



Bioenergi som forutsetning for et robust, fleksibelt og klimanøytralt energisystem i Norge

Et strategisk innspill til Energi2050 om bioenergiens rolle og forskningsbehov

Kathrin Weber, Michaël Becidan, Morten Seljeskog, Judit Sandquist, Roger Khalil, Ask Sødahl Lysne, Liang Wang, Franziska Kausch, Jørn Bakken, Øyvind Skreiberg

SINTEF ENERGI

Sammendrag

Norge står overfor en energiomstilling der økt elektrifisering, effektbehov og klimakrav utfordrer forsyningsikkerhet og ressursutnyttelse. **Uten bioenergi vil det bli vanskelig for Norge å lykkes på fem kritiske områder:** energiberedskap, håndtering av avfall og miljøgifter, avkarbonisering av ikke-elektrifiserbare sektorer, sirkulær økonomi og utvikling av karbonnegative løsninger.

Bioenergi skiller seg fra andre energiformer ved at den kan bidra samtidig innen alle disse områdene, og er derfor en nødvendig del av et robust og klimanøytralt energisystem. For å realisere dette potensialet må bioenergi gis en tydeligere og mer helhetlig prioritering i Energi2050.

1. Bakgrunn og behov for en styrket bioenergisatsing

Norge står overfor en omfattende energiomstilling preget av økt elektrifisering, høyere kraftbehov og skjerpede klimamål. Samtidig øker behovet for fleksibilitet, forsyningsikkerhet og bedre utnyttelse av tilgjengelige ressurser.

Erfaringer og strategier fra Sverige, Finland, Danmark og EU viser at bioenergi planlegges som en langsiktig og integrert del av energisystemet frem mot 2050. Her vektlegges bærekraftig ressursbruk, økt effektivitet og kombinasjon med karbonfangst og -lagring, spesielt i sektorer hvor elektrifisering er begrenset. Sverige har bl.a. scenarier med 60-65 % økning i bioenergi bruk frem mot 2050 under strenge klimamål, med størst vekst i transportsektoren, der bioenergi dekker deler som er vanskelige å elektrifisere¹. I Finland utgjør bioenergi om lag 80 % av fornybar energibruk, samtidig som det planlegges videre utbygging innen kraft- og varmeproduksjon (CHP), fjernvarme og biodrivstoff². I Danske energi- og klimaframskrivninger omtales bioenergi som nødvendig i et kraftsystem med høy andel variabel fornybar energi med fokus på bedre ressursbruk og strengere bærekraftskriterier (ikke utfasing)³. I EU fremheves bioenergi som en forutsetning for å nå netto-null-mål i 2050, særlig for industri, transport og negative karbonutslipp. I en rapport fra IEA Bioenergy forventes bioenergi å utgjøre over 50 % av fornybar energibruk i EU rundt 2040⁴.

Bioenergi har i dag en etablert rolle i det norske energisystemet, særlig innen punktoppvarming (vedfyring), fjernvarme og industri. Samtidig er det bærekraftige potensialet for økt bruk og verdiskaping betydelig, basert på nasjonale ressurser fra skog (hovedsakelig sidestrømmer fra skogsdrift og treforedlingsindustri), landbruksrester og avfallsstrømmer.

I Energi21-strategien (2022) er bioenergi omtalt som relevant, men ikke prioritert som eget satsingsområde. Samtidig har utviklingen de siste årene tydeliggjort nye behov knyttet til

¹ <https://www.mtonga.se/documents/2011%20Energy%20scenario%20for%20Sweden%202050.pdf>

² https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2024/12/CountryReport2024_Finland_final.pdf

³ https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2024/12/CountryReport2024_Denmark_final.pdf

⁴ https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2025/01/CountryReport2024_EU27_final_v2.pdf

energiberedskap, håndtering av avfall og reststrømmer, industriell omstilling og karbonnegative løsninger.

Parallelt har bioenergifeltet utviklet seg betydelig, med nye teknologier og anvendelser som utvider rollen utover tradisjonell varmemproduksjon. Dette understreker behovet for en oppdatert og mer målrettet strategisk tilnærming.

Utviklingen av Energi2050 gir en viktig mulighet til å tydeliggjøre bioenergiens rolle og forskningsbehov i Norge. Dette dokumentet gir et kunnskapsgrunnlag for en slik prioritering.

2. Bioenergiens strategiske rolle i det norske energisystemet

Norge står overfor flere kritiske utfordringer i energiomstillingen som ikke kan løses med elektrifisering alene. Uten bioenergi vil Norge ikke kunne håndtere sentrale behov knyttet til energiberedskap, avfallshåndtering og ressursutnyttelse, avkarbonisering av enkelte sektorer og utvikling av karbonnegative løsninger.

Bioenergi skiller seg fra andre energiformer ved at den kan bidra samtidig innen alle disse områdene, og er derfor en nødvendig del av et robust og klimanøytralt energisystem.

2.1 Energiberedskap og effekt

Uten bioenergi vil Norge ha begrenset tilgang til regulerbar, lagringsbar og lokal varmforsyning. I et energisystem med høy elektrifiseringsgrad vil dette øke sårbarheten for effektmangel og strømbrydd. Bioenergi til varmemproduksjon (fjernvarme og vedfyring) vil avlaste strømmettet, særlig i kuldeperioder, når effektbehovet er størst, og frigjøre kapasitet opptil 3708 MW⁵ til andre sektorer som er avhengig av elektrisk kraft. Installerte vedovner har en samlet effekt som tilsvarer de 15 største vannkraftverkene, altså 8500 MW.⁶ Bioenergi kan dermed bidra både til lokal energisikkerhet og til et mer robust energisystem.

2.2 Avfall, ressurser og miljø

Uten bioenergi mangler Norge effektive løsninger for å håndtere biologiske restressurser, avfall og miljøgifter. Bioenergi muliggjør energiutnyttelse av fraksjoner som ikke kan materialgjenvinnes, samtidig som forurensninger destrueres og næringsstoffer håndteres. Dette gjør bioenergi til en forutsetning for en velfungerende sirkulær bioøkonomi.

2.3 Ikke-elektrifiserbare sektorer og industri

Norge importerer i dag nesten alt biodrivstoff som brukes i transport. Norsk egenproduksjon er også basert på importerte råstoff. Importavhengigheten utgjør en sårbarhet, både for utslippsreduksjon og for transportsektorens robusthet i et mer usikkert geopolitisk bilde. Norge har potensial til å redusere avhengigheten av globale forsyningskjeder. For luftfarten har Avinor vist at opptil 30 % av flydrivstoffet brukt ved norske lufthavner, tilsvarende om lag 400 millioner liter per år, kan erstattes av bærekraftig flydrivstoff produsert fra norske råvarer⁷. Også i prosessindustrien, der karbon inngår som innsatsfaktor, er elektrifisering alene ikke tilstrekkelig. Norsk metallindustri er avhengig av karbon som innsatsvare, og biokull kan derfor bli en viktig forutsetning for videre avkarbonisering av denne industrisektoren.

⁵ <https://norskvarme.org/wp-content/uploads/2025/07/THEMA-rapport-Kan-vedfyring-frigjore-nettkapasitet-til-naering.pdf>

⁶ <https://norskvarme.org/wp-content/uploads/2025/07/THEMA-rapport-18032025-Nytten-av-vedfyring-i-energisystemet.pdf>

⁷ <https://www.avinor.no/siteassets/flyplasser/alle-flyplasser/miljo-og-lokalsamfunn/miljorapporter/klima-og-barekraft/barekraftig-drivstoff-til-luftfart--2017.pdf>

2.4 Sirkulær økonomi

Bioenergi er en sentral del av en sirkulær økonomi fordi den gjør det mulig å utnytte biologiske reststrømmer, avfallsfraksjoner og biprodukter som ellers ville hatt lav verdi eller krevd kostbar behandling. I samspill med materialgjenvinning, næringsstoffgjenvinning og karbonlagring kan bioenergiløsninger bidra til høyere ressursutnyttelse, redusert avfallsmengde og økt nasjonal verdiskaping. Slik kobles energisystemet tettere til avfallssektoren, landbruket, skogbruket og industrien.

2.5 Karbonnegative løsninger

Uten bioenergi vil Norge ha svært begrensede muligheter til å utvikle karbonnegative løsninger i nødvendig skala. Bioenergi, i kombinasjon med karbonfangst og -lagring (BECCS) og gjennom bruk/lagring av biokull, representerer noen av de mest modne og skalerbare alternativene for karbonfjerning (CDR) fra atmosfæren. Dette er avgjørende for å nå langsiktige klimamål.

3. Bioenergi i et Energi2050-perspektiv

Bioenergi i et fremtidig energisystem omfatter mer enn tradisjonell varmeproduksjon basert på forbrenning av biomasse. Utviklingen de siste årene har utvidet bioenergi til å inkludere et bredt spekter av teknologier, energibærere og anvendelser, med økende betydning for både energi-, klima- og ressursystemer.

I et Energi2050-perspektiv bør bioenergi forstås som et integrert system for konvertering av biologiske ressurser og avfallsstrømmer til energi, drivstoff, materialer og karbonlagring, inkludert:

- produksjon av varme og kraft fra biomasse og avfall
- produksjon av sekundære energibærere som biogass, biodrivstoff, hydrogen og syntesegass
- produksjon av biokarbon og biokull til industri og karbonlagring
- termokjemiske og hydrotermiske prosesser for håndtering av våte og heterogene råstoff
- integrasjon med karbonfangst og -lagring (BECCS) og andre karbonfjerningsløsninger (CDR)

Bioenergi skiller seg fra andre energiteknologier ved å koble energiproduksjon med ressursutnyttelse, avfallshåndtering og karbonforvaltning. Dette gjør bioenergi til en systemteknologi med funksjoner som går utover tradisjonell energiforsyning.

En oppdatert forståelse av bioenergi er nødvendig for å reflektere denne utviklingen, og for å sikre at teknologiområdet behandles helhetlig i Energi2050.

4. Forsknings- og innovasjonsbehov

For å realisere bioenergiens potensial i Norge er det behov for målrettet forskning og innovasjon på tvers av hele verdikjeden. Basert på identifiserte behov kan innsatsen struktureres i følgende hovedområder:

4.1 Bedre utnyttelse av råvarer og nye råstoff

Det er behov for teknologiutvikling og systemløsninger som muliggjør bedre utnyttelse av eksisterende biomasseressurser og nye råstoffstrømmer, inkludert avfall, biorest, slam og marin biomasse. Endringer i avfallssammensetning, regelverk og behandlingstiltak stiller nye krav til teknologi for både energi- og materialutnyttelse. Dette krever:

- prosesser som kan håndtere heterogene og varierende råstoff (inkludert våte fraksjoner) som f.eks. hydrotermiske prosesser
- forbehandling og separasjon (f.eks. salter, forurensninger)
- fleksible konverteringsteknologier tilpasset ulike råstoff og markeder

4.2 Oppgradering og utnyttelse av sidestrømmer

For å øke lønnsomhet og ressursutnyttelse er det behov for bedre utnyttelse av sidestrømmer fra bioenergiprosesser, inkludert:

- utnyttelse av olje- og gassfaser fra pyrolyse og hydrotermiske prosesser
- gjenvinning av næringsstoffer (f.eks. fosfor)
- utnyttelse av aske – metaller, salter og kritiske råmaterialer (CRM)
- integrasjon av overskuddsvarme i fjernvarme og industri

4.3 Produktkvalitet og anvendelser

Det er behov for å utvikle produkter med tilpassede egenskaper og dokumentert kvalitet for ulike sluttanvendelser, inkludert:

- biokull og biokarbon til metallurgisk industri, samt bruk/lagring i jord og bygningsmaterialer
- biodrivstoff med tilstrekkelig kvalitet og lagringsstabilitet
- håndtering av helse- og miljøaspekter (f.eks. PAH, tungmetaller)
- Sikkerhet i transport og bruk av bioenergi

4.4 Prosessintegrasjon og energisystem

Bioenergi må integreres bedre i det samlede energisystemet. Dette krever:

- utvikling av bioraffinerikonsepter for biodrivstoff og materialer
- samspill med elektriske systemer for effektavlastning, fleksibilitet og energisikkerhet
- integrasjon med fjernvarme og industri
- løsninger for energilagring, distribusjon og beredskap
- utvikling av robuste fjernvarmesystemer uavhengig av strømmettet

- utvikling av nullutslipps vedovner for lokal romoppvarming med fast brensel for avlastning av strømmettet i kalde perioder, samt sikre fremtidig tilgang på vedovner i private hjem, som en viktig del av landets energiberedskap.
- utvikling av hybride energisystemer som kombinerer bioenergi med andre fornybare energikilder (sol, vind og vann)
- synergisk utvikling av material- og energigjenvinningsløsninger for bærekraftig håndtering av utvalgte avfallsfraksjoner (som plast, tekstiler og matavfall)

4.5 Karbonlagring og karbonnegative løsninger

Bioenergi spiller en sentral rolle i utviklingen av karbonnegative løsninger. Det er behov for:

- teknologiutvikling for BECCS tilpasset bioenergianlegg
- utvikling og oppskalering av strategier for biokull som karbonlager
- metodikk for måling, rapportering og verifisering av karbonfjerning (CDR)
- tilpasning av karbonfangst for varierende gassammensetning og skala

5. Implikasjoner for Energi2050

Analysen i dette dokumentet viser at bioenergi er en nødvendig del av et robust og klimanøytralt energisystem, med en rolle som strekker seg utover tradisjonell energiforsyning. Samtidig er bioenergi i dag ikke tydelig prioritert som et eget satsingsområde for Norges forsknings- og innovasjonsstrategi. Dette peker på et behov for en mer eksplisitt og helhetlig tilnærming til bioenergi i utviklingen av Energi2050. For å sikre at bioenergiens potensial realiseres, anbefales følgende:

5.1 Tydelig strategisk prioritering

Bioenergi bør enten løftes som et eget prioritert satsingsområde, eller integreres tydelig og konsekvent på tvers av relevante temaområder i Energi2050, inkludert energisystem, industri, avfallshåndtering, klima og karbonhåndtering.

5.2 Etablere en helhetlig forståelse av bioenergi

Energi2050 bør legge til grunn en oppdatert definisjon av bioenergi som inkluderer hele verdikjeden – fra råstoff og avfall til varme og energibærere, materialer og karbonlagring. Dette er nødvendig for å unngå fragmentert behandling av feltet.

5.3 Styrket satsing på forskning og innovasjon

Det bør etableres målrettede FoU-satsinger som adresserer:

- utnyttelse av nye og heterogene råstoff (inkludert håndtering av utfordrende avfallsfraksjoner)
- utvikling av robuste og skalerbare konverteringsteknologier
- integrasjon i energisystemet, inkludert fleksibilitet og beredskap
- utvikling av karbonnegative løsninger (BECCS og biokull)

5.4 Rammebetingelser og systemperspektiv

Energi2050 bør synliggjøre behovet for rammebetingelser og markedsdesign som verdsetter bioenergiens bidrag til:

- effektavlastning og fleksibilitet
- energiberedskap og lokal forsyningsikkerhet
- håndtering av avfall og reststrømmer
- karbonnegative løsninger

5.5 Samspill med øvrige satsingsområder

Bioenergi bør sees i sammenheng med andre prioriterte områder, spesielt elektrifisering, hydrogen, CO₂-håndtering, energieffektivisering, energisikkerhet og lokal/nasjonal beredskap, samt ressursutnyttelse og sirkulær økonomi. Dette er avgjørende for å utvikle integrerte og effektive energisystemer.

Avsluttende bemerkning

Uten en tydeligere prioritering av bioenergi vil sentrale utfordringer knyttet til energiberedskap, avfallshåndtering, industriell omstilling og karbonnegative løsninger ikke kunne løses tilfredsstillende. I tillegg risikerer deler av transportsektoren og industrisegmenter å bli stående uten tilstrekkelige løsninger for å nå klimamålene. Energi2050 representerer en viktig mulighet til å adressere dette.