

Foresight rapport Biodrivstoff og bioenergi

Stort program
Fremtidens rene energisystem - RENERGI

Store programmer

Forskningsrådets
satsing på nasjonalt
prioriterte områder



Foresight 2007

Biodrivstoff og bioenergi

En rapport fra prosjektet Foresight 2007
i regi av RENERGI-programmet i Forskningsrådet.

-

En av tre delrapporter

Forord

Forskningen skal være nyttig i en fremtid vi ikke kan vite noe sikkert om. Noe av det viktigste Forskningsrådet gjør, er derfor å behandle fremtiden seriøst og systematisk. Foresight er et av flere metodiske virkemiddel som gjør dette mulig. Forskningsrådet gjorde dette for første gang på energifeltet i 2005, og foresightprosessen *Energi 2020+* var etter vår vurdering en givende prosess i den forstand at den gjennom en bred og kreativ prosess gav et godt fundament for de langsiktige vurderingene av våre forskningstemaer.

Prosessen i 2005 omfattet hele det mangfoldige energifeltet. Den runden vi nå har gått i 2007 er mer fokusert og gjort ut i fra et behov for å vurdere de langsiktige utviklingstrekkene på noen prioriterte forskningsområder:

1. Biodrivstoff
2. Bioenergi
3. Offshore vindkraft
4. Solelektrisk

Prosessen har vært krevende, men av mindre omfang og har inkludert færre folk enn sist. Den har blant annet innbefattet beskrivelser av *nåtilstand og idealiserte fremtidsbilder*. Denne beskrivelsen av en tilstand i fremtiden hvor vi har lyktes og hvor visjonene er blitt virkelighet, har så vært utgangspunkt for å svare på: Hva skjedde? Hva var de sentrale gjennombruddene? Hva var norske aktørers rolle? Hvilke beslutninger gjorde vi og når, for at dette skulle skje?

Konklusjonene står foresightgruppene selv ansvarlig for. Studiene vil gå inn som viktig underlagsmateriale i Forskningsrådets budsjettarbeid og programstyrenes strategi- og prioriteringsarbeid. De vil også brukes som sentrale innspill i *Energi21*-prosessen som er initiert av OED og som skal konkludere i februar 2008.

Forskningsrådet vil takke bedrifter, organisasjoner og enkeltpersoner som har bidratt med ressurser og kunnskap.

Oslo, september 2007

Anne Kjersti Fahlvik
Divisjonsdirektør
Norges Forskningsråd

Innhold

FORORD	1
SAMMENDRAG	3
1 HAGEDUGNAD EN VINTERDAG I 2027	6
2 NÅTILSTAND - NORSK BIOENERGI ANNO 2007	8
2.1 Nåtilstand - biomasse	8
2.2 Nåtilstand – biovarme, biokraft og foredlet biobrensel	11
2.3 Nåtilstand - biodrivstoff	13
3 ET UTVIKLINGSSCENARIO FOR NORSK BIOENERGI – 2007-2027	17
3.1 Biomasse – fra gjengroing til mønsterbruk	17
3.1.1 2007-2012: Oppvåkningen.....	17
3.1.2 2012-2020: Økt produksjon, økt lønnsomhet og strengere miljøkrav	18
3.1.3 2020-2027: Et avansert og bærekraftig mønsterbruk	20
3.2 Biovarme og biokraft – fra spredte forsøk til stor industri.....	21
3.2.1 2007-2012: Storstilt varmeutbygging	21
3.2.2 2012-2020: Biomasse integreres i CO2-fri gasskraft og kullkraft	23
3.2.3 2020-2027: Elproduksjon i fokus.....	25
3.3 Biodrivstoff og bioraffineri – fra norske skoger til Spanias ørken	26
3.3.1 2007-2012: Import, oljeuro og pilotanlegg	26
3.3.2 2012-2020: Fullskala anlegg basert på norsk trevirke	28
3.3.3 2020-2027: Ekstern energi tredobler utbyttet.....	30
3.4 Andre utviklingstrekk med relevans for bioenergi	33
4 NORSK BIOMASSEINDUSTRI ANNO 2027	34
4.1 Råstoff og logistikk	34
4.2 Biovarme og biokraft	35
4.3 Biodrivstoff og bioraffineri	36
5 STRATEGISKE GREP OG VIKTIGE HANDLINGER I PERIODEN 2007-2027	37
5.1 Myndigheter	37
5.2 Forskning.....	40
5.3 Næringsliv	41
6 FORSKNINGSOPPGAVER	43
6.1 Biomasse - hovedområder	43
6.2 Biovarme, biokraft og foredlet biobrensel – hovedområder	43
6.3 Biodrivstoff og bioraffineri – hovedområder.....	43
DELTAKERE I PROSESSEN OG I UTARBEIDELSEN AV RAPPORTEN	45
APPENDIKS A: KONKRETE FORSKNINGSOPPGAVER	46
REFERANSER	50

Sammendrag

Situasjonen for bioenergi i Norge i 2007 er preget av stor interesse og opptrappende aktivitet, men med utgangspunkt fra et lavt nivå. Vi utnytter i 2007 bare en relativt liten del av produksjonskapasiteten i skogen til bioenergi. Norge er et av de få landene i Europa med store uutnyttede skogressurser. Samtidig akselererer tilveksten på grunn av et gradvis våtere og varmere klima. I landbruket går all produksjon til mat og dyrefôr.

Også innen industri og forskning er bioenergi i en tidlig fase. Men vi har mye relevant kunnskap og erfaring å bygge på, og vi har energisystemer og infrastruktur som ligger godt til rette for å bygge ut og integrere bruken av bioenergi, både innen biovarme, biokraft og biodrivstoff.

En bioenerginasjon i 2027: En vellykket satsing på bioenergi gjennom 20 år forvandler Norge til en bioenerginasjon, også i et internasjonalt perspektiv. Vi tar i bruk de ledige biomasseresursene på en bærekraftig og miljøvennlig måte, særlig det store ledige potensialet i skogen.

Mot slutten av perioden gir dette oss en årlig leveranse på 5,5 TWh biokraft og 6 TWh ”ny” biovarme. I tillegg deponerer vi på norsk sokkel årlig nesten tre millioner tonn CO₂ fra biomasse. Dermed har vi også begynt prosessen med å trekke tilbake noe av all CO₂en som er sluppet ut i atmosfæren, etter snart 200 år med bruk av fossil energi.

30 prosent av all transportenergi: Norsk produksjon av biodrivstoff basert på norske råvarer vokste fra 2007 til 2027 fra nesten null til hele 18 TWh. I 2027 dekker dette ca. 30 prosent av all transportenergi som selges i Norge, inkludert forbruket innen skipsfart og luftfart, pluss et lite eksportoverskudd. Globalt har biodrivstoffandelen kun nådd 15 prosent i 2027. Det store drivstoffutbyttet er blitt mulig takket være tredjegerasjons teknologi som tilfører hydrogen, elektrisk energi og/eller prosessdamp i tillegg til biomassen. Dette førte til en tredobling av utbyttet sammenliknet med anleggene som var vanlige fra 2012 til 2020, hvor man ”brant opp” halvparten av den stadig dyrere biomassen i konverteringsprosessen.

Milliardinntekter basert på FoU: Norsk FoU innen bioenergi ble tidoblet fra 2007 til 2017. Målt i andelen av BNP, fortsatte FoU-veksten innen bioenergi helt til 2022, hvorpå den ble liggende på et stabilt høyt nivå. Halvparten av miljøene innen petroleumsforskning skiftet fokus til forskning på konvertering av biomasse innen 2017.

Norske bioenergiforskere hadde mange store og viktige oppgaver gjennom perioden. Det ble gjort avgjørende og til dels banebrytende framskritt både innen skogskjøtsel, driftsteknikk og innen en rekke avanserte konverteringsveier for biomasse. Ofte ble også de beste og mest unike forskningsresultatene patentert og kommersialisert, noe som etter hvert skapte store inntekter - også fra salg i utlandet. Noen av de største industriaktørene etablerte også produksjonsanlegg på attraktive steder i utlandet. I 2027 gir salget av lisenser og andre rettigheter i utlandet pluss inntektene fra norske produksjonsanlegg i utlandet en årlig norsk verdiskaping på 20 milliarder kroner. Det vil si mer enn inntektene fra den innenlandske produksjonen.

Unike norske posisjoner: Særlig StatoilHydro Biofuels vellykkede etablering av to produksjonsanlegg i Spania generer i 2027 store inntekter. Der bruker man gigantiske termiske solkraftverk, som ved hjelp av konsentrerende reflektorer produserer billig elektrisk strøm og prosessdamp. Energien brukes til å gassifisere, rense, syntetisere forskjellige typer biomasse til ulike biodrivstoffkvaliteter.

En annen viktig utvikling, er at norske forskere og norsk industri har vært en internasjonal spydspiss i det å integrere biomasse med fossil energi i kraftvarmeverk med prosesser for CO₂-håndtering.

Bioenergi har i løpet av 20-årsperioden styrket og befestet sin rolle som en viktig brikke i kampen mot klimaendringene og i prosessen med å komme over i et fornybart energisystem. I 2027 er det også blitt klart at bioenergi, sammen med offshore vindkraft og elektrisk strøm fra solenergi, vil sikre at Norge også etter petroleumsalderen vil være en ledende energinasjon.

”Statens pensjonsfond – Energi”: Strategiske grep og handlinger fra norske myndigheter var helt avgjørende for at norske aktører på mange viktige delområder ble verdensledende i løpet av disse 20 årene. Den første tiden førte den målrettede opptrappingen av bevilgningene til FoU innen bioenergi både til nyttige og viktige framskritt og en stor oppbygging av kompetanse, i form av forskere, forskningsmiljø og teknologibedrifter. I 2007 hjalp det lite å si at Norge burde bruke milliarder fra oljefondet på å investere i norske bioenergibedrifter. Det var nesten ikke noe å investere i.

Heldigvis endret dette seg raskt i årene fra 2010 og utover. Dermed fikk det nye statlige investeringsfondet for energibedrifter, ”Statens pensjonsfond – Energi”, etter hvert mange svært lønnsomme investeringsmuligheter, også her hjemme. Fondet ble etablert i 2010 etter en omlegging av det tidligere ”Statens pensjonsfond – Utland”, som bare fikk investere i utlandet. Omleggingen førte at en betydelig andel av olje- og gassinntektene ble investert i norske selskap innen fornybar energi. En av fordelene med dette fondet sammenliknet med rene private investorer, var blant annet at man for framtidrettede selskap innen fornybar energi aksepterte en lengre tidshorison, enn det som er normalt i vanlig bedriftsøkonomisk tankegang.

Sammenheng mellom mål og midler: Langsiktighet i form av å etablere en sammenheng mellom mål og midler, var en viktig fellesnevner for mye av den vellykkede virkemiddelbruken som stimulerte til teknologiutvikling og økt bruk av bioenergi. Et eksempel her, er oppfølgingen av stortingsvedtaket i 2010 om biodrivstoff basert på norske råvarer. Det ble da vedtatt at minst halvparten av biodrivstoffet vi skulle bruke i 2020, skulle komme fra norske råvarer. Samtidig med dette vedtaket, ble det bevilget ekstra forskningsmidler for å nå målet. Dette utløste blant annet etableringen SFI-en Center for Synthetic Fuels based on Biocarbon året etter, og en rekke koordinerte forskningsprosjekter som gjorde at vi klarte å nå det vedtatte målet.

TRANSNOVA: En styrket koordinering, og kommunikasjon mellom de ulike aktørene, var også en viktig forbedring i den første perioden. Det gjaldt særlig prosjekter som fikk finansiering fra Innovasjon Norge, ENOVA og TRANSNOVA. TRANSNOVA ble opprettet i 2009 for å fremme mer miljøvennlig transport og mer miljøvennlige energibærere og energisystemer i transportsektoren. TRANSNOVA gav blant annet investeringsstøtte til en lang rekke viktige demonstrasjons- og pilotanlegg for biodrivstoff.

Elavgift og CO₂-avgift: Målet om en innenlandsk CO₂-reduksjon på 20 prosent innen 2020, som ble vedtatt av Stortinget i 2008, viste seg å være et svært viktig grep. I kjølvannet av dette vedtaket, ble det iverksatt en rekke nasjonale reguleringer som alle bidro til utslippsreduksjoner og omlegging til fornybar energi. Et av de viktigste enkeltvedtakene, var da Stortinget bestemte at elavgiften skulle økes med en øre for hvert år fra og med 2008.

Parallelt med mange konkrete, målrettede incentiv, gjennomførte myndighetene også en gradvis opptrapping av CO₂-avgiftene. I tillegg ble CO₂-avgiftene etter hvert utjevnet, slik at man betalte like mye uavhengig av type bruk og type energibærere.

Langsiktige næringsaktører: For næringsaktørene var det også viktig å handle langsiktig, men da i form av å satse på langsiktig stigende trender, som for eksempel varmemarkedet og avfallsforbrenning. I tillegg var det viktig å bygge allianser i egen verdikjede og sørge for flere forskjellige typer inntekter. Det var også nødvendig å ha tilgang til en viss bufferkapital, særlig fordi viktige produkter som biodrivstoff og biobrensel svinger i takt med prisen på olje og gass uten at prisen på innsatsfaktorer svinger tilsvarende.

Stor avvirkning og opprettholdt karbonlagring: Innen forskning på produksjon av biomasse, har det viktigste området vært å utvikle skogskjøtsel og driftsteknikker som kombinerer stor tilvekst og avvirkning med god bevaring av karbon, næringsstoffer og naturmiljø. I nær tilknytning til dette, er effektive logistikk-løsninger og prosesser for eventuelt å tørke og komprimere biomassen før transport.

Avgassrensing, høy virkningsgrad og integrering med fossil energi: Innen stasjonær energiutnyttelse av biomasse, har mange av de viktigste forskningsoppgavene gått ut på å utvikle avanserte prosesser for redusere utslippene fra forbrenning av biomasse. I tillegg har forskere gjennom 20 år utviklet en rekke nye teknikker for å øke den elektriske virkningsgraden og totalvirkningsgraden i systemer for produksjon og distribusjon av biovarme og biokraft, samt utviklet effektive løsninger for å integrere biomasse i produksjon av fossil energi med CO₂-håndtering.

Stort drivstoffutbytte og avanserte bioraffineri: Innen biodrivstoff har utviklingen av effektive prosesser for produksjon av syntetiske drivstoff vært avgjørende, i form av blant annet mer effektiv gassifisering, gassrensing, syntetisering og prosesser for å øke utbyttet ved tilførsel av ekstern energi. I tillegg har norske forskere bidratt til en rekke nyttige framskritt innen syreprosesser, fermentering og annen avansert konvertering og raffinering av biomasse. Blant sluttproduktene er biodrivstoff, bioplast, næringsmidler, legemidler, tilsetningsstoffer, finkjemikalier og andre trekjemiske produkter.

1 Hagedugnad en vinterdag i 2027

Ida Jensen står opp tidlig denne lørdagen i mars. Hun har forberedt både mannen Stian og de tre barna Terje (9), Odd (7) og Randi (4) på dagens store prosjekt: Beskjæring av epletrær. Det er bare et halvt år siden de kjøpte det skrøpelige gamle huset med stor eplehage litt utenfor Sarpsborg. Og de åtte forsømte trærne i hagen trenger en grundig frisering. Heldigvis har Ida fortsatt litt kontakt med studievennen Martin, som er oppvokst med epledyrking i Hardanger og vet hvordan epletrær skal behandles. Martin har forklart at mars er et bra tidspunkt for å gjøre en kraftig beskjæring, og han har lovet å stå klar med kutteutstyr og spisskompetanse klokka ti i dag. Dermed er det bare å sørge for at alle er påkledd og bespiste i tide.

”Mamma jeg fryser”, sier Odd, som ligger i sofaen i bare trusa og feker med håndkontrollen til sin PS8. Trøtte sjuåringer anno 2027 har viktigere ting å drive med enn å kle seg på eget initiativ. Og akkurat denne morgenen er det faktisk litt småkalt i huset. Pelletsbrenneren slo seg visst av litt for tidlig til at solfangerne på taket rakk å overta. Huset er jo tross alt fra slutten av 1970-tallet, og det var jo lenge før passivhus ble standard. Men takket være det kombinerte pellets-sol-systemet som de forrige eierne fikk installert i 2017, så er heldigvis ikke oppvarmingskostnadene så høye. Ida har omsorg for sin småfrosne og late sønn og skrur opp et par grader med fjernkontrollen. Dermed slår pelletsbrenneren inn igjen og det tar det ikke mange minuttene før det er lunt og godt på kjøkkenet.

”Hvor stor henger skal jeg leie da”, spør Stian, som allerede har spist og kledd seg. ”Ta den største du får tak i”, svarer Ida, mens hun sjekker åpningstidene til det lokale biomottaket. Selv om tomte bare er på ca. ett mål, er det en god følelse å vite at familien nå kan levere egenprodusert biomasse med jevne mellomrom. Om sommeren blir det en del gress og småkvister fra hekker og busker, om høsten blir det først epler og deretter løv, og på seinvinteren blir det greiner og kvister fra frukttrærne. Alt kan leveres på det lokale biomottaket. At Ida er så engasjert i den nyervervede hagen er kanskje ikke så rart, siden hun er tidligere kjemiforsker og nå forretningsutvikler i Borregaard Refineries. Et mål frodig hage er selvsagt ikke nok til å skaffe familien alt den trenger av mat, pellets, drivstoff og biokjemiske produkter, men det monner da litt, og så er det stas å kunne være delvis selvforsynt på noen områder.

”Ding-dong” ljomer det i den gamle ringeklokka. ”Terje, Odd, Randi, nå er det slutt på spill og lek, løp og få på dere klær”, kommanderer Ida. Martin har med seg en kraftig hagesaks og en greinkutter med langt skaft. Og Stian som nå har kommet tilbake med ”verdens største tilhenger”, finner fram den nye batteridrevne motorsaga på teleskopstang. ”Jeg husker da jeg var barn, da brukte vi bensin på motorsagene. De bråket noe helt vanvittig, og likevel var de bare halvparten så kraftige som denne”, forklarer Stian til barna, som nå er klare for vinterens store hagedugnad.

Under kyndig veiledning fra den eplekyndige Martin og med stor energi, kutter og samler de greiner og kvister helt til den 10 kubikk store skaphengeren er smekk full. Og etter en liten pause og en kjapp tur på biomottaket rekker de å fylle den store hengeren enda en gang. På biomottaket kan man velge om man vil ha en tilgodelapp på syntetisk biodiesel eller bioetanol som kan innløses på en hvilken som helst bensinstasjon, eller kjøpe biovarer til reduserte priser. Ida insisterer på å hente ut biovarer med en gang, akkurat som når man leverer epler til pressing om høsten og får meg seg eplemost tilbake. ”Hente” er vel for så vidt litt feil ord å bruke. Det koster jo ganske mye å gjøre om kvist og kvast til biodrivstoff eller biobrensel. Men siden biomottaket regner en biomassepris på 60 øre/kWh, blir det faktisk en liten slant til husholdningskassa, selv fra en skarve eplehage på 1 mål. De to store tilhengerlassene fra Ida og familien kan veksles inn i følgende biovarer:

Ferdigvare	Pris	Normalpris
420 liter syntetisk biodiesel, levert i 20 liters plastkanner (kanner av bioplast)	18,50 kr/liter (1,93 kr/kWh)	22 kr/liter (2,30 kr/kWh)
205 liter bioetanol (må fylles direkte på kjøretøy av sikkerhetshensyn)	8 kr/liter (1,30 kr/kWh)	15 kr/liter (2,46 kr/kWh)
580 kg pellets (levert i småsekker a 10 kg)	2,60 kr/kg (60 øre/kWh)	4,30 kr/kg (1 kr/kWh)

Både Idas og Stians bil er av typen plug-in hybrid. Det vil si at de kan veksle mellom eldrift og flytende drivstoff, og at batteriene lades fra strømmettet når bilen står parkert. Resultatet er at bilene går på strøm mesteparten av tida. Det er bare på turer over 10 mil og når man kjører på veier med stor fart og behov for kraftig akselerasjon, at man må bruke forbrenningsmotoren. Det er også mest økonomisk å kjøre mest mulig på strøm. Selv om strømprisen nå er 1,50 kr/kWh inklusive nettleie, elavgift og moms, så koster flytende drivstoff enda mer per kWh. I tillegg er virkningsgraden mye høyere når man kjører på strøm. ”Flytende biodrivstoff er et fantastisk produkt, men det er på en måte et luksusprodukt, som vi må bruke der vi ikke har andre alternativer”, forklarer Ida til Martin. Hun sliter litt med å skille mellom jobb og fritid.

Etter litt grubling har Ida bestemt fordelingen mellom de ulike varene. Det blir full tank med bioetanol på Idas 7-seters bil, 10 sekker pellets og 12 stk. 20-liters kanner med biodiesel til Stians bil. Dermed har faktisk Stian diesel nok til et helt års forbruk. ”Nå er du selvforsynt med diesel fra egen hage – herlig!”, sier Ida

Grunnen til at det blir så mye mer biodiesel enn bioetanol er at diesel blir produsert på et tredjegenasjons anlegg som putter på masse elkraft, hydrogen eller glohet damp slik at nesten hvert eneste atom av biokarbon blir bygget om til diesel. ”Egentlig litt juks å kalle det biodrivstoff, når to tredjedeler av energien ikke har biologisk opphav. Men så lenge det er klimanøytral energi de putter på, så får det vel gå”, sier Borregaard-ansatte Ida, som naturlig nok sverger til sprit til sin bil.

2 Nåtilstand - norsk bioenergi anno 2007

Siden starten for ca 30 år siden – da begrep som bioenergi og bioenergiforskning ble introdusert, har en rekke stortingsmeldinger og utredninger berørt produksjon og bruk av biomasse til energiformål. Drivkraften var innledningsvis frykt for råstoffmangel til treforedlingsindustrien i Norden, og umiddelbart etter, frykten for en varig energikrise etter dramatiske sparetiltak på 70-tallet. De siste årene har den viktigste uttalte politiske drivkraften vært målet om å redusere Norges utslipp av klimagasser.

Målene for produksjon og bruk av ”skogsenergi” har blitt konkretisert og tallfestet flere ganger, og energimeldinger og strategiske planer inkluderer i dag ofte både sektorene energi, landbruk, miljø og samferdsel ut fra ulike behov og politiske mål. Nåtilstanden for bioenergi er preget av positive holdningsendringer, særlig de siste 5 årene. Årsaken er dels prisøkningen på andre, alternative energikilder og dels nye rammebetingelser med stimuli for økt produksjon og bruk av bioenergi.

Vi har i dag god dekning for å si at ”Norge gror igjen”. Tilveksten i norske skoger er mye større enn uttaket og det er fare for en dramatisk økning i antallet døde trær og død ved i skogen, på grunn av store mengder gammel og hogstmoden skog. I tillegg har vi en rekke andre kilder til biomasse og bioenergi som ikke blir utnyttet.

På anvendelsessiden finner vi fortsatt de store volumene i trebasert industri hvor man bruker restprodukter til å generere varme og til dels noe elektrisk strøm. I tillegg fyrer vi en del med ved. Men de siste årene har vi også sett en økende aktivitet når det gjelder bruk av skogsflis og annen biomasse til vannbasert bygningsoppvarming, samt bruk av skogsråvarer til produksjon av trepellets og annen biobrensel.

Når det gjelder biodrivstoff, er vi også i en opptrappingsfase, hvor import, både i form av ferdigvarer og energiråvarer, foreløpig representerer de største volumene.

Innen FoU finner vi de største miljøene ved-, og i tilknytning til Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB) på Ås, Institutt for energiteknikk (IFE) på Kjeller og NTNU/SINTEF/PFI i Trondheim. Aktiviteten er imidlertid av mindre omfang enn for eksempel det vi finner i Sverige og Finland. Næringsaktørens innsats innen FoU er primært å finne hos store industriaktører som Hydro og Borregaard.

2.1 Nåtilstand - biomasse

En ny industri

Skogeiersamvirket og skogindustrien, som tidligere har sett på bioenergi som en trussel, ser nå i større grad mulighetene. En videreføring mot nye konsepter som bioraffinerier, har vært tiltrekkende i lys av de siste års økonomiske problemer i tradisjonell treforedlingsindustri. Bioraffineriene produserer både trekjemiske produkter og energiprodukter. I tillegg har utbygging av ny, biobasert bygningsoppvarming, ført til en økende etterspørsel etter biobrensel. Man øyner et logistisk samspill mellom tradisjonell hogst/drift av massevirke og av energivirke, og tilsvarende en kobling mellom produksjonen av biodrivstoff, biobrensel og andre biomassebaserte produkter.

I løpet av få år er det etablert en ny skogindustri i form av fjernvarmeanlegg og biobrenselfabrikk. Dermed har skogbruket fått et nytt sortiment - energivirke, som stiller nye krav til skogskjøtsel og driftsteknikk.

I skogbruket er det nye entreprenører som har engasjert seg i drift av energivirke, i tillegg til ordinære tømmerdrifter. Dette inkluderer bruk av for eksempel flertreaggregater, ulike mobile flishoggere, buntmaskiner og nye løsninger for transport og logistikk.

Stort uutnyttet potensial

Målt i energimengde, er det samlede ressursuttaket fra jord- og skogbruk i Norge om lag 55 TWh per år. Ca 16 TWh av dette går til energiformål, mens resten går til trelast, treforedling mat og fôr.¹

I 2004 dekket produktiv skog under barskogsgrensa omtrent 74.000 km², eller 23 prosent av Fastlands-Norge. Løvskog og krattområder regnes også med i dette arealet, når tilveksten er over en viss grense. 1,3 prosent av den produktive skogen er vernet areal. Dersom vi fordeler det produktive skogsarealet på antall innbyggere, blir det ca. 16 dekar (mål) per person. Til sammenlikning har svenskene ca. 25 dekar produktiv skog per person.

Den samlede teoretiske tilveksten av biomasse i Norge er på hele 425 TWh, hvorav skog utgjør den største økonomisk utnyttbare ressursen. Drøyt 64 TWh er i form av skog, men langt fra alt er teknisk og økonomisk drivverdig. Total årlig avvirkning i skogen er, regnet etter energiinnhold, ca 24 TWh. Dette inkluderer 4-6 TWh virke som i stor grad tas ut til ved, som det finnes lite statistikk for. 40 TWh står altså teoretisk sett til rådighet for andre formål. Trevirke utgjør dermed en stor andel av det uutnyttede råvarepotensialet for bioenergi, men en rekke økonomiske, tekniske og miljømessige forhold bestemmer hvor stor andel av de 64 TWh som kan høstes hvert år. Etter våre beregninger, er et grovt anslag for det ledige, bærekraftige potensialet i den produktive skogen 20 TWh. I tillegg kan vi energiutnytte anslagsvis 2 TWh biomasse fra beitemark, veikanter og gjengroingsarealer.

Avvirkningen i Norge har vært stabil i flere tiår til tross for at den normerte prisen på tømmer er halvert siden 70-tallet. I den samme perioden har skogsdrift imidlertid blitt langt mer rasjonell og effektiv, mye på grunn av mer effektivt teknisk utstyr. Dette har i stor grad kompensert for de relativt sett fallende prisene på tømmer.

Norsk landbruk disponerer et jordbruksareal på 8.8 millioner dekar. Det vil si 3 prosent av landarealet, eller knappe to mål per innbygger. Beregninger viser at produksjonspotensialet omregnet til energi tilsvarer 30-40 TWh. Mesteparten av arealet utnyttes imidlertid allerede til produksjon av mat og dyrefôr. Den største ledige ressursen i jordbruket er trolig halm- og kornavrens som er anslått å kunne økes fra dagens 0,1 TWh til ca 2 TWh. I tillegg er det mulig å dyrke en del energivekster på arealer som ligger brakk og på arealer som allerede brukes til mat- og fôrproduksjon.

Det teknisk-økonomisk uutnyttede råvarepotensialet fra avfall utgjør til sammen ca 2 TWh. Disse energiråvarene består hovedsakelig av bio- og deponigass, rivningsvirke fra bygg og anlegg, samt avfall fra fiskeoppdrett, slakteri og næringsmiddelindustri.

I forbindelse med utarbeidelsen av rapporten "Fra biomasse til biodrivstoff. Et veikart til Norges fremtidige løsninger" ble det gjort et nytt overslag over de tilgjengelige biomasseressursene i Norge. Når det gjelder skogsråvarer, kan det være en utfordring å skille mellom importert og norskprodusert biomasse. I tabell 1 er importert massevirke og avfall fra importert massevirke holdt utenfor, slik at ressursmengdene i størst mulig grad representerer norskprodusert biomasse.

Tabell 1 oppsummerer forbruket og det teknisk-økonomiske potensialet for bioenergiressurser i Norge. Anslåtte årlige energimengder er omtrentlige verdier med en usikkerhetsfaktor på opp til +/- 20 prosent.

¹ Tall fra rapporten "Bioenergiressurser i Norge" (2003), <http://www.nve.no/FileArchive/210/oppdragsrapportA7-03.pdf>

Ressurs/anvendelse	Årlig energimengde	Råvarepris inkl. transport
Til energianvendelse i 2007:		
Treavfall innen treforedling og annen trebasert industri (varme og litt el.)	7 TWh	12-14 øre/kWh
Ved, pellets, briketter mv.	6 TWh	20-35 øre/kWh
Fjernvarme m.m. fra bioavfall og skogsflis	2 TWh	0-14 øre/kWh
Sum:	15 TWh	
Ikke utnyttet potensial:		
Rundvirke og GROT (grener og topper):	20 TWh	19-23 øre/kWh
Deponigass og annen avfallsenergi	2 TWh	0-50 øre/kWh
Halm:	2 TWh	10 øre/kWh
Beitemark, veikanter, og gjengroingsarealer	Ca. 2 TWh	
Sum:	Ca. 26 TWh	
Biomasse som kan bli delvis tilgjengelig for energiformål:		
Jordbruksproduksjon:	30-40 TWh	7-159 øre/kWh
Massevirke til treforedling (papir m.m.):	8 TWh	14-16 øre/kWh
Flis og annet treavfall som går til trebasert industri (sponplater m.m.):	4 TWh	Ikke beregnet
Sum:	40-50 TWh	

Tabell 1: Biomasseressurser i Norge**Utfordringer for økt uttak og produksjon**

Det er for tiden et politisk ønske om å ta i bruk de ledige biomasseressursene og øke produksjon og bruk av bioenergi i Norge. Samtidig viser det seg vanskelig å gjennomføre dette på kort sikt. Importert biomasse er ofte billigere, til tross for gode norske subsidier. Høy pris på norsk biomasse kan blant annet forklares med høye lønnskostnader og at den norske biomassen ofte er vanskelig tilgjengelig og spredt på svært mange eiere. I tillegg er mange skeptiske både til mer flatehogst i skogen og til en eventuell omlegging i jordbruket fra produksjon av mat og fôr til produksjon av energi.

Sverige starter inneværende år et prosjekt til 80 millioner svenske kroner, som i løpet en fireårs periode skal redusere produksjonskostnadene for skogsbrensel med 30 prosent og energiforbruket med 10 prosent.

Kompetanse i biomasseproduksjon

Norsk skogforskning er i startgropa med hensyn til å skreddersy en ny skogskjøtsel og en ny driftsteknikk som er tilpasset et nytt energisortiment og nye brukergrupper. Viktige oppgaver er å sikre en optimal næringsbalanse ved uttak av biomasse fra jord/skog, ved gjødsling av skog eller tilbakeføring av aske. I tillegg gjenstår mye utviklingsarbeid for å optimalisere organiseringen, logistikken og energisortimentet ved bruk av skogsvirke til energiformål.

Utfordringene for forskningsmiljøene har vært relatert til å forstå og eventuelt styre naturens lokale og globale kretsløp for næringsemner, avgasser og partikler. Det gjenstår mye forskning i det å forstå hvordan utnyttelse av biomasse bidrar til å redusere konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren. I tillegg trenger vi mer kunnskap om hvordan, og i hvor stor grad lokale og regionale utslipp i form av støv, NO_x, tungmetaller og dioksiner påvirker miljøet. Det vil også være nyttig å få mer kunnskap om hvordan klimaendringene vil påvirke norsk biomasseproduksjon.

Landbruks- og matdepartementet (LMD) legger i 2007 fram en nasjonal strategi for å øke Norges andel av bioenergi i det totale energiforbruket. Formålet er blant annet å stimulere næringsutvikling i landbruket og bidra til reduserte utslipp av klimagasser. Økt uttak av biobrensel vil også få betydning for enkelte indikatorer i Ministerkonferansen for beskyttelse av Europas skoger (MCPFE)². Eksempler er avsnittene om karbonlager (1.4), jord (2.2), død ved (4.5) og truede arter (4.8). Norge har forpliktet seg til å rapportere binding og utslipp av klimagasser som følge av arealbruksendringer og endringer i skog i sin årlige rapport til United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) og under Kyotoprotokollen for årene 2008 til 2012.

³På bakgrunn av ovenstående, er det et stort behov for å kartlegge de økologiske konsekvensene av fremtidig økt biomasseuttak for energiformål. Et slikt økt biomasseuttak vil kunne skje på mange forskjellige måter, både ved generell økning i hogst- og tynningsuttak, ved endret arealbruk og ved at hogstavfall som greiner, topper og stubber blir fjernet og benyttet til bioenergi.

Fra undersøkelser i Norge finnes det noen få forskningsresultater innen heltreutnyttelse, asketilførsel og bioenergi fra skog. Kunnskap fra Finland, Sverige og andre land tilsier at endringer i næringsbudsjettet etter biomasseuttak er helt avhengige av omfang og form på uttaket, når uttaket gjøres, samt forholdene på uttaksstedet. Forholdene kan beskrives ved treslag, bunnvegetasjon, jordbunnsforhold, topografi og klima. Forståelsen av de underliggende prosessene som muliggjør fremtidige prediksjoner er fortsatt mangelfull. Sammenlignet med våre naboland, har Norge spesielle naturforhold, for eksempel klimagrader sør/nord og øst/vest, store regionale topografiske variasjoner og kystnær lauv- og blandingsskog. Dette begrenser den direkte overføringsverdien av resultater av forsøk gjort andre steder.

2.2 Nåtilstand – biovarme, biokraft og foredlet biobrensel

Økende aktivitet innen biovarme og pelletsproduksjon

Privat vedfyring og biovarme innen trebasert industri er fortsatt de viktigste formene for stasjonær energianvendelse av biomasse i Norge. Men biovarme i form av fjern- og nærvarme, samt punkttoppvarming med pelletssystemer, er for tiden i rask vekst. Varmemarkedet er i rask forandring med nye aktører, mer foredlet brensel og med en økende interesse for bruk av vannbåren varme.

² http://www.skogoglandskap.no/artikler/2007/1169336590.81/print_view og <http://www.mcpfe.org/>

³ Toril D. Eldhuset, Norsk institutt for skog og landskap: Økologiske konsekvenser av økt biomasseuttak for bioenergiformål i Norge: Kunnskapsgrunnlag og forskningsbehov

Forskjellige typer biobrensler brukes til ulike formål. I større biobrenselanlegg benyttes i dag som regel flis og/eller bark som brensel. Flis og bark kan også bearbeides til brenselpellets, brikketter eller trepulver. Denne typen foredlet biobrensel har økt muligheten for å erstatte fyringsolje med biobrensel i alle typer bygninger med vannbåren varme (sentralfyring). Bruk av vannbåren fjernvarme har økt den siste tiden og det samme er tilfelle for antall pelletskaminer – ikke minst som følge av tilskudd fra det offentlige. Også innenfor landbruket og i forbindelse med større varmesentraler, er pellets oppfattet som et godt alternativ til fossilt brensel.

Innen utstørsproduksjon, har vi lenge hatt noen store aktører i Norge, og også her er aktiviteten økende. Tradisjonelle aktører som ovnsprodusentene Jøtul og Dovre, er meget aktive. I nær tilknytning til disse, kommer produsenter av kringrustning som kappe-, kløyve- og pakkeutstyr for fyringsved (Dalen-Lid Jarnindustri, Igland m.fl.). I tillegg har nylig Bionordic blitt etablert, den første norske produsenten av pelletskaminer.

Vi har også en kraftig vekst i produksjonskapasiteten for pellets, hvor mesteparten foreløpig blir eksportert, i første rekke til Sverige, men også til Danmark og Italia. Den totale norske produksjonskapasiteten for trepellets har det siste året økt med 35.000 tonn til 135.000 tonn. Produksjonskapasiteten for pellets representerer dermed en årlig energimengde på over 0,5 TWh.

Mens man tidligere vanligvis produserte trepellets fra tørr sag- og kutterflis, satser nye aktører nå på ordinært, ubarket rundvirke (massevirke). Hallingdal Trepellets, som i 2007 måtte gjenoppbygges etter brann, produserer pellets på denne måten. Bedriften, som startet i fjor, tørker flisa med overskuddsvarme fra Hallingdal Renovasjon.

Biokraft i startgropa

Når det gjelder biokraft, er det foreløpig få aktører som har et så stort varmemarked/ varmebehov samlet på ett sted at det er aktuelt med produksjon av elektrisk strøm fra biomasse. I tillegg er dagens støtteordning for biokraft på et så lavt nivå, at svært få aktører finner det lønnsomt å bygge ut slik kraftproduksjon. Likevel finnes det i 2007 noen få eksempler på produksjon av biokraft. Et eksempel er Solør Bioenergi Gruppen, på Kirkenær i Hedmark. De investerer nær 110 millioner kroner i et anlegg som allerede i 2007 skal kunne ta imot 25.000 tonn trevirke som er impregnert, malt eller på annen måte forurenset. Anlegget skal produsere både varme og elektrisk strøm. I små anlegg er det derimot vanskelig å produsere elektrisk strøm med god nok virkningsgrad med dagens teknologi.

Den største produsenten av biokraft i dag er den tradisjonelle treforedlingsindustrien, som ved forbrenning av egne biprodukter produserer elektrisk strøm for egen bruk og for levering på nettet. I tillegg til elektrisk strøm produsert fra forbrenning av fast biomasse, produserer noen avfallsdeponier biokraft fra deponigass for egen bruk og for levering på nettet.

Støtteordninger og nye allianser

ENOVA og Innovasjon Norge administrerer i dag ulike tilskuddsordninger for økt produksjon av bioenergi og økt stasjonær bruk av bioenergi. ENOVA organiserer sine støttemidler gjennom ulike investeringsprogram. Hos ENOVA er de mest relevante programmene innen bioenergi ”Varme – Foredling av biobrensel” og ”Varme”. Innovasjon Norge arbeider for økt verdiskapning innen bioenergi i landbruket og forvalter investeringsmidler fra LMD gjennom Bioenergiprogrammet. Midlene kan nyttes til investeringer, utredninger og kompetansehevede tiltak innen bioenergi.

En umiddelbar og betydelig utfordring i bioenergi-bransjen, er imidlertid den store mangelen på kvalifisert arbeidskraft innen undervisning, prosjektering og bruk av bioenergi. Dette møtes med et økende studietilbud ved nordiske universitet. Energigården AS, Brandbu (Senter for bioenergi) tilbyr ulike kurs som knytter teori og praksis innen bioenergi.

I 2007 registrerer vi også en regional tilnærming og allianser mellom parter som normalt ikke har hatt et tett samarbeid – for eksempel skogeierandelslag, energiverk og fylke. Dette har skapt ny interesse og tiltrukket nye drivkrefter. Eksempler er Grønn Varme (Hedmark), BIOREG (Hadeland), Norsk Biobrensel (Agder- og Telemarkregionen). Med en regional tilnærming kan de involverte parter lettere identifisere seg med mål og gjennomføring i sine nærområder, og med de fordeler det gir.

Gryende optimisme

To forhold som hittil har hemmet en økt produksjon og bruk av bioenergi i Norge, er lave elpriser og et svært lite utbygd fjernvarmenett. Men etter hvert som myndighetene i økende grad har gått inn med støtte til bygging av fjernvarmenett, nye biomassefyrte varmesentraler, pelletsproduksjon, pelletskaminer mv., er det blitt etablert et marked med nye og store aktører innen varmeproduksjon. Samlet stasjonær energianvendelse av biomasse er i 2007 ca. 15 TWh, (se også Tabell 2). Det råder i øyeblikket optimisme blant de som foredler og selger bioenergi.

2.3 Nåtilstand - biodrivstoff

Produksjon under opptrapping

Produksjon av første generasjon biodrivstoff, særlig biodiesel basert på planteoljer, trappes nå kraftig opp i Norge. Bakgrunnen for investeringene er at både Norge og de andre landene i Europa i økende grad innfører avgiftslettelse, omsetningspåbud og distribusjonspåbud for biodrivstoff. Fram til nå er en del biodiesel blitt produsert fra norske råvarer i form av fiskeavfall, men den store produksjonskapasiteten som etableres nå, blir i stor grad basert på importerte råvarer – primært raps og soya.

Estra i Trøndelag har lenge vært Norges største produsent av biodiesel. Bedriften produserte tidligere ca. 10 millioner liter i året basert på fiskeolje. De har nå stoppet denne produksjonen, dels fordi verdien av foredlet fiskeolje har økt og dels fordi biodiesel produsert fra fiskeolje gir for høyt jodtall til å oppfylle den europeiske standarden EN 14214 for biodiesel. Estra importerer nå i stedet rapsoljebasert biodiesel fra Danmark som de selger fra sine tankanlegg i Trøndelag.

Rundt Oslofjorden etableres det nå to store produksjonsanlegg for første generasjon biodiesel. BV Energi er allerede i gang med produksjon på Dyneas tidligere limfabrikk i Sætre på Hurum. Produksjonen er basert på importert rapsolje. Bedriften regner med å produsere mellom 100 og 200 millioner liter i 2007 og 300 millioner liter når anlegget er fullt utbygd fra og med 2008. I tillegg bygger Uniol i Fredrikstad et helt nytt anlegg med en årlig kapasitet på ca. 100 millioner liter. I Bergensområdet er det også en viss produksjon og planer om opptrapping både hos Biodrivstoff AS og Milvenn AS. Innen utgangen av 2008 vil Norge dermed ha produksjonskapasitet på biodiesel på 10-20 prosent av dagens forbruk av diesel. Ut fra begrensningene i dagens bilpark er det derfor sannsynlig at Norge i en periode vil være netto eksportør av biodiesel, men da basert på import av mesteparten av råvarene.

Bioetanol til drivstoffformål er foreløpig på utrednings- og utviklingsstadiet i Norge. Borregaard har riktignok siden før 2. verdenskrig årlig produsert ca. 20 millioner liter etanol som et biprodukt fra treforedling. Men på grunn av manglende marked, infrastruktur og tollvern blir denne etanolen levert til andre formål.

Biometan, det vil si biogass hvor CO₂ og andre uønskede komponenter er fjernet, har siden desember 2001 blitt produsert av FREVAR i Fredrikstad. Produksjonen er basert på kloakkslam og matavfall og forsyner seks busser og noen personbiler fra egen pumpe. Personbilene er såkalte bi-fuelbiler med både gass- og bensintank og kan dermed veksle mellom biometan, naturgass (fossil metan) og bensin.

Økende distribusjon og bruk

Sommeren 2007 finnes det et sted mellom 20 og 30 utsalgssteder for rent eller høyinnblandet biodrivstoff i Norge. E85, en blanding av 85 prosent bioetanol og 15 prosent bensin, fås kjøpt på 11 Statoil-stasjoner rundt om i landet. Når det gjelder pumper for B100, ren biodiesel, er foreløpig BV Energi, Estra og YX Energi de største aktørene. Biogass selges hos FREVAR i Fredrikstad.

Noe av årsaken til den begrensede distribusjonen, er at få personbiler er fabrikkgodkjent for å gå på rent eller høyinnblandet biodrivstoff. Sommeren 2007 finnes det 600-700 fabrikkbygde bioetanolbiler i Norge. Dette er biler der drivstoffsystemet er tilpasset for å kunne veksle mellom ren bensin og inntil 85 prosent etanol.

I tillegg er det anslått at ca 20.000 dieselbiler fra VW, Audi og Skoda fra slutten av 1990-tallet og begynnelsen av 2000-tallet er godkjent for å gå på ren biodiesel. Per mars 2007 har ingen nye dieselbiler på det norske markedet slik fabrikkgodkjennelse.

Derimot er en lang rekke lastebilmodeller nå godkjent for biodiesel. Ifølge biodieselprodusenten BV Energi er alle modeller fra MAN og Scania godkjent for EN 14214-drivstoff. DAF gir garantier på de fleste kjøretøy, mens Mercedes-Benz har godkjent noen av modellene. Volvos lastebiler tillater foreløpig bare fem prosent innblanding.

Det største volumet av biodrivstoff vil de første årene trolig bli solgt innblandet i vanlig bensin eller diesel. CEN-standarden for drivstoff, som også gjelder for Norge, tillater innblanding av inntil fem volumprosent etanol i vanlig bensin eller EN 14214-biodiesel i vanlig diesel.

Hydro Texaco / YX Energi har praktisert 2-5 prosent innblanding av biodiesel i Sør-Norge siden slutten av 90-tallet. Statoil begynte ved årsskiftet 2006/07 med lavinnblanding av biodiesel i den vanlige autodieselkvaliteten på en del stasjoner på Østlandet. Også flere andre oljeselskap begynner nå med lavinnblanding av biodiesel i den vanlige dieselen. Både myndigheter og oljeselskapene legger opp til at etanol skal blandes inn i vanlig bensin med inntil fem volumprosent.

Utvikling av nye produksjonsmetoder

Hydro og Norske Skog gjennomfører nå en mulighetsstudie⁴ for produksjon av syntetisk biodiesel basert på trevirke, såkalt andregenerasjons biodiesel. Siktemålet er å bygge et fullskala produksjonsanlegg innen drøye fem år. Dersom dette viser seg mulig, vil mye av råvarene være norsk energivirke.

Papir- og fiberinstituttet AS (PFI) koordinerer et prosjekt⁵ som ser på mulighetene for å utnytte ligninfraksjonen av trevirket til fremstilling av bioolje ved hjelp av pyrolyse. Pyrolyse vil si å varme opp trevirket uten tilgang til luft. Biooljen kan videreføres til biodrivstoffkomponenter og andre kjemikalier. Slik teknologi kan gjøre bioetanolfremstilling fra cellulose- og hemicellulosefraksjonen mer lønnsom. Prosjektet har mange partnere fra industri, FoU-institusjoner og skogsektoren, deriblant Statoil, Estra og Universitetet i Bergen. Prosjektet er støttet av programmet RENERGI i Forskningsrådet.

⁴ "Biodrivstoff fra trevirke – en mulighetsstudie", foredrag ved workshopen "Biodrivstoff: norske muligheter og utfordringer" av Helle Brit Mostad, 30.-31. august 2006 http://www.pfi.no/workshop/Foredrag/Helle_Brit_Mostad.pdf

⁵ "Bioraffineri basert på trevirke", foredrag ved workshopen "Biodrivstoff: norske muligheter og utfordringer" av Karin Øyaas, 30.-31. august 2006, http://www.pfi.no/workshop/Foredrag/Karin_%D8yaas.pdf

I tillegg har en rekke store industrielle aktører den siste tiden deltatt i utredninger organisert av rådgivningsselskapet KanEnergi⁶ og i egen regi.

Borregaard er per i dag en av de viktigste aktørene som utvikler ny teknologi for produksjon av bioetanol. I tillegg har det nystartede Bergensfirmaet Weyland AS fått finansiering fra Forskningsrådet og industrien til å bygge et pilotanlegg for en ny prosess for fremstilling av bioetanol fra blant annet rivningsvirke og papir. Weyland har utviklet en prosess der sterksyre brukes til å produsere sukker fra celluloseholdig råstoff som videre kan omformes til etanol.

Nylig ble det nordiske forskningsprosjektet "New, innovative pretreatment of Nordic wood for cost-effective fuel-ethanol production" satt i gang. Målsetningen er å utvikle mer effektive forbehandlingsmetoder for å få mest mulig etanol ut av trevirke. Prosjektet er støttet av Nordic Energy Research og pågår fram til 2010. Fra industrien deltar Norges Skogeierforbund, Borregaard, Statoil, Norske Skog, Novozymes og SEKAB, mens PFI (koordinator), SINTEF, STFI-Packforsk, VTT og Prokaria deltar på forskningssiden.

Miljøstiftelsen ZERO har med støtte blant annet fra Forskningsrådets RENERGI-program samarbeidet med flere svenske aktører for etablering av en småskala fabrikk for produksjon av syntetisk biodiesel i Norge. En biogassaktør på Lillehammer vurderer nå å bygge en slik fabrikk for å utnytte lokal deponigass.

Blant flere norske initiativ i utlandet bør nevnes BioFuel Ltd / Biodiesel Norge AS, som har base i Stavanger. Selskapet jobber for tiden med et planteprosjekt i Ghana, der man planter jatropha for å revegetere et område ødelagt av gruvedrift. Jatrophanøtter er ikke spiselige for mennesker eller dyr, gir et relativt stort utbytte av olje og kan vokse under svært tørre og næringsfattige forhold som ikke er egnet til matproduksjon. BioDiesel Norge har allerede begynt å levere biodiesel i EN 14214-kvalitet, basert blant annet på olje fra jatrophanøtter.

Virkemidler og planer om innfasing

EU har siden 2003 hatt som målsetning at andelen biodrivstoff i transportsektoren innen 2010 skal være 5,75 prosent, målt i energiprosent. Nå fokuserer imidlertid EU mer på det nydefinerte omsetningsmålet på 10 prosent i 2020. I tillegg ser vi økende fokus på Well-to-Wheel-besparelse av klimagasser ("fra kilde til bilhjul") og bærekraftig produksjon av biodrivstoff.

Når det gjelder offentlige virkemidler for å fase inn biodrivstoff, legges det nå større vekt på avgiftsreduksjoner og mindre vekt på omsetningsforpliktelser og andre reguleringer. Omsetningspåbud innebærer at en angitt andel av oljeselskapenes drivstoffomsetning skal være biodrivstoff. I skrivende stund har sju EU-land iverksatt et slikt omsetningspåbud, mens en lang rekke land vurderer å gjøre det.

I Norge har biodiesel siden 1999 vært fritatt mineraloljeavgift (kr 3,02 per liter) og CO₂-avgift (kr 0,54 per liter). Samlet har dette gitt en klar prisfordel for biodrivstoff, men først det siste året har prisfordelen blitt så stor at oljeselskapene har begynt å selge B5 i større omfang. B100 har vært tilgjengelig på noen få utsalgssteder og er primært blitt solgt til bruk i tunge kjøretøy.

E85 fikk fritak både for bensinavgift (kr 4,17 per liter) og CO₂-avgift (kr 0,80 per liter) med virkning fra 1. juli 2006. Avgiftsfritaket gjelder dersom bioetanol er hovedbestanddel i drivstoffet, og da gjelder fritaket også for andelen bensin. Det finnes imidlertid foreløpig så få bioetanolbiler i Norge at E85 gir et marginalt bidrag til andelen omsatt biodrivstoff.

E5 er foreløpig bare fritatt for CO₂-avgift på andelen innblandet bioetanol. Bensinavgift på kr 4,17 per liter ilegges med full sats også på andelen bioetanol. Så lenge det ikke er

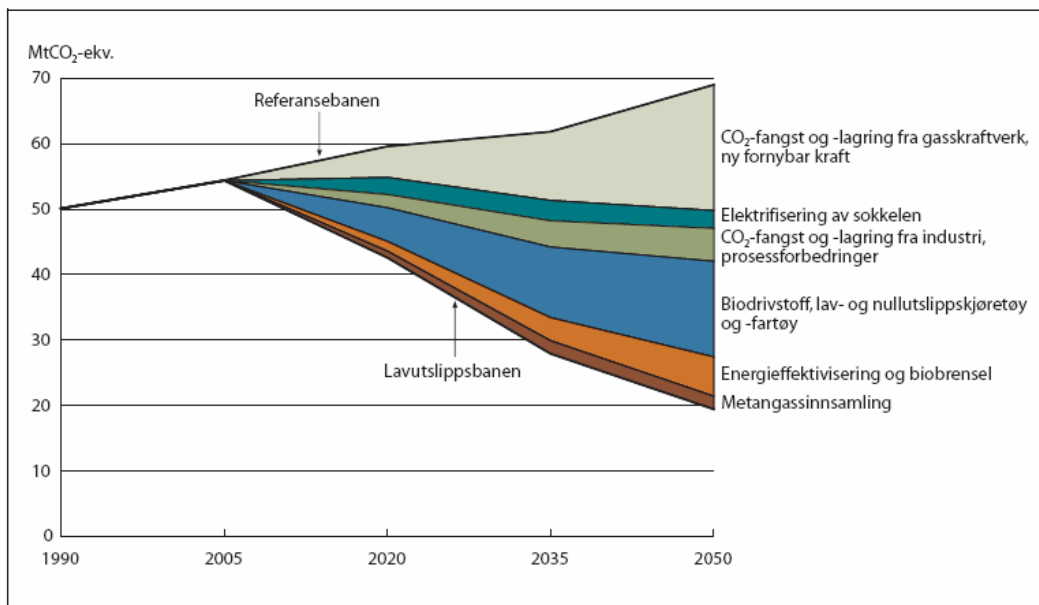
⁶ "Produksjon og bruk av syntetisk biodiesel i Norge", foredrag ved workshopen "Biodrivstoff: norske muligheter og utfordringer" av Peter Bernhard, 30.-31. august 2006, http://www.pfi.no/workshop/Foredrag/Peter_Bernhard.pdf

omsetningspåbud for biodrivstoff, og bioetanol koster vesentlig mer enn bensin i innkjøp, vil derfor ikke oljeselskapene begynne med E5.

Avgiftsreduksjoner for enkelte typer biodrivstoff, samt en nyinnført rabatt i engangsvgiften for bioetanolbiler er foreløpig de to eneste offentlige virkemidlene for å fase inn bruk av biodrivstoff i Norge. I forbindelse med revidert nasjonalbudsjett 2007 og Stortingsmelding nr. 34 Norsk klimapolitikk (Klimameldingen) har imidlertid myndighetene sagt at de vil sende ut på høring et forslag om 2 prosent omsetningspåbud for biodrivstoff i 2008 med opptrapping til 5 prosent i 2009.

3 Et utviklingsscenario for norsk bioenergi – 2007-2027

En viktig forutsetning for at Norge lykkes innen bioenergi i årene fra 2007 til 2027 er at vi klarer å følge lavutslippssbanen som ble presentert av det regjeringsoppnevnte Lavutslippsutvalget i 2006:



Figur 1: Referansebanen og Lavutslippssbanen fra NOU 2006: 18 "Et klimavenning Norge".

Ifølge Lavutslippssbanen har Norge redusert sine utslipp av klimagasser med nesten 40 prosent i 2027, sammenliknet med utslippene i 2006.

En viktig målsetting på veien var at Norge skulle kutte 20 prosent av sine egne utslipp av CO₂ innen 2020. Dette målet ble mer enn oppfylt, mye takket være bruk av bioenergi både til oppvarming og transportformål. Den andre store bidragsyteren var å fase inn vindkraft CO₂-fri gasskraft til å drive olje- og gassinstallasjonene i Nordsjøen.

Nominelle energipriser i "hagedugnaden" i kapittel 1 er basert på at konsumprisindeksen i snitt stiger med to prosent hvert år, altså til sammen ca. 50 prosent. I tillegg forutsetter vi at energiprisene generelt stiger med 50 prosent, på grunn av økt etterspørsel etter energi og gradvis økende produksjonskostnader. De fleste sluttbrukerpriser på elektrisk strøm, flytende drivstoff og andre energiprodukter blir dermed nominelt mer enn doblet i løpet av denne tjuetoårs perioden.

3.1 Biomasse – fra gjengroing til mønsterbruk

3.1.1 2007-2012: Oppvåkningen

Både bønder, energiselskap, prosessindustri og politikere begynner å innse at Norge har store uutnyttede biomasseressurser som kan utnyttes til energiformål. Vi ser en gradvis økende aktivitet innen avvirking, transport og foredling av biomasse til energiformål. I den første delen av perioden går mye av pelletsproduksjonen til eksport, men tendensen er at lokalt og regionalt produsert flis, pellets og annen biobrensel i økende grad går inn i en distribuert energiforsyning i Norge. Brenseltypene blir gradvis mer standardisert, hvor flis, pellets og briketter blir de viktigste kvalitetene i stor skala.

Dårlig lønnsomhet

I denne perioden sliter imidlertid mange av aktørene med dårlig lønnsomhet. En viktig utfordring er at det er vanskelig å rekruttere arbeidskraft til å kjøre og operere skogsmaskiner. En årsak er at det er stor aktivitet innen bygg og anlegg, noe som ofte gjør det mer lønnsomt å velge gravemaskin som arbeidsplass. Mot slutten av perioden løses denne utfordringen ved at lønnsnivået for skogsarbeidere er blitt konkurransedyktig.

En annen økonomisk utfordring i den første delen av perioden, er at det fortsatt er god tilgang på relativt rimelig importert biomasse. Dette holder igjen prisveksten på norskprodusert bioenergi. Dermed er betalingsviljen for energivirke fortsatt ofte litt for lav til at skogeiere og skogsentreprenører kan oppnå gode overskudd ved å produsere bioenergi.

Utlendinger i norske skoger

I 2010 har imidlertid knappheten på skogsflis i Europa blitt så stor at et knippe svenske og tyske skogsentreprenører har etablert seg i Norge, hvor det fortsatt er store uutnyttede ressurser. De leverer til sine hjemmemarkeder. Norge, Polen og Russland er nå de eneste landene i Europa som har store uutnyttede skogarealer.

Utvikling av maskiner og metoder

Når det gjelder skogsmaskiner og avvirkningsutstyr, skjer det mye i denne perioden. Skogsentreprenører og skogeiere tar i bruk mer avansert utstyr, og det utvikles nytt utstyr som gjør det mer kostnadseffektivt å avvirke skog i bratt og ulendt norsk terreng. Noe av utviklingen skjer ved at norske skogsentreprenører samarbeider med etablerte utenlandske maskinleverandører om å utvikle egnet spesialutstyr. I 2012 anser bransjen at man har optimale avvirkningsmaskiner og prosesser både for stammer, heltrær, GROT (grener og topper) og krattskog.

Parallelt med den økende avvirkningen, ser vi også økt fokus på å sikre bærekraftig forvaltning av skogen. Norsk institutt for skog og landskap og andre skogforskingsmiljø utvikler egnede metoder og materiell for å sikre opprettholdelse av næringsstoffer i skogen og motvirke avrenning og avdamping fra jordsmonnet. I 2012 har man utviklet en egnet metode for å gjødsle skog. Tilbakeføring av aske er også aktuelt noen steder. I tillegg er det utviklet kostnadseffektive prosesser for heltredrift og tynning. Heltredrift vil si at trestammen blir transportert ukappet, og som oftest ukvistet og ubarket ut av skogen til skogsbilvei.

3.1.2 2012-2020: Økt produksjon, økt lønnsomhet og strengere miljøkrav

Den viktigste milepælen og driveren i denne perioden er den FN-regulerte karbonskatten. Ordningen omfatter alle FN-land og trer i kraft fra 2018. Verdens energimarkeder merker imidlertid konsekvensene av ordningen allerede fra 2015, etter at store energiforbrukere som USA, Kina og India har gitt sin tilslutning til den planlagte avtalen. Ordningen går i korthet ut på at alle utslipp av fossilt CO₂ skatlegges med en sats som økes og tilpasses trinnvis over ti år. Karbonskatten er i utgangspunktet en CO₂-avgift hvor forurenser betaler per tonn CO₂. I 2018 blir skattesatsen bestemt av forholdet mellom BNP og antall innbyggere, slik at fattige land betaler mindre for sine utslipp sammenliknet med rike land. Men for å unngå at store forurenserer flytter til land med lav CO₂-avgift, skal satsene gradvis endres slik at CO₂-utslipp koster like mye uansett hvor man er i verden. Karbonskatten går til statskassen i hvert enkelt land. Verdens handelsorganisasjon WTO overvåker at karbonskatten ikke føres direkte eller indirekte tilbake til forurenser.

Karbonskatten, Kyoto og bokføring av biokarbon

Parallelt med den FN-bestemte karbonskatten, gjelder fortsatt Kyoto-avtalen, som ble videreført fra 2012. Det vil si at en gruppe nasjoner har forpliktet seg til konkrete utslippsreduksjoner uavhengig av hvilke reduksjoner som oppnås gjennom karbonskatten. Karbonhandel over landegrensler er regulert slik at en viss andel av CO₂-kuttene gjøres i hvert enkelt land. Mens karbonskatten kun regulerer utslipp av fossilt CO₂, er Kyoto-avtalen fortsatt viktig for å regulere forvaltning og bruk av biokarbon i både trær, planter og jordsmonn, samt utslipp andre klimagasser som metan og lystgass.

De fleste industrialiserte land har også vedtatt juridisk forpliktende planer for innfasing av fornybar energi.

Når det gjelder landsbrukssubsidier har det også skjedd en endring som er gunstig for norsk bioenergi. Det tidligere arealtilskuddet ble i 2015 fjernet og erstattet med et revidert system for produksjonstilskudd. Dermed er det blitt lettere for myndighetene å oppnå den ønskede produksjonen av henholdsvis energi, mat og dyrefôr.

Biomasseprisen stiger raskere enn oljeprisen

Alle de nasjonale og internasjonale virkemidlene som er innført for å redusere utslippene av fossilt CO₂ og øke bruken av fornybar energi, kombinert med generelt økende energipriser, har gjort at de fleste norske produsentene av bioenergi nå har god lønnsomhet. I snitt stiger biomasseprisen raskere enn oljeprisen. Dette fører igjen til en kraftig økning i avvirkingen og i annen produksjon av norsk bioenergi.

Karbonskatt og andre former for CO₂-regulering presser også prisene på bygnings- og konstruksjonsmaterialer oppover. Både stål, aluminium og betong stiger kraftig i pris, noe som bidrar til økte markedsandeler for trelast. Dette blir også en sterk driver for økt avvirking og økte priser på trevirke.

2015: Biomasseforskriften

Parallelt med den økte avvirkingen, styrkes tiltakene som er nødvendige for å sikre at produksjonen er bærekraftig. I 2015 iverksetter Miljøverndepartementet Biomasseforskriften som blant annet setter krav til opprettholdelse av næringsstoffer og karbon i jordsmonn og skog. Samtidig gir den klare føringer om at produktivt skogsareal skal aktivt utnyttes. Kravene blir gradvis strengere og mer omfattende i årene fram mot 2020. Konsekvensen av de strengere miljøkravene er at vi driver et mer aktivt skogbruk. Systematisk gjødsling av skog er blitt vanlig i mange områder. I tillegg plantes det strategisk for å øke biomasseproduksjonen. På Vestlandet planter man eksempelvis gran på nye områder.

Når det gjelder handel med biomasse inn og ut av Norge, så er aktiviteten nå liten. Når man regner med den ekstra transportkostnaden, er importert biomasse som oftest bare marginalt billigere enn den vi produserer selv. Eksport av biomasse er også på et svært lavt nivå. Dette til tross for at biomasse nå er blitt en internasjonal "commodity". Gunstige rammevilkår og velutviklede verdikjeder for innenlandsk energiutnyttelse av biomasse, gjør at eksporten er liten og sporadisk. Dette til tross for at smitteproblematikken (nematoder – en type rundorm i tømmer) ble løst av dyktige forskere, slik at tømmer eller flis i prinsippet fritt kan importeres fra Canada eller andre land, som i 2007 hadde store ledige ressurser.

Omstrukturering i skogbruket

Den økte avvirkingen fører til en stor omstrukturering i eierskap og forvaltning av norske skoger. Rundt 2015 er ikke dette lenger til noe hinder for et stort uttak. Vi har åtte skogeierforeninger, og i hver av dem er det to store skogsentreprenører som står for mesteparten

av avvirkningen. De store skogsentreprenørene blir ofte eid og drevet av regionale energiselskap i samarbeid med den regionale skogeierforeningen. I tillegg finnes en del frittstående skogsentreprenører. Mange av disse har et nært samarbeid med Statskog og opererer derfor på de store statlig eide skogeiendommene. De frittstående skogsentreprenørene inngår ofte langsiktige leveranseavtaler med energiselskap og industri. I tillegg har vi fått en del lokale brennelselskap som driver terminal, flishogging og markedsføring. Brennelselskapene er gjerne eid av skogeiere, energiselskap eller skogsentreprenører.

Kratt og buskas

Den høye etterspørselen etter biomasse kombinert med distrikts- og energipolitiske prioriteringer, har ført til at noen av aktørene også har begynt å avvirke tidligere beitemark, gjengroingsarealer, veikanter, jordekanter, høyereliggende skogsområder og på nye områder i Nord-Norge.

Noen prosjekter eksperimenterer også med å ”frisere” kulturlandskap for å kombinere turistformål og energiproduksjon. Her har man imidlertid hatt problemer med at det bare tar fem år før kraftige rotskudd igjen stjeler utsikten, samtidig som sprøyting ikke er akseptert.

I tillegg til mange nyetableringer innen skogskjøtsel, forvaltning, avvirkning og logistikk, har det også vokst fram en del transportselskap som har spesialisert seg på transport av biomasse. Og felles for hele verdikjeden innen bioenergi, er at den krever mye materiell og utstyr. Dermed har det også blitt etablert mange aktører som leverer det nødvendige utstyret, både til avvirkning, bearbeiding og transport. Dessuten har enkelte av skogeierforeningene fått sterke posisjoner både i brenselmarkedet og i varmemarkedet regionalt og nasjonalt. Dette er en prosess som skjøt fart etter 2012, ved at skogeierne utnyttet sin strategiske posisjon som råstoffeiere.

3.1.3 2020-2027: Et avansert og bærekraftig mønsterbruk

I denne perioden nærmer vi oss full bærekraftig utnyttelse av biomasse fra norske skoger. Biomasse til energi passerer i løpet av denne perioden en tredobling sammenliknet med tallene fra 2007. Den kraftige økningen skyldes primært at mange år med høy biomassepris, gode rammevilkår og stadige nyetableringer av produksjonskapasitet, gjør at Norge nærmer seg det bærekraftige uttaket av biomasse fra vanlig produktiv skog. Men vi ser også at klimaendringene flytter skoggrensen både oppover og nordover, noe som bidrar til en generelt økt produksjon av biomasse. Både skog- og jordbruksarealer opplever økende biomasseproduksjon på grunn av økt temperatur og mer nedbør. Totalt øker biomasseproduksjonen i Norge med ca. 20 prosent i årene fra 2007 til 2027. Dette var i tråd med tidligere prognoser om konsekvensene av en temperaturøkning på 2-4 °C i løpet av 100 år. Kåre Hobbestad skrev i 2002⁷ at produksjonsevnen i Oppland for det eksisterende skogarealet ville øke med 56 prosent dersom temperaturen øker med 2,4 °C. I tillegg kunne vi vente en formidabel økning av skogarealet.

Den økte produksjonskapasiteten i jordbruket bidrar også til økt produksjon av bioenergi. En del bønder begynner nå med energivekster på hele eller deler av jordbruksarealet sitt, samtidig som de beste arealene er underlagt strenge bestemmelser for dyrking av viktige matvarer. Bøndene dyrker dels salix og hamp, men mange satser også på naturlig voksende gress og krattskog på de marginale arealene.

Mye av biomassen brukes fortsatt i en distribuert energiforsyning rundt om i landet, men de 6-8 største skogeiersammenslutningene plasserer i økende grad virket sitt hos store produsenter av drivstoff, trekjemiske produkter, kraft, varme og biobrensel.

⁷ Hobbestad, Kåre (2002): Klimaets betydning for skogens produksjon og utbredelse. 11s.

Etter hvert som folk flest har sett hvor verdifull biomassen er, og at stor avvirkning og miljøvennlig og bærekraftig drift kan kombineres, har holdningen til å avvirke skog for energiformål blitt mer positiv. Aktiv landskapspleie og bruk av verneskog har også vært viktige elementer for at skogen skal opprettholde sin verdi som en viktig del av omgivelsene.

Avansert teknologi

På tre delområder innen skogbruket er vi også i ferd med å kommersialisere unik teknologi og unike metoder, som etter hvert eksporteres til andre land med tilsvarende topografi og vegetasjon.

1. Maskiner, utstyr og metoder for avvirkning i ulendt og vanskelig tilgjengelig terreng - både plukkhogst og mer omfattende uttak. I tillegg til maskiner med ekstreme terrengegenskaper, tar man i bruk blant annet taubanedrift og mikrofløting.
2. Smarte tørkemetoder:
 - Mobile pyrolyseanlegg som komprimerer energien før transport
 - Ionisk tørking (svak elektrisk strøm gjennom biomassen) som gjerne er integrert i anlegg som utnytter biomassen til energiformål
3. Avanserte logistikkmodeller som sikrer kostnadseffektiv tørking (naturlig tørking, pyrolyse, ionisk tørking), lagring og transport.

I tillegg begynner norske aktører å få sentrale posisjoner i utviklingen av spesialmaskiner som er egnet for å kjøre på våt mark. På grunn av stadig mildere vintre, blir perioden med frossen mark kortere og da trenger man andre typer skogsmaskiner enn de man brukte for 20 år siden.

3.2 Biovarme og biokraft – fra spredte forsøk til stor industri

3.2.1 2007-2012: Storstilt varmeutbygging

Oppvarming av bygninger og tappevann er inne i en storstilt omstillingsprosess. Takket være stigende priser på strøm og fyringsolje og gunstige offentlige støtteordninger for grønn varme og grønt jomfruelig brensel, erstattes mye av den oljefyrte og direkteelektriske oppvarmingen av varme produsert fra skogsflis, pellets og avfall. Opprettelsen av Energifondet og ENOVAS omfattende investeringsstøtte til fjernvarmeutbygging er en viktig driver for den raske utbyggingen. Fjern- og nærvarmenett bygges ut i raskt tempo, både i de største byene og på mange mindre tettsteder. Samtidig bygges det mange nye varmesentraler som fyres med skogsflis, både i helt nye anlegg og som erstatning for eksisterende olje- og elkjeler. Fordi bygningsmassen ofte har gammel radiatorbasert distribusjon, må vannet som sendes ut ha så høy temperatur at de konkurrerende varmepumpene blir lite effektive. Men også for varmesentraler som leverer til mange nye bygg med vannbåren varme i gulvene, er biovarme ofte konkurransedyktig.

Økt bruk av vannbåren varme

Den nye byggeforskriften som kom i 2007 og ble obligatorisk i 2009 var også viktig i form av at det ble krav til vannbåren varme i nye bygninger dersom kommunen har fastsatt tilknytningsplikt. I tillegg ble det slutt på muligheten for å bygge boliger over 50 kvadratmeter med kun panelovner som oppvarming.

Strømrabatt til storforbrukere fases ut

CO₂-avgift på gass til oppvarming og en gradvis nedtrapping av ordningen med utkoblbar kraft var også handlinger som bidro til å øke utbyggingen av fjernvarme basert på bioenergi. Utkoblbar kraft vil si at storforbrukere av elektrisk strøm får en svært lav nettleie mot at de

aksepterer at nettselskapet kan koble dem ut når kapasiteten er sprengt. Fordi kundene har en oljefyr i reserve (eller bare aksepterer en økt risiko for strømbrudd til varmesystemene) nyter de dermed godt av en mye lavere strømpris. Fram til 2007 var denne ordningen ofte hovedårsaken når fjernvarme basert på bioenergi ikke var konkurransedyktig for en kunde.

En annen viktig utfordring for utbyggerne av biovarme, var folks motvilje mot å ha en skorstein i nabolaget. Dette problemet avtok imidlertid etter hvert som aktørene klarte å dokumentere og formidle at "røyken" som kommer ut kun er vanndamp.

Nytt senter for forskningsdrevet innovasjon SI

Lenger ut i perioden ble imidlertid NO_x-rensing og/eller kostnader til NO_x-avgift en utfordring for varmeleverandørene. Av den grunn ble det etter hvert satt inn store ressurser på å forske fram både en optimal forbrenningsprosess og kjelteknologi og effektive renseprosesser for å redusere NO_x-utslippene. Opprettelsen av SFI-en (senter for forskningsdrevet innovasjon) Advanced Processes for Emission Control in Biobased CHP-units i 2010, med SINTEF som vertsinstitusjon og Trondheim Energiverk Fjernvarme AS som en av bedriftspartnerne, var svært viktig for dette arbeidet. Komponenter og systemer fra teknologien som ble utviklet gir også etter hvert gode eksportinntekter for de viktigste aktørene.

Det ble også gjort mye viktig utviklingsarbeid for å redusere antall driftsavbrudd i flisfyringsentralene. Dette var en betydelig utfordring for mange av de nye varmeleverandørene i den første delen av perioden.

Pellets-kamin uten skorstein

Også når det gjelder småskala punkttoppvarming skjer det en utvikling i denne perioden. Både i form av at stadig flere huseiere installerer pellets-kaminer og rentbrennende vedovner og i form av teknologiutvikling hos utstysleverandørene. I 2009 lanserer norske Bionordic den første pellets-kaminen som brenner så rent at den er godkjent for montering uten skorstein, med avgassrøret rett ut av veggen. Modellen er utviklet i nært samarbeid med SINTEF. I tillegg blir det stadig mer vanlig med pellets-kaminer med integrert vannvarmeveksler, slik at man kan bruke billigere energi til å varme tappevannet.

Biokraft lar vente på seg

Når det gjelder biokraft, er det foreløpig liten utvikling. For at det skal være aktuelt med kraftproduksjon, må man opp i en viss størrelse på anlegget, og da blir den tilhørende varmeproduksjonen så stor at svært få har et stort nok varmemarked til å få solgt varmen. I tillegg er støtteordningen på biokraft i den første delen av perioden kun 10 øre per kWh. De fleste andre land i Europa har ordninger med innmatingstariff eller grønne sertifikater som gir mange ganger så høye tilskudd til denne typen grønn kraft. Likevel finnes det noen unntak, som for eksempel Solør Bioenergi Gruppen i Hedmark som ferdigstiller et CHP-anlegg basert på trevirke i 2007, samt noen renovasjonsselskap som produserer litt elektrisk strøm fra biogass. Industrikraft Midt-Norge derimot dropper i 2007 sine planer om å bygge et kombinert gass- og biokraftvarmeverk på grunn av utilstrekkelig statsstøtte.

Integrering av avfallsbehandling og energiproduksjon

Avfall blir i stadig økende grad sett på som en ressurs og en råvare. Mange aktører etablerer ny virksomhet som baserer seg på at man får betalt for søpla to ganger; både når den mottas og for energi- og gjødselproduktene den genererer. Energigjenvinningsetaten i Oslo har eksempelvis stor suksess med sitt prosjekt EGE 2010 som blant annet gjør at matavfallet til alle som bor i Oslo blir langt bedre utnyttet. Denne typen virksomhet skaper også et marked for norske utstysleverandører: Cambi gjør det eksempelvis stort, i samarbeid med blant andre Ecopro, med

sine anlegg som kombinerer behandlingen av slam og våtorganisk avfall med produksjon av elektrisk strøm og varme.

3.2.2 2012-2020: Biomasse integreres i CO₂-fri gasskraft og kullkraft

Utover i denne perioden har det blitt bygget så mye nær- og fjernvarme, at varmemarkedet mange steder er stort nok til at det også blir mulig å produsere elektrisk strøm i mange av de store varmesentralene. Sentralene kan ha geografisk marked med radius på inntil 30-40 km. Mot slutten av perioden er utbyggingen rundt Oslo så stor at Oslo og Drammen henger sammen som ett stort fjernvarmenett.

Først ut med biokraft er Trondheim Energi, som tidlig i 2012 setter i drift landets første kraftvarmeanlegg basert på skogsflis. Senere samme år idriftsetter Skagerak Energi sitt første kraftvarmeanlegg i Grenland i Telemark, som både bruker naturgass og skogsflis. Anlegget er det første i full skala som både kombinerer fossil og fornybar energi, og som renses og deponerer CO₂en. Dette er mulig takket være gassrørledningen fra Rogaland til Grenland som ble fullført tidlig i 2012 og som også har returrør for CO₂. I 2014 begynner gasskraftverket på Kårstø i Rogaland å ta i bruk litt bio, og på Skogn i Nord-Trøndelag idriftsetter de et kraftvarmeverk med bio og CO₂-håndtering i 2015. I løpet av 2015 blir også gassrørledningen videreført fra Grenland til Slagen. Året etter er det dermed etablert et kraftvarmeverk med bio og CO₂-håndtering også der.

De første kraftvarmeverkene som kombinerer bioenergi, fossil energi og CO₂-håndtering mottar en del statsstøtte fordi teknologien ikke er tilstrekkelig kostnadseffektiv. Dette muliggjør blant annet etableringen av et pilotanlegg i Grenland i 2010. Men allerede i 2015 anser mange at tilgjengelig teknologi er kostnadseffektiv og at det ikke er behov for andre virkemidler enn den generelle CO₂-avgiften, samt Norges forpliktelser i den videreførte Kyotoprotokollen.

Dobbel nytte av bioenergi

Bioenergi i kombinasjon med fossil energi har to funksjoner i et kraftverk med CO₂-håndtering. I klimagassregnskapet sørger biomassen for at CO₂-reduksjonen ikke blir 80-90 prosent, men langt over 100 prosent. I tillegg utnytter man dampen fra forbrenningen av biomassen i CO₂-renseprosessen.

Innovativ varmedistribusjon

Når det gjelder distribusjon av varme i bygninger, er det også gjort store framskritt de siste årene. Det er blitt ganske vanlig å transportere varme med systemer hvor man blåser varm luft gjennom hule betongelementer. I tillegg har det kommet mer kostnadseffektive metoder for bygge om til vannbåren varme i hus som bare har panelovner, for eksempel ved å legge en vannbåren varmelist på gulvet langs veggene. Gode løsninger som kombinerer solvarme og fying med pellets begynner også å bli utbredt i vanlige bolighus.

Konkurransedyktig til tross for økte biomassepriser

På grunn av de økte prisene på skogsflis, pellets og annen biomasse, skulle man kanskje tro at bioenergi taper litt konkurransekraft sammenliknet med varmepumper. Selv om strømprisen har økt mer enn prisen på bioenergi, så øker ikke driftskostnaden tilsvarende, siden varmepumpene gir 2-3 ganger så mye varmeenergi som det de bruker av strøm. De populære luft-til-luft og luft-til-vann varmepumpene har imidlertid den uheldige egenskapen at virkningsgraden faller dramatisk på de kaldeste vinterdagene. Dermed fører alle varmepumpeboligene til at man trenger et kraftig elnett for å takle streng kulde. Etter at netteierne registrerte omfanget av dette, innfører de fra og med 2012 en særskilt effektavgift som kommer i tillegg til ordinær nettleie for kunder med varmepumpe. Dette er foreløpig tilstrekkelig til å opprettholde konkurranseevnen til biovarme, til tross for de stigende biomasseprisene.

Store, lønnsomme energiselskap

I energibransjen slår mange av de regionale energiselskapene seg sammen i disse årene. I 2020 har vi dermed kun seks regionale energiselskap. Selskapene har vært lønnsomme de fleste årene. I tillegg til kraftproduksjonen har de nå store inntekter fra salg av varme, pluss at noen av selskapene har inntekter fra egen teknologiutvikling. Østfold Energi hadde eksempelvis allerede i 2007 gjort en del tilpasninger i ovnsteknologien til danske Weiss. Basert på dette fikk de en avtale om markedsføring av denne teknologien i Norge, Sverige og Finland. I perioden fra 2012 til 2020 ble denne typen inntekter et stadig viktigere bidrag for mange av de store energiselskapene.

I tillegg til de seks regionale energiselskapene, er finske Fortum mange steder tungt inne som varmeleverandør, pluss at Statkraft leverer varme fra sine kraftvarmeverk. Dessuten har enkelte av skogeierforeningene etablert tunge posisjoner som varmeleverandører.

Både Statkraft og flere av de andre norske energiselskapene har også etter hvert betydelig aktivitet i utlandet, både med produksjon av biokraft og biovarme, særlig i kombinasjon med CO₂-fangst, samt med lisensiering og salg av egenutviklet teknologi.

Fyringsolje faset ut

I 2018, etter mer enn 15 år med energiomlegging, har bioenergi og annen klimanøytral energi erstattet all direkte bruk av fossil energi til bygningsoppvarming og tappevann i Norge. Olje ble tidlig tatt ut av bruk i eneboliger og andre frittstående varmesentraler, men ble helt fram til 2018 brukt til å ta spisslast i lokale og regionale fjernvarmeanlegg. Gradvis har det imidlertid kommet pulverbrennere og pelletsbrennere som kan ta spisslast, mens grunnlasten tas av flisfyringsanlegg og avfallsforbrenningsanlegg. I tillegg bruker mange varmeanlegg bioolje til å ta spisslast. En annen spisslastløsning som ble vanlig allerede fra 2012, var en type oljefyr som kan gå på lett rensed pyrolyseolje produsert fra trevirke.

Naturgass til direkte bygningsoppvarming var også utbredt i mange år, både i eneboliger og i en del borettslag. Men etter hvert som gassen har steget i pris og fått stadig høyere avgifter, har også denne bruken av direkte fossil oppvarming blitt faset ut.

NOx- og dioksinproblemene løses

Utslipp av NOx, støv, tungmetaller, dioksiner og polyaromatiske hydrokarboner – PAH fra forbrenning av biomasse har lenge vært en viss utfordring for bioenergibransjen. I 2014 anser de fleste aktørene at man har kommet fram til kjelteknologier og renseprosesser som er så kostnadseffektive og gir så små NOx- og støvutslipp at problemet anses som løst. Et par år senere er også dioksin- PAH- og tungmetallproblemet i praksis eliminert takket være avansert renseteknologi.

Høy elvirkningsgrad

Ordinære biobaserte kraftvarmeverk uten CO₂-håndtering, som bygges utover i perioden, oppnår stadig høyere elvirkningsgrad. I 2018 er det vanlig med en virkningsgrad på 50 prosent. Ofte oppnår man dette ved å bruke helautomatiske kjelanlegg som er basert på olje i stedet for vann. Systemet kalles gjerne Organic Ranking Cycle – ORC. Dette er anlegg som i tillegg har enklere sikkerhetsutfordringer (ikke damp under høyt trykk). Eidsiva Energi satte opp et pilotanlegg basert på denne teknologien allerede i 2010, og fra 2012 og utover ble disse anleggene stadig mer utbredt.

Effektflexibel flisfyring

Et annet viktig framskritt, var da de effektflexible flisvarmesentralene begynte å komme i 2017. Ved hjelp avansert elektronikk og styringsteknikk kunne man nå fyre med skogsflis over et mye

større effektområde. Dermed kunne man klare seg med lavere kostnader til andre fyringsenheter og annet brensel, som man tidligere trengte for å dekke spisslasten på de kaldeste vinterdagene.

3.2.3 2020-2027: elproduksjon i fokus

Biomasseprisen fortsetter å stige i takt med økte kostnader til karbonskatt eller CO₂-håndtering. Dermed blir det økt fokus på å skape så høyverdige energiprodukter og andre biomassebaserte produkter som mulig av den tilgjengelige biomassen. Fornybar elektrisk strøm og CO₂-nøytralt flytende drivstoff begynner å bli de to viktigste energiproduktene som kan fremstilles fra biomasse.

Høytemperatur varmpumper endrer konkurransesituasjonen

Økt fokus på å produsere elektrisk strøm fra biomasse, har også sammenheng med at høytemperatur varmpumper mot slutten av perioden begynner å bli kommersielt tilgjengelig. Biovarmens fortrinn sammenliknet med varmpumper har alltid vært at den kan løfte vann- og damptemperaturen langt over 100 °C, mens en varmpumpe ofte må gi seg på 40-50°C. Så lenge kundene ønsker tappevann på minst 65 °C for å sikre seg mot Legionella og andre farlige bakterier, og oppvarmingssystemene både har lange transportstrekninger og varmfordelingssystemer som ofte krever opp mot 100 °C grader på vannet som pumpes ut, så har som regel biovarmen kommet gunstig ut. Dette til tross for at varmpumpene gir tre ganger så mye varmeenergi som det de bruker av elektrisk strøm.

Utover på 20-tallet endres imidlertid denne situasjonen ved introduksjonen av effektive høytemperatur varmpumper som kan løfte vanntemperaturen helt til ca. 100 °C. Kombinert med at den norske bygningsmassen i 2027 har mye vannbåren gulvvarme som ikke trenger så høy temperatur som de gamle radiatorsystemene, så begynner konkurranseforholdet mellom biovarme og varmpumpevarme dermed å endre seg. Konsekvensen er at begynner det å bli vanskelig å opprettholde lønnsomhet for de aktørene som bare produserer varme av den etter hvert ganske kostbare biomassen. Samtidig er elprisen til varmeformål blitt så høy, at konkurranseforholdet ikke er entydig i biomassens disfavør.

Høy elvirkningsgrad også på små anlegg

Energibransjen har lenge hatt tilgang på teknologi for store kommersielle biokraftvarmeverk med elektrisk virkningsgrad på 50 prosent ved optimal belastning, men for å få ned nettkostnadene ved bruk av fjernvarme, ønsker man mange steder å bygge en mer distribuert energiproduksjon med mindre forbrenningsenheter, men uten å gå ned i elektrisk virkningsgrad. Etter mange års forskning og utvikling, har man mot slutten av perioden kommet opp i en elektrisk virkningsgrad på 50 prosent på kraftvarmeverk helt ned 1 MW størrelse - det vil si borettslagsstørrelse. Dette er blitt mulig takket være blant annet nye forbrenningsteknikker og avansert elektromekanisk styring og kontroll, samt bruk av stirlingmotorer, kondensvarme og oljesystemer i tillegg til damp som arbeidsmedium for produksjon av elektrisk strøm. SINTEF og tilknyttede bedrifter som Jøtul, Dovre og Bionordic har utviklet både unike teknologikomponenter og mer komplette løsninger for slike småskala CHP-anlegg, noe som utover i perioden også begynner å generere betydelige eksportinntekter.

Også fra 2027 og framover ser man muligheten for ytterligere økning av elvirkningsgraden, blant annet ved å gassifisere biomasse til en bestemt type gass som kan generere elektrisk strøm i brenselceller.

Sammen med billige solceller og effektive solfangere, gir all den nye teknologien muligheten for å bygge opp både elnett og fjernvarmenett på en ny og mer kostnadseffektiv måte. Mange steder i Norge ligger nå forholdene til rette for en langt mer distribuert energiproduksjon.

Altetende fyringsanlegg

Brenselfleksible fyringsenheter er også et teknologisk framskritt som bør nevnes. De ble kommersielt tilgjengelig rundt 2020 og takler store variasjoner både i brenselets fukt, kjemisk sammensetning og fysisk karakter. Med denne teknologien blir det lettere å utnytte all biomassen som etter hvert høstes langs veikanter, jordekanter, kraftlinjer og på tidligere dyrket mark.

Tørketeknologier

Teknologier for tørking av biomasse har også gjort store framskritt i løpet av denne 20-årsperioden. Mot slutten av perioden tørker man biomasse med mindre enn 5 prosent energitap. I 2007 kunne man ha opp mot 15 prosent energitap i forbindelse med tørking av biomasse til energiformål. Dette er blitt mulig blant annet ved å bruke overhetet damp og ved å sende svak elektrisk strøm gjennom biomassen. I tillegg har mange biobrenselprodusenter funnet billig eller gratis tørkevarme fra andre virksomheter. Hallingdal Trepellets var en av pionerene da de startet pelletsproduksjon med tørkevarme fra forbrenningsovnene til Hallingdal Renovasjon høsten 2006. Opp gjennom årene har en lang rekke biobrenselprodusenter kommet etter – blant annet bruker mange av dem spillvarme fra de mange smelteverkene som nå lager solcellesilisium.

40 prosent av varmebehovet i bygninger

Mot slutten av perioden dekker norsk biomasse direkte og indirekte (via varmepumper og i form av varme fra elektrisk lys og annet innendørs el-utstyr) 40 prosent, eller drøyt 20 TWh av all bygningsoppvarming og alt tappevann i Norge. Stasjonær energiproduksjon, både i form av elektrisk strøm og varme er konkurransedyktig uten noe annet offentlig virkemiddel enn den FN-regulerte karbonskatten på fossil energi.

3.3 Biodrivstoff og bioraffineri – fra norske skoger til Spanias ørken

3.3.1 2007-2012: Import, oljeuro og pilotanlegg

Etter en kort periode med rask vekst og stor optimisme rundt bruken av biodrivstoff som et fornybart og klimavennlig alternativ, endres holdningene drastisk i 2007. Både deler av opinionen og myndighetene skifter til en avventende holdning, på grunn av de mange rapportene og oppslagene om miljøskadelig produksjon og trusselen om redusert tilgang til mat i fattige land. Men til tross for en viss skepsis, iverksetter norske myndigheter både omsetningspåbud og noen andre virkemidler for å stimulere til økt produksjon og bruk av biodrivstoff. Parallelt med dette utreder og utarbeider Miljøverndepartementet et sertifiseringssystem for importert biodrivstoff og biodrivstoff basert på importerte råvarer. Sertifiseringsordningen nedfelles i “Produktforskriftens § 3-16 om kvaliteten på bensin og autodiesel til bruk i motorvogner” og iverksettes i 2009. Ordningen krever blant annet at distributøren kan dokumentere følgende egenskaper ved biodrivstoffet, gjennom hele verdikjeden:

- Drivstoffet må være produsert og transportert på en slik måte at sluttbruker oppnår en netto reduksjon i utslippet av fossilt CO₂ på minimum 50 prosent, regnet fra kilde til bilhjul – Well-to-Wheel. Dette kravet skal etter planen trappes opp til 80 prosent i 2027.
- Drivstoff som importeres fra land utenfor EU og USA må ikke være produsert på landområder som i løpet av de siste 3 årene har blitt brukt til produksjon av mat.
- Drivstoffet må ikke være produsert på områder hvor regnskog er blitt ryddet for å etablere produksjon av energivekster.

I mange fattige land blir både *Jatropha* og andre tørkerobuste oljevekster et viktig næringsgrunnlag i løpet av disse fem årene. Dette takket være iherdig innsats både fra lokale jordbrukere og fra utenlandske pionerer som Biodiesel Norge AS. Også produksjonen av bioetanol fra sukkerrør øker kraftig på de store og dårlig utnyttede beiteområdene i Brasil og andre tropiske strøk. I tillegg øker produksjonen av palmeolje som i økende grad går til

biodrivstoff, på de mange områdene hvor det tidligere var gummiplantasjer, blant annet i Malaysia og andre asiatiske land.

TRANSNOVA

I 2009 opprettes TRANSNOVA. Et statlig organ som ved hjelp av solide, langsiktige bevilgninger skal fremme mer miljøvennlig transport og mer miljøvennlige energibærere og energisystemer i transportsektoren. TRANSNOVA finansieres av Samferdselsdepartementet, Olje- og energidepartementet og Miljøverndepartementet. De gir blant annet investeringsstøtte til en lang rekke demonstrasjons- og pilotanlegg for biodrivstoff.

Biodieselprodusentene BV Energi og Uniol bygger fra 2007 til 2009 opp en produksjonskapasitet for biodiesel, som er tilstrekkelig til å dekke hele det norske markedet for biodiesel som genereres av omsetningspåbudet for biodrivstoff. Produksjonen er primært basert på importert rapsolje og andre importerte vegetabiliske oljer.

I tillegg etableres, både i Oslo og etter hvert i andre store byer, biogassproduksjon basert på matavfall. Biogassen oppgraderes til drivstoffkvalitet og dekker etter hvert mye av drivstoffbehovet for bussdriften i de største byene.

Samtidig er det økende aktivitet hos en rekke aktører som ønsker å etablere produksjonsanlegg for biodrivstoff basert på norsk trevirke. StatoilHydro og Norske Skog konkluderer etter en omfattende mulighetsstudie med at de vil arbeide videre mot å få etablert et pilotanlegg for produksjon av syntetisk biodiesel BtL basert på skogsflis. Samtidig ser de at avgiftsfritaket på biodrivstoff foreløpig ikke er et tilstrekkelig økonomisk incentiv til at det er mulig å få til lønnsomhet på et slikt anlegg. I 2009 er de nær ved å avslutte hele satsningen på grunn av manglende statsstøtte, men etter opprettelsen av TRANSNOVA blir det likevel mulig å få tilstrekkelig støtte til at de kan bygge det planlagte pilotanlegget.

Konkurs i Norwegian BtL AS

Det konkurrerende selskapet Norwegian BtL AS går raskere fram og klarer å skaffe tilstrekkelig privat kapital til å idriftsette et fullskala BtL-anlegg allerede i 2010. I løpet av byggeperioden falt imidlertid råoljeprisen til 10 dollar per fat og ble liggende der hele det første driftsåret til Norwegian BtL. Årsaken til det dramatiske fallet i oljeprisen, var at OPEC av ulike utenrikspolitiske årsaker valgte å øke produksjonskapasiteten maksimalt for en periode. Det dramatiske fallet i oljeprisen sendte sjokkbølger gjennom biodrivstoffbransjen over hele verden. Til tross for gunstige reguleringer og incentiver i mange land, opplevde verden dermed også et dramatisk prisfall både på bioetanol og biodiesel. Norwegian BtL pådro seg også en rekke uforutsatte tekniske utfordringer og økonomiske overskridelser både i byggeperioden og i det første driftsåret. Resultatet var at selskapet gikk konkurs i 2011 etter kun ett års drift.

I 2012 var de energipolitiske urolighetene over, OPEC skrudde ned produksjonen igjen og oljeprisen steg raskt til 90 dollar fatet. Biodrivstoffprisene fulgte etter og steg til minst like høye nivå som i 2009.

Borregaard avventer produksjonsstart

Borregaard gjorde også en stor, ny investering i denne urolige perioden. De utvidet produksjonen av celluloseetanol med et nytt og moderne anlegg i 2010, basert på et pilotanlegg de prøvde ut i 2008 og 2009. Den kortvarige dårlige perioden med lave priser, brukte de til en forlenget periode med testing og kvalitetssikring av det nye anlegget, samtidig som de prioriterte produksjon av mer lønnsomme trebaserte kjemikalier i de eksisterende anleggene. Da det igjen begynte å bli gode priser på bioetanol i 2012, kom produksjonen i det nye anlegget for celluloseetanol raskt i gang. Dermed var de, sammen med noen amerikanske aktører og svenske SEKAB, blant de

første aktørene som produserte bioetanol fra store deler av cellulosen og hemicellulosen i trevirke og/eller halm.

Halvannengenerasjons anlegg på Mongstad

Parallelt med at StatoilHydro i samarbeid med Norske Skog prøver ut et pilotanlegg for syntetisk biodiesel, ferdigstiller de i 2011 et såkalt halvannengenerasjons anlegg for biodiesel på Mongstad. Dette er biodiesel som bruker vegetabiliske oljer som råstoff, men som har gjennomgått en mye mer avansert prosess enn den mer vanlige FAME-dieselen (fettsyre metylester). På den måten oppnår man en dieselkvalitet som har fullverdige vinteregenskaper og ikke krever tilpasninger eller endrede vedlikeholdsrutiner for motorene ved bruk som 100 prosent biodiesel.

Tyskerne lykkes med syntetisk biodiesel

Tidlig i 2012 idriftsetter endelig tyske Choren sitt første fullskala produksjonsanlegg for syntetisk biodiesel basert på skogsråvarer og halm. Choren ble i prinsippet slått av norske Norwegian BtL, som nå er slått konkurs, om å være først ute med et fullskala anlegg av denne typen. Men til gjengjeld har de, takket være lang erfaring og trinnvis oppskalering, fått et anlegg som fungerer som forutsatt.

Teknologiske framskritt for celluloseetanol

I Norge gjør bergensfirmaet Weyland et viktig teknologisk framskritt når de i årene 2007 til 2010 ferdigstiller og dokumenterer sin sterksyreprosess for produksjon av celluloseetanol. Syregjenvinningsprosessen er i 2010 blitt betydelig forbedret. Erfaringene fra sitt eget pilotanlegg, gjør at de allerede i 2011 begynner å høste lisensinntekter fra salg av sin patenterte prosess til en rekke bioraffinerier og andre etanolprodusenter. I 2012 bygges også et helt nytt, kommersielt anlegg i Norge basert på Weylands teknologi.

I 2010 har PFI i Trondheim sammen med andre forskningsmiljø utviklet en kostnadseffektiv prosess for forbehandling av biomasse, der man effektivt skiller ut cellulose, hemicellulose og lignin.

I perioden 2010 til 2012 er det flere norske aktører innen teknologi for bioraffineri og biodrivstoff som inngår nært samarbeid med aktører i Sverige, Finland, Danmark og Tyskland. Et av resultatene av samarbeidet kommer i 2012, når biokjemiforskere utvikler mikroorganismer som effektivt kan fermentere sukkerarter med fem karbonatomer, såkalte pentoser, til etanol. Dette har lenge vært en manglende brikke for å bygge kostnadseffektive anlegg for celluloseetanol. I kombinasjon med prosesser for å fermentere heksoser, sukkerarter med seks karbonatomer, og annen innkjøpt teknologi, klarer Weyland etter dette å sette opp en svært effektiv fermenteringsprosess.

Etter flere år med målrettet kompetanseoppbygging, opprettes i 2012 Norges første SFI innen biodrivstoff og bioraffinering. Senteret heter Refining and Conversion of Wood Innovation Laboratory og har PFI som vertsinstusjon og blant andre Borregaard og Weyland som bedriftspartnere.

3.3.2 2012-2020: Fullskala anlegg basert på norsk trevirke

I 2013, i Grenland, idriftsetter StatoilHydro og Norske Skog sitt første fullskala anlegg for syntetisk biodiesel basert på norsk trevirke. Produksjonsanlegget er i stor grad utviklet og tilpasset av StatoilHydro og produserer for fullt kun ett år etter oppstarten til det første anlegget til tyske Choren, som lenge har vært regnet som verdensledende på området. Det norske anlegget produserer 100 000 tonn BtL i året, det vil si ca. 4 prosent av dieselforbruket i Norge. Det unike med det norske anlegget, er at det utnytter StatoilHydros nyutviklede prosess for rensing av varm syntesegass, noe selskapet tok patent på i 2012. Dette øker virkningsgraden i anlegget ved at man

slipper å kjøle ned gassen før synteseprosessen. Videre utover i perioden kommer det flere tilsvarende anlegg i Norge.

I denne perioden skjer det også en stor omstilling i papirindustrien, ved at de norske anleggene legger om produksjonen fra papir til drivstoff og andre trekjemiske produkter. Det skjer også en omstilling ved raffineriene på henholdsvis Mongstad og Slagentangen, ved at biomasse og BtL-anlegg integreres i produksjonen av drivstoff. Mot slutten av perioden begynner også enkelte av de store energiselskapene å inkludere noe produksjon av biodrivstoff i sine kraftvarmeverk.

FNs sertifiseringssystem

Produksjonen biodrivstoff basert på lignocellulose, det vil si trevirke, halm og annen uspiselig biomasse, vokser kraftig gjennom denne perioden. Mye av årsaken er de stadig strengere miljøkravene til biodrivstoff. FN innførte et sertifiseringssystem for handel med biomasse i 2012, som har mange fellestrekk med det norske systemet for biodrivstoff, som ble etablert tre år tidligere. Sertifiseringssystemet er et samarbeid mellom FN-organene IPCC (klima), UNEP (miljø), WFP (mat) og WTO (handel).

Parallelt med de strengere miljøkravene, har teknologier for å produsere drivstoff av lignocellulose blitt kommersialisert og effektivisert, slik at de også er blitt langt mer konkurransedyktige på pris. Resultatet av denne utviklingen, er blant annet at man i USA i økende grad bruker naturlig voksende prairiegress i stedet for mais til å produsere drivstoff. I Europa begynner man å erstatte produksjon av raps med produksjon av hamp og salix (energiskog). I 2020 er den globale fordelingen av innhøstet biomasse til henholdsvis mat, fôr og industriell produksjon av bioenergi ca. 50/25/25.

Plug-in hybrider

I transportsektoren skjer det teknologiutvikling på mange fronter i denne perioden. Plug-in hybrider begynner å bli utbredt. Dette er hybridbiler med forbrenningsmotor og elmotor, men batterikapasiteten er økt og bilene kan også lades fra strømmettet, slik at man kan kjøre helelektrisk på mange av de korte turene. I tillegg har batteriene blitt så effektive at bruk av rene elbilene også øker kraftig blant vanlige forbrukere. De fleste elbilene er fullverdige småbiler med fem seter og tilstrekkelig aksjonsradius. Når det gjelder hydrogenbiler, går utviklingen imidlertid fortsatt sakte. Hydrogenbrenselceller er fortsatt ikke kommersielt tilgjengelig, og de få hydrogenbilene som finnes, har forbrenningsmotor, begrenset rekkevidde og få fyllestasjoner. Særlig det å bygge opp en infrastruktur med hydrogenpumper, viser seg å være svært kostbart. Men takket være den kraftige veksten i bruken av elbiler og plug-in hybrider, ser man nå at biodrivstoff kun behøver å erstatte en mindre andel av alt det fossile drivstoffet vi brukte i 2007.

Forbrenningsmotorene til plug-in hybridene er enten bygd for kunne veksle mellom bioetanol og bensin, eller de har dieselmotor som kan gå på både BtL, FAME og fossil diesel. Blant andre typer biodrivstoff som er under utprøving eller som er delvis tilgjengelig i markedet, finner vi biobutanol, bio-DME, ulike blandingsalkoholer og dimethylfuran (DMF).

”Alt” kan lages på bioraffineri

Når det gjelder forskningaktivitet som er relevant for bioraffinerier og annen produksjon av biodrivstoff, har det skjedd en kraftig vekst. Fra 2007 til 2017 har vi hatt en 10-dobling av norsk FoU på dette området. Særlig blant petroleumsforskerne har det skjedd en kraftig omlegging. I 2017 arbeider halvparten av de forskningsmiljøene som tidligere drev ren petroleumsforskning, med teknologi for konvertering av biomasse. Resultatet er at vi i 2020 har fått utviklet teknologi for bioraffineri som gjør det mulig å sette opp et godt utviklet og lønnsomt produktspekter med drivstoff, finkjemikalier, tilsetningsstoffer, næringsmidler, farmasøytiske produkter og ulike former for biopolymerer (bioplast). I 2020 kan de fleste typer karbonbaserte produkter produseres kommersielt i et bioraffineri.

Lisensiering av teknologi begynner også å gi betydelige inntekter til norske virksomheter, både fra innenlandsk salg og eksport. Dette er inntekter som går både til forskningsinstitutter og samarbeidende bedrifter. I tillegg etableres det en del nye bedrifter som spin-off fra norske forskningsmiljø.

I 2015 fikk vi også et verdensledende selskap ved at StatoilHydro Biofuels (SH Biofuels) kjøpte og slo sammen norske Weyland med danske D-acid. Weyland ble etter hvert regnet som verdensledende innen sterkisyreprosesser som er egnet til produksjon av celluloseetanol.

De mange framskrittene innen celluloseetanol, har gjort at man i 2018 får ca. 50 prosent større etanolutbytte enn det som var vanlig i 2007, uten ekstern energitilførsel.

Også på andre områder innen både hydrolyse, effektiv fermentering og andre delprosesser for bioraffineri, samt gassifisering, gassrensing og pyrolyse begynner vi i årene fram mot 2020 å høste inntekter av mange års forskning. I 2013 fikk vi et forskningsgjennombrudd som førte til en kraftig effektivisering av enzymforbruket ved produksjon av celluloseetanol.

Et annet gjennombrudd var det i 2017 da forskere knyttet til Universitetet i Bergen bidro til utviklingen av en kostnadseffektiv prosess for våt pyrolyse (350 °C, 100 bar). Pyrolyseproduktet fra denne prosessen inneholder så lite tjære at man lett kan raffinere det videre til ulike typer biodrivstoff. De samme forskerne fikk også stor oppmerksomhet et par år tidligere, da de hadde utviklet en prosess for konvensjonell varm og tørr fremstilling av pyrolyseolje, men hvor oljen inneholder så lite oksygen at den kan raffineres til nyttige energi- eller kjemikalieføremål.

3.3.3 2020-2027: Ekstern energi tredobler utbyttet

Energiprisene har steget mye fram til 2020 og biomasseprisen har økt mest. Regnet per kilowattime har prisen på biomasse steget mer enn prisene på både elektrisk strøm, klimanøytralt produsert hydrogen og prosessdamp. Mens skogsflis i 2007 var den billigste energiråvaren som kunne kjøpes for penger, hvis man så bort fra uran, så er denne typen biomasse i 2020 blitt dyrere enn hydrogen produsert fra naturgass, hvor CO₂en er deponert. Også elektrisk strøm er i mange perioder billigere enn kWh-prisen på biomasse. Særlig takket være stor utbygging av vindkraft, er kraftbalansen snudd på hodet siden 2007. Den gang hadde man i et normalår et importbehov på nesten 10 TWh. I 2014 passerte man balansepunktet i kraftbalansen og i 2020 har vi en betydelig, og raskt voksende, eksport av elektrisk strøm fra Norge.

Dermed er det blitt lønnsomt å putte på ekstern energi i anleggene som produserer syntetisk biodrivstoff. Dette kan gjøres både ved å gassifisere biomassen ved å brenne hydrogen eller ved å bruke elektrisk strøm, i stedet for å produsere den nødvendige varmen ved å brenne en del av biomassen. I synteseprosessene kan man bruke hydrogen eller vanndamp for ytterligere å øke utbyttet, slik at man i praksis bygger drivstoffmolekyler rundt nesten hvert eneste atom av biokarbon.

SH Biofuels så at denne muligheten ville komme og de satte i drift verdens første produksjonsanlegg for 95 prosent konvertering av biokarbon på Mongstad i 2020. Takket være denne teknologien, kunne man nå få tre ganger så mye biodrivstoff ut av biomasse, som er ventet å bli en knapphetsressurs i løpet av de neste ti årene. Anlegget på Mongstad var så vellykket at SH Biofuels raskt satte i gang med å integrere tilsvarende prosesser i BtL-anlegget i Grenland. I løpet av få år har vi i Norge flere slike store BtL-anlegg som lager drivstoff hvor biomassen i større grad fungerer som energibærer og lagringsmedium for annen klimanøytral energi, enn som energikilde.

Økende inntekter fra utlandet

De norske selskapene SH Biofuels og WoodFuel AS, etablerer utover i 20-årene norsk produksjon i utlandet. WoodFuel startet allerede i 2013 med utgangspunkt i konkursboet etter Norwegian BtL AS og to tilsvarende utenlandske konkursbedrifter.

I tillegg lisensierer mange norske biodrivstoffaktører norsk teknologi til utenlandske produsenter. Mot slutten av perioden genererer norsk produksjon av biodrivstoff i utlandet og teknologiekspert, inntekter på over 20 milliarder kroner. Disse inntektene ser ut til å vokse raskt videre utover i 30-årene. I tillegg gir innenlandsk produksjon en verdiskaping på ca. 15 milliarder kroner. Norskprodusert biodrivstoff dekker i 2027 ca. 30 prosent av all transportenergi som selges i Norge, inkludert forbruket innen skipsfart og luftfart. Dermed er vi langt over det globale gjennomsnittet, hvor biodrivstoff i 2027 dekker knapt 15 prosent av all transportenergi. I tillegg til å dekke eget forbruk, eksporterer vi et lite overskudd av biodrivstoff.

Nye teknologiske gjennombrudd

Internasjonalt er norske aktører ledende teknologileverandører på en rekke viktige delområder innen konvertering av biomasse til drivstoff. Norge har særlig markert seg innen teknologier for bioraffineri og innen teknologier, som ved hjelp av ekstern energi, konverterer opp mot 100 prosent av det fornybare karbonet til biodrivstoff - såkalt tredjegerasjons biodrivstoff.

Innen syntetisk biodrivstoff kommer blant andre SH Biofuels i samarbeid med SINTEF og UMB med en rekke viktige bidrag ved å trinnvis å effektivisere synteseprosessen og utvikle bedre katalysatormaterialer.

Innen bioraffineri får vi et viktig gjennombrudd i 2022. Da klarer norske forskere å få til tørrfermentering av både etanol, hydrogen og metan. Dette gjøres ved at varmekjære mikrober bearbeider biomasse i en slags forråtningsprosess. Prosessen kan også utnyttes til å fange CO₂. Et annet viktig framskritt er når vi i 2025 har klart å lage så ”finmaskede” membraner at det blir mulig å separere ut både etanol og butanol uten å gå den energikrevende veien om destillering.

I 2027 er norske biokjemikere mest spent på om de endelig skal klare å sette opp en bioreaktor, det vil si en avansert råtnetank, som kan generere biometan fra cellulose og hemicellulose. I reaktoren skal hydrolyse og fermentering skje simultant. Forskerne forventer at gassen som genereres også vil ha et minimalt behov for rensing før den kan brukes som drivstoff. Dette vil kunne bli en svært energieffektiv metode for å fremstille biogass fra trevirke og planteavfall. Biogassen kan trolig mest effektivt brukes til drift hos de mange busselskapene som har satset på biogass, alternativt kan gassen konverteres videre til syntetisk biodiesel for enklere distribusjon.

Forskere innen bioraffineriteknologi arbeider også på en lang rekke andre områder, hvor man venter viktige gjennombrudd utover i 30-årene.

Mye biomasse til plastproduksjon

Mot slutten av denne perioden kan alle kjente typer plastkvaliteter fremstilles fra biomasse. I tillegg er det enklere å lage biodegraderbar plast fra biomasse. Mens vi i 2007 brukte mellom tre og fem prosent av verdens olje- og gassutvinning til produksjon av plast, så vil dette råvarebehovet til petrokjemiske produkter i økende grad bli dekket av biomasse. Men siden bærekraftig, industrielt uttak av biomasse kanskje aldri vil erstatte mer enn en fjerdedel av et forbruk som har økt mye de siste 20 årene, vil kanskje hele 10-20 prosent av biomassen i en petroleumsfri verden bli brukt til produksjon av plast.

Fra turbodiesel til biobrenselcelle

I bilindustrien er nå plug-in hybrider og rene elbiler blitt de to vanligste framdriftskonseptene. Alle forbrenningsmotorer i personbiler kan veksle mellom minst en type biodrivstoff og en type fossilt drivstoff. Hva kundene velger, avhenger primært av hvilken type drivstoff som for tiden

er billigst, men også hensyn til miljøegenskaper, rekkevidde og motoreffekt spiller inn. Mesteparten av transportenergien kommer nå uansett fra stikkontakten hjemme eller på jobben og der har man fortsatt få valgmuligheter.

Forbrenningsmotorer brukes mot slutten av perioden primært til de vanskeligste transportoppdragene. De vil si de lengste turene med personbilen, langtransport av varer utenfor jernbanenettet og i økende grad innen luftfart og skipsfart. Optimal virkningsgrad for turbodieselmotorer har økt videre fra 40 prosent i 2007 til 45 prosent i 2027. Men effektiv virkningsgrad har økt mye mer. Mens forbrenningsmotorene i 2007 kastet bort mye energi på å bli kjørt på lave og varierende turtall, går forbrenningsmotorene anno 2027 på optimalt turtall og med optimal driftstemperatur mesteparten av tiden. Nesten all kjøring med varierende og lav hastighet dekkes av elmotorer og batteridrift, som har stabilt høy virkningsgrad uavhengig av belastningen.

Selv om forbrenningsmotorer fortsatt er mest utbredt som langdistansemotor, begynner det også å komme en del plug-in hybrider som har brenselceller som går på biometanol og andre typer flytende biodrivstoff. Mens en konvensjonell turbodieselmotor neppe vil komme noe særlig høyere enn 45 prosent i virkningsgrad, så oppnår metanolbrenselcellene allerede i 2027 en virkningsgrad på 60 prosent. Blant mer outsider-konsepter, har vi et norsk firma som i 2026 demonstrerer en pilotmodell av en motor i personbilstørrelse, som knuser trepellets til pulver, som så brennes og produserer bevegelsesenergi i en heliumbasert stirlingmaskin.

Lignocellulose blir viktigste råvare

Biodrivstoff basert på lignocellulose, er fra 20-årene og utover blitt så konkurransedyktig, at det kan produseres og selges uten andre incentiver enn at de konkurrerende fossile kvalitetene ilegges karbonskatt. Det vil si at også biodrivstoff i de fleste land ilegges ordinær avgift for veislitasje, ulykker og lokal forurensning. Kommersialiseringen av andregenerasjonsanleggene fører også til en omlegging i produksjonen av energivækster i mange områder. Energi- og gjødselkrevende råvarer som mais og raps, skiftes ut med præriegress, hamp og energiskog. Men mer effektive plantesorter som sukkerrør og jatropha, dyrkes fortsatt til energiformål. Forskjellen er at man etter å ha hentet ut sukkeret eller planteoljen, også konverterer planterestene til biodrivstoff. Uviklingen fører til at lignocellulosebasert drivstoff passerer første generasjons biodrivstoff i volum i 2025.

Solkraft og alger gir videre vekstmuligheter for biodrivstoff

Selv om biodrivstoff i 2027 bare dekker 15 prosent av energibruken i den globale transportsektoren, så har nå det internasjonale energibyrået IEA utarbeidet en prognose som forventer at andelen øker til 25 prosent i 2037. Uttaket av biomasse fra verdens skoger og jordbruksområder forventes ikke å øke så mye i disse ti årene. Den økte produksjonen kommer primært av at vi stadig får flere tredjegerasjons produksjonsanlegg som kombinerer regional eller importert biomasse med den billigst tilgjengelige klimanøytrale energien. Særlig i ørkenområder venter man mange etableringer av slike anlegg. Da bygger man gjerne et gigantisk termisk solkraftverk, som ved hjelp av konsentrerende reflektorer produserer billig elektrisk strøm og prosessdamp. Energien brukes til å gassifisere, rense, syntetisere forskjellige typer biomasse til ulike biodrivstoffkvaliteter. SH Biofuels var tidlig ute med å se denne muligheten og eier og driver allerede to slike anlegg i ørkenområder i Spania. Nå har selskapet begynt å utrede muligheten for et tredje anlegg i Vest-Sahara. Der kan de kanskje oppnå enda bedre lønnsomhet, ved at fabrikk kan plasseres så nær en ny havn de bygger, at tømmer og ferdig drivstoff kan mates mellom skip og fabrikk ved hjelp av henholdsvis transportbånd og rør.

I tillegg forventer IEA i 2027 at man de neste 10 årene vil få et betydelig bidrag fra de lovende algefarmene. I 2026 har det California-baserte firmaet AlgaeFuel Corp. idriftsatt en kombinert

algefarm og biodieselfabrikk i halvkommerseill størrelse i en ørken i nærheten av Los Angeles. Her hjemme jobber også forskere med å utvikle algearter samt stasjonære og mobile, havgående produksjonsanlegg som er tilpasset enten norsk eller tropisk klima.

3.4 Andre utviklingstrekk med relevans for bioenergi

Energieffektiviteten både innen industri, transport og bygningsoppvarming øker gjennom hele 20-årsperioden, særlig den første halvdel. Endringer i byggeforskriftene gir eksempelvis en effektiviseringsgevinst på 5 TWh i løpet av 20 år. Samtidig fortsetter imidlertid veksten i forbruket av varer og tjenester, bolig- og hyttearealet per innbygger stiger videre og bilbruk og andre former for transport øker. Resultatet er at den direkte energibruken per innbygger forblir omtrent uendret på 2007-nivå. I den aktuelle perioden øker den norske befolkningen med ca. 20 prosent og dermed øker Norges totale energiforbruk tilsvarende. Befolkningsveksten er hovedårsaken til at forbruket av elektrisk strøm øker videre til 145 TWh i 2027. Økt bruk av elbiler og såkalte plug-in hybrider bidrar også til å opprettholde et høyt strømforbruk.

Elektrifisering av sokkelen

Selv om strømforbruket har vokst, så har kraftproduksjonen økt enda mer. Offshore vindkraft på norsk sokkel genererer i 2027 hele 25 TWh. I tillegg produserer vi årlig 10 TWh vindkraft på land. Den kanskje viktigste driveren for utbyggingen av vindkraft var kravet til at fornybar elektrisitet skulle drive olje- og gassinstallasjonene i norske farvann. Kravet ble iverksatt i form av en opptrappingsplan som gjaldt fra 2012 til full CO₂-fri drift i 2018.

I tillegg til drøyt 5 TWh biokraft pluss noe ny vannkraft og litt solcellestøm har vi dermed i et normalår i 2027 et overskudd på kraftbalansen på hele 20 TWh. I 2007 hadde vi til sammenlikning et underskudd på nesten 10 TWh i et år med gjennomsnittlige nedbørsmengder.

Gassrør til Østlandet

I 2012 fullføres gassrørledningen til Telemark og Vestfold. I tillegg til å kunne transportere naturgass fra Nordsjøen, har den et returrør for CO₂. Dermed kan CHP-anleggene kvitte seg med CO₂, både det som kommer fra forbrenning av naturgass og det som kommer fra forbrenning av biomasse. I tillegg kan anlegg for syntetisk biodrivstoff få klimanøytral fossil hydrogen som energiinput for å øke utbyttet av drivstoff.

4 Norsk biomasseindustri anno 2027

Bioenergibransjen består i 2027 av både nye, rendyrkede energibedrifter, som kraftvarmeverk og biodrivstoffprodusenter, og mer tradisjonelle treforedlingsbedrifter, hvor bioenergi er integrert i virksomheten. Norsk agroindustri har i lys av en økt import av matvarer, omstilt sin virksomhet til mer lokal og regional produksjon og bruk, med økt fokus på ferskhet, helseegenskaper og kvalitet. Innmarksarealer som ikke brukes til matproduksjon eller rekreasjon, brukes til å produsere energiråstoff.

Norge har siden 2007 fått 10 000 nye arbeidsplasser innen bioenergi og konvertering av biomasse. 2000 av de ansatte er kunnskapsarbeidere som arbeider innen FoU og forretningsutvikling.

Produksjon av biodrivstoff og biokraft er integrert med produksjon av CO₂-fri fossil energi. Teknologien som anvendes, både i skogen, på innmarka og på industrianleggene, er dels basert på egenutvikling og dels på tilpasning og samarbeid med utenlandske aktører. Norge har på en rekke delområder utviklet unik teknologi som også gir betydelige eksportinntekter.

Norge har særlig markert seg på følgende områder:

- Småskala teknologi for drift av skogsvirke i bratt og vanskelig terreng
- CHP-anlegg med CO₂-håndtering som bruker både biomasse og enten naturgass eller kull. I klimagassregnskapet har disse anleggene negative utslipp i form av at de henter CO₂ tilbake fra atmosfæren og deponerer det i grunnen. Skagerak Energi er den mest sentrale norske aktøren.
- Tredjegerasjons biodrivstoff basert på lignocellulose. Ved hjelp av tilført ekstern energi oppnår man tre ganger så stort drivstoffutbytte som i et konvensjonelt anlegg fra 2015 (andregenerasjons biodrivstoff). StatoilHydro Biofuels er den mest sentrale norske aktøren.
- Bioraffineri med godt utviklet og lønnsomt produktspekter (drivstoff, næringsmidler, finkjemikalier, tilsetningsstoff, bioplast, farmaceutiske produkter osv.). Borregaard Refineries er den mest sentrale norske aktøren.
- Små- og mediumskala avfallsforbrenning med avansert rensing
- Småskala CHP-anlegg med høy elektrisk virkningsgrad
- Avanserte renseprosesser, særlig for småskala CHP
- Ekstremt rentbrennende vedovner og pelletskaminer (med Dovre, Jøtul og Bionordic i spissen), samt ny teknologi og nye system i forkant, som reflekterer kravet til vedkvalitet, pellets-kvalitet og økonomi.

4.1 Råstoff og logistikk

Vi høster ca. tre ganger så mye biomasse til energiformål og avanserte trekjemiske produkter som det vi gjorde i 2007.

I skogen driver man avansert avvirkning med skogsmaskiner med ekstreme terrengegenskaper. Maskinene tar med seg både tømmerstokker og GROTT - det vil si grener og topper. I tillegg driver man i økende grad plukkhogst, både av estetiske, biologiske og karbonbevarende hensyn, og hvor mindre stammer eller heltrær ofte tas ut med flertreaggregater. Flertreaggregater er effektive og avanserte kappeinnretninger som gjør at skogsmaskinene lager ”buketter” av trærne i stedet for å felle og kviste ett og ett.

I bratt terreng er det utviklet system med fjernstyrte kabelkraner og radiostyrte løpekatter. Det eksperimenteres også med å utnytte gigantiske bardunerte ballonger. Langs veier, jordekanter og i kraftlinjer kjører spesielle maskiner som feller, bunter og transporterer ut krattskog.

Flishoggerutstyret er blitt videreutviklet med større mobilitet, med varierende kapasitet og med ulike modeller som i større grad er tilpasset det aktuelle behov. På grunn av det store uttaket fra skogen, legger man også store ressurser i planting og gjødsling av skogen.

I jordbruket er det mange bønder som driver med ulike energivækster, blant annet hurtigvoksende energiskog som høstes med en kraftig, skurtreskerliknende innretning. Bøndene i Norge får nå ofte vel så bra betalt for å produsere energi som for å produsere mat. Dreiningen er styrt av myndighetenes produksjonstilskudd til skog- og landbruk. Bakgrunnen er målet om å redusere klimagassutslippene i form av lystgass fra dyrket mark og metanutslipp fra husdyrproduksjon.

For skogbruket er det utviklet velfungerende utstyr og logistikk for transport og eventuell spredning av aske.

Avfallssektoren samler inn og energigjenvinner alt avfall. Verken privathusholdninger eller bedrifter betaler noe for å bli kvitt vanlig søppel som matavfall, emballasje, papiravfall og hageavfall. På såkalte biomottak får både privathusholdninger, etater og bedrifter betalt for å levere hageavfall og annet bioavfall over en viss mengde.

4.2 Biovarme og biokraft

Fjernvarme og nærvarme varmer (og kjøler) de aller fleste større bygninger. Kontorbygg, forretningsbygg, industri, skoler, sykehus, leilighetsbygg og rekkehus – alle varmes og kjøles ved hjelp av avansert vannbasert energidistribusjon. Til og med en del eneboliger har fått fjernvarme, dersom de ikke ligger for langt unna et fjernvarmenett.

Mye av oppvarmingsenergien kommer fra store kraftvarmeverk med CO₂-håndtering. Disse anleggene er plassert i Skogn, Trondheim, Oslo/Slagen, Grenland, Bergen og på Haugalandet. De fyres på både en kombinasjon av skogsflis og fossil naturgass eller skogsflis og kull. Andelen innfyrt biomasse er mange steder oppe i 50 prosent. Mesteparten av CO₂-en skilles ut og transporteres i rør eller på båt til deponering i Nordsjøen. Målt i forhold til forbrukt fossil energi, oppnår dermed anleggene langt over 100 prosent rensing. Det vil si at anleggene ved å deponere fornybar CO₂, bidrar til å redusere innholdet av CO₂ i atmosfæren. Avansert teknologi gjør at de store biokraftanleggene har en elektrisk virkningsgrad på hele 40 prosent, til tross for den energikrevende CO₂-rensingen. Det vil altså si at 40 prosent av energien som puttes inn, kommer ut som elektrisk strøm. For 20 år siden var vanlig elektrisk virkningsgrad for biokraft 20 prosent, uten CO₂-rensing.

En like stor andel av biovarmen blir produsert i regionale og mindre kraftvarmeverk uten CO₂-håndtering. Her er det dels renovasjonsforetak som i forbindelse med avfallshåndtering brenner både avfall og brensel fra skogen, og dels rene energiverk som fyrer med biomasse.

Totalvirkningsgraden blir her enda litt større, fordi man ikke bruker noe energi på CO₂-fangst. Også disse anleggene har teknologisk avanserte løsninger, som sikrer høy elektrisk virkningsgrad.

Bønder og skogeiere er også aktive som energiprodusenter. Anleggene deres kalles ofte nærvarmeanlegg. Dette fordi kraftvarmeanleggene er mindre og plassert i kort avstand til mindre tettsteder, bygningsklynger og industri som mottar varmtvannet. Nærvarmeanleggene produserer også en del elektrisk energi, som leveres inn på det vanlige elnettet. Anleggene fyres primært på skogsflis.

Parallelt med flere tiårs utvikling av vedovner, peiser og pelletskaminer, har man utviklet nytt småskala utstyr og nye system og terminaltyper for opparbeiding og distribusjon av fyringsved, samt lokal, småskala produksjon av pellets.

Den samlede innenlandske energi- og klimagassleveransen fra stasjonær konvertering av biomasse er:

- Kraft: 5,5 TWh (4 prosent av elforbruket i Norge)
- Varme: 6 TWh (utgjør 12 prosent av behovet for bygningsoppvarming, og tappevann i Norge)
- CO₂-deponering av biokarbon: 2,8 millioner tonn (5 prosent av CO₂-utslippet i 2007)

Til denne produksjonen forbrukes årlig totalt 15 TWh ”ny biomasse”. Det vil si avvirking og annen produksjon som ikke var etablert i 2007. Den ”nye biomassen” som brukes til stasjonære energiformål fordeles som følger:

- Til store kraftvarmeverk med CO₂-håndtering: 7 TWh
- Til regionale og mindre kraftvarmeverk: 5 TWh
- Til produksjon av nærvarme med kraftproduksjon: 3 TWh

4.3 Biodrivstoff og bioraffineri

Norskprodusert syntetisk biodiesel fra norsk trevirke er i ferd med å bli det viktigste drivstoffet i Norge. Vi har tre store såkalte BtL-anlegg, som ligger i henholdsvis Skogn, Grenland og på Mongstad. Anleggene mottar 10 TWh skogsråvarer og produserer 15 TWh syntetisk biodiesel. Dette er mulig ved at anleggene også bruker ca. 20 TWh i form av eksternt klimanøytral energi. De eksterne energiråvarene er primært hydrogen produsert fra naturgass, hvor CO₂-en er renset og deponert. Ved noen av anleggene bruker man også varm damp fra nærliggende industri og noe elkraft når strømmen er billig. Samtidig leverer man tilbake ca. 1 TWh overskuddsvarme til blant annet bygningsoppvarming og til industri med behov for tørkevarme.

I tillegg til de 15 TWh-ene med syntetisk biodiesel, produserer andre aktører ca. 2 TWh biogass i drivstoffkvalitet. Energiråvarene her er matavfall, jordbruksavfall, kloakkslam og husdyrgjødsel. Mesteparten av produksjonen skjer ved store anlegg i tilknytning til de store byene. Fordi fyllestasjoner for biogass er dyrere enn fyllestasjoner for flytende drivstoff, brukes mesteparten av biogassen i forbindelse med bussdrift, taxidrift og andre transportsystemer med stor drivstoffomsetning via noen få pumper.

Bioraffineri er blitt den naturlige videreutviklingen av treforedlingsindustrien. Mye av produktspekteret til celluloseindustrien er lagt om til mer avanserte produkter. I tillegg har råstoffomsetningen til celluloseindustrien økt. 3 TWh av den ”nye” biomassen de siste tjue årene går til bioraffinerier. Borregaard Refineries i Sarpsborg er det største og mest avanserte. Her går blant annet 10 prosent av biomassen til ulike former for bioplast. Dette er fullverdige plastkvaliteter som dekker alle de samme funksjonene som plast basert på petroleumråvarer. I tillegg lages noe av platen biodegraderbar, der kunden ønsker det. Borregaard produserer også årlig ca. 1 TWh (160 millioner liter) bioetanol som et biprodukt i bioraffineriet.

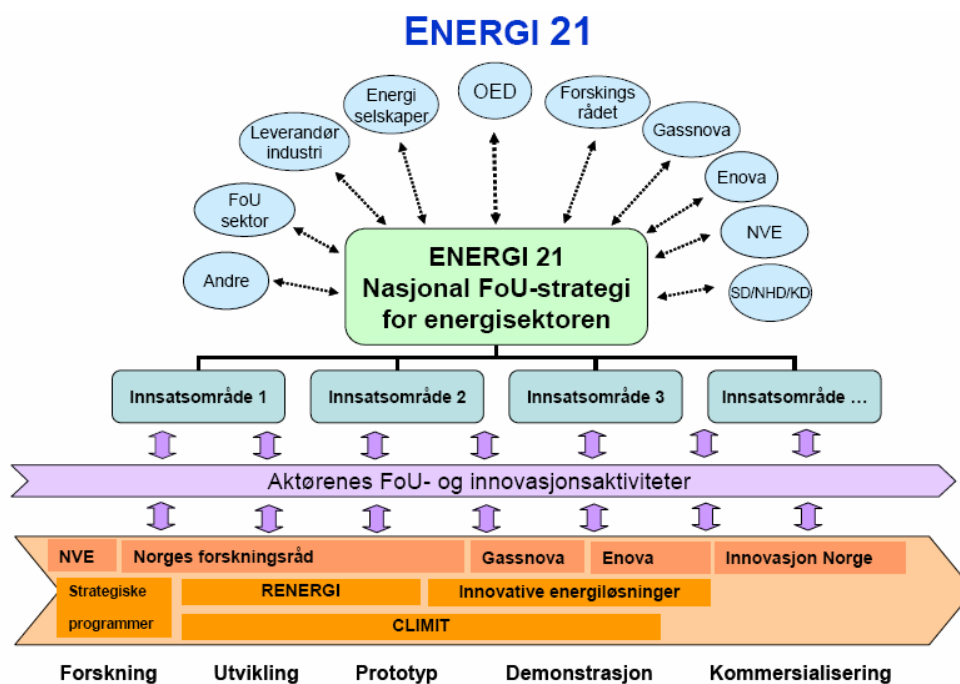
5 Strategiske grep og viktige handlinger i perioden 2007-2027

Nye, fornybare energibærere har hver for seg mange særtrekk som forsværer egne strategier for FoU, kompetanseutvikling og kunnskapsformidling. Produksjon og bruk av bioenergi skiller seg fra sol, vind, og andre former for energi ved at biomassen har en eier, og ved å ha en nær tilknytning til annen etablert næringsvirksomhet som jord- og skogbruk, treforedling og avfallshåndtering. Kostnadseffektivitet ved bruk av biomasse til energi oppnås derfor ofte ved å koble og kombinere kompetanse, prosesser og produkter med annen virksomhet som allerede utnytter biomasse.

5.1 Myndigheter

Strategier og forpliktende virkemidler som gikk lenger enn en valgperiode, er fellesnevneren for mange av de vellykkede handlingene som myndighetene gjorde innen fornybar energi og bioenergi i perioden fra 2007 til 2027.

Energi 21, som i 2007 ble utarbeidet som en nasjonal FoU-strategi for energisektoren og som fikk sitt permanente styre fra 2008, er eksempel på en vellykket langsiktig norsk energistrategi. Energi 21 bidro til bedre samarbeid og koordinering mellom næringsliv, forskning og myndigheter. Aktørene fikk blant annet en bedre oversikt over hvem det var aktuelt å samarbeide og koordinere seg med. I tillegg fikk bevilgende myndigheter bedre kontroll og eierskap i det å følge de gode forskningsresultatene hele veien via utvikling av anvendelsesprosesser, til prototyp og videre til demonstrasjon og kommersialisering.



Figur 2: Energi 21 – FoU-strategi for energisektoren

I starten av perioden var nettopp manglende sammenheng og eierskap fra myndighetene en stor utfordring for mange av aktørene. Blant annet etterlyste man noe mellom Forskningsrådet og Innovasjon Norge. Slik situasjonen var, endte enkelte gode ideer og forskningsresultater uten å bli ført videre.

20 prosent CO₂-reduksjon hjemme

Målet om en innenlandsk CO₂-reduksjon på 20 prosent innen 2020, som ble vedtatt av Stortinget i 2008, viste seg å være et svært viktig grep. I kjølvannet av dette vedtaket, ble det iverksatt en rekke nasjonale reguleringer som alle bidro til utslippsreduksjoner og omlegging til fornybar energi. Et av de viktigste enkeltvedtakene, var da Stortinget bestemte at elavgiften skulle økes med en øre for hvert år for hvert år i ti år fra og med 2008. Et annet eksempel på vellykket grønn skatteveksling, var da man i 2009 bestemte at alle skogsarbeidere de neste fem årene skulle få samme skattefordel på lønnsinntekt, som innbyggerne i Finnmark. Sammen med lovpålagt uttak av biomasse og tilvekstbeskatning, var dette del av et omfattende næringsstyrt program for å øke produksjonen i skogbruket som pågikk fra 2010 til 2015.

At Stortinget i 2010 vedtok et mål om 20 prosent reduksjon i forbruket av energi til oppvarming og transport målt per innbygger, ble også et viktig grunnlag for reguleringer og incentiver for ny teknologi og energiomlegging. Videre opptrapping av omsetningspåbudet for biodrivstoff var viktig, sammen med andre incentiver for mer miljøvennlig veitrafikk. For byggebransjen kom det stadig strengere byggeforskrifter.

Parallelt med de konkret målrettede incentivene, gjennomførte myndigheter en gradvis opptrapping av CO₂-avgiftene. I tillegg ble CO₂-avgiftene etter hvert utjevnet, slik at man betalte like mye uavhengig av type bruk og type energibærer.

Kravet til elektrifisering av sokkelen fikk ikke umiddelbart noen stor betydning for bioenergibransjen. Men delvis på grunn av all vindkraften som da ble utbygd og den dermed bedre kraftforsyningen i Norge, ble det mot slutten av perioden mulig å produsere tredjegerasjons biodrivstoff med tilførsel av ekstern energi.

Allerede i 2007 lovte statsminister Jens Stoltenberg at Norge skulle kutte utslippene med 30 prosent innen 2020. Men det var først etter mange måneder med politisk press, at regjeringen foreslo at de innenlandske kuttene skulle være 20 prosent.

Sertifisering av biomasse

En annen viktig driver for norsk bioenergi, var at FNs mat- og landbruksorganisasjon FAO i 2012 påla alle medlemsland å håndheve et sertifiseringssystem for all handel med biomasse. Målsettingen var primært å sikre energieffektivitet og natur- og miljøvennlig produksjon, men matsikkerhet og menneskerettigheter synes også til en viss grad å bli ivarettatt av dette sertifiseringssystemet. Etter 2012 er ikke lenger spørsmålet om matsikkerhet relatert til bruk av bioenergi et tema som diskuteres.

En annen viktig driver for norsk bioenergi, var den norske sertifiseringsordningen for biodrivstoff som ble innført allerede i 2009. Dermed kunne forbrukerne i større grad stole på at biodrivstoffet de bruker er framstilt på en bærekraftig og miljøvennlig måte.

En annen viktig konsekvens av både det norske og det FN-baserte sertifiseringssystemet, var at norsk biomasse ble mer konkurransedyktig. Selv om prisen på norsk biomasse var en del høyere, så var det mye lettere å tilfredsstille og dokumentere miljøegenskapene til norske skogsråvarer enn mange av de formene for biomasse og bioenergi som var tilgjengelig på verdensmarkedet.

Nasjonale støtteordninger

Opprettelsen av TRANSNOVA i 2009, som gav støtte til mange banebrytende prosjekter i transportsektoren, ble også viktig for den blomstrende aktiviteten vi har sett innen biodrivstoff utover i perioden mot 2027.

Økonomiske støtteordninger til stasjonær energianvendelse av biomasse, var helt fram til 2017 organisert gjennom ENOVA og Innovasjon Norge, men fra og med 2010 var de to etatene regionalisert og bedre koordinert med EU.

Felles for både TRANSNOVA og ENOVA, var at de fra 2010 og utover la om og forenklet søknadsprosessen for små og mellomstore bedrifter. Mange av de mindre aktørene hadde lenge opplevd disse statlige energi- og miljøforetakene som så byråkratiske at de ikke tok bryet med å søke. Omleggingen viste seg fruktbar i form av at det raskt begynte å komme inn mange svært gode prosjekter i mindre skala.

Omlegging av oljefondet

En annen og etter hvert stor finansieringskilde, var det norske oljefondet, som i 2007 ble kalt Statens pensjonsfond – Utland. Fondet vokste svært raskt i årene både før og etter 2007, fordi hele statens netto kontantstrøm fra petroleumsvirksomheten hvert år ble tilført fondet. I 2007 var dette fondet nesten 20 ganger så stort som Statens pensjonsfond - Norge. Utlandsfondet skulle imidlertid bare gjøre investeringer i utlandet, mens Statens pensjonsfond - Norge skulle investere i Norge og Norden.

I 2010, da det begynte å bli mange store og svært gode investeringsmuligheter i norske selskap innen fornybar energi, ble reglene for investering av norske olje- og gasspenger lagt totalt om. De to pensjonsfondene ble teknisk sett slått sammen og deretter stedet splittet i bransjer: Energi, IKT, meditek, eiendom osv. Hvert av fondene skulle få en andel av den årlige netto kontantstrømmen fra olje- og gassinntektene. Størrelsen på de årlige overføringene skulle dels bestemmes av verdien på fondet, dels på oppnådd avkastning siste år og dels på de dokumenterte mulighetene for langsiktig avkastning.

Statens pensjonsfond - Energi ble da den største porteføljen blant de nye fondene. Og både på energiområdet og i mange av de andre fondene, ble det nedfelt kriterier som gav norske og nordiske selskap visse fortrinn når fondet vurderte å investere i dem. Man kunne for eksempel akseptere en lengre tidshorisont på investeringen, enn det som er normalt i vanlig bedriftsøkonomisk tankegang. Dette gjaldt særlig norske selskap innen offshore vind, konvertering av biomasse og solenergi.

Harmonisering og differensiering av støtteordninger

Norske myndigheter fikk i 2006 og 2007 mye kritikk for sine relativt lave støttesatser for produksjon av fornybar energi. Det gjaldt for eksempel de nærmest symbolske 10 ørene per kWh til biokraft, som nesten ikke utløste noen ny produksjon. På den andre siden så man i ettertid at enkelte andre europeiske land hadde satt støttesatsene eller avgiftsfritakene så høyt at de ikke stimulerte til innovasjon og teknologisprang, men snarere ble en lettvin og kortsiktig forretningsmulighet. Fra Tyskland har vi to eksempler på dette; den kortvarige overetableringen av produksjonskapasitet for biodiesel i 2006 og 2007, og de mange ”bondegassanleggene” som ved å holde seg under 0,5 MW kunne få 8 eurocent, det vil si 6-7 ganger så mye i støtte per kWh produsert elektrisk strøm som det man fikk i Norge. Fra og med 2010 og utover var imidlertid virkemiddelbruken bedre tilpasset for å fremme innovasjon og teknologiutvikling både i Norge og i resten av Europa. Et viktig grep var da man begynte å differensiere støtteordningene på en slik måte at små anlegg, anlegg som har høyere virkningsgrad og anlegg som kan bruke biomasse av mer krevende kvalitet, fikk mer støtte. Samtidig var, fra 2009, tilskudd for uttak av energivirke fra tynninger og kulturlandskap en viktig faktor.

Energidepartementet og direktoratet for fornybar energi

Omleggelsen av det tidligere Olje- og energidepartementet OED og de underliggende direktorater og tilsyn, viste seg også å være svært viktig i arbeidet med å styrke myndighetenes

satsing på bioenergi. Flere aktører i bioenergibransjen hadde lenge opplevd at ”NVE er et eldirektorat og OED har ingen strategi på fornybar energi”. Dette endret seg etter omleggingen.

Endringen besto blant annet i at Olje- og energidepartementet endret navn til Energidepartementet. Samtidig ble Oljedirektoratet og Petroleumstilsynet omstrukturert og slått sammen til det nye Petroleumsdirektoratet, mens Norges vassdrags- og energidirektoratet NVE ble splittet i tre, til det nyopprettede Direktoratet for fornybar energi og de eksisterende Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap og Direktoratet for naturforvaltning.

Etter hvert som biomasse til energiformål ble stadig viktigere i det norske landbruket, ble det også nødvendig å omorganisere det tidligere Landbruks- og matdepartementet til det nye Landbruks- og biomassedepartementet. De helsemessige sidene ved matvaresystemet ble overført til Helse- og omsorgsdepartementet.

5.2 Forskning

At Stortinget i 2008 vedtok en gradvis opptrapping av FoU-midlene til bioenergi var helt avgjørende for at norske aktører i løpet av 20-årsperioden tok en lang rekke viktige internasjonale posisjoner som teknologileverandører.

I 2007 gikk det kun noen titalls millioner kroner til forskning innen bioenergi, men i 2017 hadde FoU-midlene til bioenergi økt til mer enn en milliard kroner per år, hvis man regner både private og offentlige investeringer. Midlene innen bioenergi er blitt fordelt mellom skogsdrift og -skjøtsel, stasjonær energianvendelse av biomasse (biovarme og biokraft) og biodrivstoff/bioraffineri. Opptrappingen fortsatte helt til 2022, for deretter å ligge på likt nivå fram til 2027.

Mange store forskningsmiljø skiftet i løpet av perioden fra et petroleumsfokus til et fokus på fornybar energi, på grunn av denne opptrappingen. Det var selvsagt også en fordel at en stadig større andel av studentkullene hadde et personlig ønske om å jobbe med fornybar energi.

Et viktig grep for å få størst mulig uttelling for forskningsmidlene, var de mange brukerstyrte innovasjonsprosjektene – BIP og kompetanseprosjekter med brukermedvirkning – KMB som alle fikk finansiering fra Forskningsrådet

Internasjonal orientering

At norsk forskning gradvis ble mer internasjonalt integrert og tilpasset, har også vist seg å være et fruktbart grep, både fra forskningsaktørene selv og i føringene fra Forskningsrådet og andre bevilgende myndigheter. Norske forskningsmiljø har i 2027 ofte et nært samarbeid med nordiske aktører. Mange samarbeider også i andre EU-land eller i utlandet for øvrig.

Nye SFI-er

Mange av de mest suksessrike norske innovasjonene innen bioenergi har sitt utspring i følgende syv sentre for forskningsdrevet innovasjon (SFI), som ble opprettet fra 2008 og utover:

- Forest Production and Harvesting for Sustainable Yield and Carbon Conservation
- Sustainable International Bioenergy Trade
- Centre for Synthetic Fuels Based on Biocarbon
- Refining and Conversion of Wood Innovation Laboratory
- Biomass and Petroleum Integration Centre
- Advanced Processes for Emission Control in Biobased CHP-units
- Innovative Processes to Increase Efficiency Factor in CHP-units

- Silviculture for Increased Yield and Carbon Conservation
- Advanced Processes for Dehydration and Energy Concentration of Biomass

Konseptet med å sette sammen en gruppering av ulike forskningsmiljø og bedrifter med komplementær kompetanse og sammenfallende interesser, viste seg å være svært fruktbar.

Langsiktighet og målstyring

Et annet viktig grep fra forskningsmyndighetene har vært å styre og samordne forskningsinnsatsen mot konkrete, men langsiktige samfunnsnyttige mål. Et eksempel her, er oppfølgingen av stortingsvedtaket i 2010 om biodrivstoff basert på norske råvarer. Det ble da vedtatt at minst halvparten av biodrivstoffet vi skulle bruke i 2020 skulle komme fra norske råvarer. Samtidig med dette vedtaket, ble det bevilget ekstra forskningsmidler for å nå målet. Dette utløste blant annet etableringen SFI-en Centre for Synthetic Fuels based on Biocarbon året etter og en rekke koordinerte forskningsprosjekter som gjorde at vi klarte å nå det vedtatte målet.

Samtidig har forskningsmyndighetene sørget for at en viss andel av bevilgningene er reelle, frie midler - rammepenger som gjør at forskningsinstitusjonene kan drive med grunnforskning og egeninitierte prosjekter. En viktig "gulrot" for forskningsinstituttene som har fått SFF-status (Senter for fremragende forskning) er at minst 20 prosent av totalomsetningen er frie midler, som er offentlig finansiert.

I 2027 har alle universitetene store energi- og miljøvitenskapelige fakulteter. I tillegg har de fleste høgskolene energi- og miljøvitenskapelige studier. 200 studenter tar hvert år mastergrad og 50 forskere fullfører doktorgrad i energi- og miljøvitenskap.

Forskningen skjer både på fakultetene, på forskningsinstitutter og i bedriftene. Blant de mest sentrale forskningsenhetene innen bioenergi er:

- SINTEF
- Senter for biomasseforskning, som er tilknyttet UMB på Ås
- Biomaseteknologiinstituttet AS, BTI, som tidligere het Papir- og fiberinstituttet AS, PFI
- Institutt for energiteknikk, IFE

5.3 Næringsliv

Et gjennomgående kjennetegn for mange av de bioenergibedriftene som har hatt suksess i denne perioden, er at de har evnet å satse langsiktig. De forsto at markedet ville svinge, både på grunn av skiftende prioriteringer hos politikerne og på grunn av utenrikspolitiske hendelser og beslutninger og påfølgende endringer i energiprisene. Prisen på trepellets svinger eksempelvis i takt med olje- og gassprisen.

Det å bygge opp et stort varmemarked, tok i de fleste tilfeller mange år, men etter hvert ble fjernvarmeselskapene svært lønnsomme foretak. Og etter å ha bygget opp varmemarkedet gjennom mange år, fikk de etter hvert så store varmesentraler at det også ble mulig å få lønnsomhet i produksjon av biokraft.

Et tidlig eksempel på langsiktig investering, var da Eidsiva Energi allerede i 2007 begynte å bygge vesentlig grovere fjernvarmerør enn det som var vanlig, fordi de så at markedet på lang sikt ville bli svært stort.

Avfallsforbrenning var også eksempel på et langsiktig voksende og forutsigbart område.

Bedriftene som etter hvert ble store og lønnsomme, hadde også ofte sørget for å ha flere forskjellige typer inntekter, fra forskjellige markeder og ulike typer kunder. I tillegg var det en stor fordel å ha en viss bufferkapital for å kunne klare seg gjennom en kortvarig nedgang.

Allianser i verdikjeden

Et annet viktig grep var det å bygge allianser i verdikjeden, både oppstrøms mot råvaresiden og nedstrøms mot sluttbruker. Dette ble særlig tydelig fra 2010 og utover, da stadig flere av de regionale energiselskapene gikk inn på eiersiden hos de store skogsentreprenørene. Samtidig var det en del av skogeierne som utnyttet sin strategiske posisjon som råstoffeiere til å engasjere seg i varmemarkedet.

Ved etablering av nye selskap, eventuelt som spin-off fra et forskningsmiljø, viste det seg også å være svært gunstig å ha finansiering fra forskjellige parter og helst fra noen aktører som hadde etablerte posisjoner andre steder i verdikjeden.

I de første årene etter 2007, var det en utfordring at markedet for biobrensel og biomasse var umodent. Energiselskap og brukere av biobrensel kunne gjøre kortsiktig profitt på å utnytte at en del av leverandørene og kundene var lite kjent med hva som var riktig pris og betingelser. Men det viste seg likevel at alle parter var tjent med mest mulig transparens og åpenhet. På den måten klarte bransjen å bygge opp et stabilt, forutsigbart og velfungerende marked.

Nye krav i skogsektoren

I skogsektoren har viktige grep vært å satse på ”skreddersydde” leveranser til de forskjellige kundene – gamle og nye, kombinert med gode logistikk-løsninger. I tillegg har den økte avvirkingen medført at man også må drive aktiv skogskjøtsel for å lykkes. Opprettholdelse og styrking av ressursgrunnet var helt avgjørende for den økte ressursutnyttelsen.

Suksess med småskala anlegg

Mange norske aktører, både innen biobrensel, biokraft, biovarme og biodrivstoff har tatt unike posisjoner internasjonalt ved å satse på teknologi som er skreddersydd for småskala anlegg. Bruk av energi er i stor grad distribuert, og etter hvert som det ble mulig å foredle og konvertere bioenergi lokalt, så gav dette muligheten for å bygge en mer distribuert energi-infrastruktur, hvilket ofte blir mer miljøvennlig og energieffektivt.

Involvert i offentlige rammebetingelser

Felles for de fleste aktørene innen bioenergi i perioden fram til 2020, var at de i større eller mindre grad var avhengig av hvilke rammebetingelser som ble lagt av norske myndigheter. Ulike former for avgiftsfritak, skattefordeler, investeringsstøtte, påbud og andre reguleringer var i mange tilfeller helt avgjørende for om en bedrift kunne overleve. En svært viktig aktivitet for bedriftene, var derfor å føre en aktiv dialog og informasjonsutvikling med relevante myndigheter, om hvordan virksomheten og markedet utviklet seg og hvilke rammebetingelser som var nødvendige for å utvikle virksomheten videre. Fra 2020 og utover begynte imidlertid de fleste bedriftene å leve godt uten nasjonale incentiver. Dette fordi vi da hadde mange effektive teknologier for avansert konvertering og bruk av bioenergi, som var fullt kommersialisert, og fordi den allerede høye prisen på fossil energi, kombinert med den FN-regulerte karbonskatten, var tilstrekkelig til å gjøre bioenergi konkurransedyktig.

6 Forskningsoppgaver

Et viktig overordnet mål for forskning relatert til bioenergi, har vært å forankre forskningen i et samfunnsperspektiv som favner vidt og hvor ulike interesser avveies mot hverandre. Den viktigste tilbakevendende konfliktlinjen, har naturlig nok vært hensynet til økonomi kontra hensynet til miljø. Men ved hjelp av gode og grundige konsekvensanalyser og systemstudier av det å bruke råstoff fra skog og jordbruk til energiformål, har vi oppnådd gode samfunnsøkonomiske resultater.

6.1 Biomasse - hovedområder

Et stort og omfattende forskningsområde for biologer, økologer og forstmenn har vært å utvikle metoder for skogskjøtsel og driftsteknikk som både fremmer stor biomasseproduksjon og muliggjør et stort uttak, samtidig som man klarer å bevare mest mulig av karbonet og næringsstoffene som i utgangspunktet var bundet i skogen. Samtidig har mange forskere bidratt til å utvikle metoder for å opprettholde biodiversitet og mest mulig av de miljø- og omgivelsesmessige sidene ved skogen.

I jordbruket har man klart å utvikle nye sorter energivekster og ny driftsteknikk som har økt oppnåelsen av den samme målsettingen: Stor biomasseproduksjon og god bevaring av karbon og næringsstoff i jorda. I jordbruket har man i tillegg kommet mange steg videre i å dokumentere og redusere netto utslipp av CO₂, metan og lystgass knyttet til alle former for jordbruksproduksjon.

Innen avvirkningsteknikker har det også skjedd store framskritt basert på innovativ mekanisk utvikling. I tillegg har ny, avansert prosess teknologi gitt oss effektivt utstyr og metoder, som muliggjør å få ut vannet og konsentrere energien i biomassen før transport.

6.2 Biovarme, biokraft og foredlet biobrensel – hovedområder

Innen stasjonær energianvendelse av biomasse, har norske forskere gjort en lang rekke viktige framskritt for å redusere utslipp av NO_x, støv, dioksiner og annen luftforurensning ved forbrenning av biomasse. At biovarme og biokraft gir en stor gevinst i kampen mot klimaendringene er uomtvistelig, men for å legitimere disse energiformene som fullverdige miljøløsninger, har det vært svært viktig å få kontroll på utslippene som allerede i 2007 var svært små, men som i 2027 ikke lenger er en problemstilling.

Et annet viktig forskningsområde har vært å øke virkningsgraden i energisystemene. Her har forskere innen ulike former for prosesseteknikk oppnådd betydelige forbedringer, både innen tørketeknikk, forbrenningsteknikk og ulike nye prosess tekniske løsninger for økt elektrisk virkningsgrad, samt effektive løsninger for å transportere og distribuere varmeenergi.

6.3 Biodrivstoff og bioraffineri – hovedområder

Prosesser for produksjon av biodrivstoff er det området hvor det har skjedd størst framskritt disse 20 årene. I 2007 var teknologier for å konvertere lignocellulose til drivstoff kun på pilot- og demonstrasjonsstadiet. I 2027 finnes det en lang rekke effektive teknologier og prosesser for å produsere drivstoff fra lignocellulose, som er fullt kommersialisert.

Norske forskere har kommet med en lang rekke viktige bidrag innen produksjon av syntetisk biodrivstoff, både innen gassifisering, gassrensing, synteseprosesser og tilførsel av ekstern energi. I tillegg har norske forskningsmiljø innen bioraffinering utviklet banebrytende prosesser for å fremstille bioalkoholer og ulike former for biobaserte energirike gasser, simultant med

andre verdifulle trekjemiske produkter. Integrasjon av biomasse med petroleumsprodukter i ulike prosesser og verdikjeder har også vært et særlig viktig område for norske forskere.

Deltakere i prosessen og i utarbeidelsen av rapporten

Deltakere på arbeidsmøtene i april og mai 2007.

Fagfolk innen biomasse og stasjonær energianvendelse av bioenergi:

Kåre Hobbestad	Norsk institutt for skog og landskap	Seksjonsleder, Seksjon for Landsskogtakseringen
Aasulv Løvdal	AT Skog /Norsk Biobrensel	Prosjektleder
Bjørn Håvard Evjen	Skogeierforbundet	Rådgiver
Lars Sørum	SINTEF	Lagleder Bioenergi
Erik Nilssen	Bioenergi AS	Daglig leder
Morten Fossum	Trondheim Energi Fjernvarme AS	Leder forretningsutvikling
Ola Syverinsen	Eidsiva Vekst AS	Teknisk direktør
Øyvind Leistad (2. samling)	Enova	Områdeleder for varme og naturgass

Fagfolk innen biodrivstoff og bioraffineri:

Gudbrand Rødsrud	Borregaard Industrier	Direktør Forretningsutvikling
Petter Heyerdahl	UMB	Førsteamanuensis, Institutt for matematiske realfag og teknologi
Erik Figenbaum	Vegdirektoratet	Sjefingeniør, Kjøretøysseksjonen
Jon Hovland	Hydro Olje og Energi	Sjefsingeniør, Forskningssenter Porsgrunn
Mimmi Throne Holst	SINTEF, Materialer og Kjemi	Forsker, avd. Bioteknologi
Tanja Barth	UiB	Professor, Kjemisk institutt
Johannes Fjell Hojem (2. samling)	ZERO	Prosjektleder biodrivstoff

Ansvarlige for planlegging, gjennomføring og dokumentasjon:

Trond Moengen	Energidata/Forskningsrådet	Prosjektansvarlig Foresight 2007
Harald Rikheim	Forskningsrådet	Observatør
Trond Værnes	Forskningsrådet	Observatør
Gunnar Wilhelmsen	Selvstendig næringsdr./ Forskningsrådet	Fagansvarlig biomasse, biovarme og biokraft
Per Nygård	PFI/Forskningsrådet	Fagansvarlig biodrivstoff og bioraffineri
Andreas Bratland	NoBio/Forskningsrådet	Prosessansvarlig og rapportredaktør

Appendiks A: Konkrete forskningsoppgaver

Samfunn og økonomi

- Studier av barrierer og infrastruktur for bioenergi i norsk forsyning av kraft, varme og drivstoff. Konkurransesposisjon i forhold til andre energikilder og energibærere
- Evaluere gamle og utvikle nye, statlige virkemidler og rammevilkår for en oppgradering av bioenergi i en fremtidig infrastruktur
- Kompetansebehov og utdanningssystem for en sammensatt energiforsyning
- Kommunikasjon i verdikjeden – møteplasser mellom aktører (Eksempel: Skogbruk-energibedrifter)
- Studere bioenergi i et fremtidig nasjonalt og globalt energisystem. Integrering og styring av distribuert energi. Studere hvordan biomasse til energi kan integreres med bruk av biomasse til mat, fôr, fiber og andre biobaserte produkter. Konsekvenser for matsikkerhet ved bruk av bioenergi
- Studere internasjonal foretningsutvikling i tilknytning til fornybar energi og bioenergi. Se på aktuelle allianser med interessante aktører europeisk og globalt.
- Evaluere bioenergiforbruket - priser, kvanta, kostnader, elastisiteten, kjøpskriterier
- Studere samfunnets, bedrifters og enkeltpersoners holdninger og motiver til bruk eller manglende bruk av bioenergi. Kartlegging av flaskehals og kompetansebehov - nye virkemidler
- Foretaks- og samfunnsøkonomisk analyse av økt uttak av skogbiomasse og annen tilgjengelig biomasse til energiformål (nærings- og distriktsutvikling, sysselsetting, beredskap)

Miljø og klima

- Økologisk bærekraftig utnyttelse av biomasse til energiformål - retningslinjer.
- Livssyklusanalyser med verdsetting av miljøeffekter for ulike energisystem
- Regnskap for karbon og næringsstoff i jord, skog og annen biomasse, ved uttak av biomasse og tilbakeføring av aske/næringsemner.
- Endring i utslippene av CO₂ og metan fra skogs- og jordbruksområder ved ulike former for biomasseproduksjon og -uttak.
- Bioenergis rolle som virkemiddel for redusert klimagassutslipp. Klimagassregnskap - sammenligninger med andre energisystem
- Biomassetyper, systemer og metoder for økt evne til CO₂-opptak
- Betydningen av ulike typer og mengder hogstavfall for oppbygging av lageret av organisk materiale i jord (grenseverdi) og for næringsstatus og vannhusholdning
- Betydningen av endret innhold av organisk karbon i jord på mikroklima, jordbunnsfauna og mikroorganismer
- Miljødokumentasjon i form av miljøvaredeklarasjoner for ulike typer bioenergi
- Endringer i kulturlandskapet
- Klimaendringenes konsekvenser for produksjon og bruk av bioenergi
- Effekter av økt biomasseuttak på erosjon, spesielt i bratt terreng, og påfølgende endring av vannkvalitet i bekker

- Effekter av økt biomasseuttak på biologisk mangfold
- Effekter av økt biomasseuttak på naturlig foryngelse og konsekvenser for valg av foredlet materiale ved planting
- Råteproblematikk som følge av intensivert mekanisk uttak
- Analyser og utvikling av løsninger knyttet til skadesopp og skadeinsekter ved intensiv produksjon av ett eller få treslag
- Endringer i skogstruktur - følger for vindstabilitet.
- Utarbeide retningslinjer og anbefalinger for bærekraftig biomasseuttak på ulike lokaliteter.
- Skaffe sikrere tallmateriale for rapportering til FNs klimakonvensjon UNFCCC og Kyotoprotokollen

Ressurser og råstoff

- Utvikle bioenergidata: Kvantifisering, karakterisering, klassifisering og standardisering av biomasse ressurser - i samsvar med nasjonale og internasjonale metoder
- Studier og analyser av sammenhengen mellom pris, tilbud og konkurrerende etterspørsel etter biomasse
- Skjøtsel, avvirkning og transportteknikk i skogen. Systemanalyser/logistikk med større vekt på koblinger mellom tradisjonell skogsdrift og rene uttak av biomasse til energiformål
- Kompaktering av hogstavfall, samt utstyrsutvikling for produksjon av alle typer skogsflis (tynningsvirke, ryddingsvirke, heltrær, hogstavfall) - nordisk samarbeid
- Kvalitetssikre råstoffet (fuktighet, partikkelstørrelse, askeinnhold) og tilpasse drift, lagring mv. til etterfølgende foredling, utnyttning og marked
- Utvikle ny biomasse (primærprodukter) i landbruket og tilpasse sekundærprodukter fra norsk biomasse (avfall) til energiformål
- Potensialet i aske: Kvalitet (næringsinnhold), logistikk (utspredningsteknikk), gjødselvirkning i skogen og landbruket.
- Undersøke virkningen av heltreutnyttelse på skoetablering, vegetasjon, næringsomsetning og avrenning, samt å modellere virkningen av heltreutnyttelse på kort og lang sikt
- Utarbeide retningslinjer for økologisk bærekraftig utnyttelse av biomasse fra skogbruk og jordbruk
- Utvikle nye produksjonsmetoder for norsk akvatisk biomasse til energiformål - både ville og kultiverte alger

Avvirkning, forbehandling, transport og logistikk

- Kostnadseffektive metoder for uttak av biomasse til energiformål samordnet med uttak av skogsvirke til andre formål
- Utvikle og utvide samarbeidsrelasjonene med nordisk skogforskning samt tilpasse logistikksystemer til norske driftsforhold
- Utvikle utstyr og prosesser for småskala avvirkning, transport og lagring av biomasse, samt småskala produksjon av biodrivstoff, biobrensel og lett foredlet biomasse
- Videreutvikle utstyr for småskala vedproduksjon

- Utvikle logistikksystem for biomasse som kobler mot energileveranse, avfallshåndtering, landbruksbehov mv.
- Kvalitetssikring i verdikjeden. Biomassens iboende egenskaper skal ivaretas i lys av mottakers krav
- Forbedre kvaliteten av brenselet ved å optimalisere lagring og håndtering.

Stasjonær forbrenning

- Energidata for stasjonær forbrenning. Eksempel: ”Jomfruelig” biomasse, foredlet biobrensel, returflis, blandinger av jomfruelig biomasse og avfallsfraksjoner
- Videreutvikling av kaminer og andre små anlegg: Reduksjon av utslipp, bruk av foredlet brensel, brukervennlighet, virkningsgrad
- Videreutvikling av små kjeler: Reduksjon av utslipp, brukervennlighet, automatisering, bruk av foredlet biobrensel
- Videreutvikling av større kjeleanlegg: Bruk av blandingsbrenslar (bio/avfallsfraksjoner), reduksjon av utslipp, gassrensing, optimalisering for reduksjon av driftskostnader, virkningsgrad, beleggdannelse og korrosjon

Pyrolyse av lignocellulose

Pyrolyse benyttes primært for omforming av fast brensel til biologisk karbon (trekull) og flytende brensel (pyrolyseolje), eller det som kanskje er mest kjent i Norge – som tjære til impregneringsformål.

- Karakterisering av produkter med hensyn på kvalitetskrav og standarder
- Raffinering til drivstoffkomponenter
- Bruk av biologisk materiale i industrien, primært trekull og/eller flis i ferrolegeringsindustrien.
- Produksjon av spesialkjemikalier

Gassifisering og syntetisering av lignocellulosebasert biomasse

- Forbehandling av biomasse: Tørking, oppmaling, for-pyrolysing etc. Industrialisert leveranse, komprimering (drivstoff, brensel)
- Forgassingsteknologi: Optimalisering av forgassere med hensyn til råstoff og krav til produktgass
- Brenselblandinger: Gassifisering av blandinger av avfallsfraksjoner og biomasse
- Gassrensing: Fjerne vann, CO₂, tjære partikler og annen forurensning. Teknologi for gassrensing ved høy temperatur
- Utvikling av katalysatormaterialer og synteseprosesser for fremstilling av biodrivstoff og andre kjemikalier og materialer
- Utvikling av BtL-prosesser som øker drivstoffutbyttet ved å tilføre ekstern energi i form av hydrogen, elektrisk strøm og/eller ekstern prosessvarme
- Integrasjon med konvensjonell raffinering
- Gassifisering i kombinasjon med motor, gassturbin eller brenselcelle
- Karakterisere forbrenningsmessige egenskaper for lavverdige gass, samt blandinger av disse med naturgass
- Karakterisere forbrenningsmessige egenskaper for syntetisert flytende biodrivstoff.

Alkoholproduksjon fra lignocellulosebasert biomasse

- Forbehandlingsteknologi: Tørking, oppmaling, separasjon av komponenter, etc.
- Fermenteringsteknologier – særlig for pentose og heksose
- Forbrenningsegenskaper: Forbrenningsmessige egenskaper for ulike produkter. Kompatibilitet med andre drivstofftyper
- Optimal energiutnyttelse av restproduktene fra produksjon av biodrivstoff

Andre produksjons- og prosesseteknologier

- Utvikle internasjonal spisskompetanse på lokal, småskala varmeproduksjon (produkter og prosesser) i hele verdikjeden fra biomasseproduksjon til sluttbruker
- Nye teknologier for kraftvarmeproduksjon fra biomasse. Øke elektrisk virkningsgrad.
- Utvikle spesialtilpassede prosesser for biogassproduksjon fra avfall (deponigass, våtorganisk avfall, næringsmiddelavfall etc.)
- Utvikle prosesser for produksjon av hydrogen direkte fra biomasse
- Utvikle effektive produksjonsprosesser for syntetisk biodiesel basert på vegetabiliske oljer og avfallsfett (halvannengenerasjons anlegg)

Motorteknologi

- Optimalisering av Otto-motoren for bruk av bioalkoholer (for eksempel ”downsizing” kombinert med turbo)
- NOx- og partikkelreducerende renseteknologi for dieselmotorer
- Dieselmotorer i personbilstørrelse bygget for alkoholdrift (E95)
- Utvikling av tilsetningsstoffer for å bedre vinteregenskapene og servicebehovet ved bruk av FAME-diesel
- Utvikling av motorer som er optimerte for bruk av syntetisk biodiesel (hybrid mellom Otto-motor og dieselprosess)
- Brenselceller for biometanol, biogass og andre typer biodrivstoff

Sertifisering og utvikling av standarder

- Utvikling av sertifiseringssystem med hensyn på lokalt og regionalt miljøvern, klimagassreduksjon og lokal og regional matsikkerhet
- Dokumentasjon av klimagassbesparelser
- Utvikling av nye drivstoffstandarder

Referanser

- PFI, ZERO, NoBio, TØI (2007): Fra biomasse til biodrivstoff - Et veikart til Norges fremtidige løsninger
- NVE (2003): Bioenergiressurser i Norge
- Larsson, J.Y & Gro Høyen (2007): Statistikk over skogforhold og skogressurser i Norge registrert i perioden 2000-2004.
- LMD (2007): Bioenergi sentralt i EUs Strategic Energy Review (pressemelding)
- Hobbelstad, Kåre (2002): Klimaets betydning for skogens produksjon og utbredelse.
- Hobbelstad, Kåre (2007): Ressurssituasjonen i Hedmark og Oppland.
- NoBio (2002): Samlet plan for norsk bioenergiforskning.
- Skog og landskap (2007): Sekretariatet for Ministerkonferansene til Norge
- Toril D. Eldhuset (2007): Økologiske konsekvenser av økt biomasseuttak for bioenergiformål i Norge: Kunnskapsgrunnlag og forskningsbehov (notat)
- Hydro (2006): Biodrivstoff fra trevirke – en mulighetsstudie (foredrag)
- PFI (2006): Bioraffineri basert på trevirke (foredrag)
- KanEnergi (2006): Produksjon og bruk av syntetisk biodiesel i Norge (foredrag)



Publikasjonen kan bestilles på
www.forskningsradet.no/publikasjoner

Norges forskningsråd
Stensberggata 26
Postboks 2700 St. Hanshaugen
NO-0131 Oslo

Telefon: +47 22 03 70 00
Telefaks: +47 22 03 70 01
post@forskningsradet.no
www.forskningsradet.no

Utgiver:
© Norges forskningsråd
Fremtidens rene energisystem - RENERGI
www.forskningsradet.no/renergi
September 2007
ISBN 978-82-12-02482-3 (trykk)
ISBN 978-82-12-02483-0 (pdf)

Opplag: 250
Trykk: Mediehuset GAN
Design: Endre Barstad
Illustrasjon: Endre Barstad