste ti-års periode og omfanget blir om lag som vellykkede robotselskaper i dag. Det er tallfestet et omfang av et slikt selskap til 400 årsverk, noe som tilsvarer om lag robotsselskapet Universal Robots A/S i Danmark.

I tillegg kommer økning i enkelte kunnskapsbaserte tjenester tilpasset denne nye norske verdikjeden. Effekten er anslått til å være like stor som produksjonen i seg selv.

Det er lagt til grunn at innfasing av ny robot-teknologi styrker produktiviteten i deler av landbruket. Virkningen av denne effekten er ikke hensyntatt eksplisitt, men er en begrunnelse for at referansebanen i norsk jordbruk innebærer så stor sysselsettingsnedgang som den gjør. Effektene av norsk produksjon av robotteknologi er dermed en effekt av at det utvikles kommersielle selskaper på dette området i Norge, i tillegg til hva som uansett trolig vil komme internasjonalt.

Basert på forutsetningene over tilsier et kommersielt gjennombrudd for norske robotteknologiselskaper at sysselsettingen i berørte næringer øker med om lag 800 årsverk og at verdiskapingen i 2050 øker med omlag **2,5 milliarder** 2018-kroner utover hva vi ellers ville ha hatt (brutto verdiskapingseffekt for Norge). I anslaget er det ikke tatt hensyn til kommersielle gjennombrudd for øvrige teknologier omtalt i dette kapitlet.

4.3. Samlede virkninger for de fire biobaserte verdikjeder

I anslagene over er det lagt til grunn at all vekst er basert på at vekstnæringene henter ressurser fra husholdnings-rettete tjenestenæringer. Det betyr at alle såkalte basisnæringer, det vil si næringer som i prinsippet kan handles over lange avstander, holdes fast. Når sysselsetting og verdiskapingen øker i utvalgte næringer vil andre næringer avgi ressurser. Forutsetningen om at utviklingen i basisnæringene holdes fast, innebærer at det er husholdnings-rettede tjenester av ulike slag som avgir ressurser til vekstnæringene.

Samlet anslag av de teknologiske gjennombruddene beskrevet over gir en **ekstra sysselsetting** i berørte næringer på 2 700 årsverk og en tilhørende **ekstra verdiskaping** (brutto verdiskapingseffekt) på **40 milliarder** 2018-kroner. Når konsekvensen av alle verdiskapingseffektene nevnt over sees i sammenheng får, kommer en frem til at norsk verdiskaping (netto verdiskapingseffekt) blir om lag **37 milliarder** 2018-kroner høyere i 2050 enn hva som ellers vil være tilfelle.

Det må understrekes at alle kvantitative anslag for framtidig verdiskapingseffekt og produksjon basert på forventet teknologi-, og markedsutvikling, vil være meget usikre. Kvantitative anslag må derfor sees som illustrasjoner av mulige utviklingsforløp, gitt de forutsetningene som er lagt til grunn i denne analysen.

5.
Kompetansebehov for fremtidens arbeidsliv

De globale utfordringene som befolkningsvekst og teknologisk utvikling krever at vi samhandler og skaper nytt på tvers av tradisjonelle fagområder og etablerte strukturer. En verden i rask endring stiller høye krav til omstilling og kontinuerlig læring. Utdanningssektoren må utdanne kandidater som har erfaring i å arbeide tverrfaglig, samarbeide på tvers av sektorer og fagområder og har kompetanse om kritisk tenking. Samfunnet har behov for økt kompetanse på innovasjon og entreprenørskap, prosjektledelse og forretningsutvikling. Fremtidens utdanning bør fokusere mer på kompetanse om, vilje og mot til og forståelse for viktigheten av å starte nye bedrifter. Et samarbeid mellom utdanningssektoren og næringslivet er viktig for å sikre kompetanse for fremtidens arbeidsliv.

Studenter skal utrustes med e**t tankesett for bærekraft**. De skal ha kunnskap, kompetanse og ferdigheter som kreves for å møte de store globale samfunnsutfordringene. Dette vil kreve mer åpenhet og samspill med omverdenen rundt universitetene, både med privat og offentlig sektor og innad i sektoren. Utstrakt **internasjonalt samarbeid** er en forutsetning for å lykkes. Flere og bedre arenaer for samspill og samarbeid med privat og offentlig sektor innen utdanning vil være viktig fremover.

Kandidater fra universitetene må være kompetente, reflekterte og ha internasjonalt perspektiv som kan bidra til endring og utvikling. Det krever at vi utfører forskning på høyt internasjonalt nivå og har forskningsgrupper som er blant de internasjonalt ledende. De legger grunnlaget for en **forskningsbasert utdanning.** Videre må det legges til rette for at forskningen og utdanningen gir innovasjon og verdiskapning for en bærekraftig samfunnsutvikling. Internasjonalt samarbeid, forskermobilitet og utveksling av studenter må fortsette å øke og det må utvikles mer strategisk samarbeid med internasjonalt og nasjonalt anerkjente aktører innenfor våre fagfelt.

De globale utfordringene vi står overfor krever at vi samhandler og skaper nytt på tvers av tradisjonelle fagområder og etablerte strukturer. Dette betyr at kandidatene må få erfaring i **å arbeide tverrfaglig**. Dette forutsetter at våre fremtidige studenter har solid faglig dybde innen sin disiplin eller sitt fag. Samtidig må de lære hvordan de samarbeider med kolleger og partnere med annen bakgrunn for å løse problemstillinger og for å skape noe nytt.

Det digitale samfunn transformerer våre liv, vår tilværelse og fremtid. En stadig økende strøm av digital informasjon, tilgang til store datamengder og analysekapasitet, automatisering, kunstig intelligens og utvikling av smarte samfunn, definerer og beskriver et mulighetsrom og en utfordring for bærekraftig utvikling. Dette vil kreve at vi fremmer kompetanse om **kritisk tenking og utvikling av demokratiske verdier** i møtet med økende informasjonsstrømmer og store samfunnsendringer.

En verden i endring stiller høye krav til **omstilling og kontinuerlig læring**. Dette gjelder så vel for studenter og ansatte, som for samfunnet rundt oss. Arbeidstakere må ha mulighet for å lære hele livet. Kontinuerlig læring må være en del av arbeidshverdagen. Utdanningen må vektlegge læring som prosess og der ansvar for egen læring står sentralt. Både undervisere, forskere og studenter i fremtiden må ha god innsikt i hvordan læring oppstår og hvordan kompetanse bygges. Dette vil også virke inn på hvordan ledelse utvikles og hvordan organisasjoner utvikler sin arbeidsform [21].

6. Oppsummering

Rapporten synliggjør potensialer for økt omsetning i de bioverdikjedene som bygger på det norske jordbrukets, skogbrukets og havbrukets ressurser og forutsetninger.
Rapporten beskriver fire utvalgte eksempler på verdikjeder med tilhørende teknologier som er sentralt forankret ved NMBU og mulighetsstudier tilknyttet disse. Tallfestet potensial for verdiskaping viser at samlede effekt for de fire biobaserte verdikjeder analysert i rapporten vil øke brutto verdiskapingen i berørte næringer med 40 milliarder kroner i 2050.
Disse resultatene støtter tidligere publiserte tallfestede potensialer for verdiskaping, og tyder på at norsk jordbruk, skogbruk, akvakultur og bioteknologi under gitte forutsetninger kan bidra til en betydelig økt omsetning i norsk bioøkonomi fram mot 2050.

Utvikling av nye verdikjeder kan skje raskere ved tilrettelegging av rammebetingelser, stor satsing på kompetanse blant annet på innovasjon og entreprenørskap og ved tilgang til kapital for investeringer i produksjon og marked. Investering i pilot- og demonstrasjonsanlegg for oppskalering av produksjon samt innovasjonsbygg som møteplass og katalysatorer for fremvekst av ideer er en viktig forutsetning for rask utvikling av nye næringer.

7. Referanser

[1] SSB. Steinset TA, 2017. Frå attåtnæring til milliardindustri. https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/artikler-og-publikasjoner/fra-attatnaering-til-milliardindustri

[2] Regjering, 2019. https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/

[3] Skog- og miljøinformasjon fra Landsskog-takseringen, Nøkkeltall 2014-2018. NIBIO. https://www.nibio.no/tema/skog/skog-og-miljoinformasjon-fra-landsskogtakseringen/Nøkkeltall

[4] Melding til Stortinget no. 6 (2016 – 2017) Verdier i vekst. Konkurransedyktig skog- og trenæring. https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-6-20162017/id2515774/

[5] Hillestad ME & Smedshaug CA, 2018. AgriAnalyse. Rikere og renere - ny industri for velferdsstaten. Rapport 3.

[6] Olofsson G, 2015. Skog 22. Nasjonal strategi for skog- og trenæringen.

[7] Granhus A et al., 2014. Tilgang på hogstmoden skog fram mot 2035. Ressursoversikt fra Skog og landskap 3/2014.

[8] Øverland M & Skrede A, 2016. Yeast derived from lignocellulosic biomass as a sustainable feed resource for use in Aquaculture. J. Sci. Food Agric. 97: 733-742.

[9] Shrama S et al., 2018. Microbial protein produced from brown seaweed and spruce wood as feed ingredient. J. Agric. Food Chem. 66 (3): 8328-8335.

[10] Bardalen A, 2016. Jordbrukets bidrag til bioøkonomien. NIBIO rapport 2(77).

[11] Hjukse O, 2018. Budsjettnemnda for jordbruket. Totalkalkylen for jordbruket. Jordbrukets totalregnskap 2016 og 2017, budsjett 2018. NIBIO.

[12] Knutsen H, 2017. Utsyn over norsk landbruk. Tilstand og utviklingstrekk 2017. NIBIO Bok, vol.3 nr. 10.

[13] SSB. Rognstad O, Løvberget AI & Steinset TA, 2015. Landbruket i Norge. Jordbruk – Skogbruk – Jakt.

[14] Øverland JI, Dyrkingsveiledning - Oljevekster, Norsk Landbruksrådgiving. https://kornforum.nlr.no/media/3235145/dyrkingsveiledning-oljeraps_rybs_es.pdf

[15] Almås K, 2012.Verdiskaping basert på produktive hav i 2050. DNKVS/NTVA.

[16] Stiftesen Matmerk, 2019. https://www.matmerk.no/cms/files/5593/rapport-for-lokalmatsalg-2019.pdf

[17] Vaaje-Kolstad G et al., 2010. An oxidative enzyme boosting the enzymatic conversion of recalcitrant polysaccharides. Science 330: 219-222.

[18] Øverland M et al., 2013. Evaluation of Candida utilis, Kluyveromyces marxianus and Saccharomyces cerevisiae yeasts as protein sources in diets for Atlantic salmon (Salmo salar). Aquaculture 402-403: 1-7.

[19] Grammes F et al., 2013. Candida utilis and Chlorella vulgaris counteract intestinal inflammation in Atlantic salmon (Salmo salar L.). Plos One 8 (12): 1-13.

[20] Øverland M et al., 2019. Marine macroalgae as sources of protein and bioactive compounds in feed for monogastric animals. J. Sci. Food Agric. 99: 13-24.

[21] NMBUs strategi for 2019-2023. https://www.nmbu.no/om/strategi/2019-2023

Redaksjon:

Øystein Johnsen (leder)
Ragnhild Solheim
Anna Lewandowska-Sabat
Birger Kruse
Jan Olav Aarflot
Ole-Jørgen Torp

Arbeidsgruppe:

Margareth Øverland
Gro Steine
Pål Johan From
Svein Jarle Horn
Ågot Aakra
Odd Vangen
Peer Berg
Kari Kolstad

01122019 Foto omslag: Håkon Sparre, Design: Kommunikasjonsavdelingen