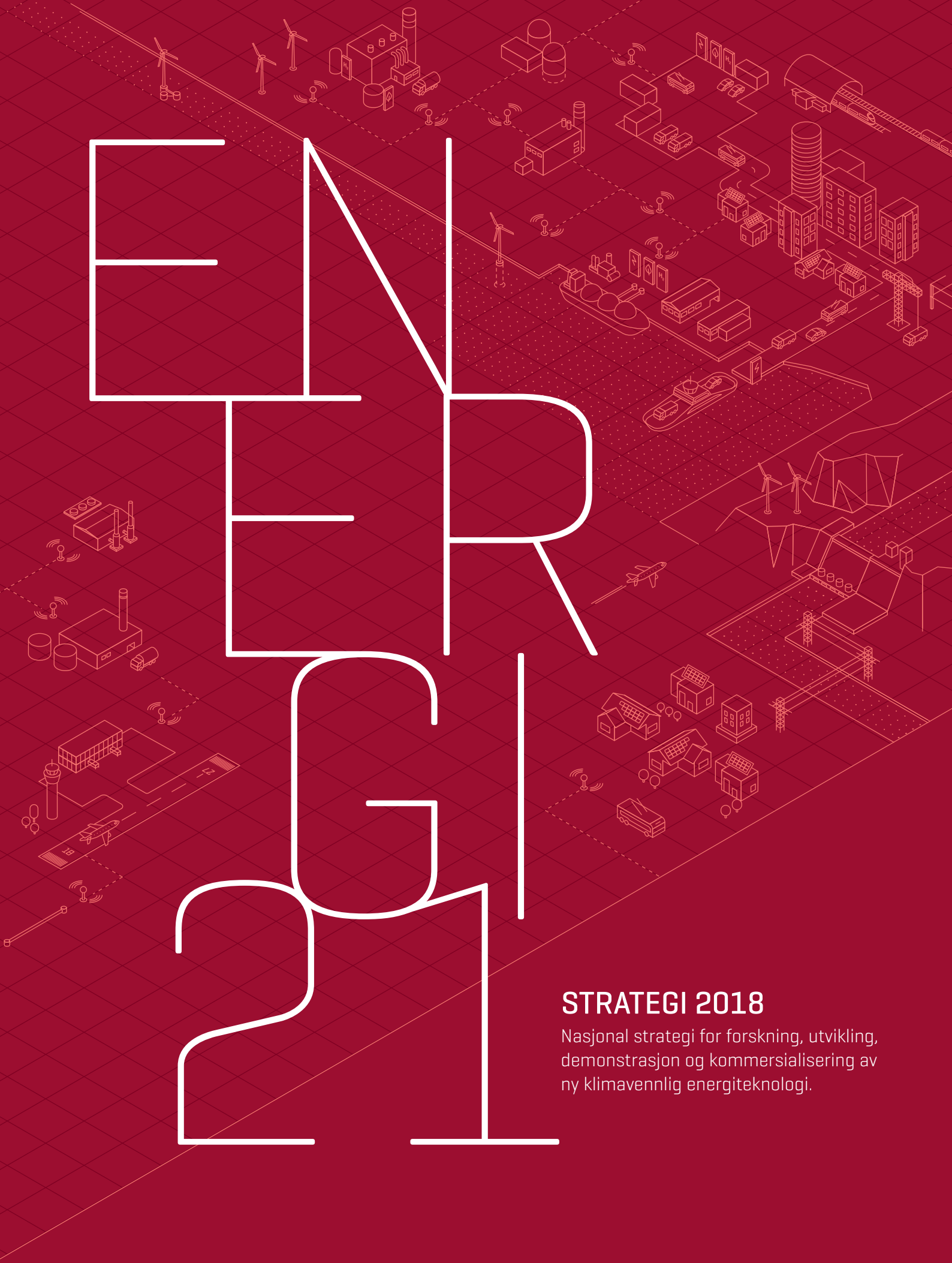


ENERGI 21

STRATEGI 2018

Nasjonal strategi for forskning, utvikling, demonstrasjon og kommersialisering av ny klimavennlig energiteknologi.

energi 21

FOTOKREDITERING KAPITTELBILDER

Kapittel 1: Tokke løpehjul. *Foto: Statkraft*

Kapittel 2: *Foto: Samuel Zeller on Unsplash*

Kapittel 3: Vannrykene, Agder Energi. *Foto: Agder Energi*

Kapittel 4: *Foto: Statnett*

Kapittel 5: Raggovidda vindkraftverk, Varanger Kraft AS. *Foto: Bjarne Riesto*

Kapittel 6: Røntgen-analyse. *Foto: Elkem*

Kapittel 7: Equinor, Fundament Dudgeon havvindpark. *Foto: Eva Sleire*

Kapittel 8: Strømvirvel i inntak til Nedre Røssåga kraftstasjon. *Foto: Statkraft*

ENERGI21

Strategi 2018

Forord

Styret i Energi21 legger med dette fram sin fjerde nasjonale strategi for forskning, utvikling, demonstrasjon og kommersialisering av ny klimavennlig energiteknologi. Energi21 har nå fått utvidet sitt mandat til også å omfatte energiteknologier innen transportsektoren.

Strategien retter seg mot verdiskaping og effektiv ressursutnyttelse innen energisektoren gjennom satsing på FoU og ny teknologi som kommer samfunnet til gode. Strategiprosessen har hatt næringslivet i førersetet og det har blitt lagt vekt på tett samarbeid med universiteter og forskningsinstitutter.

Klima, sikker energiforsyning og konkurransekraft er viktige drivkrefter for utviklingen av energisektoren nasjonalt og internasjonalt. Digitalisering og fokus på forbrukere er trekk som vil prege utviklingen sterkt i årene som kommer. Samspillet mellom teknologi og samfunn samt vurderinger av bærekraft og ressurseffektivitet blir også viktigere fremover. Norge har en unik energisituasjon, ved at vi har en kraftforsyning nesten utelukkende basert på fornybar energi, stor tilgang til ytterligere fornybare energiressurser, en veletablert kraftforedlende industrisektor og rike gass-ressurser som kan foredles til ren energi. Vi har også en unik situasjon når det gjelder utviklingen innenfor elektrifisering av transportsektoren som vi kan bygge videre på, og Norge er en sentral aktør innenfor maritim transport.

Strategien behandler mål av nasjonal karakter når det gjelder ressursutnyttelse og utvikling av et effektivt og fleksibelt energisystem. I tillegg behandles mål om å skape et konkurransedyktig næringsliv og kompetanse som kan lykkes i internasjonale markeder.

Internasjonalt satses det sterkt på økt forskning og utvikling innen energi- og transportsektoren og dette utgjør en betydelig del av EUs satsing innenfor Energiunionen og forsknings- og innovasjonsprogrammet Horisont 2020. Det blir viktig for norske forskningsmiljøer og næringsliv å hevde seg i forskningssamarbeidet innenfor EU.

Styret i Energi21 mener denne strategien legger grunnlaget for en ytterligere målrettet økning av den offentlige og private satsingen på forskning og demonstrasjon av ny klimavennlig energi- og transport-teknologi. En langsiktig og solid satsing vil gi tydelige framskritt når det gjelder god utnyttelse av nasjonale energiressurser, utvikling av et digitalisert, fleksibelt og effektivt energisystem, samt utvikling av internasjonalt konkurransedyktig industri.

Vi vil gjerne benytte anledningen til å takke alle som har bidratt med engasjement og innspill slik at vi nå kan legge fram en godt forankret og helhetlig nasjonal FoU-strategi for ny klimavennlig energiteknologi. Vi håper strategien blir fulgt opp og implementert av myndighetene og næringslivet i Norge.

Oslo, juni 2018

Sverre Aam
Styreleder, Energi21

Sammendrag

Styret i Energi21 legger frem sin fjerde nasjonale strategi for forskning, utvikling, demonstrasjon og kommersialisering av ny klimavennlig energiteknologi. Strategien retter seg mot verdiskaping og effektiv ressursutnyttelse innen energisektoren gjennom satsing på FoU og ny teknologi som kommer samfunnet til gode. Strategiprosessen har hatt næringslivet i førersetet og det er vektlagt tett samarbeid med universiteter og forskningsinstitutter.

Energi21 ble opprettet av Olje- og energidepartementet i 2008 og skal bidra til en samordnet, effektiv og målrettet forsknings- og teknologiinnsats innen energisektoren. Energi21 har et permanent styre med representanter fra energi- og leverandørbedrifter, bransjeforeninger, forsknings- og utdanningsmiljøer og myndigheter. Mandatet dekker hele det stasjonære energisystemet og energiteknologier til transport. Her inngår landbasert-, maritim-, og lufttransport.

Energi21 strategien skal henge sammen med norsk energipolitikk, og har tre mål i sitt mandat som de strategiske anbefalingene og energiforskningen skal bidra til:

Mål 1
Økt verdiskaping på grunnlag av nasjonale energiressurser og energiutnyttelse

Mål 2
Energiomlegging gjennom utvikling av ny teknologi for å begrense energibruk og klimagassutslipp samt produsere mer miljøvennlig energi på en effektiv måte

Mål 3
Internasjonalt konkurransedyktig næringsliv og kompetanse innenfor energisektoren

Virkemiddelapparatet bør reflektere prioriterte satsingsområder i den nye Energi21 strategien i sine egne satsinger. Dette gjelder virkemidler hos Forskningsrådet, Gassnova, Enova, NVE og Innovasjon Norge.

Gjennomgripende endringer i energisystemet – stort forsknings- og innovasjonsbehov

Vi står ovenfor gjennomgripende endringer i energisystemet. Fremtidens klimavennlige energisystem vil med stor sannsynlighet blir mer digitalisert og mer påvirket av fobrukernes valg enn det som er tilfellet i dag. Både individet og samfunnet i sin helhet er viktige pådrivere for integrasjon og realisering av nye teknologier og løsninger. Forbrukeren og forbrukeratferden vil ikke minst få stor betydning for næringsaktørenes fremtidige inntjeningspotensial.

Det er store utfordringer som må løses og en stor omstilling som må til for å nå nasjonale og internasjonale mål om bærekraft og reduksjon av klimagassutslipp. Utviklingen i energisystemet gir også stort potensial for global og nasjonal verdiskaping. Norge har et solid fundament for fremtidig verdiskaping basert på våre energiressurser, vårt kraftsystem og vår industrielle erfaring. Dette er verdier som sikrer fremtidig forsyningssikkerhet, mulighet for omlegging til et lavutslippssamfunn og ikke minst utvikling av teknologi og tjenester mot et nasjonalt og internasjonalt marked.

Systemforståelse og kunnskap om hvordan de ulike teknologiene og løsningene henger sammen og i hvilken grad de er gjensidig avhengig av hverandre blir mer viktig fremover. Vi går mot et digitalisert og integrert energisystem. Forsknings- og innovasjonsagendaen innen energifeltet må justeres deretter med flerfaglige tilnærminger med sterkere utnyttelse av synergier mellom fagdisipliner og næringssektorer.

Energisystemet representerer en av samfunnets viktigste infrastrukturer. Løsninger på fremtidig samfunnsutfordringer vil omfatte både nye og umodne energiteknologier, noe som gir store forsknings- og utviklingsbehov.

Energi21 strategiens satsingsområder

I sin fjerde nasjonale forskningsstrategi anbefaler Energi21 en solid vekst og innsats rettet mot følgende satsingsområder:

- Digitaliserte og integrerte energisystemer.
- Klimavennlige energiteknologier til maritim transport.
- Solkraft for et internasjonalt marked.
- Havvind for et internasjonalt marked.
- Vannkraft som ryggraden i norsk energiforsyning.
- Klimavennlig og energieffektiv industri inklusive CO_2 håndtering.

Satsingsområdet «Digitaliserte og integrerte energisystemer» ligger som en overordnet prioritering med bakgrunn i stor betydning for fremtidig forsyningssikkerhet, integrasjon av klimavennlige energiteknologier og samfunnets verdiskaping. Samtlige satsingsområder har stort potensiale for verdiskaping innen ressursutnyttelse og videreutvikling av en leverandørindustri mot nasjonale- og internasjonale energimarkeder.

DIGITALISERTE OG INTEGRERTE ENERGISYSTEMER

Digitaliserte og integrerte energisystemer omfatter alle energirelaterte infrastrukturer og samspillet mellom disse, og inkluderer problemstillinger langs dimensjonene fysisk infrastruktur, digitalisering, samfunn, marked og kunder. Norske næringsaktører og forskningsmiljøer har en solid kompetansebase innen flere områder som inngår i et energisystem som dette, blant annet energiinfrastruktur til transport, kraftelektronikk og løsninger for smarte nett.

Energi21 støtter næringens ambisjoner om å utvikle integrerte og digitaliserte energisystemer med høy forsyningssikkerhet, lave klimagassutslipp og effektiv integrasjon av nye teknologier i produksjon, forbruk og lagring. Videre skal systemet tilrettelegge for nye forretningsmodeller, mer aktive kunder og effektiv drift og vedlikehold av systemene.

Noen sentrale forskningstemaer

- Helhetlig utvikling av energisystemene, inkludert systemtekniske og markedsmessige konsekvenser av endringer i energiproduksjon, -overføring og -forbruk.
- Digitalisering i energisystemene, inkludert IKT-sikkerhet og sårbarhet.
- Kostnadseffektiv utvikling av energisystemene ved anvendelse av nye energiteknologier.
- Effektproblematikk og dynamisk systemmodellering.
- Effektiv politikk, virkemiddelbruk og markedsdesign.
- Kunnskap om samfunn, sosiale strukturer og menneskelig adferd.
- Forretningsmodeller for fleksibilitetstjenester for ulike typer markedsløsninger.
- Bærekraft, ressurseffektivitet og miljøperspektiver.

VANNKRAFT SOM RYGGRADEN I NORSK ENERGIFORSYNING

Vannkraften har en meget viktig rolle i det norske energisystemet med betydelige bidrag til samfunnets verdiskaping og fremtidig potensial knyttet til både energi- og effektleveranser til det nasjonale og internasjonale kraftmarkedet. Norsk vannkraft skiller seg ut med mindre klimaavtrykk enn andre fornybarteknologier og har i tillegg et stort energilagringspotensial gjennom magasinkapasitet. Vannkraften er avgjørende for at Norge har et tilnærmet utslippsfritt energisystem og samtidig høy forsyningssikkerhet. Våre nasjonale vannkraftressurser kan spille en viktig rolle i omstillingen til lavutslippssamfunnet nasjonalt- og internasjonalt. Norske næringsaktører og forskningsmiljøer har verdensledende vannkraftkompetanse. Dette danner et godt utgangspunkt for eksport av norske løsninger og tjenester. Det er viktig å sikre og videreutvikle vannkraftkompetansen i Norge.

Energi21 støtter næringens ambisjoner om å bidra til at vannkraft får en tydelig rolle i omleggingen til lavutslippssamfunnet og at verdien til norsk vannkraft økes gjennom bedre utnyttelse av vannmagasinenes fleksibilitet i samspill med det nasjonale og europeiske energisystemet.

Noen sentrale forskningstemaer

- Klimaendringenes konsekvenser for nedbør, tilsig og miljø; data- og analysemodeller.
- Fjellanlegg- inkludert bore- og turbinteknologi.
- Digitalisering som verktøy for å øke vannkraftens konkurransekraft.
- IKT – sikkerhet: Konsekvenser ved økte digitalisering
- Fleksibilitet og regulering.
- Markedsdesign og verdien av fleksibilitet.
- Miljøvennlig og kostnadseffektiv bygging og videreutvikling av vannkraftstasjoner.
- Konsekvenser av kort- og langtidsbalansekraft: turbin- og elektroteknikk, miljø, naturmangfold.
- Systemperspektiv – vannkraftens betydning og rolle i fremtidens energisystem.
- Europeisk energipolitikk – utviklingstrekk og konsekvenser for Norsk vannkraft.
- Vannkraftens betydning for verdiskapingen i samfunnet.

SOLKRAFT

Norge har en sterk teknologi- og kompetansebase innen solkraft med et stort potensiale for å videreutvikle et konkurransedyktig næringsliv med leveranser til hoved-

sakelig et internasjonalt solkraftmarked. Det internasjonale solkraftmarkedet er i sterk vekst, og norske aktører har gode forutsetninger til å forsterke sine markedsposisjoner. Norsk solkraftnæring står for betydelig nasjonal verdiskaping og eksport allerede i dag. Solkraftnæringen har sitt utgangspunkt i norske forskningsmiljøers og industriaktørenes verdensledende kompetanse innen material- og prosessteknologi. Norske aktører har også tatt en posisjon internasjonalt innen utbygging og drift av storskala solkraftanlegg. Aktørene posisjonerer seg også innen det relativt nye området flytende solkraft, og har forutsetninger for å lykkes basert på en kombinasjon av norsk maritim kompetanse og solkraft kompetanse.

Energi21 støtter næringens ambisjoner om å videreutvikle en sterk norsk solenergiklynge, som er konkurransedyktig internasjonalt og som kan ta posisjoner i fremvoksende markeder. Norsk solkraftnæring skal være ledende på kvalitet og innovasjon, og utvikle nye forretningsmodeller og løsninger som kombinerer solkraft, smart styring og digitalisering.

Noen sentrale forskningstemaer

- Utvikling og demonstrasjon av fremtidens prosesser for produksjon av materialer til kostnadseffektive og miljøvennlige silisiumbaserte solceller, samt utvikling av fremtidige materialer for solkraft. Høyeffektive, kostnadseffektive og miljøvennlige silisiumbaserte solceller.
- Teknologi, konsept og løsninger for flytende solkraft.
- Teknologi, konsept og løsninger for bygningsintegrerte solceller.
- Konsepter og systemer for reduserte drifts og vedlikeholdskostnader og økt energiutbytte fra solkraftanlegg.

HAVVIND

Det er et betydelig potensial for videreutvikling av et internasjonalt konkurransedyktig norsk næringsliv innen havvind. Havvind er allerede Norges største fornybare eksportnæring, og norske aktører har gode forutsetninger til å forsterke sine posisjoner i det sterkt voksende marked. Norske næringsaktører og forskningsmiljøer har verdensledende kompetanse fra petroleumssektoren og maritim sektor som gir solid grunnlag for utvikling av teknologi og tjenester innen havvind. Norge har vært tidlig med flytende havvindanlegg og dette gir muligheter for norske aktører til å hevde seg i markedet for flytende havvind. Norge har store havvindressurser som gir stort potensial for kraftproduksjon som Energi21 mener kan utnyttes på lang sikt.

Energi21 støtter næringens ambisjoner om å videreutvikle teknologi- og tjenesteleveransene innen havvind med et mål om å doble markedsandelen til norske leverandører innen 2030. I tillegg har havvindaktørene ambisjoner om å ta posisjoner tidlig i markedsutviklingen for flytende havvind. I et langsiktig perspektiv er det ambisjoner om å utnytte havvindressursene i Norge og etablere kraftproduksjon på norsk sokkel.

Noen sentrale forskningstemaer

- Optimale fundamentdesign for både flytende og bunnfaste løsninger.
- Kostnads og tidseffektiv sammenstilling og installasjon av havvindparker.
- Konsepter og systemer for reduserte drifts og vedlikeholdskostnader og økt energiutbytte.
- Digitale løsninger for havvind.
- Effektive konsepter for marin logistikk (tungt vedlikehold) og robuste tilkomstløsninger.

Equinor, Dudgeon Offshore Wind Farm. *Foto: Jan Arne Wold / Woldcam*

Fjærlandsfjorden, Statnett. *Foto: Johan Wildhagen*

- Ressurskartlegging og modellering – nøyaktig varsling av strømninger og bølger.
- Konsepter og systemer for pålitelig elektrisk infrastruktur (offshore undervannsløsninger).
- Havvinds påvirkning på miljø og samfunn.
- Maritim flerbruk - samspill mellom akvakultur, olje og gass og havvind.

KLIMAVENNLIG OG ENERGIEFFEKTIV INDUSTRI INKLUSIVE CO_2-HÅNDTERING

Industrien representerer et betydelig potensial for utslippskutt og energieffektivisering både nasjonalt og internasjonalt. Norsk industri og forskningsmiljøer arbeider aktivt med nye teknologier for utslippskutt, herunder energieffektivisering, CO_2-håndtering, hydrogen og biomasse.

Energieffektivisering og CO_2-håndtering er de viktigste bidragene til utslippskutt. Norsk industri er verdensledende på energieffektiv produksjon fra våre nasjonale ressurser og har sammen med nasjonale forskningsmiljøer etablert en kunnskapsbase med potensiale for nasjonal- og internasjonale verdiskaping.

Norge har en global lederrolle innen CO_2-håndtering som med offentlig innsats vil styrkes gjennom regjeringens ambisjoner for fullskala CO_2-håndtering. Et fullskalaprosjekt vil skape et betydelig næringspotensial gjennom etablering av infrastruktur for fangst, transport og lagring av CO_2.

Energi21 støtter næringens ambisjoner om å oppnå betydelige utslippskutt i industrien gjennom etablering av fullskala CO_2-håndtering. I tillegg støttes innsats rettet mot teknologigjennombrudd innen bruk av hydrogen og biomasse og anvendelse av spillvarme til ulike formål.

Noen sentrale forskningstemaer

- Prosessforbedring – både inkrementelle og grensesprengende.
- Teknologier og metoder for konvertering og oppgradering av spillvarme.
- Teknologier og løsninger for økt bruk/nye bruksområder for hydrogen i industrien.
- Teknologier og løsninger for økt bruk av biomasse.
- Hydrogenproduksjon fra naturgass med CO_2-håndtering.
- Kostnads- og energieffektiv CO_2-håndteringsteknologi med minimal risiko knyttet til industriprosesser.
- CO_2-håndtering på prosesser med biokarbon som råstoff (Bio-CCS), og utnyttelse av spillvarme til CO_2-håndtering, Langtidslagring av CO_2.
- Digitalisering i industrien, inkludert sensorteknologi, kontinuerlige målinger og analyse av store datamengder.

KLIMAVENNLIGE ENERGITEKNOLOGIER TIL MARITIM TRANSPORT

Norske aktører er tidlig ute innen utvikling av både batteri- og hydrogenelektrisk fremdrift til maritim transport. Det er gode muligheter for å teste og verifisere nye teknologiske

løsninger i vårt store hjemmemarked, og videre eksporteres til et internasjonalt marked. Maritim transportsektor må omstilles for å oppnå utslippskutt, og det blir nødvendig med et stort innslag av både klimavennlige energiteknologier og klimavennlige drivstoffalternativer som elektrisitet, hydrogen og biodrivstoff. Hybride løsninger med kombinasjoner av ulike energibærere vil bli en sentral fremdriftsløsning for fremtidens fartøy. Norge har gode forutsetninger for å utvikle klimavennlige energiteknologier til maritim transport, med basis i vår sterke teknologi- og kompetansebase innen sjøfart og solide material- og prosesskunnskap.

Energi21 støtter næringens ambisjoner om å være en spydspiss innen teknologier og systemer for batteri- og hydrogenelektrisk fremdrift for maritimtransport, samt oppnå betydelige utslippskutt nasjonalt som følge av klimavennlig energitilgang og klimavennlige fremdriftsløsninger.

Noen sentrale forskningstemaer

- Batterimaterialer, batterisystemer og ladeteknologi for elektriske fartøy.
- Elektrolysører, fyllestasjoner brenselcelle-teknologi og annen kjerneteknologi for hydrogenfartøy.
- Biodrivstoff for maritim transport.
- Automasjonsløsninger.
- Nullutslippshybrider med brenselceller, hydrogen og batterier for hurtigskip og ferger.
- Utslippsfri maritim verdikjede med produksjon, infrastruktur og energitilgang for klimavennlige energiteknologier til maritim transport.
- Tverrfaglige utfordringer i grenseflaten maritim transport og samfunnsvitenskap.

VIDEREUTVIKLE EN BRED KUNNSKAPSPLATTFORM

I tillegg til Energi21s prioriterte satsningsområder, er det viktig å videreutvikle en solid kunnskaps- og teknologiplattform for hele bredden av fagområder innen energiområdet. Ingen vet med sikkerhet nøyaktig hvilke teknologier som vinner frem og hvor raskt teknologiene vil integreres i energisystemet. En dynamisk kompetanseplattform gir et større mulighetsrom for å justere og tilpasse fremtidig forskningsinnsats. Med mål om å opprettholde en god kunnskapsbasis og skape muligheter for ytterligere satsing bør forskningsaktiviteten videreutvikles innen fagområdene energieffektive og smarte bygninger, hydrogen, dyp geotermisk energi, bioenergi, klimavennlige energiteknologier til landbasert transport, klimavennlige energiteknologier til lufttransport, landbasert vindkraft, og humaniora-, juridiske og samfunnsvitenskapelige fag.

REALISERING AV ENERGI21 STRATEGIEN

Realisering av Energi21 strategien vil kreve innsats og engasjement fra næringslivet, forsknings- og utdanningsmiljøene og myndighetene. Samarbeid mellom disse aktørene er avgjørende for at Energi21 ambisjonene skal nås og at nødvendig forskningsaktivitet skal bli gjennomført. Lojalitet mot langsiktige mål kombinert med effektive handlinger med nær tidshorisont er nøkkelelement for vellykket realisering av ambisjonene. Næringslivet må engasjere seg i kunnskaps- og teknologiutviklingen ved å ta risiko og investere tid og kapital i forsknings- og innovasjonsaktiviteter. Det vil bli behov for dynamiske virkemidler og incentiver som bidrar til effektiv gjennomføring av forskningsaktiviteter og som igjen gir hurtig tilgang til ny kunnskap, ny teknologi og nye løsninger.

NORSKE DELTAKELSE PÅ EUs FORSKNINGS- OG INNOVASJONSARENA BØR STYRKES

Energi21 anbefaler å styrke arbeidet med å påvirke EUs forsknings- og innovasjonsprogram, slik at satsinger på EUs forskningsagenda adresserer tema av felles interesse for EU og Norge. Norges posisjonering i EU på energiområdet må styrkes. Det er viktig med mange brohoder siden Norge er en energinasjon samtidig som vi ikke er EU medlem. Norsk deltakelse på EUs forsknings- og innovasjonsarena har stor betydning for å vinne posisjoner, øke kvaliteten på forskningsmiljøene, bidra med internasjonal anerkjent kunnskap til næringslivet, samt bidra til at norsk forskning blir tatt i bruk i et europeisk og internasjonalt perspektiv. Internasjonalt anerkjent kunnskap er en viktig nøkkel til fremtidens konkurransedyktige produkter, tjenester og løsninger.

VIKTIGE TILTAK FOR Å REALISERE ENERGI21 STRATEGIEN

1. Videreutvikle en dynamisk virkemiddelstruktur for raske innovasjoner og resultater.
2. Budsjettvekst til forsknings- og innovasjonsprosjekter. Energi21 anbefaler en økning på 480 mill. kroner fra dagens nivå for perioden 2019-2022.
3. Styrke test- og demonstrasjonsaktiviteter hos Enova for kommersialisering av forskningsresultater.
4. Tilrettelegge for norsk deltakelse i internasjonale – forskning, test og demonstrasjonsprosjekter.
5. Videreutvikle virkemiddelet PILOT-E for styrket leverandørutvikling. Energi21 anbefaler å styrke budsjettet med 200 mill. kroner.
6. Forsterke virkemidlene for innovasjons og nyskaping i energibransjen.
7. Strategisk samarbeid mellom departementenes 21-prosesser.
8. Etablere innovative rekrutteringsmetoder for å sikre arbeidskraft og kompetanse.
9. Styrke norsk deltakelse i EUs forsknings- og innovasjonsprogrammer.

Innhold

FORORD

SAMMENDRAG

1 OM ENERGI21 12
1.1 Mandatfestede fagområder 14
1.2 Næringsorienterte strategiprosesser med sterk forankring 14
1.3 Energi21s visjon 15
1.4 Strategiske mål 15

2 FREMTIDENS ENERGISYSTEMER 16
2.1 Viktige drivere for utviklingen 18
2.2 Forventet utvikling langs verdikjeden til energisystemet 20
2.3 Fremtidens digitaliserte, fleksible og integrerte energisystem 21

3 NORGE SOM ENERGINASJON – KOMPARATIVE FORTRINN 24

4 ENERGI21- STRATEGIEN 2018 28
4.1 Digitaliserte og integrerte energisystemer 32
4.1.1 Utvikling av energisystemet 33
4.1.2 Det norske aktørbildet, næringsliv og forskningsmiljøer 34
4.1.3 Norske utfordringer og muligheter 35
4.1.4 Næringens ambisjoner 36
4.1.5 Tiltak og sentrale forskningstemaer 36
4.2 Klimavennlige energiteknologier til maritim transport 38
4.2.1 Markedsutvikling og forventet betydning 39
4.2.2 Det norske aktørbildet, næringsliv og forskningsmiljøer 39
4.2.3 Norske utfordringer og muligheter 40
4.2.4 Digitalisering av maritim transport 41
4.2.5 Overføringsverdi til andre områder 41
4.2.6 Næringens ambisjoner 42
4.2.7 Tiltak og sentrale forskningstemaer 42
4.3 Solkraft for et internasjonalt marked 44
4.3.1 Markedsutvikling og forventet betydning 45
4.3.2 Det norske aktørbildet, næringsliv og forskningsmiljøer 45
4.3.3 Norske utfordringer og muligheter 45
4.3.4 Digitalisering innen solkraft 46
4.3.5 Næringens ambisjoner 46
4.3.6 Tiltak og sentrale forskningstemaer 46
4.4 Vannkraft som ryggraden i norsk energiforsyning 48

4.4.1 Markedsutvikling og forventet betydning 49
4.4.2 Det norske aktørbildet, næringsliv og forskningsmiljøer 49
4.4.3 Norske utfordringer og muligheter 49
4.4.4 Digitalisering innen vannkraft 51
4.4.5 Næringens ambisjoner 51
4.4.6 Norske utfordringer, fortrinn og muligheter 51
4.5 Havvind for et internasjonalt marked 54
4.5.1 Markedsutvikling og forventet betydning 55
4.5.2 Det norske aktørbildet, næringsliv og forskningsmiljøer 55
4.5.3 Norske utfordringer og muligheter 55
4.5.4 Teknologiutfordringer og behov for kostnadsreduksjoner 56
4.5.5 Digitalisering innen havvind 56
4.5.6 Næringens ambisjoner 56
4.5.7 Tiltak og sentrale forskningstemaer 56
4.6 Klimavennlig og energieffektiv industri inklusive CO_2-håndtering 58
4.6.1 Utslippskutt i Norsk industri og betydning av CO_2 -håndtering 59
4.6.2 Det norske aktørbildet, næringsliv, industri og forskningsmiljøer 59
4.6.3 Norske utfordringer og muligheter 60
4.6.4 Digitalisering innen industrien 61
4.6.5 Næringens ambisjoner 61
4.6.6 Tiltak og sentrale forskningstemaer 62

5 VIDEREUTVIKLING AV EN SOLID KUNNSKAPS- OG TEKNOLOGIPLATTFORM 64
5.1 Energieffektive og smarte bygninger 66
5.2 Hydrogen 66
5.3 Dyp geotermisk energi 67
5.4 Bioenergi 67
5.5 Klimavennlige energiteknologier til landbasert transport 68
5.6 Klimavennlige energiteknologier til lufttransport 68
5.7 Landbasert vindkraft 69

6 INTERNASJONALT FORSKNINGS- OG INNOVASJONSSAMARBEID 70
6.1 Deltakelse på EU-arenaen 72
6.1.1 Energiunionen 72
6.1.2 SET – planen 72
6.1.3 Organisering av SET-plan arbeidet 73
6.1.4 Horisont 2020 73
6.1.5 Samspill mellom Energi21 og EUs forsknings- og innovasjonsagenda 74
6.1.6 Betydning og effekter av EU samarbeid 75
6.1.7 Norsk deltakelse i Horisont 2020 og forsterket innsats 75
6.2 Mission Innovation 76
6.3 IEA, nordisk og bilateralt forskningssamarbeid 76

Innhold

7 REALISERING AV STRATEGISKE ANBEFALINGER 78
7.1 Videreutvikle en dynamisk virkemiddelstruktur for raske innovasjoner 80
7.2 Budsjettøkning til forsknings- og innovasjonsprosjekter 80
7.3 Styrke test- og demonstrasjonsaktiviteter for kommersialisering av forskningsaktiviteter 81
7.4 Tilrettelegge for norsk deltakelse i internasjonale – forsknings- og demonstrasjonsprosjekter 83
7.5 Videreutvikle virkemiddelet PILOT-E for styrket leverandørutvikling 83
7.6 Forsterke virkemidlene for innovasjons og nyskaping i energibransjen 83
7.7 Strategisk samarbeid mellom departementenes 21 prosesser 84
7.8 Etablere innovative rekrutteringsmetoder for å sikre arbeidskraft og kompetanse 85

8 VEDLEGG 1: ENERGI21 - MANDAT FRA OLJE- OG ENERGIDEPARTEMENTET 88

VEDLEGG 2: STYRET TIL ENERGI21 88

VEDLEGG 2.1: LEDELSE OG OPERATIV DRIFT AV ENERGI21 89

VEDLEGG 3: FAGOMRÅDENE SOM ER ANBEFALT INNENFOR EN KUNNSKAPS- OG TEKNOLOGIPLATTFORM 89
3.1 Energieffektive og smarte bygninger 89
3.1.1 Markedsutvikling og forventet betydning 88
3.1.2 Det norske aktørbildet, næringsliv og forskningsmiljøer 89
3.1.3 Norske utfordringer og muligheter 90
3.1.4 Digitalisering og smarte bygg 91
3.1.5 Næringens ambisjoner 91
3.1.6 Tiltak og sentrale forskningstemaer 91
3.2 Hydrogen 92
3.2.1 Markedsutvikling og forventet betydning 92
3.2.2 Det norske aktørbildet, næringsliv og forskningsmiljøer 93
3.2.3 Norske utfordringer og muligheter 93
3.2.4 Digitalisering og hydrogen 94
3.2.5 Næringens ambisjoner 94
3.2.6 Tiltak og sentrale forskningstemaer 95
3.3 Dyp geotermisk energi 95
3.3.1 Markedsutvikling og forventet betydning 95
3.3.2 Norske utfordringer og muligheter 96
3.3.3 Det norske aktørbildet, næringsliv og forskningsmiljøer 96
3.3.4 Næringens ambisjoner 96
3.3.5 Tiltak og sentrale forskningstemaer 96

3.4	Bioenergi	97
3.4.1	Markedsutvikling og forventet betydning	98
3.4.2	Det norske aktørbildet, næringsliv og forskningsmiljøer	99
3.4.3	Norske utfordringer og muligheter	99
3.4.4	Næringens ambisjoner – bioenergi	100
3.4.5	Tiltak og sentrale forskningstemaer – bioenergi	100
3.5	Klimavennlige energiteknologier til landbasert transport	100
3.5.1	Markedsutvikling og forventet betydning	101
3.5.2	Det norske aktørbildet, næringsliv og forskningsmiljøer	102
3.5.3	Norske utfordringer og muligheter	102
3.5.4	Digitalisering innen klimavennlig landtransport	103
3.5.5	Overføringsverdi til andre områder	104
3.5.6	Næringens ambisjoner – klimavennlig landtransport	104
3.5.7	Tiltak og sentrale forskningstemaer – klimavennlig landtransport	105
3.6	Klimavennlige energiteknologier til lufttransport	105
3.6.1	Markedsutvikling og forventet betydning	105
3.6.2	Det norske aktørbildet, næringsliv og forskningsmiljøer	106
3.6.3	Norske utfordringer og muligheter	106
3.6.4	Næringens ambisjoner	106
3.6.5	Tiltak og sentrale forskningstemaer – lufttransport	106
3.7	Landbasert vindkraft	106
3.7.1	Markedsutvikling og forventet betydning	107
3.7.2	Det norske aktørbildet, næringsliv og forskningsmiljøer	107
3.7.3	Norske utfordringer og muligheter	107
3.7.4	Teknologiutvikling	107
3.7.5	Digitalisering innen landbasert vindkraft	107
3.7.6	Næringens ambisjoner – landbasert vindkraft	108
3.7.7	Tiltak og sentrale forskningstemaer – landbasert vindkraft	108

VEDLEGG 4: PREMISSGRUNNLAG FOR STRATEGISKE PRIORITERINGER 108

4.1	Strategisk gjennomgang av 14 fagområder	108
4.2	Systematikk for sammenlignende analyse	108
4.3	Informasjonskilder til den strategiske analysen	111

VEDLEGG 5: BEGREPSLISTE 111

VEDLEGG 6: REFERANSELISTE OG KILDER 113

VEDLEGG 7: DELTAKERE I ENERGI21S STRATEGIPROSESSER 115

1

Om Energi21

Energi21 er et uavhengig rådgivende strategiorgan som ble opprettet av Olje- og energidepartementet i 2008. Energi21 gir råd til myndighetene om innretningen av offentlige forskningsbevilgninger både tematisk og finansielt. Olje- og energidepartementet legger strategien til grunn i styringen av departementets bevilgninger til forskning, utvikling, demonstrasjon og kommersialisering av nye klimavennlige energiteknologier. Energi21 skal bidra til en samordnet, effektiv og målrettet kunnskaps- og teknologiutvikling innen energisektoren.

1.1 Mandatfestede fagområder

1.2 Næringsorienterte strategiprosesser med sterk forankring

1.3 Energi21s visjon

1.4 Strategiske mål

Energi21 har et permanent styre med representanter fra energi- og leverandørbedrifter, bransjeforeninger, forsknings- og utdanningsmiljøer, og fra myndighetenes virkemiddelapparat. Styret er oppnevnt av Olje- og energidepartementet ved olje- og energiministeren. Sammensetningen til styret er beskrevet i strategiens vedlegg 2.

Figur 1 under illustrerer Energi21s plassering i landskapet til virkemiddelaktørene som bidrar til kunnskaps- og teknologiutvikling for energiområdet, og hvor Energi21s anbefalinger har relevans.

1.1

Mandatfestede fagområder

Mandatet fra Olje- og energidepartementet til Energi21 legger føringer for arbeidet og prioriteringer av strategiske satsingsområder og tiltak. Mandatet er beskrevet i vedlegg 1. Energi21 sitt faglige mandat dekker hele verdikjeden (produksjon, overføring, forbruk) i energisystemet inklusive CO_2 håndtering og klimavennlige energiteknologier til maritim-, landbasert- og lufttransport. Transportdelen omfatter energiforsyning til transportsektoren og energiteknologier benyttet i fremdriftsløsningene for de ulike transporttypene. I tillegg dekker mandatet utslippsreduserende tiltak i industrien. Energieffektiviseringsløsninger i bygninger og industrien inngår som en del av verdikjeden til det stasjonære energisystemet.

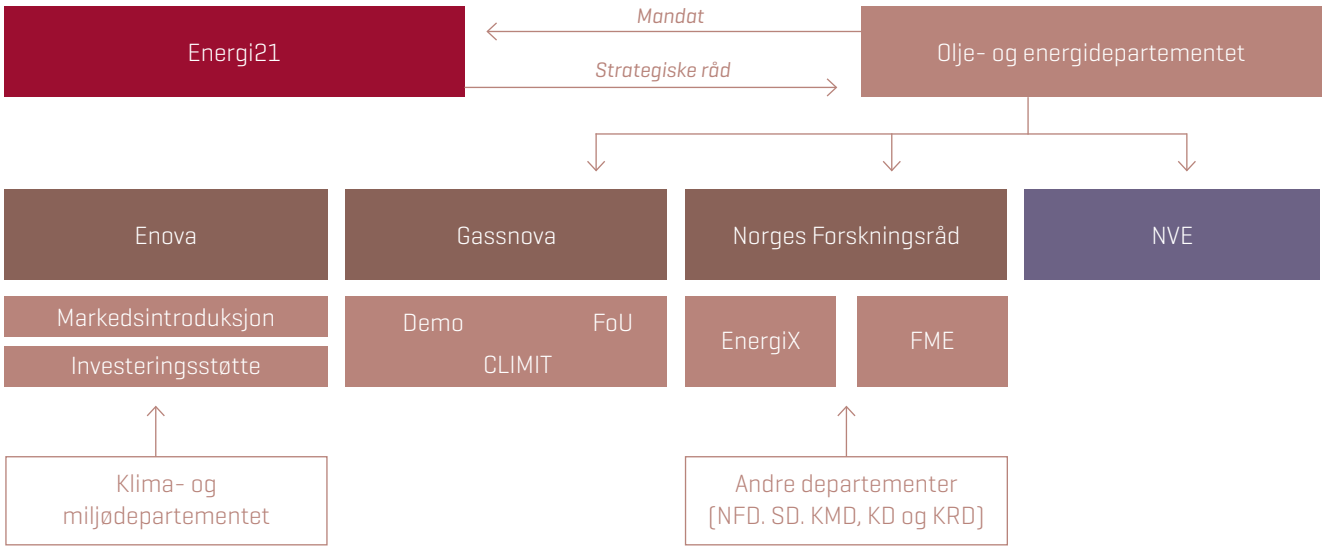
1.2

Næringsorienterte strategiprosesser med sterk forankring

Strategien bygger på en grundig strategiprosess med bred involvering fra næringslivet, forsknings- og utdanningsmiljøer og myndigheter. Dette har vært helt avgjørende for kvaliteten og relevansen i arbeidet og eierskapet til strategiens anbefalinger. Samarbeid mellom aktørene er en viktig forutsetning for vellykkede strategiprosesser til Energi21.

Nærmere 300 personer fra ulike teknologi- og temaområder har vært aktivt med i strategiprosessen som medlemmer i referansegruppen for Energi21s omverdensanalyse, som deltakere i innsatsgruppene for landbasert- og maritimtransport og som bidragsytere i strategiske arbeidsmøter. Energi21 har også hatt flere bilaterale dialogmøter med aktører innen forskningsmiljøer og næringsliv. I tillegg har strategien vært ute på offentlig høring, hvor mange aktører bidro med grundige faktaorienterte innspill til strategiens innhold og retning. Strategiprosessen har vært preget av stort engasjement. Energi21 har fått verdifulle innspill til kunnskapsgrunnlaget strategien bygger på.

Vedlegg 7 gir en oversikt over personer som har vært aktivt med i Energi21s strategiprosesser.



Figur 1 Organiseringen av energiforskingen under Olje- og energidepartementet.

1.3

Energi21s visjon

Energi21 vurderer Norges posisjon innen energiområdet som unik og verdifull. Norge har et solid fundament for fremtidig verdiskaping basert på våre energiressurser, vårt kraftsystem og vår industrielle erfaring. Dette er verdier som sikrer fremtidig forsyningssikkerhet, mulighet for omlegging til et lavutslippssamfunn og ikke minst utvikling av teknologi- og tjenester mot et nasjonalt og internasjonalt marked. Energi21s visjon vektlegger disse mulighetene for verdiskaping. For å nå visjonen kreves en solid satsing på kunnskaps- og teknologiutvikling innen nye klimavennlige energiteknologier.

Energi21 visjon
Norge – en klimavennlig energinasjon
Med internasjonale leveranser av energi, effekt, teknologi og kunnskap

1.4

Strategiske mål

Energi21-strategien skal henge sammen med den norske energipolitikken og bygge opp under de hovedmål myndighetene har satt for satsingen på energiforsking . Målbildet til Energi21 er harmonisert med myndighetenes mål om hva energiforskningen skal bidra til. Med bakgrunn i dette er målene viktige premissgivere for Energi21 sine strategiske anbefalinger. Strategiens satsingsområder har stor betydning for måloppnåelse.

Energi21 – strategiske mål

Satsingen på energiforsking skal bidra til:

Mål 1: Økt verdiskaping basert på nasjonale energiressurser og energiutnyttelse

Utnyttelse av de nasjonale energiressursene har stor betydning for verdiskapingen i samfunnet i dag og vil fortsatt ha betydning i fremtiden. Ressurspotensialet er stort og det er muligheter for nasjonal energiforsyning, leveranser av energi og systemtjenester[2] internasjonalt og utvikle teknologiprodukter med fornybar energi som innsatsfaktor i produksjonsprosessen.

Mål 2: Energiomlegging gjennom utvikling av ny teknologi for å begrense energibruk og klimagassutslipp samt produsere mer miljøvennlig energi på en effektiv måte

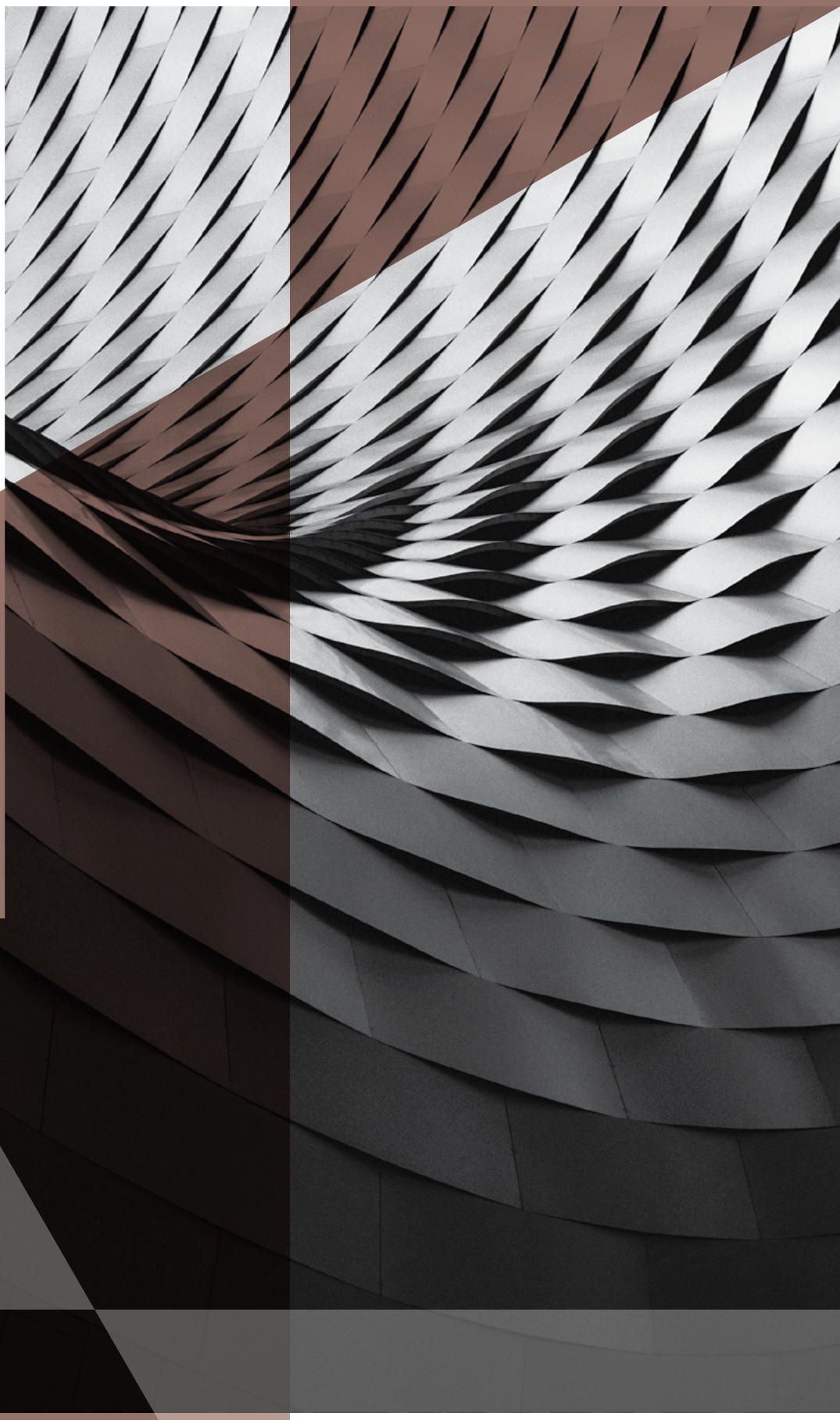
Energiomlegging omfatter utfasing av fossile energikilder i energisystemet, innfasing av energi- og klimaeffektive løsninger som ny fornybar produksjonskapasitet, økt energieffektivitet og styrket fleksibilitet. I tillegg omfatter energiomleggingen innføring av klimavennlige energiteknologier til transport og utslippsreduserende teknologi- og løsninger for industrien.

Mål 3: Utvikle internasjonalt konkurransedyktig kompetanse og næringsliv innenfor energisektoren

Norge har en sterk teknologi- og kompetansebase innen energiområdet som gir muligheter for å innta markedsposisjoner i de fremvoksende energirelaterte markedene nasjonalt og internasjonalt. Det er viktig å utnytte fortrinnene og videreutvikle et næringsliv innen klimavennlige energiteknologier og løsninger. Tilgang til kunnskap er et viktig konkurransefortrinn for næringslivet. Solide forsknings- og utdanningsmiljøer er avgjørende for rekruttering og nyskaping i energinæringen. Det er viktig å prioritere tiltak som bidrar til at Norge har sterke konkurransedyktige og internasjonalt anerkjente forsknings- og utdanningsmiljøer som posisjonerer seg i internasjonalt forskningssamarbeid.

[1] *Mandat til Energi21 fra OED*
[2] *Bl.a. effektleveranser og fleksibilitet*

2



Fremtidens energisystemer

Vi står ovenfor gjennomgripende endringer i energisystemet. Fremtidens klimavennlige energisystem vil med stor sannsynlighet blir mer digitalisert og mer påvirket av forbrukernes valg enn det som er tilfellet i dag. Både individet og samfunnet i sin helhet er viktige pådrivere for integrasjon og realisering av nye teknologier og løsninger. Forbrukeren og forbrukeratferden vil ikke minst få stor betydning for næringsaktørenes fremtidige inntjeningspotensial.

2.1 Viktige drivere for utviklingen

2.2 Forventet utvikling langs verdikjeden til energisystemet

2.3 Fremtidens digitaliserte, fleksible og integrerte energisystem

Systemforståelse og kunnskap om hvordan de ulike teknologiene og løsningene henger sammen og i hvilken grad de er gjensidig avhengig av hverandre blir mer viktig fremover. Vi går mot et digitalisert og integrert energisystem. Forsknings- og innovasjonsagendaen innen energifeltet må justeres deretter. Flerfaglige tilnærminger med sterkere utnyttelse av synergier mellom fagdisipliner og næringssektorer blir viktigere fremover.

2.1

Viktige drivere for utviklingen

Klima- og miljøhensyn, forsyningssikkerhet og økonomi er de viktigste driverne for fremtidig utvikling av energisystemet. Det er særlig avveiningene og samspillet mellom de tre driverne som er avgjørende for utviklingen. Videre vil den raske utviklingen innen digitalisering og kunstig intelligens påvirke det fremtidige energi- og transportsystemet i vesentlig grad.

Klima- og miljøhensyn

Global klimapolitikk er den mest grunnleggende driveren for utviklingen av energisystemet. Målene om å begrense menneskeskapte klimaendringer vil fortsette å påvirke alle deler av energisystemet. Det gjelder tilbud av energi, forbruk av energi, og overføring og lagring av energi. Klima- og miljøpolitikken har en betydelig påvirkning på teknologiutviklingen, der politiske virkemidler har lagt til rette for en rask utvikling av fornybare produksjonsteknologier. Internasjonale utslippsmål innebærer ofte også et nødvendig og betydelige bidrag fra teknologier innen CO_2-håndtering opp mot fossil kraftproduksjon og industrivirksomhet, men utviklingen går fortsatt for sakte i forhold til de målene som er satt. Oppslutningen om Parisavtalen vil forsterke den globale klima- og miljøpolitikken.

Lokal forurensning som følge av bruk av fossile energibærere til oppvarming og transport er en stor utfordring i mange byer. Løsninger på lokale miljøutfordringer krever ofte gjennomføring av en rekke tiltak. Bruk av fornybare energikilder som reduserer utslippene fra fossile kraftverk, energieffektivisering for å redusere bruken av olje, kull og ved, og elektrifisering av transportnæringen er noen av de viktigste omstillingstiltakene som iverksettes. Disse tiltakene samsvarer med retningen og behovet for innsats på teknologiutviklingen som den globale klimapolitikken setter.

Forsyningssikkerhet

Vårt moderne samfunn er avhengig av sikker tilgang på energi. Energisektorens betydning for samfunnet er økende og et utfall av energiforsyningen kan lamme viktige funksjoner og prosesser. Energisystemet er i sin helhet en nøkkelinfrastruktur for samfunnets generelle verdiskaping, og forsyningssikkerheten er energinæringens samfunnsoppgave og viktigste målsetting.

For Europa som har en importandel på over 50 prosent av samlet energibruk, er energisikkerhet en viktig faktor i utformingen av energipolitikken. Omstillingen fra fossile til fornybare energibærere er derfor også et viktig grep for å redusere importandelen og sikre forsyningssikkerheten i Europa.

For Norge som ikke er avhengig av import, er det en annen dimensjon ved forsyningssikkerhet som er viktigere, nemlig om energisystemet leverer energi når vi trenger det. Energisystemet er mer komplekst enn andre infrastrukturer i samfunnet. I kraftsystemet må det hele tiden sikres momentan balanse mellom produksjon og forbruk. Med bakgrunn i forventede fremtidige endringer i energi- og transportsystemet er det behov for utvikling av nye innovative teknologier og løsninger for å ivareta forsyningssikkerheten. Anvendelse av elektrisitet til transport, et større innslag av fornybar og uregulert sol- og vindkraft er eksempler på utviklingstrekk som utfordrer systemdriften og krever tiltak for å opprettholde forsyningssikkerheten.

Økonomiske hensyn

I de fleste nasjoner legges det vekt på at energien kan leveres til innbyggerne til rimelige priser. Rimelig priser og sikker tilgang på energi er også viktig for å sikre tilstrekkelig konkurransekraft for næringslivet.

Et viktig mål for utvikling av lavutslippssamfunnet er bruk av kostnadseffektive tiltak. For å nå målet om kostnadseffektive tiltak er det nødvendig å rette innsatsen mot utvikling og design av effektive markeder, forretningsmodeller, reguleringer og incentivordninger.

Ambisjoner om økonomisk vekst er gjennomgående for alle økonomier. Slike ambisjoner kan føre til global vekst i energiforbruket om ikke det legges opp til en sterk grad av energieffektivisering. Elektrisitet vil etter hvert stå for en økt andel av energiforbruket. IEA World Energy Outlook 2017 anslår i sine scenarier at etterspørselen etter energi vil gå noe ned i høyt utviklede økonomier som Europa, Japan og USA, mens det forventes en vekst i områder som står overfor sterk industriell utvikling, slik som India, Sør-Øst Asia, Afrika, Midt Østen og Sentral- og Sør Amerika. Den globale økningen i etterspørsel etter energi fram mot 2040 varierer fra 2,4 % i et miljøvennlig scenario som møter målene i Paris-avtalen til 27,8 % i et mindre miljøvennlig mellom-scenario og til 40,3 % i et scenario med videreføring av dagens politikk.

I Norge står vi i tillegg overfor en omstilling der petroleumsvirksomheten vil bli redusert på lengre sikt, og andre næringer må vokse for å opprettholde verdiskapingen. Hovedparten av veksten i andre næringer vil skje på fastlandet og ha et større behov for elektrisitet enn hva petroleumsnæringen har i dag.

ABB and Formula E Partner to write the future of e-mobility. *Illustrasjon: ABB*

Digitalisering og kunstig intelligens

Teknologiutvikling innen digitalisering og kunstig intelligens har gått raskt de siste årene, og kan føre til grunnleggende endringer i drift og styring av energisystemet. Økt digitalisering får betydning både for hvordan vi drifter og videreutvikler de eksisterende verdikjedene for energi.

Digitaliseringen innebærer at mange flere fysiske komponenter (i produksjon, overføring og sluttbruk av energi) utstyres med sensorer som blant annet måler fysiske parametere relatert til energibruk og tilstanden til komponenten. Sensorene knyttes sammen i nettverk med toveis kommunikasjon. Dataene samles og analyseres, og kontrollsignaler sendes tilbake for å optimalisere bl.a. energibruk. Det digitaliserte systemet vil dramatisk endre tilgangen på data som igjen gir helt nye muligheter for gode analyser og beslutningsunderlag. Dette vil gi helt nye og forbedrede muligheter for effektiv drift for energiselskapene (bedre kapasitetsutnyttelse, laststyring og mer kostnadseffektive investeringer). Dataprosessering- og lagring blir stadig billigere og mer tilgjengelig gjennom for eksempel skybaserte løsninger. Software og metodeverk for analyser av store datamengder (inkludert kunstig intelligens, maskinlæring, mønstergjenkjenning m.m.) utvikles raskt og gjøres tilgjengelig for nye anvendelser.

For det første vil nye digitale hjelpemidler bidra til mer effektiv drift og vedlikehold av eksisterende verdikjeder. Digitalisering gir et mer presist beslutningsunderlag ved investeringer og gjør det mulig å automatisere en rekke beslutningsprosesser. For det andre kan det skapes muligheter for eller forenkle omstillingen av energisystemet. Videre kan digitaliseringen eksempelvis gjøre det enklere å utnytte forbruksfleksibilitet, å integrere større mengder uregulerbar fornybarproduksjon, og å sikre et effektivt samspill mellom distribuerte energiressurser (solceller og batterier) og resten av energisystemet.
I denne utviklingen vil det blir behov for å utvikle nye forretningsmodeller, forstå kundenes adferd og behov for å utvikle ny markedsdesign, ny type reguleringer og insentiver. Vi ser allerede konturene av denne utviklingen i dag.

Når digitalisering blir gjennomgripende og integrasjonen tettere i energi- og transportsystemet vil datasikkerhet og personvern bli stadig viktigere punkter på næringslivets agenda.

[3] *Parisavtalen ble resultat av klimatoppmøtet COP21 i 2016. Den ble gyldig da store utslippsland som Kina, USA og India ratifiserte den. Målet er å begrense temperaturstigningen til to grader og jobbe for ytterligere begrensninger utover det.*

2.2

Forventet utvikling langs verdikjeden til energisystemet

Kraften og retningen på de viktige driverne knyttet til klima- og miljøhensyn, forsyningssikkerhet, og økonomi, samt utviklingen innenfor digitalisering vil på sikt medføre gjennomgripende endringer i energi- og transportsystemet. Tabell 1 under gir en oversikt over de viktigste utviklingstrekkene innenfor tilbud, overføring, etterspørsel og lagring av energi.

Innen tilbud av energi, innebærer utviklingen en storstilt utskiftning av energiproduksjon basert på fossile brensler til energiproduksjon basert på fornybare ressurser. Vannkraft, solenergi, vindkraft, biomasse og muligens hydrogen blir viktige energibærere. Kostnadene for produksjon av elektrisitet fra solceller og vindturbiner er kraftig redusert de senere årene, en utvikling som forventes å fortsette. Også innenfor teknologier for bioenergi, hydrogen og energilagring forventes en utvikling som reduserer kostnadene.

Utviklingen innen forbruk av energi innebærer også en stor satsing på energieffektivisering, særlig i bygninger og industri. For å oppnå utslippskutt i industrien er CO_2-håndtering også en viktig komponent. Utslippskutt i transportsektoren avhenger av en omstilling fra fossile brensler til mer omfattende bruk av elektrisitet, biodrivstoff

Tabell 1: Utviklingstrekk i tilbud, overføring og lagring, og etterspørsel etter energi

Tilbud av energi	• Mer utbygging av
	  • **Vannkraft**
	  • **Fossil kraftproduksjon med CCS**
	  • **Offshore vindkraft**
	  • **Solkraft** (storskala distribuert)
	• Mer energiproduksjon basert på **biomasse** (kraft, varme)
	• Mer energiproduksjon fra **andre fornybare teknologier** (bølge, salt, geotermisk, etc.)
	• Mer utbygging og nedstengning av **kjernekraft**
	• **Økt digitalisering av kraftproduksjon** (måling, styring og kunstig intelligens for optimale investeringer og D&V-beslutninger)

Overføring og lagring av energi	• Økte investeringer i
	  • **Smarte nett** (fleksibilitet i forbruk og på tvers av energibærere, utnytte datafangst til investerings- og driftsbeslutninger)
	  • **Distribuert lagring** (batterier, hydrogen, varmelagring)
	  • **Storskala lagring** (Pumpekraft, hydrogenproduksjon, trykkluft, batteriparker, gasslager)
	  • **HDVC-forbindelser** mellom land

Etterspørsel etter energi	• Økt installasjon av **smart, automatisk energistyring** (smarte hjem, næringsbygg og industrimåling, styring, kunstig intelligens)
	• Økt utnyttelse av **storskala forbruksfleksibilitet** (større grad av fleksibilitet i industriforbruk)
	• Større investeringer i **CCS (U) på industriutslipp** (inkl. hydrogenproduksjon fra CCS)
	• Mer utnyttelse av **biomasse som råstoff i industrien**
	• Mer utnyttelse av **hydrogen som reduksjonsmiddel**
	• Økte investeringer i **energieffektivisering** (varmegjenvinning) i **industri**
	• Økte investeringer i **energieffektivisering i bygg** (teknologi integrert i bygningsmaterialer, effektive apparater, LED)
	• **Økt digitalisering av transport** (selvkjørende biler, optimalisering av infrastruktrur, mobilitet som tjeneste)
	• Økende omlegging til:
	  • **Bærekraftig veitransport** (batterielektrisk, induksjon i veidekket, hydrogen, biofuels, inkl. infrastruktur)
	  • **Bærekraftig skipsfart** (batterielektrisk, hydrogen, avanserte biofuels, inkl. infrastruktur)
	  • **Bærekraftig luftfart** (avanserte biofuels)

ASKO. *Foto: Solenergiklyngen*

og hydrogen. Utviklingen av batteriteknologi vil spille en nøkkelrolle i å avgjøre hvilke av de nye fornybare teknologiene som kommer til å vinne frem.

Utviklingen innen overføring og lagring av energi innebærer relativt store investeringer for å håndtere økende mengder uregulerbar produksjon i energisystemet. Det inkluderer økt kapasitet på overføringskabler til utlandet, mer storskala og distribuert lagring og investeringer i smarte nett. Batterier vil også spille en viktig rolle i det økende behovet for energilagring, både distribuert i husholdninger og i større skala for bruk i nettet.

2.3

Fremtidens digitaliserte, fleksible og integrerte energisystem

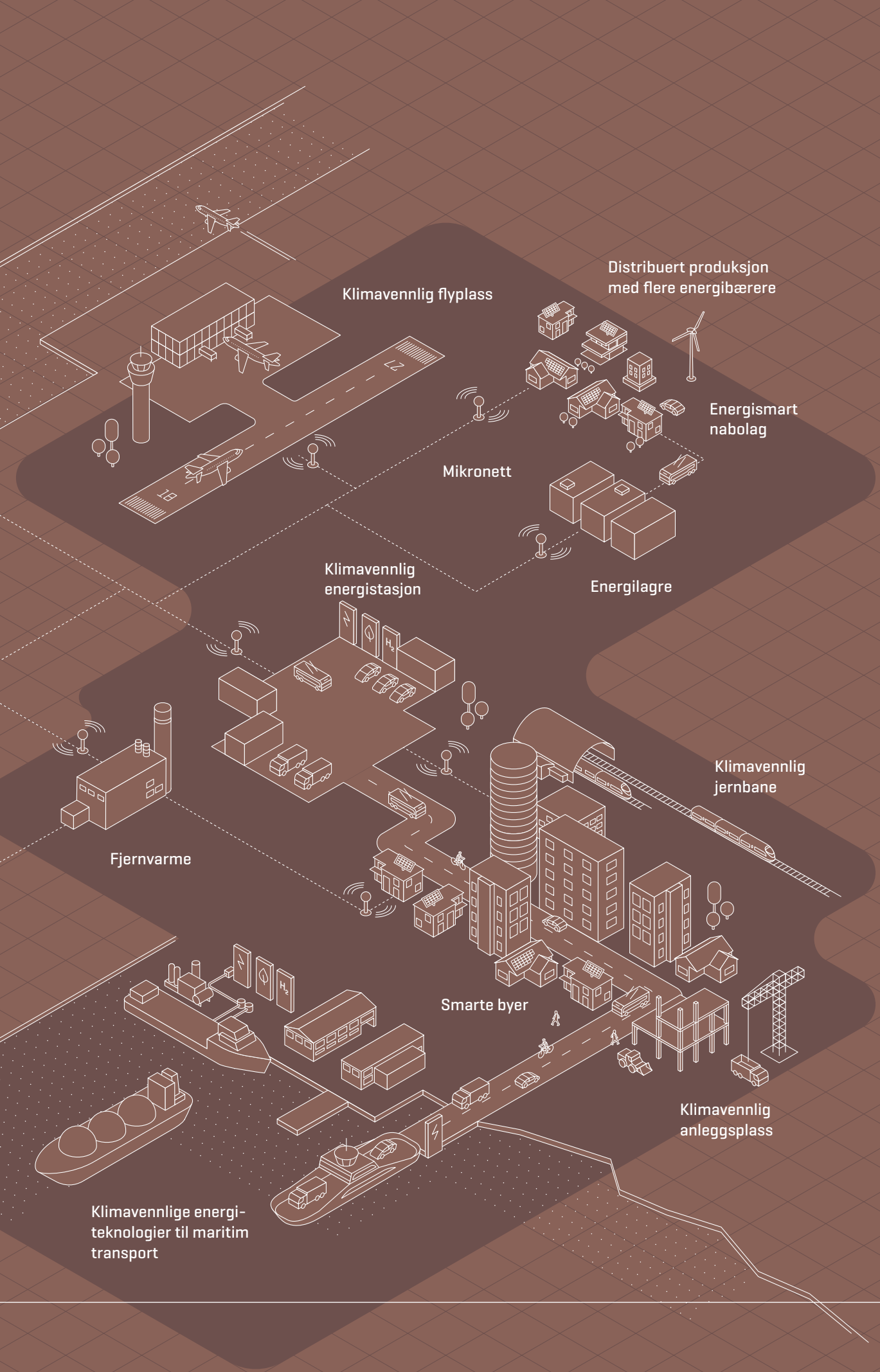
Ingen vet med sikkerhet nøyaktig hvilke teknologier som vinner frem i fremtidens energisystem og hvor raskt teknologiene vil integreres i systemet. Men vi får med relativt stor sikkerhet et fremtidig energisystem som kjennetegnes av særlig tre forhold:

- *Fortsatt rask utvikling av mange forskjellige teknologier i parallell*
  Vi kan forvente at en rekke nye teknologier innenfor flere energibærere (f.eks. bioenergi, hydrogen og elektrisitet), langs hele verdikjeden (fra produksjon via overføring og lagring til forbruk) tas i bruk. Teknologiutviklingen går raskt, og reduserte kostnader gir mulighet for å ta ut effektiviseringsgevinster ved bruk.
- *Energisystemene digitaliseres, integreres og blir mer kompliserte*
  Energisystemene preges av at stadig flere «teknologier» med forskjellige egenskaper skal spille sammen – kostnadseffektivt og forsyningssikkert. Denne kompleksiteten øker ved at energisystemene også blir mer integrert på tvers av landegrensene.
- *Kundene blir aktive medspillere*
  I dagens kollektive energisystem spiller kundene stort sett en passiv rolle i energisystemet. Teknologiutviklingen gjør det mulig for flere kunder å ta en aktiv rolle gjennom å bedre styre energiforbruket sitt, produsere og lagre deler av energibehovet selv og ha større grad av interaksjon med kollektive energisystemer.

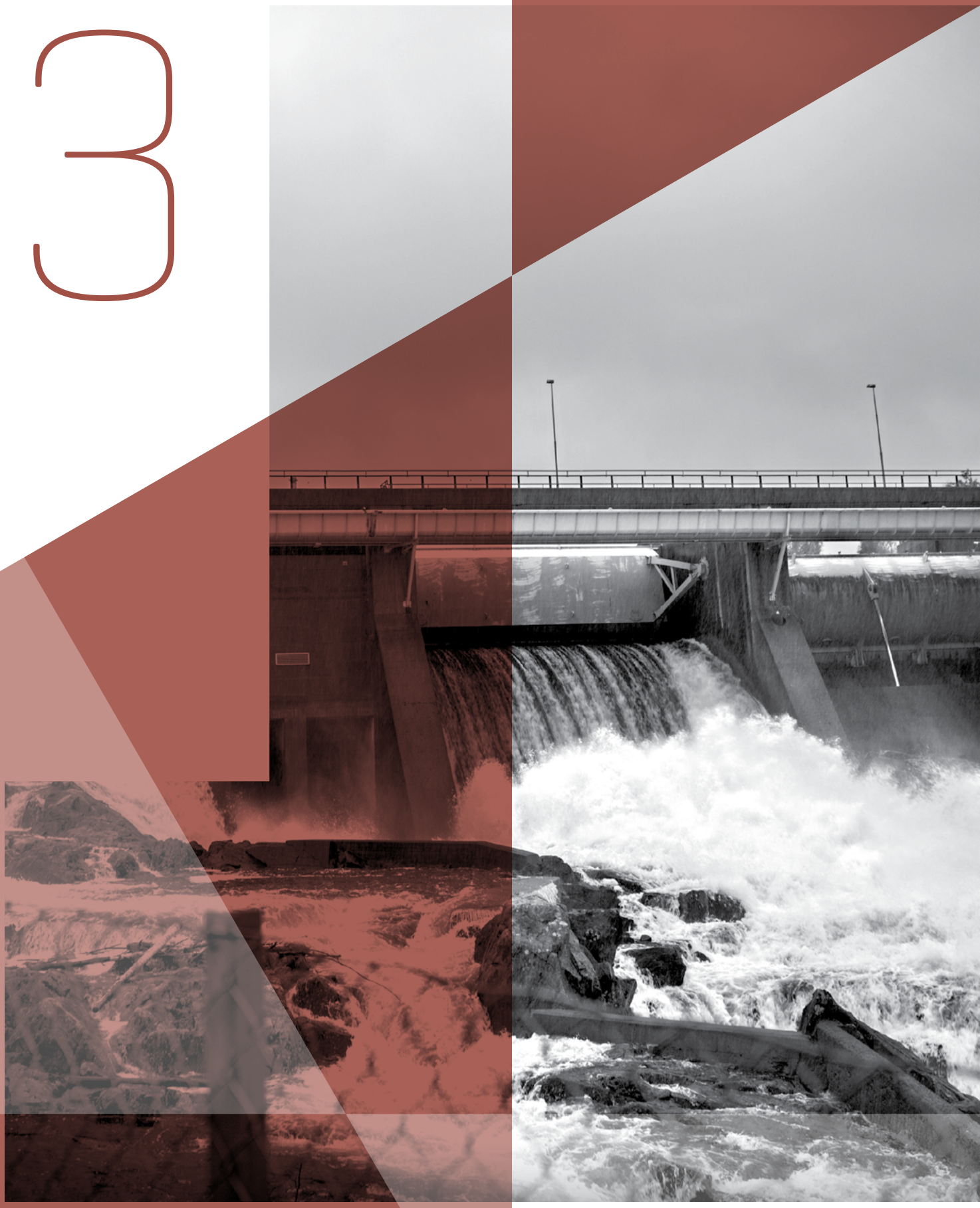
Disse tre forholdene gjør det nødvendig å ha et helhetlig systemperspektiv for å bygge ut energisystemet så kostnadseffektivt som mulig samtidig som skjerpede krav til forsyningssikkerheten ivaretas. Det betyr et system som er tilstrekkelig fleksibelt til å håndtere svingninger i produksjon og forbruk på kort og lang sikt, og som integrerer alle komponenter i energi- og transportsystemene effektivt. Figur 2.1 side 22 og 23 illustrerer hvordan fremtidens digitaliserte og integrerte energi- og transportsystem *kan* se ut.

Norge har med sin store andel vannkraft i energisystemet et annet utgangspunkt enn de fleste andre land med tanke på omstillingsbehov. Utviklingen i Norge vil ha fellestrekk med utviklingen i andre land, men på langt nær være identisk. Det er derfor viktig at Energi21s satsingsområder både understøtter den europeiske forskningsagendaen, samtidig som den også ivaretar og utnytter områder som er særegne for Norge. Videre må forsknings- og innovasjonsagendaen innen energifeltet justeres i tråd med den utviklingen vi nå ser, og ta opp i seg flerfaglige tilnærminger med sterkere utnyttelse av synergier mellom fagdisipliner og næringssektorer.

Figur 2.1 Illustrasjon av fremtidens digitaliserte, fleksible og integrerte energisystem.


Klimavennlig flyplass
Distribuert produksjon
med flere energibærere
Energismart
nabolag
Mikronett
Klimavennlig
energistasjon
Energilagre
Klimavennlig
jernbane
Fjernvarme
Smarte byer
Klimavennlig
anleggsplass
Klimavennlige energi-
teknologier til maritim
transport

3



Norge som energinasjon – komparative fortrinn

Norge er en energinasjon med gode forutsetninger for verdiskaping innen mange næringsområder. Norges nasjonale ressursgrunnlag, teknologi- og kompetansebase og industrielle erfaring gir gode forutsetninger for å bidra i utviklingen av lavutslippssamfunnet og videreutvikle en lønnsom energinæring med nasjonale- og internasjonale markedsmuligheter.

Norge har gode muligheter for å bli en viktig bidragsyter med klimavennlige energiløsninger for å løse globale klima-utfordringer. Våre nasjonale energiressurser gir også et godt utgangspunkt for å levere energi, effekt og klimavennlige energirike produkter.

Kompetanseflyt mellom næringer blir stadig viktigere. Videreutvikling av eksisterende teknologi- og kunnskapsbase inn mot nye markeder kan være en suksessformel for innovasjon og produkt- og tjenesteutvikling. Energi21 vektlegger synergier og kompetanseflyt mellom næringer som en viktig kilde til innovasjon og nyskaping på energiområdet.

Tabell 2 under viser de viktigste av Norges komparative fortrinn innen energiområdet.

Tabell 2: Komparative fortrinn

Energiressurser		Relevant for fagområdene:
Store fornybare energiressurser	• Vann • Vind • Landbasert og marin biomasse	• Vannkraft • Hav- og landvind • Maritim-, land- og lufttransport • Bioenergi • Klimavennlig og energieffektiv industri med CO_2-håndtering • Hydrogen (via elektrolyse)
Naturgass[4]	• Reformering av naturgass til hydrogen	• Maritim-, land- og lufttransport • Digitaliserte og integrerte energisystemer • Hydrogen (via reformering)
Kompetanse og erfaring		**Relevant for fagområdene:**
Vannkraft	• Fjellanlegg/undergrunnsteknologi • Høytrykksanlegg, fleksible løsninger • Kostnadseffektiv prosjektering, planlegging og drift • Avanserte metoder/systemer for optimal overvåking og drift • Miljødesign ved planlegging og drift	• Vannkraft
Elkraftteknisk systemkompetanse	• Planlegging, bygging og drift av elektrisk infrastruktur • Elkrafttekniske komponenter og delleveranser	• Digitaliserte og integrerte energisystemer
Energisystem med høy grad av elektrifisering	• Planlegging, bygging og drift – modellering og optimalisering • Elkrafttekniske komponenter og delleveranser • Automatisert overvåking og drift av elektrisitetsnettet • Kraftmarked – markedsdesign • Elektrifiseringsgrad av bilparken, og ladeinfrastruktur	• Digitaliserte og integrerte energisystemer • Land-, maritim og lufttransport (for elektrifisering av transport) • Energismarte bygninger
Offshore olje- og gassvirksomhet	• Bygge, drifte og vedlikeholde store offshoreinstallasjoner • Geologi og geoteknikk • Erfaring med CO_2-fangst, -transport og -lagring • Sensorikk • Prosjektledelse • Undervannskabler	• Havvind • Klimavennlig og energieffektiv industri med CO_2-håndtering • Maritim transport

[4] *Avkarbonisering av norsk naturgass dekkes av Energi21. Annen utnyttelse av fossile energiressurser dekkes av OG21*

Tabell 2: Komparative fortrinn		
Energiressurser		Relevant for fagområdene:
Maritim industri	• Marine operasjoner • Spesialfartøy • Autonome fartøy • Elektriske anlegg i skip, batterimoduler	• Maritim transport • Landtransport og lufttransport • Havvind
Prosessteknologi	• Lang industriell erfaring og forskningskompetanse • CO_2-separasjon fra naturgass og røykgass • Raffinering av fossile råstoff, relevant for bioraffinering • Elektrolyse, naturgassreformering • Hydrogenfyllestasjoner • Varmepumpende systemer • Separasjon/rensing av H_2/CO_2 • Flytendegjøring, håndtering og lagring av flytende hydrogen	• Klimavennlig og energieffektiv industri med CO_2-håndtering • Land-, maritim og lufttransport • Hydrogen • Solkraft • Bioenergi inkl. BioCCS
Materialteknologi	• Lang industriell erfaring og forskerkompetanse • Materialforedling (f.eks. Si, FeSi, Aluminium m.m.) • Materialer til hydrogenteknologier (keramer, bipolare plater m.m.) og batterier og solkraft (silisium) m.m.	• Land-, maritim og lufttransport (batterier, hydrogenteknologier) • Hydrogen • Solkraft
Den norske modellen for organisering i arbeidslivet	• Godt samarbeid og høy grad av tillitt mellom myndigheter, arbeidstaker og arbeidsgivere • Effektive innovasjonsprosesser	• Samtlige fagområder
Digitalisering/IKT	• Høy digital kompetanse i befolkningen • Automasjon i skipsfart, autonome fartøy • Smarte nett, overvåking av kraftnettet	• Samtlige fagområder
Juridisk lovgiving og insentivutvikling	• Natur, areal og ressursforvaltning	• Samtlige fagområder

FSM (Ferrosilisiummagnesium) fra Elkem Bjølvefossen. *Foto: Elkem*

4

Energi21-strategien 2018

Energi21 strategiens satsingsområder har potensiale for verdiskaping innen ressursutnyttelse og videreutvikling av leverandørindustri mot nasjonale- og internasjonale energimarkeder. I tillegg representerer satsingsområdene teknologi- og temaområder med stor betydning for å sikre forsyningssikkerheten under fremtidens utfordringer knyttet til klimaendringer, ny teknologi, nye markedsløsninger og ny type energibruk i samfunnet.

4.1 Digitaliserte og integrerte energisystemer

4.2 Klimavennlige energiteknologier til maritim transport

4.3 Solkraft for et internasjonalt marked

4.4 Vannkraft som ryggraden i norsk energiforsyning

4.5 Havvind for et internasjonalt marked

4.6 Klimavennlig og energieffektiv industri inklusive CO_2-håndtering

Kunnskaps- og teknologiutvikling innen strategiens satsingsområder er helt avgjørende for utvikling av et lavutslippssamfunn, en klimavennlig energiforsyning, en klimavennlig industri og en klimavennlig transportsektor.

Energi21 anbefaler en solid vekst og innsats innen følgende satsingsområder:

- Digitaliserte- og integrerte energisystemer
- Klimavennlige energiteknologier til maritim transport
- Solkraft for et internasjonalt marked
- Vannkraft som ryggraden i norsk energiforsyning
- Havvind for et internasjonalt marked
- Klimavennlig og energieffektiv industri inklusive CO_2-håndtering

«DIGITALISERTE- OG INTEGRERTE ENERGISYSTEMER» PRIORITERES HØYEST

Energi21 anbefaler å løfte og prioritere spesielt forsknings- og innovasjonsaktiviteten mot «Digitaliserte- og integrerte energisystemer». Fagområdet er komplekst og sammensatt. Det omfatter flere fagdisipliner, teknologier og løsninger. Digitaliserte- og integrerte energisystemer har stor betydning for fremtidig forsyningssikkerhet, integrasjon av klimavennlige løsninger og samfunnets verdiskaping. Mangelfull satsing kan gi kompetanse- og teknologigap med flere negative konsekvenser for samfunnet både i form av økte kostnader og redusert forsyningssikkerhet.

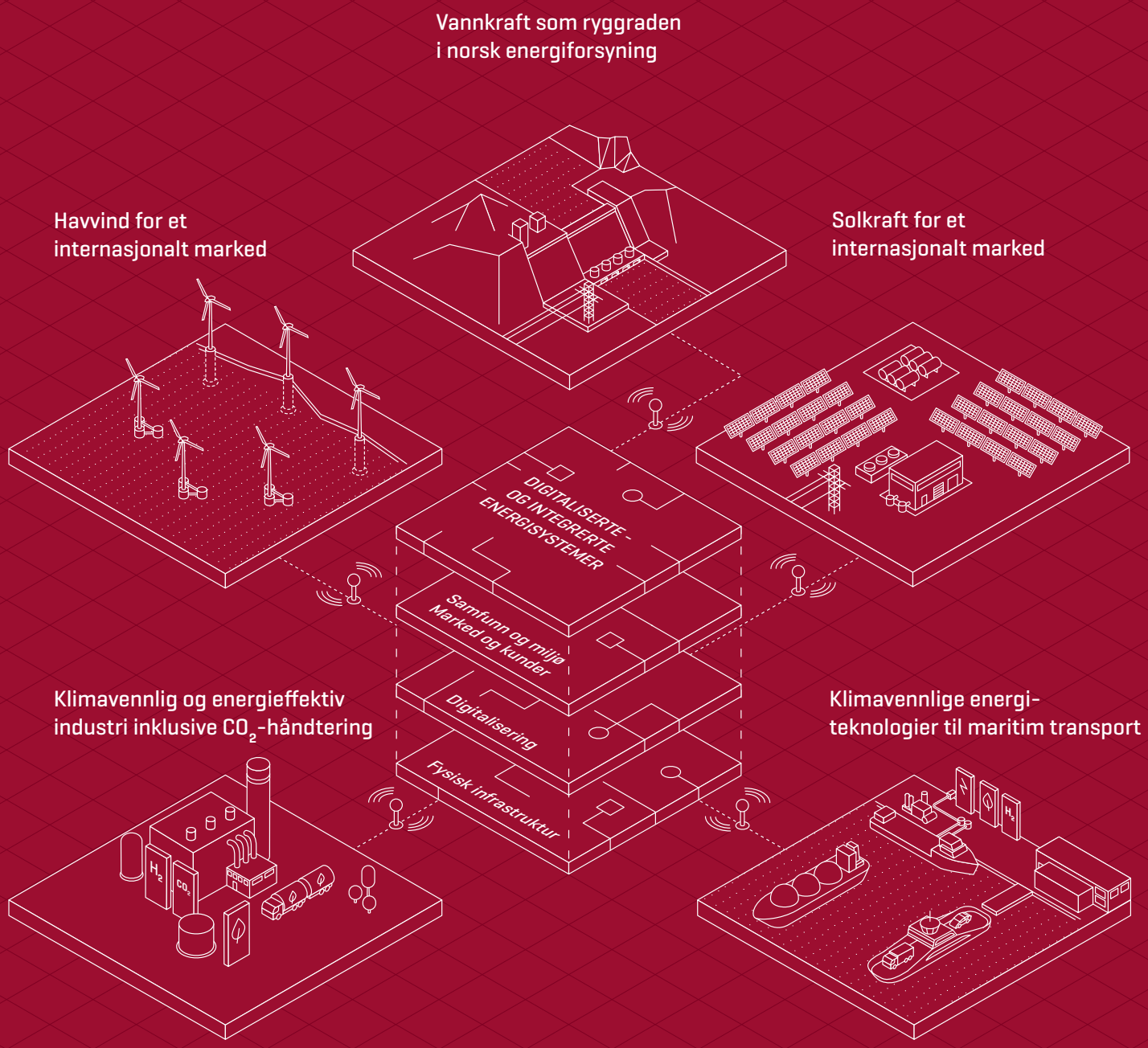
En solid satsing omfatter god og forutsigbar tilgang på offentlige forskningsmidler, markedsintensiver og sterk involvering med deltakelse fra næringslivet. Satsingsområdene er beskrevet detaljert i kapitlene 4.1-4.6.

KONTINUERLIG SATSING PÅ EN BRED KUNNSKAPS- OG TEKNOLOGIPLATTFORM FOR UTVIKLING AV ENERGIOMRÅDET

Det er viktig å sikre kompetanse med relevans for hele den tematiske bredden til energiområdet. Den kontinuerlige utviklingen innen både spesifikke og generiske teknologier og fag vil hele tiden åpne opp for nye muligheter og bidra med nye løsninger. Det henvises til kapittel 5 og vedlegg 3 med beskrivelser av teknologi- og temaområdene: Energieffektive og smarte bygninger, Hydrogen, Dyp geotermisk energi, Bioenergi, Klimavennlige energiteknologier til landbasert transport, Klimavennlige energiteknologier til lufttransport, Landbasert vindkraft og andre energiteknologier som inngår i den generelle kunnskaps- og teknologiplattformen.

METODE FOR VALG AV SATSNINGSOMRÅDER

Energi21s valg av strategiske satsningsområder baserer seg på en helhetlig vurdering av satsningsområdenes potensial for å oppfylle Energi21s målsetninger. Det betyr at satsingsområdene samlet sett bidrar til økt verdiskaping basert på Norges fornybare energiressurser, omlegging av energisystemet og utslippskutt, samt utvikling av internasjonalt konkurransedyktig næringsliv og kompetanse. Satsningsområdene representerer også områder med forskningshøyde, der det er behov for innsats langs ulike deler av innovasjonskjeden. En fullstendig beskrivelse av metoden for valg av de strategiske prioriteringene finnes i Vedlegg 4.



Figur 4.1 Strategiske satsningsområder.

4.1

Digitaliserte og integrerte energisystemer

Sterk offentlig og privat satsing på kunnskap- og teknologiutvikling om digitaliserte og integrerte energisystemer er avgjørende for fremtidig verdiskaping knyttet til utnyttelse av våre energiressurser, klimavennlig energiom-legging og utvikling av et konkurransedyktig næringsliv. Det er behov for å utvikle kompetanse, teknologi og løsninger som ivaretar forsyningssikkerheten og fleksibiliteten til energisystemet og som bidrar til utslippsfrie fremdriftsløsninger i transportsystemet.

SAMMENDRAG

- Energisystemene nasjonalt og internasjonalt utvikles i retning av å bli mer komplisert sammensatt, med integrasjon av stadige flere teknologier på produksjons- og forbrukssiden. Det stiller krav til at energisystemet er tilstrekkelig fleksibelt, og at det er i stand til å integrere alle teknologiene på en effektiv måte.
- Et digitalisert og integrert energisystem er avgjørende for å realisere våre energi og klimapolitiske mål og samtidig ivareta kostnadseffektivitet og god forsyningssikkerhet, blant annet gjennom optimal utnyttelse av eksisterende infrastruktur og utvikling av nye komponenter og materialer.
- Utviklingen mot digitaliserte og integrerte energisystemer krever store investeringer i energiinfrastruktur og digitaliseringsteknologi og -løsninger. Norske aktører kan ta posisjoner i dette markedet nasjonalt og internasjonalt, både innen utvikling av neste generasjons kraftsystemkomponenter og digitalisering.
- En helhetlig systemtilnærming er svært viktig for effektiviteten til systemet, og manglende systemforståelse kan gi negative konsekvenser for forsyningssikkerheten og kostnadseffektiviteten.
- Delsystemenes samspill vil i større grad enn før kunne optimaliseres gjennom utstrakt bruk av automatisering, gjennom overvåking, styring, informasjonssystemer.
- Norge har gode forutsetninger for å utvikle et digitalt og integrert energisystem basert på et tilnærmet utslippsfritt energisystem med velutbygget energinett og et velfungerende energimarked, samt næringsaktører og forsknings- og utdanningsmiljøer med kompetanse innen fornybare og miljøvennlige energiteknologier.
- Sentrale problemstillinger av samfunnsvitenskapelig art, inkludert blant annet økt forståelse for kundeadferd og utforming av rammevilkår og markedsdesign, blir viktige. Det blir også viktig å få mer kunnskap om områder knyttet til sammenhenger mellom politiske målsettinger og samspillet mellom offentlige og private aktører og samspillet mellom teknologi og samfunn.
- Det er viktig å bygge kunnskap om livssyklusperspektiver og bærekraft i relasjon til naturressurser og miljø.

Satsingsområdet «Digitaliserte og integrerte energisystemer» omfatter alle energirelaterte infrastrukturer, teknologier og løsninger og samspillet mellom disse. I dette inngår infrastrukturer for og samspillet mellom alle klimavennlige energibærere, med elektrisitet som den klart viktigste klimavennlige energibæreren i Norge. Infrastrukturer og systemer for CO_2, biomasse, biogass og fjernvarme er også en del av satsingsområdet.

Satsningsområdet omfatter også systemer for klimavennlig energiteknologier til transport som infrastruktur for elektrisitet og hydrogen. Her inngår ladeinfrastruktur og fyllestasjoner for batteri- og hydrogenelektriske kjøretøy og fartøy. Kjernen i digitaliseringen er IKT løsninger til bruk i fysisk infrastruktur, smarte bygninger, byer og energilagring. Utfordringer innen IKT feltet har en tydelig plass i strategien.

Fagområdet har tydelige grenseflater mot samfunnsvitenskapelige temaer som ikke dekkes av Energi21, men som har betydning for utvikling av energisystemet i sin helhet. Det gjelder eksempelvis by- og regionplanlegging og problemstillinger knyttet til samferdsel utover klimavennlige energiteknologier til transport.

4.1.1 UTVIKLING AV ENERGISYSTEMET

Kostnadseffektiv utvikling av energisystemet krever et *helhetlig systemperspektiv*. Det er ikke tilstrekkelig å bygge ut fysisk infrastruktur med nok kapasitet, det er også nødvendig å vurdere nye digitale teknologier og løsninger som gir helt nye muligheter for å utvikle effektive, fleksible og optimaliserte systemer. Samtidig er det viktig å forstå hvordan rammevilkår, markedsdesign og kundeadferd påvirker systemets utvikling. Derfor behandles satsningsområdet digitaliserte og integrerte energisystemer langs tre dimensjoner:

- *Fysisk infrastruktur:* All energirelatert infrastruktur i energi- og transportsystemet, for alle klimavennlige energibærere. Det inkluderer infrastruktur som håndterer større innslag av fornybar, variabel kraftproduksjon, forbrukere og bygninger med lokal energibruk og lagring og elektrifisering av nye forbruksområder. Det inkluderer infrastruktur for CO_2-håndtering, klimavennlig transport, ladeinfrastruktur og fyllestasjoner for batteri- og hydrogenelektriske kjøretøy og fartøy.
- *Digitalisering:* Digitale teknologier for å koble sammen den fysiske infrastrukturen gjennom digital kommunikasjon, samle og dele data og analysere dataen for å forbedre maskin- eller systemytelse.[5] Det inkluderer smarte styringssystemer, smarte nett med AMS og DataHub, smart lade- og fylleinfrastruktur for transport, smarte bygninger og smart samspill mellom alle enheter.
- *Samfunn og miljø, marked og kunder:* Samfunnsdimensjonen inkluderer kunnskap om forvaltning og lovgivning samt kunnskap om hvordan utforming av rammevilkår, reguleringer og markedsdesign påvirker utviklingen av systemet. Miljødimensjonen inkluderer kunnskap om bærekraft og ressurseffektivitet ved bruk av ulike teknologier. Marked og kunder omfatter kunnskap om hvordan man tilrettelegger for nye, gode forretningsmodeller og tjenester, og kunnskap om og forståelse for kundeadferd i et elektrifisert og digitalisert energi- og transportsystem. I tillegg kommer kunnskap om næringsutvikling og innovasjonsprosesser, samt hva som leder til spredning av nye teknologier.

Utviklingen av energisystemet medfører en rekke investeringer innen *fysisk energiinfrastruktur* automatisering og andre IKT-løsninger, som gir et stort markedspotensial. Nasjonalt og internasjonalt er det behov for store investeringer i kraftnettet for å møte nye krav til systemet, både oppgradering av gammel anleggskapital og nyinvesteringer. Det er også behov for investeringer i ladeinfrastruktur og fyllestasjoner for batteri- og hydrogenelektriske kjøretøy og fartøy, samt kjøretøy og fartøy som kan drives på biogass. Investeringene i energiinfrastruktur skal også gjøre systemet smartere og mer effektivt ved å ta i bruk avanserte styringssystemer, automatisering, overvåking og informasjonssystemer. Digitale teknologier muliggjør mer effektiv drift og vedlikehold av energiinfrastruktur, med bedre tilstandsovervåking, prediktivt vedlikehold og bedre utnyttelse av eksisterende kapasitet.

Parallelt med utviklingen av fysisk infrastruktur og IKT/digitalisering, arbeider myndighetene nasjonalt og internasjonalt med utforming av markedsdesign og rammevilkår for å sikre en mest mulig effektiv utvikling av systemet. Sentrale problemstillinger i utarbeidelsen av rammevilkårene er tilrettelegging for riktig og effektiv bruk av nye teknologier og digitale løsninger, og tilrettelegging for nye forretningsmodeller og aktører. I EU er det i forbindelse med «Vinterpakken»[5] lagt frem forslag til revisjon av elektrisitetsmarkedslovgivningen, med mål om å gjøre EUs kraftmarked mer integrert og effektivt og å øke forbrukernes muligheter til aktiv deltakelse i markedene. En sentral del av den nye markeds•lovgivningen er å tilrettelegge for riktig prising av fleksibilitet. Det er viktig som følge av forventninger til økt etterspørsel etter fleksibilitet, og fordi riktige prissignaler kan aktivere nye kilder til fleksibilitet som for eksempel forbruksfleksibilitet, termisk fleksibilitet, hydrogen mv.

Endringene i verdens energisystemer og tilhørende teknologiutvikling bidrar til at kundene kan ta en ny og mer aktiv rolle enn tidligere. Ved hjelp av nye avanserte løsninger

[5] *«Vinterpakken» består av en rekke direktiver og forordninger som skal bidra til at EUs energiunion opprettholder sin konkurranseevne og at EU forblir en leder i det grønne skiftet globalt.*

for energistyring, egenproduksjon av energi, energilagring og forbruksfleksibilitet kan kunden ta en aktiv rolle i interaksjonen med det kollektive energisystemet. Organiseringer av mikronettløsninger, enten isolerte eller koblet på det kollektive systemet, er muliggjort av denne utviklingen. I tillegg til at den teknologiske utviklingen muliggjør mer aktive kunder enn tidligere, gjør stadig synkende kostnader for distribuert energiproduksjon, -lagring og smarte styringssystemer det stadig mer lønnsomt fra kundens perspektiv. Vi ser også at kunder i økende grad ønsker kontroll over eget karbonavtrykk, blant annet ved kontroll over eget energiforbruk. Når myndighetene i flere land arbeider for å tilrettelegge for en mer aktiv kundeinvolvering er det både en konsekvens av at det har blitt teknisk mulig og av at kundene i økende grad ønsker å ta en aktiv rolle. Samtidig forsterker myndighetens målsetninger og endringer i rammevilkår utviklingen mot en mer aktiv kundeinvolvering.

Utviklingen innen rammevilkår, markedsdesign og aktiv kundeinvolvering skaper muligheter og behov for nye, innovative produkter, tjenester og løsninger. Det gjelder for eksempel innen tjenester for forbruksfleksibilitet, smart strømstyring og aggregeringstjenenester, og sannsynligvis en rekke andre nye tjenester som vi foreløpig kun aner konturene av. Kunnskap om samspillet mellom samfunn og teknologi, samspillet mellom offentlige og private aktører og forståelsen av kundeadferd blir vesentlig for å sette i verk gode løsninger i omstillingen til lavsutslippssamfunnet.

Manglende systemforståelse og evne til helhetlige vurderinger av teknologier og løsninger kan gi store negative konsekvenser for forsyningssikkerheten til energisystemet og medføre store kostnader for samfunnet.

4.1.2 DET NORSKE AKTØRBILDET, NÆRINGSLIV OG FORSKNINGSMILJØER

Aktørene som står for utvikling av teknologi, løsninger og systemer er i hovedsak leverandørindustri og konsulenter i samarbeid med forsknings- og utdanningsmiljøene.

Det er mange sterke norske aktører som er rettet inn mot kabelteknologi og kraftelektronikk til IKT og systemleverandører. Det er også en rekke norske aktører som utvikler og produserer ladeinfrastruktur og hydrogenfyllestasjoner til batteri- og hydrogenelektriske kjøretøy og fartøy, inkludert systemer for smart styring av disse i samspill med energisystemet for øvrig. Norge er verdensledende på utbredelse av elektrisk ladeinfrastruktur, og aktører fra kraft- og nettselskapene har tatt en aktiv rolle i utviklingen. Energisektoren er en viktig bruker av teknologi og løsninger og viktige premissgivere for utviklingen. Et godt samarbeid mellom sektorene blir viktig.

Norges forskningsinstitusjoner og universiteter dekker de fleste fagområder som inngår i fremtidens energisystemer. Vi har norske forskningsmiljøer i verdenstoppen innen fysisk infrastruktur og IKT/digitalisering, med svært

Ladestasjon buss og personbil. *Illustrasjon: ABB*

høy kompetanse på kraftelektronikk, krafttransformatorer, mellomspenningsbrytere, høyspenningskabel, overvåking, styring og vern av smarte nett og modellering av markedet for energi- og energirelaterte tjenester.

Innenfor samfunnsvitenskapelig energiforskning for fremtidens energisystemer har Norge forskningsmiljøer på et internasjonalt høyt nivå når det gjelder miljø- og ressursøkonomi, internasjonal energi- og klimapolitikk, energisystemanalyse, omstilling og innovasjon, bærekraft og energi og transport. Kompetanse innen tverrfaglige problemstillinger ved omleggingen til lavutslipps transportsystemer opplever økende aktualitet, Norge har også miljøer med sterk kompetanse innen dette feltet.

Innen miljø- og ressursøkonomi holder flere miljøer svært høyt nivå, og på internasjonal energi- og klimapolitikk har vi miljøer som er internasjonalt anerkjent. Innenfor området energisystemanalyse finnes det norske miljøer på internasjonalt toppnivå, i tillegg til anerkjente miljøer innen tverrsektoriell energisystemmodellering.

Omstilling og innovasjon er et tverrfaglig tema som opplever økende interesse ettersom norske myndigheters mål om grønn vekst skal realiseres, og flere forskningsmiljøer er anerkjent på området. Fagområdet bærekraft har anerkjente miljøer med spesielt sterk kompetanse innen livssyklusanalyser.

4.1.3 NORSKE UTFORDRINGER OG MULIGHETER

Norge har gode forutsetninger for å utvikle et digitalisert og integrert energisystem, som er kostnadseffektivt, har lave klimagassutslipp og har høy forsyningssikkerhet. Et tilnærmet utslippsfritt kraftsystem med velutbygget kraftnett og et velfungerende kraftmarked danner et godt fundament, som videre forsterkes av norske næringsaktørers og forsknings- og utdanningsmiljøers kompetanse innen fornybare og miljøvennlige energiteknologier.

Norske miljøer holder et høyt internasjonalt nivå innen fleksible og dynamiske løsninger for kraftsystemet. Norske aktører har sterk kompetanse innen systemteknisk drift og kontroll samt sterke analysemiljøer innen dynamiske kraftsystemanalyser. Norge har også en relevant overførbar kunnskap innen kraftelektronikk og sensorikk fra offshorenæringen. Denne kunnskapen kan overføres til overvåking, styring og drift av kraftsystemet, og videreutvikling av digitale løsninger for energi- og transportsystemene. Digitaliseringen av Norges energisystem kan også dra nytte av Norges høye digitale modenhet, blant annet vist gjennom Norges høye score på EUs Digital Economy and Society Index (DESI)[6].

Norge som et laboratorium for «all electric society»

Norges gode utgangspunkt for å utvikle et digitalisert og integrert energisystem, legger også til rette for norske næringsmuligheter. Norge har et forsprang på andre land innen anvendelse av fornybar elektrisitet, med et stasjonært energisystem som er tilnærmet helelektrisk og en transportsektor med verdens høyeste elektrifiseringsgrad. Flere lands energiplaner peker i retning av en større grad av elektrifisering, og her kan Norge bidra med erfaring og kunnskap. Fra bygningssektoren har Norge lang erfaring med anvendelse av elektrisitet til både elektriske apparater og bygningsoppvarming og -avkjøling, samt god kunnskap om samspillet og integrasjonen mot kraftsystemet for øvrig. Videre har Norge opparbeidet erfaring og kompetanse innen integrasjon av elbiler og samspillet mellom ladeinfrastruktur og kraftnett. Fremover kan man se for seg at Norge kan fungere som et laboratorium for uttesting og verifisering av teknologi og løsninger i et «all electric society». I dette laboratoriet kan norske næringsaktører utvikle og teste nye teknologier, løsninger og tjenester, som videre kan eksporteres i et internasjonalt marked.

Norge som leverandør av fleksibilitet

Kraftsystemet i Europa blir stadig tettere koblet sammen, og EU har som målsetning å oppnå et integrert, felles kraftmarked. Europa har også et økende behov for fleksibilitetstjenester, og norsk vannkraft kan bidra til å dekke dette. Forsterket transmisjonskapasitet fra Norge mot Europa er derfor en sannsynlig utvikling, og Norge kan således bidra til å dekke EUs fleksibilitetsbehov i omstillingen fra et fossilt til fornybart kraftsystem. Det representerer en utvidet markedsmulighet for norske kraftprodusenter.

Markedsdesign og rammevilkår for effektiv utvikling

Utviklingen mot et mer komplisert sammensatt energisystem stiller nye krav til norske myndigheters utforming av rammevilkår og markedsdesign. Myndighetene må tilrettelegge for en utvikling som er kostnadseffektiv og som ivaretar krav til forsyningssikkerhet. Det innebærer rammevilkår som gir riktig og effektiv bruk av nye teknologier, herunder blant annet kostnadseffektive alternativer til nett som ivaretar krav til forsyningssikkerhet. Samtidig er norske myndigheter i stor grad underlagt direktiver og føringer fra EU, og som ikke alltid er hensiktsmessig utformet for norske forhold. Viktige problemstillinger fremover blir å utvikle markedsdesign og rammevilkår som sikrer en effektiv utvikling av det norske energisystemet.

[6] *Norway, Digital Single Market, https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/scoreboard/norway*

Aktive kunder med økt involvering

Utviklingen mot mer aktive kunder fører til et økt kunnskapsbehov om kundeadferd. Myndigheter og næringsaktører trenger økt forståelse for kundeadferden i utviklingen av nye rammevilkår, forretningsmodeller, tjenester og løsninger. Det følger også en rekke spørsmål på samfunnsnivå som for eksempel hva som skal til for at markedet tar i bruk nye teknologier og løsninger. Kunnskap om vekselvirkninger og avhengigheter mellom teknologisk utvikling, markedsdesign og kundeadferd blir viktig for å forstå hva som skal til for å få til innovasjon, nye forretningsmodeller, næringsliv og verdiskaping. Et viktig spørsmål er også hvilke aktører som skal drive innovasjonen i energisystemene og hvordan innovasjon og spredning av teknologi skjer.

Et digitalisert og integrert energisystem med flere nye teknologier på forbruks- og produksjonssiden, medfører et økt behov for godt samspill på tvers av sektorer. For eksempel blir ikke bygninger lengre passive forbrukere av elektrisitet, men utvikler seg mot å ta roller som energiprodusent, energilager og fleksibilitetskilde. Bygninger har et stort fleksibilitetspotensial. Likeledes har transportsektoren utviklet seg fra å være passive forbrukere av fossile drivstoff, til å være aktive strømforbrukere som kan optimalisere forbruket av strøm etter begrensninger i kraftnettet og på sikt representere et energilager og en fleksibilitetskilde.

Fleksibelt samspill mellom energibærere

Et digitalisert og integrert energisystem må også sikre et godt samspill mellom alle utslippsfrie energibærere. For å nå klimamålene er det sannsynlig at vi i fremtiden må anvende både elektrisitet, fjernvarme, hydrogen og biomasse, og et effektivt samspill mellom energibærerne blir derfor viktig. Systemer som kan anvende ulike energibærere styrker forsyningssikkerheten og øker fleksibiliteten i energisystemet. Fleksibilitet fra ulike energibærere er viktig i områder med sårbar kraftforsyning, eller stort kraftoverskudd, eller mye uregulert kraftproduksjon og begrenset overføringskapasitet i kraftnettet. Samspillet med avkarboniserte, fossile energibærere og verdikjeden for CO_2 blir også viktig. Vurderinger av bærekraft og ressurseffektivitet blir vesentlige. Det inkluderer livssyklusperspektiver og bærekraft i relasjon til naturressurser og miljø.

Nye og økte krav til beredskap og datasikkerhet

Et mer komplisert sammensatt energisystem med mange og nye aktører, rivende teknologisk utvikling, økt digitalisering og klimaendringer øker sårbarheten til energisystemet. Det blir behov for økte krav til beredskap og datasikkerhet. Kraftsystemet blir et stadig mer avansert IKT-system, som overvåkes og styres av datasystemer. Store datamengder transporteres og lagres. Et dataangrep kan gi alvorlige konsekvenser og i verste fall hemme driften av kraftsystemet. Det gir økte krav til at det digitaliserte og integrerte energisystemet er robust og sikkert, og kan håndtere utfordringer knyttet til eksempelvis strømutfall, tekniske feil, menneskelig svikt, naturbaserte hendelser og kriminelle handlinger. Forskning innen sikkerhet blir derfor viktig.

4.1.4 NÆRINGENS AMBISJONER

Innenfor området digitaliserte og integrerte energisystemer, har næringsaktører i Energi21 prosessen signalisert følgende ambisjoner.

- Kostnadseffektiv utvikling av et digitalisere og integrerte energisystemer med høy forsyningssikkerhet og lave klimagassutslipp, som tåler større klimapåkjenninger.
- Integrasjon av ny type produksjon, forbruk og lagring.
- Effektiv integrasjon av nye teknologier i transportsektoren, og et effektivt samspill mellom energi- og transportsystemene.
- Norge skal være verdensledende innen elektrifisering av transportsektoren.
- Riktig og kostnadseffektiv anvendelse av nye teknologier og løsninger, inkludert alternativer til nett og digitalisering.
- Digitalisere energisystemet, muliggjøre nye forretningsmodeller, bidra til aktive sluttbrukere, mer effekt drift og vedlikehold av systemene.
- Designe, integrere og idriftssette robuste IKT-systemer med høy sikkerhet.
- Utvikle norsk leverandørindustri innen teknologier og tjenester til de digitaliserte og integrerte energisystemene.
- Utvikle nye energitjenester i takt med utvikling av fleksibilitet og nye forretningsmodeller.
- Sterkere og økt innovasjonstakt i elektrisitets- og energiforsyningen, med flere aktive næringsaktører.

4.1.5 TILTAK OG SENTRALE FORSKNINGSTEMAER

Energi21 anbefaler følgende tiltak og forskningstemaer for å realisere og møte næringsaktørenes kunnskaps- og teknologibehov innen digitaliserte og integrerte energisystemer.

Tiltak

- Styrke insentiver og rammebetingelser som øker energisektorens innovasjonstakt.
- Tettere og mer koordinert samarbeid mellom IKT-, kraft- og bygnings- og energibransjen.
- Etablere en energiklynge der norske energiaktører, og andre aktører med betydning for energisystemet, samarbeider om å gjennomføre innovasjonsprosjekter.
- Bedre finansielle instrumenter for demonstrasjon, utvikling og forskning i bransjen.
- Tilrettelegge for og støtte storskala test og demonstrasjonsanlegg for utvikling av fleksible løsninger.
- Utnytte Norges elektrifiserte energisystem som et «living lab» for uttesting av nye teknologier og løsninger.

- Iverksette forsknings-, utviklings-, demonstrasjons- og kommersialiseringsaktiviteter innenfor de identifiserte strategiske forskningstemaene som følger under.

Strategiske forskningstemaer

Teknologi:

- Neste generasjons kabelteknologi, elektrotekniske komponenter og smarte distribusjonsnett.
- Systemtekniske og driftsrelaterte implikasjoner og løsninger ved økt integrasjon av lokal produksjon, distribuert lager, fleksible ressurser, fremtidens bygninger og byer, og nye forbruksgrupper.
- Helhetlig utvikling av energi- og transportsystemet, med smartgrid, stasjonære og mobile energilager og smarte bygninger. Bruke områder med bygninger og distribuerte energiressurser som aktive noder i nettet.
- Prediksjonsmodeller for lastprofiler for bygninger og utnyttelse av lokal fleksibilitet.

Digitalisering:

- Løsninger for mer effektiv overvåking, datainnsamling, kontroll og styring og dataanalyse, forbedret «asset management».
- Betydningen av digitalisering langs hele verdikjeden for energi- og transportsystemet.
- Effektproblematikk og dynamisk systemmodellering, kontinuerlig oppdatere og forbedre.
- Forsyningssikkerhet, IKT-sikkerhet og sårbarhet i et digitalisert og elektrifisert samfunn.
- Alternativer til nettutbygging – analysere kostnadseffektivitet og forsyningssikkerhet ved alternativer til nett og ulike kilder til fleksibilitet.

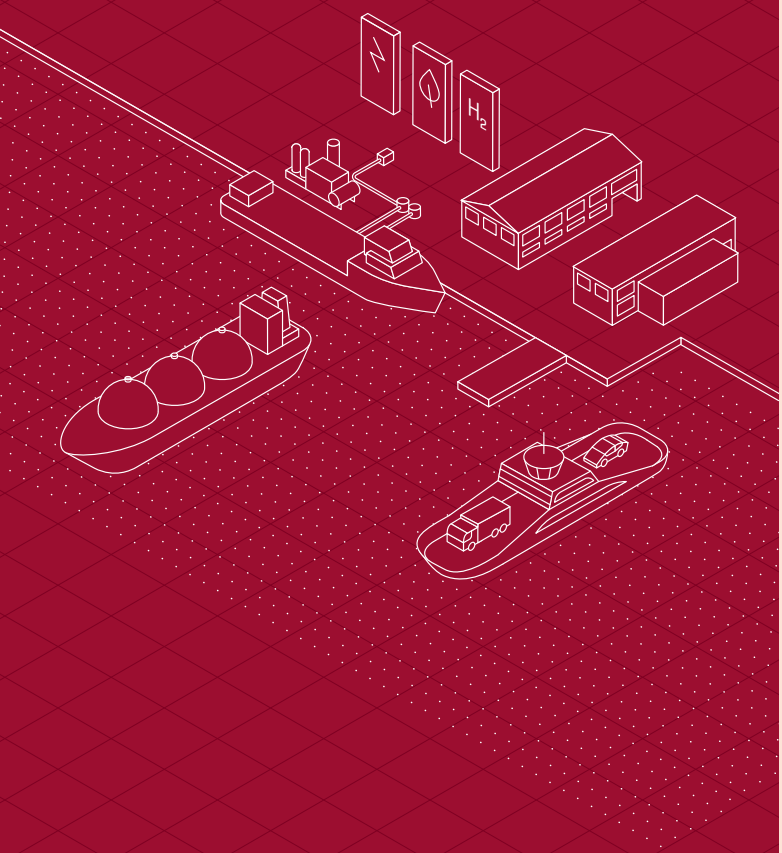
Samfunnsvitenskapelige temaer (regulering, marked, psykologi)

- Kunnskap om forvaltning, lovgivning, økonomiske virkemidler og markeder på nasjonalt og internasjonalt nivå.
- Modeller og verktøy for markedsmodellering, og helhetlig vurderinger av infrastruktur for klimavennlige energibærere.
- Effektiv politikk og virkemiddelbruk, markedsdesign – inkludert innovative prissignaler, lokale handelsplattformer, fleksibilitetsprodukter og tariffer.
- Forretningsmodeller for fleksibilitetstjenester for ulike typer markedsløsninger.
- Innovasjon og diffusjon av nye teknologier, inkludert forståelsen av samspillet mellom teknologi og samfunn.
- Utvikle lokalt markedsdesign for mikronett, mikromarkeder og energiøyer.
- Kunnskap om kundeadferd, anvendelse av ny teknologi, og løsninger for aktiv kundeinvolvering.
- Kunnskap om samfunn og adferd, kunnskap om samfunnsstrukturer og ulike gruppers roller og holdninger, forskning på maktstrukturer og offentlig planlegging.
- Kunnskap om bærekraft og ressurseffektivitet, inkludert livssyklusperspektiver og bærekraft i relasjon til naturressurser og miljø.

Driftssentralen - overvåking, styring, og operativ drift. *Foto: Hafslund ASA*

4.2

Klimavennlige energiteknologier til maritim transport



Energi21 mener at tiltak innenfor den maritime transportsektoren er viktig i utviklingen mot et lavutslippssamfunn. Ved innføring av klimavennlige energiteknologier og drivstoffalternativer kan den maritime transporten oppnå betydelige utslippsreduksjoner. I tillegg representerer dette området et stort potensial for verdiskaping gjennom å videreutvikle Norges internasjonalt konkurransedyktige næringsliv innen klimavennlige energiteknologier til maritim transport.

SAMMENDRAG

- Maritim transport må omstilles for å redusere klimagassutslipp, men det er en utfordrende bransje å avkarbonisere ettersom store deler av aktiviteten foregår utenfor nasjonale og internasjonale jurisdiksjoner.
- Muligheten for anvendelse av klimavennlige energiteknologier til maritim transport avhenger i stor grad av fartøystype, større fartøy har færre tilgjengelige teknologier. Biodrivstoff kan bli et viktig klimavennlig alternativ for større fartøy fremover. Biomasse er imidlertid en begrenset ressurs med flere konkurrerende bruksområder, og det er uklart hvilke bruksområder som vil forbruke mest.
- Norske myndigheter er tidlig ute med miljøkrav, og norske aktører kan skaffe seg et forsprang innen utvikling av lavutslippsløsninger. Nye løsninger kan testes og verifiseres i vårt store hjemmemarked.
- En sterk teknologi- og kompetansebase innen sjøfart danner et solid grunnlag for videre verdiskaping i Norge.
- Norge har et forsyningssikkert kraftnett, fornybare energiressurser og naturgass og solid material- og prosesskunnskap, som gir gode forutsetninger for produksjon av hydrogen, batterier, elektrolysører, brenselceller, hydrogentanker m.m.
- Norske aktører er tidlig ute innen utvikling av batterielektriske løsninger til maritim transport, og leverte fremdriftssystemene til verdens første helelektriske ferge.
- Lang industriell erfaring og kompetanse innen hydrogen gir norske aktører gode forutsetninger for å utvikle kjerneteknologi og komponenter for maritim transport
- Norge kan utnytte og kombinere kompetanse fra forskjellige teknologiområder som batterielektrisk fremdrift, fossilt drivstoff eller biodrivstoff og hydrogenelektrisk fremdrift ved utvikling av hybride løsninger.
- Klimavennlige energiteknologier til maritim transport har foreløpig lav modenhet og er kostbart sammenlignet med konvensjonelle teknologier. Fremover blir det viktig å finne rammebetingelser og markedsdesign som insentiverer investeringer i klimavennlige energiteknologier, og å oppnå kostnadsreduksjoner for fartøyer og infrastruktur.
- Automasjon vil føre til endringer og forbedringer langs hele verdikjeden, og Norske aktører er tidlig ute på dette området.

4.2.1
MARKEDSUTVIKLING OG FORVENTET BETYDNING

Den maritime transportsektoren står overfor en betydelig utfordring i å redusere klimagassutslippene fremover. Utslippene må ned, samtidig som det forventes at transportbehovet øker. Norsk innenriks skipsfart har et mål om 40 % lavere utslipp av klimagasser i 2030. For å nå dette målet er det nødvendig med et betydelig innslag av alternative drivstoffer med lavt karbonutslipp[7]. Det betyr at vi bør vurdere å ta i bruk en rekke teknologier, inkludert hydrogen og batterielektriske løsninger, biodrivstoff, samt kombinasjoner av disse i hybrider[8].

Norge er tidlig ute med miljøkrav til skipsfart, og norske myndigheter ønsker å bruke offentlig innkjøpsmakt for å påvirke[9] dette. Internasjonal skipsfart opplever vedvarende vekst i klimagassutslipp, en vekst som må reverseres for å oppfylle internasjonale klimamål.

Foreløpig er batteri- og hydrogenelektriske løsninger egnet for mindre fartøy som eksempelvis ferger og hurtigbåter. Som følge store av kostnadsfall[10] på batterier har batterielektrisk fremdrift blitt en mer kostnadseffektiv løsning for å redusere klimagassutslipp på ferger og andre fartøy med relativt kort overfart. Hydrogenelektrisk fremdrift er mindre modent, men det pågår prosjekter for å ta hydrogen i bruk i maritim transport. Hydrogen som rekkeviddeforlenger på batterielektriske fartøy er et aktuelt alternativ. Batterier til bruk i hybride løsninger er aktuelt for mange typer fartøy, og vil trolig bli mer utbredt.

For større skip er foreløpig biodrivstoff hovedalternativet[11], før eventuelle teknologiske gjennombrudd innen brenselcelleteknologier og andre hydrogenteknologier.[12] Biodrivstoff står for halvparten av skipsfartens drivstoffforbruk i 2060 i IEAs scenario B2DS.[13] Andre kilder, som The International Transport Forum[14], trekker frem flytendegjøring, lagring og håndtering av flytende hydrogen og ammoniakk som meget viktig drivstoff for skip, og står i kontrast til IEAs scenario B2DS.

4.2.2
DET NORSKE AKTØRBILDET, NÆRINGSLIV OG FORSKNINGSMILJØER

Den norske maritime klyngen har aktører langs hele verdikjeden for maritim transport, og besitter verdensledende teknologi og kompetanse. Den maritime klyngen danner et godt utgangspunkt for videre utvikling av klimavennlige energiteknologier til maritim transport, en utvikling mange aktører fra den maritime klyngen allerede er involvert i.

Innen batterielektrisk fremdrift har vi aktører som produserer batterimoduler og batterimaterialer, samt aktører som leverer rådgivnings- og engineeringtjenester. Norske leverandører leverte for eksempel det elektriske fremdriftssystemet til verdens første helelektriske ferge[15]. Fra landtransport finnes det flere norske leverandører av ladeinfrastruktur med relevant og overførbar teknologi og kunnskap til maritim transport.

Det er en gryende aktivitet innen utvikling av hydrogenfartøy i Norge, og norske aktører er i ferd med å utvikle verdens første ferge med brenselcelle og hydrogenfremdrift. Alle deler av fergen kan leveres av norske aktører, med unntak av brenselcellen. Fra landtransport har Norge flere verdensledende aktører innen hydrogenteknologier (elektrolysører, tanker), med relevant overførbar kunnskap og teknologi til maritim transport.

Det er også flere aktører som utvikler hybride løsninger for maritim transport, hvorav batterier i tillegg til forbrenningsmotor er det vanligste. Det finnes også eksempler på bruk av brenselceller i kombinasjon med batterier og konvensjonelle drivstoff.

Biodrivstoff til maritim transport kan i stor grad anvendes på samme type fartøy og infrastruktur som for fossilt drivstoff, og hovedforskjellen er produksjonen av drivstoffet. Norge har noen aktører som produserer biodrivstoff, både fra importert raps og soya, samt fra avfall. Innen produksjon av biogass finnes det norske aktører i ulike deler av verdikjeden, og to norske produsenter av biogassanlegg leverer konkurransedyktig teknologi i et internasjonalt marked. I tillegg utreder flere aktører muligheten for å etablere storskala produksjon av biodrivstoff fra skogsråvarer. Det er nylig besluttet å bygge et demoanlegg i Norge for produksjon av avansert biodrivstoff.

7 *Grønt kystfartsprogram (2016), Sjøkart for Grønn Kystfart. Sjøkartet beskriver også to andre typer tiltak for utslippskutt; tekniske tiltak og operasjonelle tiltak. Disse faller utenfor mandatet til Energi21.*
8 *LNG behandles ikke nærmere, da det faller utenfor Energi21s mandat*
9 *Se for eksempel Nasjonal Transportplan*
10 *Se for eksempel Bloomberg New Energy Finance (2017), New Energy Outlook 2017*
11 *Kjernekraft er også et teknisk mulig, men ikke akseptert alternativ*
12 *Se for eksempel IEA (2017), Energy Technology Perspectives 2017*
13 *IEA (2017), Energy Technology Perspectives 2017*
14 *The International Transport Forum (2018), Decarbonising Maritime Transport – Pathways to zero-carbon shipping by 2035.*
15 *Store Norske Leksikon, https://snl.no/Ampere_-_bilferge*
16 *FME- Forskningssenter for Miljøvennlig Energi*

Sterke norske forskningsmiljøer og næringsaktører er samlet i et FME[16] som arbeider med hydrogen- og batteri-elektriske løsninger, og som har et særlig fokus på maritime anvendelser. Samlet har de norske forskningsmiljøene og næringsaktørene solid kunnskap innen batterimaterialer, brenselceller og elektrolysører og hydrogenlagring i metall-hydrider. Norske forskningsmiljøer har også internasjonalt anerkjent kompetanse innen modellering og analyse av hydrogensystemer og verdikjeder for hydrogen, i tillegg til materialkompetanse i verdensklasse.

Innen biodrivstoff er de viktigste forskningsmiljøene, industriene og andre stakeholdere samlet i et FME om biodrivstoff. Norske forskningsmiljøer er også internasjonalt anerkjente innenfor forskning på klimagevinst ved utnyttelse av skog til biodrivstoff.

4.2.3
NORSKE UTFORDRINGER OG MULIGHETER

Norge har en sterk maritim klynge, et stort hjemmemarked, et velutbygget kraftnett og strenge miljøkrav som danner et godt grunnlag for utvikling av klimavennlige energiteknologier til maritim transport. Det er flere pågående aktiviteter og initiativ innen nye klimavennlige fremdriftsløsninger for ferjer, hurtigbåter og offshorefartøy. Norge er tidlig ute, og kan skaffe seg et forsprang på andre land. Dette forspranget kan bli en fordel når skipsfarten i andre land og internasjonal skipsfart må avkarboniseres, og norske aktører kan levere teknologier og tjenester i det internasjonale markedet. Klimavennlige energiteknologier til maritim transport kan dermed både bidra til energiomlegging i Norge, samt til utvikling av norsk næringsliv.

Norsk næringsliv har noen få, men sterke initiativer innen både batterimaterialer og batterimoduler, men ingen produksjon av battericeller. Flere aktører har fokus på maritim bruk av batterier, herunder batterimoduler til maritim transport og rådgivning og engineering for optimal bruk av store batterisystemer. Norske forsknings- og utdanningsmiljøer har en solid kompetanse innen elektrokjemi og materialteknologi, i tillegg til forskningsmiljøer innen batteriteknologier.

Flere forhold tilsier at Norge har gode forutsetninger for å etablere battericelleproduksjon; vi har et robust og forsyningssikkert kraftsystem, en solid prosessindustri og sterk kunnskapsbase innen material- og prosessteknologi, samt tilgjengelige industriarealer og et kaldt og tørt klima. Produksjon av batterier (celler og moduler) til maritim bruk representerer en mulighet for Norge til å ta en tidlig posisjon i et voksende marked.

Norge har også gode forutsetninger for å utvikle hydrogenelektriske løsninger til maritim transport. Vi har billig og utslippsfri elektrisitet som kan brukes til produksjon av hydrogen via elektrolyse, samt naturgass som kan produsere utslippsfritt hydrogen ved reformering med karbonfangst. Vi har også store uutnyttede naturressurser for variabel fornybar kraft, som er egnet for hydrogenproduksjon. Vi har over tid opparbeidet en kunnskapsbase innen hydrogenteknologi, blant annet gjennom forsknings- og utdanningsmiljøer, produksjon og bruk av hydrogen i industrien

"Future of the fjords"- full-elektrisk katamaran. *Foto: Brødrene AA*

og nå senest i landtransporten. Norske aktører er tidlig ute innen utvikling av hydrogenelektriske løsninger til maritim transport.

Hydrogenindustrien vokser globalt, men vi må lengre frem i tid før hydrogenelektriske løsninger til maritim transport blir kommersialisert. Det skyldes i hovedsak utfordringer knyttet til høye kostnader for brenselceller og elektrolysører samt mangel på regelverk og standarder.

Hybride løsninger kombinerer ulike energibærere i fartøyets fremdriftssystem og andre energikrevende aktiviteter. Til nå har batterier i kombinasjon med forbrenningsmotor vært vanligst, men krav om utslippskutt driver utviklingen i retning av at flere fartøy får batterielektrisk fremdrift med hydrogen som rekkeviddeforlenger. Fordelen med hybride fremdriftssystemer, i tillegg til utslippskutt, er at et jevnere driftsmønster på motoren gir drivstoffbesparelser, ytterligere lavere utslipp og mindre slitasje. Norske aktører er godt posisjonert innen hybride løsninger.

Det er flere utfordringer knyttet til bruk av klimavennlige energiteknologier til maritim transport. Lav teknologisk modenhet og lav utbredelse gjør fartøyene mer kostbare, samtidig som utbygging av nødvendig energiinfrastruktur også er kostbart. Sentrale utfordringer fremover blir dermed å finne rammebetingelser og markedsdesign som insentiverer investeringer i klimavennlige energiteknologier og oppnå kostnadsreduksjoner for fartøyer og infrastruktur.

Hovedaktiviteten knyttet til biodrivstoff er produksjonen av drivstoffet, da biodrivstoff kan brukes på samme typer infrastruktur og transportmiddel som konvensjonelle drivstoff. Norge har noen få aktører som produserer biodrivstoff, men bransjen er fragmentert. For maritim transport kan flytende biogass (LBG[17]) brukes i LNG-fartøy, men det er foreløpig ikke tilstrekkelige mengder biogass tilgjengelig i markedet. Fremtidig anvendelse av biogass i maritim transport er avhengig av etablering av flere anlegg for produksjon av LBG[18].

Norge har betydelige tilgang på skogressurser som kan brukes til produksjon av biodrivstoff. Utfordringen er at produksjonsprosessene er energi- og kapitalkrevende og teknologien er foreløpig lite utprøvd. Selv om IEA (2017) anslår et stort fremtidig forbruk av biodrivstoff i maritim transport, er det konkurranse om biodrivstoff fra både land- og lufttransport. Bærekraft og ressurstilgang er viktige temaer for biodrivstofforskning og -produksjon. Biodrivstoff bør anvendes på en måte som gir en størst mulig klimagevinst, og ressursene bør brukes der det ikke er alternative gode løsninger.

4.2.4 DIGITALISERING AV MARITIM TRANSPORT

Digitalisering gir nye muligheter ved produksjon av nye fartøy, der utnyttelse av digitale teknologier muliggjør nye og forbedrede produksjonsmetoder. Digitalisering av operasjoner og drift av fartøy kan gi energieffektiviseringsgevinster blant annet gjennom optimalisering av rutevalg og fremdrift med henblikk på lavest mulig forbruk av drivstoff. For eksempel vil man kunne benytte data fra andre fartøy for optimalisering av rutevalg.

Utviklingen mot autonome fartøy vil kunne utløse ytterligere energieffektivisering, særlig når fravær timebetalt mannskap gjør at man for enkelte transporter kan sette ned farten. Videre kan energibehovet reduseres ved å fjerne lugarer, forpleiningsfasiliteter og personlig sikkerhetsutstyr på skipet og tilhørende energibehov. Digitale løsninger kan også bidra til økt sikkerhet ved forutsigbarhet i fergedrift, predefinerte ruter og ankomstprosedyrer. Automasjonsløsninger for havnetjenester og -prosesser er også viktig fordi fullautonome løsninger på skip er avhengig av at havnetjenestene er autonome.

Norske aktører er langt fremme i utviklingen av automasjon og autonome fartøy. Norske aktører har utviklet automatiserte løsninger for prosesser om bord i fartøy, i tillegg til autonome og/eller fjernstyrte fartøy. Det er pågående testing av autonome skip flere steder i Norge, hvor både næringsaktører og forskningsinstitusjoner er involvert. Det er for eksempel etablert et testområde for autonome skip i Trondheimsfjorden, der blant annet NTNU og Sintef skal teste ut nye løsninger. Videre skal Yara sette i drift verdens første helelektriske autonome lasteskip i 2018, med teknologi levert av Kongsberg Maritime.

4.2.5 OVERFØRINGSVERDI TIL ANDRE OMRÅDER

Klimavennlige energiteknologier til maritim transport har betydelige overføringsverdier til andre bransjer. For eksempel vil mye kompetansen og teknologiene for å produsere batterier til maritim transport, være nyttige også til stasjonært bruk i energisystemet, anleggsmaskiner og andre transportmidler. Tilsvarende vil teknologier for bruk av hydrogen i maritim transport være relevant for landtransport og annen bruk i energisystemet. Videre er produksjon av biodrivstoff er i liten grad avhengig av bruksområde, og utvikling av storskala produksjon av biodrivstoff fra skogsråstoff vil kunne brukes til mange formål.

[17] *Liquefied biogas*
[18] *DNV GL (2016), Realisering av null- og lavutslippsløsninger i anbudsprosesser for ferjesamband*

Løsninger som utvikles for maritim sektor kan ha betydelig effekt for petroleumssektoren. Olje og- gassindustrien ser etter alternativer til tradisjonelle kraftsystemer offshore, og løsninger som batteriteknologi, brenselceller og hybride systemer kan få stor betydning. Slike tverr-industrielle behov styrker forretningsgrunnlaget for klimavennlige teknologier og løsninger til maritim transport.

4.2.6 NÆRINGENS AMBISJONER

Innenfor området maritim transport har næringslivet i Energi21-prosessen signalisert følgende ambisjoner:

- Oppnå betydelige kutt i klimagassutslipp fra maritim transport.
- Etablere en utslippsfri verdikjede for maritim transport i Norge.
- Utvikle nye automasjonsløsninger og hel-autonome fartøy.
- Pilot for produksjon av battericeller i Norge, storskala produksjon på lang sikt.
- Storskala produksjon av batterimoduler til maritim transport.
- Utvikle ledende hybride løsninger for maritim transport.
- Utvikle og etablere infrastruktur for hydrogen og batterielektrisk fremdrift.
- Utvikle den norske maritime transportnæringen til å bli en spydspiss innen maritime lav- og null-utslippsløsninger:
  - Være verdensledende innen hydrogenteknologi for maritim transport.
  - Være verdensledende innen batterielektrisk fremdrift for maritim transport.
  - Være i tet på utvikling av markedet for kobling til termisk infrastruktur på kaianlegg.

4.2.7 TILTAK OG SENTRALE FORSKNINGSTEMAER

Energi21 anbefaler følgende tiltak og forskningstemaer for å realisere og møte næringsaktørenes kunnskaps- og teknologibehov innen klimavennlige energiteknologier til maritim transport.

Tiltak

- Etablere pilot for battericelleproduksjon.
- Test og verifikasjon av hydrogenelektriske, batteri-elektriske og hybride ferger og skip.
- Stille krav til nullutslipp i offentlige anskaffelser.
- Støtte innfasing av infrastruktur for klimavennlige energiteknologier til maritim transport.
- Iverksette forsknings-, utviklings-, demonstrasjons- og kommersialiseringsaktiviteter innenfor de identifiserte strategiske forskningstemaene som følger under:

Strategiske forskningstemaer

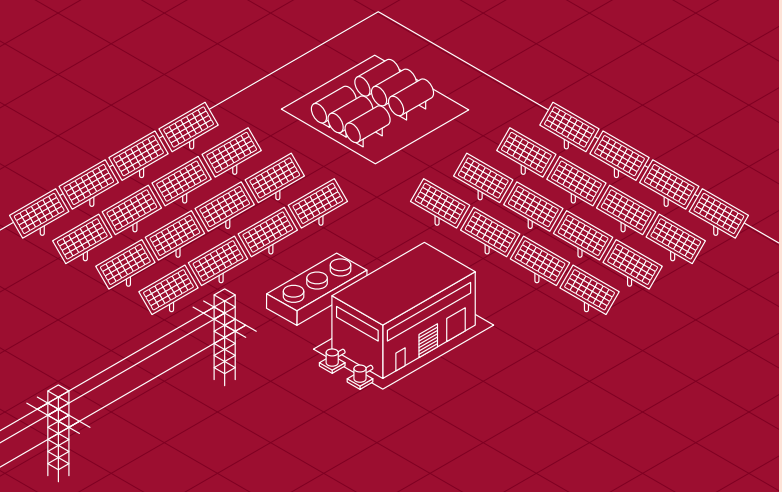
- Batterisystemer og ladeteknologi for elektriske fartøy.
- Materialer til batteriproduksjon og batterimoduler.
- Materialer og konsepter for batterier med høyere energitetthet og sikkerhet enn Li-ion batterier som for eksempel faststoffbatterier.
- Sikkerhet knyttet til bruk av nye klimavennlige drivstoff som f.eks. hydrogen i maritime fartøy.
- Elektrolysører, brenselcelleteknologi, fyllestasjoner og annen kjerneteknologi for hydrogenfartøy.
- Prosessutvikling (forbehandling, preprosessering, oppgradering) av biodrivstoff fra biomasse og nye energibærere for hydrogen. Hydrogen anvendt i bio-drivstoffproduksjon for økt konverteringseffektivitet fra råstoff til produkt.
- Automasjonsløsninger for skip, havnetjenester og prosesser.
- Nullutslippshybrider med brenselceller, hydrogen og batterier for hurtigskip og ferger.
- Utslippsfri maritim verdikjede med produksjon, infra-struktur og energitilgang for klimavennlige energi-teknologier til maritim transport.
- Tverrfaglige forskningsutfordringer i grenseflaten mellom klimavennlige energiteknologier til maritim transport og samfunnsvitenskap.

[17] *Liquefied biogas*
[18] *DNV GL (2016), Realisering av null- og lavutslippsløsninger i anbudsprosesser for ferjesamband*

Silgrain® fra Elkem Bremanger. *Foto: Elkem*

4.3

Solkraft for et internasjonalt marked



Det globale solkraftmarkedet vokser raskt og det forventes en kraftig vekst i årene som kommer. Norge har gode forutsetninger for fortsatt verdiskaping gjennom videreutvikling av en konkurransedyktig leverandørindustri innen solcellematerialer og teknologiske løsninger. Med bakgrunn i dette ønsker Energi21 å prioritere solkraft som et viktig satsingsområde og forsterke innsatsen innen forskning, utvikling og kommersialisering.

SAMMENDRAG

- Solenergi er blant de raskest voksende fornybare energiteknologiene, og har en forventet årlig vekst i installert kapasitet på 11 % frem til 2040. Veksten medfører enorme investeringer, i størrelsesorden 2,5 billioner USD innen 2040[19].
- Kostnadene for solkraft har sunket med 75 % siden 2009[20], og solkraft er allerede konkurransedyktig med ny kullkapasitet i Tyskland, Spania, Italia, USA og Australia. Innen 2021 forventes sol å være konkurransedyktig med kull også i Kina og India.
- Kostnadene forventes å falle ytterligere fremover, og BNEF anslår en kostnadsreduksjon på 66 % innen 2040.
- Elektrisitet fra solceller forventes å utgjøre betydelige andeler av produksjonsmiksen i mange land fremover, blant annet forventer BNEF (2016)[21] at 15 % av verdens elektrisitetsproduksjon kommer fra sol i 2040. For Norge forventes produksjonen fra sol å fortsette å utgjøre en beskjeden andel, selv om lavere kostnader og nye bygningsforskrifter kan medføre større mengder solkraft på sikt. BNEF (2017)[22] anslår imidlertid kun 6GW solkraft i Norden i 2040.
- Markedsutviklingen åpner muligheter for leverandører og aktører som leverer teknologi eller løsninger til verdikjeden til solkraft.
- Norsk solenerginæring står for betydelig nasjonal verdiskaping, og eksportverdien var i 2016 omtrent 3 MRD NOK[23]. Eksportverdien ligger i stor grad innenfor salg av produkter fra produksjon av Si-baserte materialer (wafer, ingot) i prosess- og materialindustri.
- Norsk solenerginæring støttes av kompetansebasen innen prosess- og materialindustri.

4.3.1
MARKEDSUTVIKLING OG FORVENTET BETYDNING

Solenergi har de senere årene blitt konkurransedyktig med ny kullkraftkapasitet i flere land, blant annet Tyskland, Spania, Italia, USA og Australia. Innen 2021 forventes sol å være konkurransedyktig med kull også i Kina og India. Med fallende kostnader og økende konkurransedyktighet forventes solkraft å utgjøre en betydelig andel av produksjonsmiksen i mange land, noe som medfører dyptgripende endringer i energisystemene.

Vekstraten for solenergi de siste årene har vært høy, og mellom 2005 og 2016 var den årlige veksten i installert kapasitet på 45 %. I 2013 var samlet installert kapasitet ca. 130 GW, mens den i 2016 hadde økt til ca. 300 GW.[25]

Gjennom de foregående årene har prognoser for kostnadsfall og utbredelse av solceller gjennomgående vært for lave sammenlignet med faktiske oppnådde verdier. Fremover viser prognosene fortsatt sterk volumvekst og store kostnadsfall for solkraft. For eksempel anslår BNEF (2017) 4500 GW installert kapasitet og kostnadsfall på 66 % innen 2040[26].

Den internasjonale veksten kan i hovedsak deles i to typer markeder; sentrale solkraftparker og distribuerte solkraftanlegg. Disse utvikler seg forskjellig i ulike deler av verden. Sentrale solkraftparker vokser i Kina, India og Midtøsten som følge av økende etterspørsel etter elektrisitet, mens distribuerte solkraftanlegg forventes å vokse frem i mange land. BNEF (2016)[27] forventer at 62 % av veksten tilfaller sentrale solkraftparker, mens distribuerte solkraftanlegg tar de resterende 38 %. Flytende solcelleanlegg er et mer umodent felt, men hvor det forventes vekst. Det er blant annet flere store prosjekter underveis.

Markedet for desentral solkraft vokser også i Norge, men det er fortsatt lite. Motivasjonen i det norske markedet er noe annerledes enn i de andre land som skal omstille kraftsystemene fra fossilt til fornybart. Likevel kan høye sluttbrukerpriser og fallende kostnader gjøre solkraft lønnsomt også i Norge. Digitalisering, endret sluttbrukeradferd og smart house og smart city kan også bidra til økt utbredelse av distribuert solkraft i Norge og behov for bygningsintegrerte solkraftløsninger.

4.3.2
DET NORSKE AKTØRBILDET, NÆRINGSLIV OG FORSKNINGSMILJØER

De norske aktørene er rettet inn mot ulike deler av verdikjeden. Over de siste årene har det kommet til flere nye aktører, særlig nedstrøms.

Oppstrøms har vi flere aktører som produserer silisium, ingots, og wafere. Aktørene oppstrøms utgjør den største delen av eksportinntektene innenfor solkraft ved eksport av Si-solcellematerialer i et internasjonalt marked. Aktørene leverer store volumer av komponenter til det internasjonale solkraftmarkedet, og volumet som selges internasjonalt overstiger det norske behovet med svært god margin. Aktørene er dermed avhengig av å lykkes i et internasjonalt marked med hard konkurranse. For å opprettholde norske aktørers markedsandel og fortrinn innenfor høykvalitetsprodukter produsert med fornybar energi arbeider denne industrien kontinuerlig med forskning og utvikling i samarbeid med de norske forskningsmiljøene. Produsentene har planer for oppskalering i Norge i forhold til dagens kapasitet.

Nedstrøms har det over de siste årene kommet til flere nye aktører, og det vokser frem nye konsepter og forretningsmodeller. I hjemmemarkedet er det flere aktører som arbeider med ulike forretningsmodeller for distribuert solkraft. Internasjonalt opererer flere norske aktører innen prosjektutvikling og utbygging av sentraliserte, storskala anlegg. Med de ferdige anleggene vokser det også frem et marked for finansiering, service og drift.

Norske forskningsmiljøer innen solkraft har i samarbeid med solindustrien opparbeidet en sterk kompetanse innen materialteknologi, og særlig innen silisium. Flere norske forskningsmiljøer vurderes som svært gode internasjonalt.

4.3.3
NORSKE UTFORDRINGER OG MULIGHETER

Solkraftmarkedets store vekst og tilhørende investeringer skaper muligheter for norsk solenergibransje. Størrelsen på det internasjonale solkraftmarkedet gjør at nisjer også representerer betydelige verdiskapingspotensial, og flere norske leverandører opererer i nisjer allerede. Fordelen med nisjer er at det er lettere å utnytte komparative fortrinn og opprettholde konkurransekraft. Det vil være mulig for flere norske aktører å utvikle seg innen nisjer, og ta posisjoner i disse.

Norsk solkraftnæring leverer konkurransedyktige produkter i det internasjonale solkraftmarkedet. Teknologibasen kan danne grunnlag for nye teknologibedrifter og nye initiativ, som det allerede er mange eksempler på. Nedstrøms har vi flere aktører som er konkurransedyktige innen prosjektutvikling og utbygging av sentraliserte, storskala anlegg, som har opparbeidet et godt rykte.

Flytende solcelleanlegg representerer ett relativt nytt område innen solkraft som kan være interessant for norske aktører, og hvor flere norske bedrifter allerede involvert og

[25] *IRENA (2017), https://www.irena.org/solar*
[26] *Bloomberg New Energy Finance (2017), New Energy Outlook 2017*
[27] *Bloomberg New Energy Finance (2016), New Energy Outlook 2016, Solar*

engasjert, spesielt blant teknologiutviklere og solparkeiere. Innen flytende solcelleanlegg har norske aktører mulighet til å utnytte komparative fortrinn fra norsk offshorebransje. Videre er flytende solcelleanlegg et relativt ungt felt med et stort forskningsbehov.

Norsk solkraftnæring støttes av en fleksibel og god forskningsbase. Gjennom de siste 15–20 årene er det bygget opp en norsk forskningskapasitet og -kompetanse som representerer en god kunnskapsplattform for videre utvikling av den norske solenergibransjen. Det er gjennom solkraftnæringen (og andre næringer) og tilhørende forskningsmiljøer utviklet en sterk kompetanse innen material og prosessindustri.

Fremstilling av høyrent silisium og de første delene av silisiumverdikjeden er avhengig av tilgang på store mengder elektrisk kraft og kjølevann. Norske aktører drar fordel av Norges tilgang på billig og utslippsfri kraft, som bidrar til konkurransedyktige priser og lavt karbonavtrykk. Det lave karbonavtrykket forventes å bli viktigere fremover, ettersom vi får skjerpede utslippskrav i all økonomisk aktivitet. Det vil trolig være lave og konkurransedyktige priser på kraft i Norge også fremover.

4.3.4 DIGITALISERING INNEN SOLKRAFT

Digitalisering har potensial for kostnadskutt innen drift og vedlikehold av solkraftparker, samt bedre værprognoser og optimalisering av produksjonen. Innen produksjon av solcellematerialer muliggjør digitalisering økt grad av automatisering og robotisering og redusert arbeidskrafts intensitet. Det er en fordel for norske aktører i og med at Norge har relativt høye lønnskostnader sammenlignet med andre land.

Digitalisering skaper også muligheter for distribuert solkraft i grenseflaten mot smarte bygninger, distribuert lagring, forbruksfleksibilitet, og smarte nett. Ved hjelp av digitale løsninger som VPP og DERMS[28] kan sanntidsdata analyseres og anvendes til å optimere kraftproduksjon- og forbruk.

4.3.5 NÆRINGENS AMBISJONER

Innenfor området solkraft har næringslivet i Energi21-prosessen signalisert følgende ambisjoner:

- Utvikle fremtidens silisiumbaserte solnæring:
  - Leverandørindustri som er ledende på kvalitet og innovasjon.
  - Utvikle nisjer der Norge kan ta en posisjon basert på våre komparative fortrinn.
  - Konkurransedyktig utbygging, drift og vedlikehold av store solkraftanlegg.
- Utvikle nye forretningsmodeller og løsninger som kombinerer solkraft, smart styring og digitalisering.
- Utvikle en sterk norsk solenergiklynge som er konkurransedyktig internasjonalt og kan ta posisjoner i fremvoksende markeder.
- Forsknings og utdanningsmiljøer som er synlige og attraktive internasjonalt.

4.3.6 TILTAK OG SENTRALE FORSKNINGSTEMAER

Energi21 anbefaler følgende tiltak og forskningstemaer for å realisere og møte næringsaktørenes kunnskaps- og teknologibehov innen solkraft.

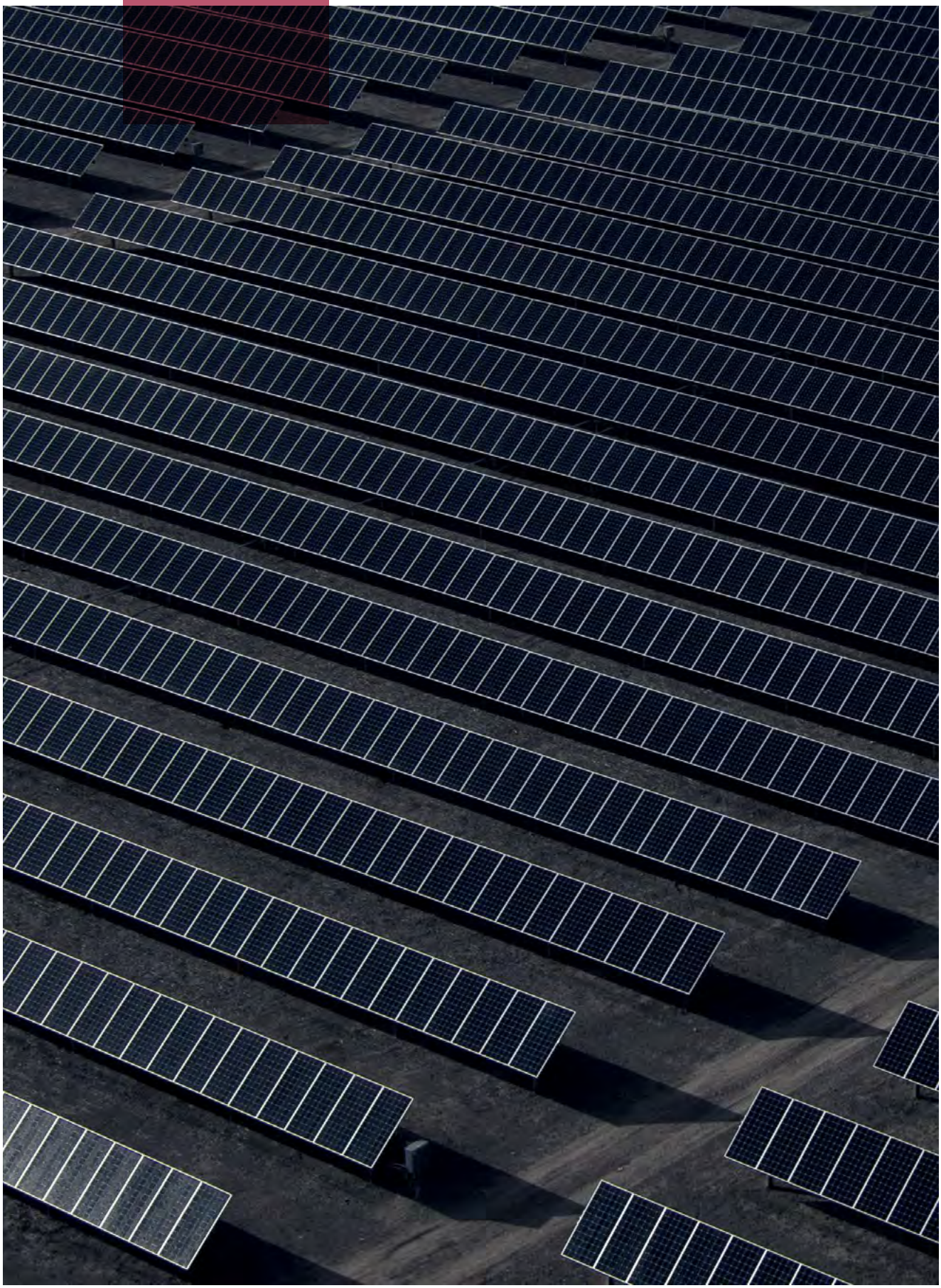
Tiltak

- Forenklet deltakelse fra internasjonale partnere i norske forskningsprosjekter.
- Tiltak for å kommersialisere forskningsresultater innen solkraft.
- Forene og samkjøre pågående forskning innen solkraft.
- Sikre nok kandidater med riktig kompetanse fra universiteter og at de velger solkraftbransjen som fremtidig karrierevei.
- Iverksette forsknings-, utviklings-, demonstrasjons- og kommersialiseringsaktiviteter innenfor de identifiserte strategiske forskningstemaene som følger under:

Strategiske forskningstemaer

- Utvikling av fremtidens prosesser for produksjon av materialer til kostnadseffektive og miljøvennlige silisiumbaserte solceller, samt utvikling av fremtidige materialer for solkraft.
- Teknologi, konsept og løsninger for bygningsintegrerte solceller.
- Teknologi, konsept og løsninger for flytende solkraft.
- Konsepter og systemer for reduserte drifts og vedlikeholdskostnader og økt energiutbytte.
- Tverrfaglige forskningsutfordringer i grenseflaten mellom solkraftteknologier og samfunnsvitenskap.

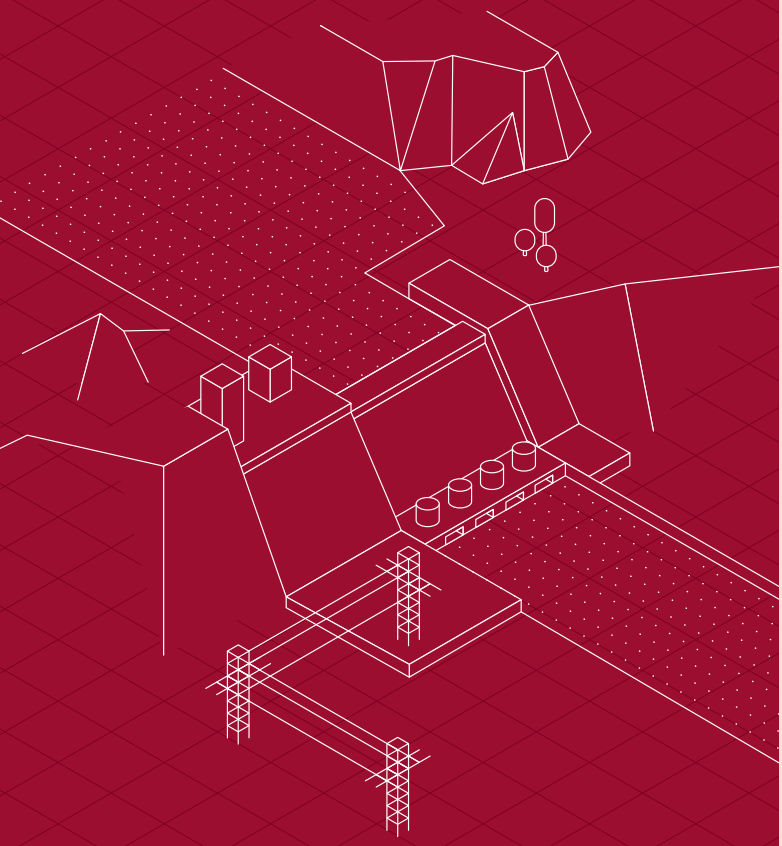
[28] *Bloomberg New Energy Finance (2017), Digitalization of Energy Systems. VPP – Virtual power plants, DERMS- Distributed energy resource management systems*



Solcellepark. *Foto: American Public Power Association on Unsplash*

4.4

Vannkraft som ryggraden i norsk energiforsyning



Vannkraften er fundamentet i Norges energisystem og elektrisitetsforsyning. Effektiv utnyttelse av vannkraftressursene har stor betydning for samfunnets verdiskaping. Energi21 ønsker fortsatt å prioritere vannkraft som et satsingsområde med bakgrunn i potensialet for fremtidig verdiskaping og betydningen for forsyningssikkerheten.

Norge og Europa er inne i en utvikling mot økt innslag av fornybar og variabel kraftproduksjon, mer fleksibelt forbruk og muligheter for å kutte klimagassutslipp ved å elektrifisere nye bruksområder. I tiden som kommer er det nødvendig å finne ut hvordan norsk vannkraft best kan bidra til denne endringen – det vil si på hvilke områder vannkraft har et konkurransefortrinn sammenlignet med andre teknologier som kan levere de samme fleksibilitetstjenestene.

SAMMENDRAG

Internasjonalt vannkraftmarked i vekst

- Vannkraft står for omtrent 70 % av verdens fornybare elproduksjon i 2016, med en produksjon på omtrent 4000 TWh21.
- Det foreligger store utbyggingsplaner for vannkraftanlegg internasjonalt, og i IEAs B2DG-scenario produserer vannkraft over 5700 TWh i 2030.
- Veksten i vannkraftproduksjon globalt representerer et stort marked med relevans for norsk verdensledende vannkraftkompetanse, og Norge kan ta posisjoner ved å aktivt fremme norsk kompetanse og teknologi.
- Veksten kommer imidlertid hovedsakelig utenfor OECD, i områder med krevende markedsforhold.
- Det er store muligheter for verdiskapning fra vannkraften sett i konteksten av nye mellomlandsforbindelser og behovet for utfasing av fossil kraftproduksjon i Europa.

Vannkraft – stor betydning for samfunnet

- Norsk vannkraft har en viktig rolle i det norske samfunnet og tilfører stor verdiskaping til fellesskapet.
- Norsk vannkraft står imidlertid overfor forventninger om vedvarende lave kraftpriser i årene som kommer og er nødt til å etterstrebe både kostnadsreduksjoner og økt inntekt på sin produksjon.
- Utnyttelse av vannkraften for levering av fleksibilitetstjenester til nordiske og europeiske markeder representerer et verdiskapingspotensial, men det er usikkerhet knyttet til utforming og tilgang til fremtidige markeder for fleksibilitet og verdien av fleksibilitet i fremtidens kraftsystem.
- Norske vannkraftanlegg har høy gjennomsnittsalder og står overfor store rehabiliteringer i de kommende tiårene. Rehabiliteringen av norske vannkraftanlegg representerer et mulighetsrom og potensial for integrasjon av ny teknologi- og løsninger, samt muligheter for bedre utnyttelse av energiressursen.
- Digitalisering og digitale løsninger representerer viktige nye teknologiske løsninger, med potensial for optimalisering og kostnadsreduksjoner.
- Norsk vannkraft kan gi et viktig bidrag til å møte klimautfordringen ved å gjøre det lettere å legge om det nordiske og europeiske kraftsystemet fra fossilt til fornybart.
- Vannkraft spiller en viktig rolle i forhold til flomdemping, noe som blir viktigere som følge av klimaendringer og mer ekstremvær.

4.4.1
MARKEDSUTVIKLING OG FORVENTET BETYDNING

Det forventes økt global vannkraftproduksjon de kommende årene. I IEAs B2DS-scenario øker vannkraftproduksjonen fra omtrent 4000 TWh i 2016, til over 5700 TWh i 2030[29]. Den største veksten kommer trolig i Asia, Latin-Amerika og Afrika. Asia har det største uutnyttede vannkraftpotensialet, på anslagsvis 7195 TWh/år[30].

I Europa fokuseres det på rehabilitering og ombygging av vannkraftanleggene, blant annet for å tilpasse anleggene til dynamisk samspill med fornybare, variable energikilder som vind og sol. Den store økningen i fornybare, variable energikilder øker behovet for fleksibel kraftproduksjon og energilagring, som kan dekkes av regulerbare vannkraftanlegg. I Norge er fokus fremover rettet mot tilrettelegging for effektkjøring, videre utbygging av småkraft, rehabilitering av eksisterende anlegg (O/U[31]) og mer miljøtilpasset vannkraftproduksjon.

4.4.2
DET NORSKE AKTØRBILDET, NÆRINGSLIV OG FORSKNINGSMILJØER

Den norske vannkraftnæringen består i dag av over 80 kraftselskaper med stor vannkraft i porteføljen, en del teknologileverandører og kompetente rådgivnings og konsulentselskaper.

Norsk vannkraftnæring har muligheter til å være med i den store internasjonale utbyggingen av vannkraft. Med over hundre års erfaring innenfor bygging og drift av vannkraft, besitter Norge en solid kunnskaps og erfaringsbase og har sterke komparative fortrinn. Det er imidlertid lav norsk deltakelse i internasjonal utbygging av vannkraft foreløpig, og relativt få norske leverandører i det internasjonale markedet.

Flere norske forskningsmiljøer innen vannkraft er svært anerkjent internasjonalt. Gjennom tidligere FME har norske vannkraftmiljøer utført mye nybrottsarbeid innen miljøaspekter og -påvirkning. Norske forskningsmiljøer har også sterk kompetanse innen høytrykks Francis turbiner, samt innen isolasjon i transformatorer. Denne kunnskapen er i ferd med å overføres til generatorer. Norske forskningsmiljøer er også anerkjente innen modellering av vannkraftsystemet, inkludert hydrologi, produksjonsoptimalisering og energisystem.

Pågående forskningsaktivitet gjennom et FME er rettet mot fire hovedområder; vannkraftkonstruksjoner, turbiner og generatorer, marked og tjenester og miljødesign.

4.4.3
NORSKE UTFORDRINGER OG MULIGHETER

Stor vannkraft - > 10 MW

Store, norske vannkraftanlegg (>10MW) har høy gjennomsnittsalder, og står overfor store rehabiliteringsprosjekter i de kommende tiårene for å opprettholde produksjonen.

Anleggene må tilpasses endrede reguleringsregimer som følge av klimaendringer. Dette åpner for muligheten til å tenke flomvern i forbindelse med reinvesteringer. Nye teknologier og løsninger kan implementeres i forbindelse med annet reinvesteringsarbeid. Reinvesteringer kan også gi bedre energiressursutnyttelse, ved bedre virkningsgrader og økt produksjonskapasitet. Nye rehabilitering av vannkraftanlegg innebærer store investeringer. Vannkraftnæringen forventer lave kraftpriser fremover og skjerpet konkurranse fra både sentral og desentral fornybar kraftproduksjon, batteriteknologier og forbruksfleksibilitet. I tillegg gir både skattesystem og mulig utfall av kommende vilkårsrevisjoner vannkraften konkurranseulemper i forhold til andre fornybarteknologier. Vannkraftnæringen er hardere skattlagt enn annen landbasert næring og skattesystemet er i stor grad basert på skattlegging av inntektene fra salg av energi. Samtidig står aldrende vannkraftanlegg foran betydelige oppgraderinger og etterspørselen etter anlegg som kan produsere mer effekt er økende. Norsk vannkraft er dermed nødt til å redusere kostnadene og øke inntektene fra produksjonen for å styrke vannkraftens konkurranseevne (for eksempel gjennom salg av fleksibilitetstjenester, beskrives i påfølgende avsnitt).

Digitale løsninger er viktige verktøy for økt kostnadseffektivitet, og kan gjennom optimalisering av drift og vedlikehold av vannkraftanlegg utløse effektiviseringsgevinster. Implementering av nye digitale løsninger kan være utfordrende i gamle anlegg, og reinvesteringsprosjekter representerer et mulighetsrom for å implementere nye teknologier.

Internasjonal utbygging av vannkraft representerer en mulighet for norsk vannkraftbransje. Med verdensledende kompetanse og lang industriell erfaring har norske aktører muligheter til å ta posisjoner internasjonalt. Det er imidlertid få norske aktører som er involvert i internasjonale vannkraftprosjekter foreløpig. En utfordring for norske aktører er at den internasjonale veksten hovedsakelig kommer utenfor OECD i områder med krevende markedsforhold. Det er derfor behov for risikoavlastende virkemidler. Norske vannkraftprodusenters eierskap kan også være en begrensende faktor for internasjonale aktiviteter.

[29] *IEA (2017), Energy Technology Perspectives 2017*
[30] *WORLD ENERGY COUNCIL (2016), World Energy Resources Hydropower 2016*
[31] *O/U: opprustning og utvidelse*

Norge har i dag en sterk posisjon innenfor vannkraft, med internasjonalt anerkjent kompetanse og teknologier. Det er imidlertid viktig at Norge bevarer og videreutvikler sin kompetanse, slik at posisjonen opprettholdes. Arbeidstakerne i norsk vannkraftbransje har høy gjennomsnittsalder, og fremtidig verdiskaping fra bransjen avhenger av at den solide kompetansen overføres til yngre arbeidstakere. Det er derfor nødvendig å forsterke og videreutvikle våre utdanningsmiljøer slik at vi sikrer tilstrekkelig rekruttering til alle deler av verdikjeden til vannkraft. Fremtidens vannkraftsystem har også behov for å utvikle ny kompetanse og teknologier, blant annet innen produksjonsplanlegging og effektiv drift, samt utforming av vannkraftanlegg med hensyn til miljø og klima. Det blir også viktig å etablere solid kompetanse innen IKT/digitalisering.

Fleksibilitetstjenester

Det europeiske kraftsystemet har påbegynt en storstilt omstilling fra fossile til fornybare energikilder. Andelen av fornybare, variable energikilder som sol og vindkraft øker raskt, og det øker også behovet for effektreserver og fleksibel produksjonskapasitet. Norge har halvparten av magasinkapasiteten i Europa, og kan spille en viktig rolle som tilbyder av fleksibilitet i det europeiske markedet.

For å realisere potensialet for norske fleksibilitetstjenester må vannveier, turbiner og effektinstallasjon i generatorer utvides og økes. Det vil være aktuelt å øke turbinytelsen i norske vannkraftverk og å sette inn pumper der det ligger til rette for det. Tettere kobling mellom det norske og det europeiske kraftsystemet er også aktuelt, ved å forsterke det norske hovednettet, bygge ut flere likestrømskabler og eventuelt et masket Nordsjønett. Det må også utvikles markedsmekanismer som gir betaling for leveranser i fremtidens markedssituasjon. Fleksibilitetstjenester kan være en mulighet for økt inntjening for norske vannkraftprodusenter og vil kunne ha et positivt klimabidrag ved å erstatte bruk av fossil kraftproduksjon i andre europeiske land. Økt innsikt i perspektivene knyttet til levering av fornybar energi eller fleksibilitetstjenester som for eksempel balansekraft vil være viktig i tiden som kommer.

Økt utnyttelse av norsk vannkraft som fleksibilitetsressurs kan realiseres på tre ulike ambisjonsnivåer:

- *Nivå 1:* Bevisst utnyttelse av de norske vannkraftinstallasjonene slik de er i dag med ordinær revisjon og med de overføringslinjene som finnes i dag for å produsere når vind- og solkraften er fraværende på kontinentet.
- *Nivå 2:* Økt utnyttelse ved installasjon av større turbinkapasitet i eksisterende anlegg for å øke mulighetene for høyere effektleveranse samt forsterkning av kabelforbindelser til utlandet.
- *Nivå 3:* Ytterligere økt utnyttelse av magasinkapasitet ved installasjon av økt turbinkapasitet og pumper i eksisterende magasiner for å pumpe vann i overskuddsperioder og rask nedtapping i underskuddsperioder, betydelig forsterkning av kraftnettet og flere nye utenlandsforbindelser.

Første nivå lar seg realisere innenfor dagens regimer for systemutvikling. De to siste krever strukturelle grep nasjonalt og på europeisk nivå. Forutsetningen for samtlige nivåer

Maskinhallen - Iveland. *Foto: Agder Energi*

er et velfungerende kraftsystem med et godt utviklet transmisjonsnett og et marked for effekt på europeisk nivå som norsk vannkraft har adgang til. Dette er behandlet i avsnitt 4.1.1 i Digitaliserte og integrerte energisystemer. I tillegg vil det være viktig å utnytte muligheten for å samspille med de termiske energisystemene.

En realisering av potensialet for fleksibilitetstjenester medfører store investeringer i norske vannkraftanlegg, kraftnettet og til overføringskabler. Samtidig er det usikkerhet knyttet til verdien av fleksibilitet. Usikkerhet knyttet til fremtidig inntjening fra fleksibilitetstjenester vanskeliggjør investeringsbeslutninger. I tillegg er norsk vannkraft utfordret av timingen for leveransen av sine fleksibilitetstjenester. Det er tidkrevende å bygge ut kraftkabler og annen infrastruktur for fleksibilitetstjenester, mens utviklingen innen variabel, fornybar kraft i Europa og behovet for fleksibilitet går raskt. Det øker sjansen for at andre konkurrerende teknologier dekker etterspurt fleksibilitet, trolig vil vi se en kombinasjon av teknologier.

Småkraft

Interessen for utbygging av småkraft har vært stor de siste årene, og det er omtrent 3TWh ubenyttede småkraftkonsesjoner. Sentrale utfordringer er knyttet til lønnsomhet av anleggene, miljøvirkninger, tilknytningsmuligheter til nettet og kompetanse hos små utbyggere.

Hovedsakelig designes småkraftanleggene med nedskalerte løsninger og dimensjoner fra store anlegg. Utvikling og utbygging av småkraft er marginale investeringer og krever kostnadseffektive løsninger i utbyggingsfasen og god, langsiktig inntjening over prosjektenes levetid. Lave kraftpriser og sluttføring av el-sertifikatmarkedet representerer utfordringer for videre utvikling av norsk småkraft. Bransjen har imidlertid stort fokus på innovasjon og byggekostnader, noe som har gitt resultater. En annen mulighet for økt inntjening for norsk småkraft kan være produksjon av hydrogen.

4.4.4 DIGITALISERING INNEN VANNKRAFT

Vannkraft utfordres i økende grad av nye fornybare energikilder der man opplever en rask reduksjon i Levelized Cost of Energy (LCOE). Dette setter vannkraften i en ny konkurranseposisjon. Det bør settes et hovedfokus på hvordan vannkraft kan møte denne utfordringen.

Digitale løsninger bidrar til økte inntekter og reduserte kostnader og økt konkurranseevne for vannkraft. Eksempelvis kan vannveier og dammer inspiseres og overvåkes ved hjelp av droner og digitale bildeanalyseverktøy. Gjennomføring av vedlikeholdsoppgaver kan effektiviseres ved å benytte Virtual Reality teknologi til å få arbeidsinstruksjoner og dokumentere arbeidet. Videre kan avansert prosessering av signaler og data fra driften benyttes til å forstå komponentenes tilstand, identifisere feil under utvikling og således optimalisere vedlikehold, rehabiliteringer og kjøringen av anleggene.

Norske vannkraftanlegg er veldig ulike og har høy gjennomsnittsalder, hvilket kan gjøre det utfordrende å implementere og utnytte nye digitale løsninger. Samtidig kan forestående reinvesteringsprosjekter representere et mulighetsrom for implementering av nye teknologier, eksempelvis maskinlæring og kunstig intelligens.

4.4.5 NÆRINGENS AMBISJONER

Innenfor området vannkraft har næringslivet i Energi21-prosessen signalisert følgende ambisjoner:

- Norsk vannkraft får en tydelig rolle i omleggingen til fornybarsamfunnet.
- Øke verdien av norsk vannkraft gjennom bedre utnyttelse av vannmagasinenes fleksibilitet i samspill med det nasjonale og europeiske energisystemet.
- Økt markedstilgang til det europeiske kraftmarkedet, inkludert fleksibilitetsmarkedene.
- Miljøvennlig og kostnadseffektiv bygging og videreutvikling av vannkraft, nasjonalt og internasjonalt.
- Optimal, kostnadseffektiv drift, vedlikehold og fornyelse av vannkraftsystemet, inkludert utnyttelse av nye digitale løsninger.
- Norge har verdensledende kompetanse innen vannkraft og skal være ledende på å implementere FoU-resultater.
- Styrke norsk vannkraftkompetanse og næringsliv for å sikre nasjonale mål og å være en attraktiv partner for å eie, bygge og drifte anlegg internasjonalt.
- Norge har en internasjonalt ledende leverandørindustri.
- Aktiv markedsføring av norsk vannkraft som en kostnadseffektiv og sikker fleksibilitetskilde for europeiske markeder.

4.4.6 NORSKE UTFORDRINGER, FORTRINN OG MULIGHETER

Energi21 anbefaler følgende tiltak og forskningstemaer for å realisere og møte næringsaktørenes kunnskaps- og teknologibehov innen vannkraft

Teknologiske løsninger for kostnadseffektivisering langs hele verdikjeden, inkl. digitalisering

Nedbør, tilsig og miljø

- Bedre data og modeller for klimaendringenes innvirkning på tilsiget, samt nedbørfelt, umålte felt.
- Samfunnsmessige perspektiver knyttet til endret trusselbilde for vannkraftanlegg.

Fjellanlegg inkludert boreteknologi og turbinteknologi.

- Videreutvikle norsk spesialkompetanse (løsninger, metodikk, kunnskap) på prosjektering og bygging av fjellanlegg, inkludert tunnel, kraftstasjon, turbin og utløp.

Erosjon – og sediment transport
(også internasjonale problemstillinger)

- Teknologiske løsninger for håndtering av sedimenter i magasin, tunell og turbin.
- Miljøvurderinger av ulike løsninger for sediment-håndtering i magasin og vassdrag.

Digitalisering som verktøy for å øke verdien og konkurransekraften til norsk vannkraft

- Tilstandsbasert og prediktivt vedlikehold, mer effektiv kjøring og bedre utnyttelse av vannressursene.
- Bedre beregning av restlevetid for turbin og generator.
- Bedre modeller for (re)investeringer og vedlikeholds-beregninger (risiko og levetid).
- Robotisering og automatisering av overvåkning og vedlikehold for å minimere risiko (HMS), redusere kostnader og øke kvaliteten.

IKT – sikkerhet

- Ved økende grad av digitalisering.
- I energi og effektleveranser i et integrert og fornybart energisystem.
- Standardisering langs hele verdikjeden for prosjektering og utbygging/oppgradering av vannkraft (utviklings-prosjekt) for å redusere kostnader (kontrakter, planlegging, utbygging, drift/vedlikehold).

Fleksibilitet og regulering

Markedsdesign og verdien av fleksibilitet

- Utforming av effektive markeder og verdsettelse av fleksibilitet.
- Forretningsmodeller for leveranser av kraft og fleksibilitet via mellomlandsforbindelser.
- Vannkraftens konkurransekraft i forhold til konkur-rerende lagringsteknologier og styring av forbruk.
- Teknologiske løsninger for økt fleksibilitet i produk-sjonen, inkludert interaksjon med vannvei og nett.
- Optimal og lønnsom oppgradering av eksisterende vannkraftverk i konkurranse med andre teknologier Optimal og lønnsom oppgradering av eksisterende kraftverk.

Konsekvenser av kort- og langtids balansekraft, eks.

- Turbin- og elektromekaniske belastninger.
- Miljøpåvirkning som følge av ulike effektkjøringer (endrede driftsmønster).
- Regulatoriske rammebetingelser med tanke på miljø og samfunn i tråd med nasjonale klima- og miljømål.
- Tilpassing av regelverket til framtidige markeds-muligheter og økt bruk av effektkjøring.
- Hurtige endringer i flyten på kabler, med mange likestrømsforbindelser ut av Norge.

Systemperspektiv – vannkraftens betydning og rolle

- Bedret forståelse for drivere, utvikling og konsekvenser i Norge og i EU og vannkraftens betydning i fremtidens energisystem nasjonalt og internasjonalt.
- Øke storskala vannkraft sin miljømessige posisjon i Europa.
- Verdien av (samfunns)tjenester ut over energi (flerbruk, flomdemping, klima etc.).
- Verdien av tilgang til stabil kraftforsyning og effekt-tilgang (transport, industri, datalagring).
- Verdien av systemtjenester: frekvensregulering, stabilitet.
- Rammebetingelser både i Norge og EU – og samfunns-betingelser for best mulig verdiskapende utnyttelse vannkraftressursene.
- Samspillet mellom regulerbar vannkraft og variable energikilder og forbruk i det norske, nordiske og euro-peiske kraftsystemet Klimaendringer og konsekvenser for vannkraft, inkludert vannkraftens klimabidrag.

Behov for kompetanse, innovasjon og verdiskaping

- Iverksette tiltak spesielt rettet mot utdanning på bachelor-, master- og doktorgradsnivå, samt sikre forskerrekruttering. Styrke samarbeidet mellom akademia og næringslivet.
- Etablere samarbeidskonstellasjoner mellom norske og utenlandske forskningsinstitutter og universiteter for å stimulere utvikling.
- Storskala laboratorier: Etablere storskala laboratorium for å sikre innovasjonsrettet utvikling sammen med industri og næringsliv.
- Sikre virkemiddelapparat for større test- og demonstra-sjonsprosjekter: ambisjonen er å få flere FoU resultater testet og implementert (fra teori til anvendt).
- Støtte til pilotering og kommersialisering av forsknings-resultater, virkemidler rettet mot aktiviteter lengre ut i innovasjonskjeden.
- Videreutvikle sentersatsinger.
- Risikoavlastende virkemidler for aktører som vil etablere seg internasjonalt. Det er viktig å involvere samtlige aktører i virkemiddelapparatet (Forskningsrådet, Innovasjon Norge og Enova).
- Markedsføring av norsk vannkraftkompetanse internasjonalt.
- Det er behov for økt kunnskap om vannkraftens muligheter for å bidra til utfasing av fossil energi-produksjon i Nord-Europa, og ikke minst om vann-kraftens egne klimagassutslipp og da spesielt i et livssyklusperspektiv.
- Tverrfaglige forskningsutfordringer i grenseflaten mellom vannkraft og samfunnsvitenskap.

Øvre Forsland kraftverk. *Foto: Helgelandskraft*

4.5

Havvind for et internasjonalt marked

Havvindområdet gir muligheter for verdiskaping gjennom utvikling av leverandørindustri på kort sikt og på lang sikt verdiskaping gjennom utnyttelse av nasjonale vindressurser.

SAMMENDRAG

- Markedet for havvind vokser, og har oppnådd doblet kapasitet mellom 2013 og 2016. Ved utgangen av 2016 var den globale installerte kapasiteten for havvind 14,4 GW. BNEF (2016) forventer 120GW ny offshore-vindkapasitet globalt innen 2040.
- Havvind (bunnfast) har oppnådd store kostnadsreduksjoner over de siste årene, en trend som forventes å fortsette i årene fremover. BNEF (2017) anslår kostnadsreduksjoner på 71 % for havvind innen 2040, drevet frem av erfaring, konkurranse og skalafordeler.
- Foreløpig får størstedelen av havvindanlegg en form for subsidier, men i Tyskland er allerede en auksjon for bygging av havvind vunnet uten subsidier.
- Norske leverandører innen havvind eksporterte for 5 milliarder kroner i 2016, og representerer dermed den største fornybare eksportnæringen.
- Utviklingen er i dag rettet mot et internasjonalt marked der norske leverandører av teknologi og løsninger har og kan ta posisjoner. Norge har kompetanse fra olje og gass og maritim sektor som kan overføres til havvind, men det er viktig at denne kompetansen videreutvikles for å opprettholde dette komparative fortrinnet.
- Norge har gode forutsetninger for å ta en posisjon i det flytende havvindmarkedet, hvor norske aktører er tidlig ute.
- Norge har også lang erfaring og kompetanse innen metocean, geofysikk og ressurskartlegging, som er viktig for drift av havvindanlegg.
- Det norske teoretiske energipotensialet er stort, og ved utnyttelse må det forsyne kraft inn i et internasjonalt marked med adekvat infrastruktur. På sikt vil det kunne bli et viktig bidrag til å møte Europas framtidige fornybaretterspørsel.

4.5.1
MARKEDSUTVIKLING OG FORVENTET BETYDNING

Ved utgangen av 2016 var det installert omtrent 14 384 MW vindkraft til havs globalt, en vekst på om lag 65 % siden 2014. Havvind utgjør nå om lag 3 % av installert vindkraft-kapasitet i verden. I 2011 var tallet 1,7 %[32]. Markedet for havvind vokser, og BNEF (2016) forventer 120 GW ny havvindkapasitet globalt innen 204[33].

Gjennomsnittlig turbinstørrelse for havvind var om lag 4,8 MW og gjennomsnittlig størrelse på en havvindpark var 380 MW i 2016[34]. Dette er henholdsvis 15 % og 12 % mer enn året før. Utviklingen mot stadig større turbiner og parker forventes å fortsette i de kommende årene.

Europa har tatt en lederposisjon i utbygging av havvind, og hadde i 2016 rett under 13 GW[35] installert kapasitet, nærmere 90 % av den globale kapasiteten. Det forventes en fortsatt sterk vekst i havvind i Europa, og Wind Europe anslår en kapasitet på 70GW i 2030.[36]

Markedet for havvind er foreløpig utenfor Norge, og Europa utgjør et viktig og ledende marked. Selv om Norge har gode vindressurser og et stort teoretisk potensial for havvindproduksjon, er det foreløpig ikke lønnsomt å bygge ut havvind i Norge. På sikt vil kostnadsreduksjoner og gode vindressurser bidra til bedret lønnsomhet og mulighet for fremskyndet tidspunkt for utnyttelse.

Alternativt til å produsere kraft til overføring på elektrisitetsnettet kan vi utnytte havvind i forbindelse med andre offshore installasjoner. For eksempel vil havvind tilknyttet olje- og gassplattformer eller oppdrettsanlegg kunne utgjøre nisjeområder for vindkraftanlegg på norsk sokkel.

4.5.2
DET NORSKE AKTØRBILDET, NÆRINGSLIV OG FORSKNINGSMILJØER

Det har over de siste årene kommet til flere norske aktører innen havvind. En stor del av disse selskapene omstiller seg og utnytter kompetanse fra aktiviteter innen olje og gass, og mange lykkes i å posisjonere seg i markedet for havvind. Det er også tydelige overføringsverdier fra maritim næring. De siste årene har havvind vært Norges største fornybare eksportnæring, og i 2016 utgjorde eksporten 5 milliarder kroner[37].

Det finnes allerede en del eksempler på norske leverandørbedrifter og energiselskaper som lykkes med å levere til det internasjonale havvindmarkedet, spesielt i Tyskland, Storbritannia og Danmark. Norske bedrifter har ambisjoner om en betydelig økt eksport av teknologi og tjenester inn mot det voksende havvindmarkedet, med en uttrykt ambisjon om 10 % markedsandel for norske leverandører innen 2030, opp fra 5% i dag[38].

Norske forskningsmiljøer har solid kompetanse innen flere fagfelt som er relevante for havvindområdet. Det er bygget sterk kompetanse, blant annet gjennom et FME, innen modellering av konstruksjoner til havs, samt integrasjon av vindenergi i energisystemet. Flere norske forsknings-miljøer har vært aktivt involvert i EU-prosjekter. Norge har også sterke miljøer innen marine operasjoner og fartøydrift.

Norge har også forskningsmiljøer og kompetanse innen numerisk strømningsanalyser og metocean. blant annet bygget gjennom arbeidet til et FME. Verdensledende kompetanse innen disse områdene besittes imidlertid av utenlandske forskningsmiljøer.

4.5.3
NORSKE UTFORDRINGER OG MULIGHETER

Norske aktører har en kompetansebase fra olje- og gassvirksomhet og maritim næring med stor overføringsverdi for havvind. Det er en bred oppfatning at denne representerer industrielle forretningsmuligheter innen havvind. NORWEP (2017)[39] identifiserer syv områder i verdikjeden til havvind som er særlig lovende for norske leverandørbedrifter, inkludert prosjektledelse, undervannskabler, offshore-strukturer for transformatorstasjon, turbinfundament, installasjonsutstyr og støttetjenester, vedlikehold og inspeksjon og fartøy og utstyr. Norge har også sterk kompetanse innen metocean, geofysikk og ressurskartlegging, som er viktig for alle faser i havvindindustrien, fra planlegging, design, drift og vedlikehold.

Nye forbedrede metoder og teknologi for installasjon og fundamentering av turbiner til havs, både for bunnfast og flytende, sammen med effektive drifts og vedlikeholdssystemer kan bidra vesentlig til å redusere kostnadene for havvind. Dette representerer muligheter for norske bedrifter for utvikling av ny teknologi og tjenester til et voksende internasjonalt marked.

Norge har gode forutsetninger for å ta en posisjon i det flytende havvindmarkedet. Norske aktører er tidlig ute innen flytende havvind. Verdens første flytende havvindpark ble idriftssatt i 2017, med norsk utbygger, norsk teknologi og en

[32] *Global Wind Energy Council (2016), Global Wind Statistics 2016*
[33] *Bloomberg New Energy Finance (2016), New Energy Outlook 2016*
[34] *Wind Europe (2016), The European offshore wind industry - key trends and statistics 2016, *i Europa*
[35] *Wind Europe (2016), The European offshore wind industry - key trends and statistics 2016*
[36] *Wind Europe (2017), Wind energy in Europe: Scenarios for 2030, Central Scenario*
[37] *Eksportkreditt.no, https://www.eksportkreditt.no/no/case/fornybareksporten-oker-men-veksttakten-ma-opp/*
[38] *NORWEA, Norsk Industri og Norges Rederiforbund (2017), Havvind, et nytt norsk industrieventyr*
[39] *Norwegian Energy Partners (2017), Norwegian Supply chain opportunities in offshore wind*

stor andel norske underleverandører. Fremover forventes flytende vind å bli stadig viktigere, som følge av begrenset tilgang på arealer nærmere land og arealkonflikter med fiskeri og skipsfart. I tillegg er ressurspotensialet på dypere vann stort, og anslag viser at 80 % av Europas havvind-ressurser befinner seg på havområder med er enn 60 meters dybde[40].

Markedet er i hovedsak utenfor landets grenser. Dette preger næringsstrukturen og den utgjøres dermed hovedsakelig av aktører som har fokus internasjonalt. De norske aktørene er dermed avhengig av å lykkes i et internasjonalt marked med sterk konkurranse og ulik grad av proteksjonisme. Det er derfor viktig å tilpasse norske virkemidler så de kan bistå de norske aktørene gitt denne virkeligheten. Dette gjelder ikke minst virkemidler og støtte langt ut i innovasjonskjeden.

4.5.4 TEKNOLOGIUTFORDRINGER OG BEHOV FOR KOSTNADSREDUKSJONER

Kostnadene for havvindanlegg er høye sammenlignet med energiproduksjon fra konvensjonelle energikilder, men har de senere årene blitt redusert tilstrekkelig til at enkelte bunnfaste havvindprosjekter er lønnsomme uten subsidier. Bransjen arbeider for at havvind skal kunne konkurrere med andre produksjonsteknologier. Det forventes at havvind oppnår store kostnadsreduksjoner de kommende årene, og BNEF (2017) forventer kostnadsreduksjoner på over 70 % havvind innen 2040, drevet frem av erfaring, konkurranse og skalafordeler[41].

FoU-aktiviteter og teknologiutvikling har som mål å bidra til kostnadsreduksjoner gjennom hele levetiden til et vindkraftanlegg. Utvikling av større vindturbiner med bedre kapasitet, lavere vekt og høyere pålitelighet er en av de viktigste faktorene for å få kostnadene ned. I tillegg kan nye forbedrede metoder og teknologi for installasjon og fundamentering av turbiner til havs, både for bunnfast og flytende, sammen med effektive drifts og vedlikeholdssystemer bidra vesentlig til å redusere kostnadene.

4.5.5 DIGITALISERING INNEN HAVVIND

Digitalisering innen havvindområdet gir muligheter for kostnadskutt innen drift og vedlikehold og bedre værprognoser. For havvind utgjør digitalisering et viktig potensial for kostnadskutt innen drift og vedlikehold av parker. Videre kan digitalisering gi bedre værprognoser og bidra til å optimere produksjon og unngå produksjonsfrakobling. Anslag viser at digitalisering av fornybar, variabel kraftproduksjon kan redusere drift og vedlikeholdskostnader med 10 %, øke produksjonen med 8% og redusere produksjonsfrakobling med 25 %[42].

4.5.6 NÆRINGENS AMBISJONER

Næringslivet innen havvind har i Energi21-prosessen signalisert følgende ambisjoner:

- Utvikle norsk leverandørindustri rettet mot havvindmarkedet, og doble markedsandelen til norske leverandørbedrifter, fra 5% til 10% innen 2030.
- Etablere kraftproduksjon fra havvind i Norge på lang sikt.
- Bygge på norsk næringslivs teknologi- og industrikompetanse og utvikle løsninger for:
  - Økt energiproduksjon fra vindkraftanleggene.
  - Reduksjon av kostnader langs hele verdikjeden (fra design til nedmontering).
- Utvikle en sterk kompetansebase og næringsliv innen løsninger for flytende havvind tidlig i markedsutviklingen.
- Videreutvikle norsk kompetanse og tjenester innen metocean modellering og ressurskartlegging.

4.5.7 TILTAK OG SENTRALE FORSKNINGSTEMAER

Energi21 anbefaler følgende tiltak og forskningstemaer for å realisere og møte næringsaktørenes kunnskaps- og teknologibehov innen havvind.

Tiltak:

- Testprosjekter med samarbeid mellom norske og utenlandske aktører.
- Støtte aktører som ønsker å ta relevant norsk havvindkompetanse ut i et internasjonalt marked.
- Virkemidler for kommersialisering og implementering av forskningsresultater.
- Norske myndigheter er aktive og offensive i EUs demonstrasjonsprogrammer for å få ned kostnadene på havvind. Strategisk samarbeid med andre land rundt utvikling og uttesting av teknologi bør vurderes.
- Iverksette forsknings-, utviklings-, demonstrasjons- og kommersialiseringsaktiviteter innenfor de identifiserte strategiske forskningstemaene som følger under:

Strategiske forskningstemaer:

- Optimale fundamentdesign for både flytende og bunnfaste løsninger.
- Kostnads og tidseffektiv sammenstilling og installasjon av havvindparker.

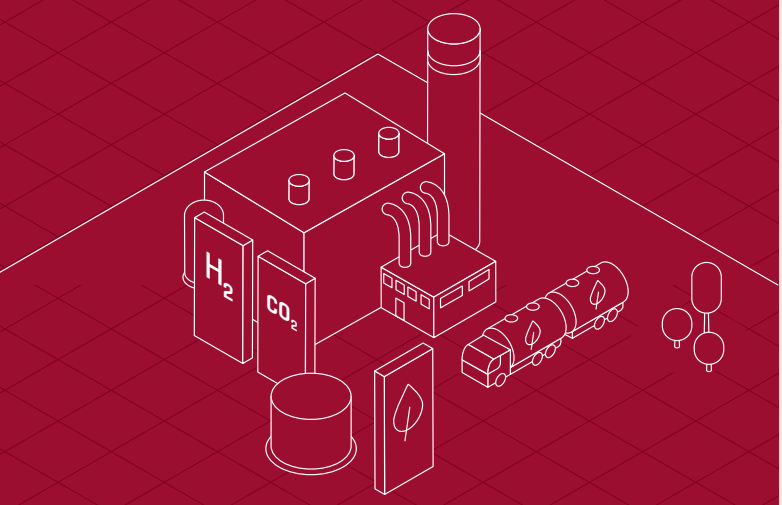
[40] *Wind Europe (2017), Floating Offshore Wind Vision Statement*
[41] *Bloomberg New Energy Finance (2017), New Energy Outlook 2017*
[42] *Bloomberg New Energy Finance (2017) Digitalization of Energy Systems*

- Digitalisering for bedre styring og beslutningsstøtte, optimalisering av design mht. levetidskostnader og inntekter, potensiale for kostnadsreduksjoner.
- Effektive konsepter for marin logistikk (tungt vedlikehold) og robuste tilkomstløsninger.
- Konsepter og systemer for reduserte drifts og vedlikeholdskostnader og økt energiutbytte.
- Ressurskartlegging og metocean modellering – nøyaktig modeller av både meteorologiske og oseanografiske forhold på makro og mikro nivå.
- Fluid-struktur interaksjon.
- Konsepter og systemer for pålitelig elektrisk. infrastruktur (offshore subsea løsninger).
- Økt kunnskap om havvinds påvirkning på miljø og samfunn.
- Maritim flerbruk («multiuse»), med samspill mellom akvakultur, olje og gass og havvind.
- Tverrfaglige forskningsutfordringer i grenseflaten mellom havvind og samfunnsvitenskap.

Edda Fjord, havvind. *Foto: Norges Rederiforbund*

4.6

Klimavennlig og energieffektiv industri inklusive CO_2-håndtering



En klimavennlig og energieffektiv industri er høyt prioritert av Energi21. Dette satsingsområdet omfatter både energieffektiviserende tiltak og CO_2-håndtering. Et spesielt tema som fremheves er produksjon av hydrogen fra naturgass koblet med CO_2-håndtering, med basis i hydrogen sitt brede anvendelsesområde i energi- og transportsystemet samt industrien.

Klimavennlig og energieffektiv industri har stor betydning for omleggingen til et lavutslippssamfunn, og representerer et stort potensial for utvikling av et internasjonalt konkurransedyktig næringsliv.

SAMMENDRAG

- Internasjonalt står industrien for 18 % av de totale klimagassutslippene[43].
- IEA forventer at:
  - Energieffektivisering skal bidra med 14 % av utslippsreduksjonene innen industrien innen 2040
  - CO_2-håndtering skal håndtere 9 % av de globale utslippene fra industri, kraft- og varmeproduksjon i 2040.
- I Norge står industrien for 22 % av utslippene, og det vises i «Veikart for prosessindustrien» at CO_2-håndtering (også kalt CCS) og BioCCS utgjør mer enn halvparten av virkemidlene for å nå norsk industris mål om nullutslipp i 2050.
- Norsk industri er verdensledende på energieffektiv produksjon fra våre nasjonale ressurser og har sammen med norske FoU miljø bygget en kunnskapsbase til nytte for nasjonal og internasjonal verdiskapning.
- Norge har en betydelig produksjon av Nikkel. Kobolt, Silisium, Grafitt og Mangan-holdige legeringer. Disse produktene inngår i dagens batterikjemi og i fremtidens batteriløsninger.
- Metallindustrien og forskningsmiljøene har startet FoU for å ta fram ny teknologi for økt bruk av biomasse som brensel. Dette vil være avgjørende for å oppnå karbonnøytral produksjon.
- Norge er i en unik posisjon til gjennom norsk næringsutvikling både å kunne utvikle produkter med lavt CO_2-fotavtrykk, og å bli en viktig leverandør til Europa av utslippsfri energi.
- CO_2-utslipp fra industriell produksjon og kraft- og varmeproduksjon i energisystemet må håndteres fra fangst via transport til permanent lagring offshore.
- Norge har en global lederrolle innen CO_2-håndtering som med offentlig innsats vil styrkes gjennom regjeringens ambisjoner for fullskala CO_2-håndtering. Fullskalaprosjektet vil gi stor kompetanseutvikling og skape et betydelig næringspotensial gjennom etablering av fullskala infrastruktur for transport og lagring av CO_2.
- Norge har sterke internasjonalt anerkjente forskningsmiljøer, industriaktører og teknologileverandører med verdensledende kompetanse innen CO_2-håndtering. Dette er bygget opp gjennom stabil og langsiktig FoU-finansiering, hovedsakelig gjennom CLIMIT og tre FME-er.
- På norsk sokkel er det stor kapasitet for lagring av CO_2. Dette kan danne grunnlag for næringsutvikling hvor Norge mottar CO_2 fra andre land og lagrer dette permanent under Nordsjøen.

4.6.1
UTSLIPPSKUTT I NORSK INDUSTRI OG BETYDNING AV CO2 -HÅNDTERING

Industrien representerer et betydelig potensial for utslippskutt og energieffektivisering, både nasjonalt og internasjonalt.

Internasjonalt står industrien for 18 % av de totale klimagassutslippene[44], og CO_2-håndtering og energieffektivisering representerer de viktigste fremtidige bidraget til utslippskutt. Ifølge IEA (ETP 2017) i et 2060 perspektiv må 20 % av bidragene for å følge to-graders scenarioet sammenlignet med referansescenarioet komme fra industrien, hvorav 67 % kommer fra energieffektivisering[45]. Internasjonalt fører energieffektivisering til lavere utslipp som følge av stort innslag av fossile energikilder. Andre viktige kilder til utslippskutt er materialeffektivitet, bytte av brensler og råstoff, samt nye teknologier (inkludert CO_2-håndtering). Omtrent 19 % av utslippskuttene for å følge to-graders scenarioet sammenlignet med referansescenarioet avhenger av teknologier og prosesser som ikke er kommersielt tilgjengelige, og det er derfor et stort behov for forskning og teknologiutvikling.[46]

CO_2-utslipp i industrisektoren består av både utslipp knyttet til bruk av fossile energikilder, samt CO_2 som frigjøres i industrielle prosesser. Et eksempel er sementproduksjon hvor CO_2 er et biprodukt i produksjonsprosessen. For betydelige kutt i denne typen utslipp er ofte CO_2-håndtering eneste alternativ.

I Norge står industrien for 22 % av de totale utslippene, og industrien har mellom 1990 og 2014 redusert utslippene med 40 %. Fremtidige utslippskutt vil være avhengig av teknologigjennombrudd, da mye av potensialet for utslippskutt ved anvendelse av kommersielt tilgjengelig teknologier allerede er realisert. CO_2-håndtering, økt bruk av hydrogen og økt bruk av biomasse representerer nye måter å oppnå ytterligere utslippskutt i norsk industri[47].

I «Veikart for Prosessindustrien» utgjør CO_2-håndtering og Bio-CCS[48] 56 % av nødvendige utslippskutt for å nå prosessindustriens visjon om økt verdiskaping med null-utslipp i 2050. Veikartet anbefaler å styrke forskningsinnsatsen på CO_2-håndtering, og at staten må etablere infrastruktur for transport og lagring av CO_2, samt gi industristøtte til fangstanlegg49. IEA forventer at CO_2-håndtering kan redusere 9 % av globale CO_2-utslipp i 2040. Dette vil si at CO_2-håndteringsteknologi skal fjerne omtrent 1500 Mt CO_2 årlig[50], i underkant av 4 000 fangstanlegg av samme størrelse som fangstanleggene i det planlagte norske fullskalaprosjektet for CO_2-håndtering. Utvikling av teknologier for CO_2-håndtering er svært viktig for å oppnå nødvendige utslippskutt, og det globale markedet for CO_2-håndtering forventes å vokse.

Hydrogenproduksjon med CO_2-håndtering fra naturgass kan være en del av løsningen på veien til et fornybart samfunn. Equinor vurderer å utnytte hydrogen produsert fra naturgass med CO_2-fangst både i forbindelse med kraftproduksjon, i gassinfrastruktur og som drivstoff på store skip. Dette kan bidra til at Norge fortsatt blir en ledende miljø- og gassnasjon også i tiårene som kommer.

I tillegg til satsing på CO_2-håndtering vil også energieffektiviseringstiltak være viktig. Potensialet for energieffektivisering ved spillvarmeutnyttelse fra industrianlegg er fortsatt stort i Norge. Spillvarme er overskuddsenergi som kan utnyttes i karbonfangstprosesser. Lavtemperatur spillvarme kan også brukes til nær- og fjernvarmeanlegg, men utnyttelsen er begrenset fordi industrien i stor grad er lokalisert langt vekk fra store forbrukspotensialer. Kraftproduksjon fra lavtemperatur spillvarme er fortsatt avhengig av teknologiutvikling.

Utstyrsleverandører som utvikler ny teknologi for CO_2-håndtering og teknologi for energi-effektivisering i industrien kan forvente et betydelig internasjonalt marked. Tyngre aktører innen den norske energiintensive industrien som utvikler egne energieffektive lavutslippsprosesser, vil kunne bruke et redusert klimafotavtrykk som et konkurransefortrinn.

4.6.2
DET NORSKE AKTØRBILDET, NÆRINGSLIV, INDUSTRI OG FORSKNINGSMILJØER

Aktører med betydning for en energieffektiv industri med lavere klimagassutslipp, kan deles i to kategorier; energiforedlende industri og leverandører av teknologi og utstyr til industrien. I store prosjekter er ofte begge typer aktører tett integrert i utviklingen, noe som er en forutsetning for gode resultater.

Vi har en betydelig energiforedlende industri i Norge. Denne industrien anses å være i det globale tetsjiktet, og bidrar til utvikling av sterke teknologi og kompetansemiljøer. Norsk industri har oppnådd store forbedringer i

43 *Meld. St. 27 (2016–2017) Industrien – grønnere, smartere og mer nyskapende*
44 *Meld. St. 27 (2016–2017) Industrien – grønnere, smartere og mer nyskapende*
45 *IEA (2017), Energy Technology Perspectives 2017*
46 *Ibid.*
47 *Norsk Industri (2016), Veikart for prosessindustrien*
48 *Bio-CCS omfatter bruk av biomasse til energiformål, kombinert med CO2-håndtering. Benevnelsen BECCS brukes også.*
49 *Norsk Industri, https://www.norskindustri.no/dette-jobber-vi-med/energi-og-klima/aktuelt/rapport-anbefaler-regjeringen-ga-videre-med-ccs/, mars 2018*
50 *IEA (2017), World Energy Outlook 2017, differansen mellom New policies scenario og sustainable development scenario*

energieffektivitet og klimagassutslipp gjennom mange år. Konkurransekraften til denne industrien er nært knyttet til spesifikt energikostnad., og fremover forventes etterspørselen etter produkter med lavt karbonavtrykk å øke. Med ledende teknologi og god tilgang på fornybar energi er potensialet for økt verdiskaping fra denne industrien i Norge tilstede.

Flere fangstteknologier er nå kommet opp på et nivå som er nær kommersialisering. Dette er teknologier som industrien har utviklet med støtte fra forskningsprogrammet CLIMIT, og i samarbeid med norske forskningsmiljøer innen CO_2-håndtering. I tillegg pågår omfattende FoU får å bringe frem kostnadseffektive fremtidige løsninger for CO_2-fangst teknologier og innenfor prosessforbedringer i industrien. Ved CO_2 fangst fra ulike industriprosesser kan nye alternative løsninger være mulig f.eks. ved å modifisere hovedprosessene på ulike måter eller ved å integrere industriprosessene med tilgjengelig spillvarme for å forbedre energieffektivisering i anleggene.

Norge har verdensledende kompetansen innen offshore CO_2-transport og -lagring utviklet gjennom Sleipner- og Snøhvit-prosjektene hvor CO_2 lagres i industriell skala. Denne kompetansen vil være sentral for å utvikle norske CO_2-lagre som kan ta imot CO_2 fra andre land. Dette representerer et solid potensial for næringsutvikling.

Innen CO_2-håndtering har norske forskningsmiljø verdensledende kompetanse innen flere tema. Det er etablert et forskningssenter for miljøvennlig energi hvor forskningsmiljøene og næringslivet samarbeider om innovative løsninger og kompetanseutvikling innen CO_2 håndtering. I tillegg har planene for fullskala demonstrasjon av CO_2-håndtering i Norge engasjert norske og internasjonale aktører gjennom hele teknologikjeden. Aktører har bygget opp kompetanse gjennom både industrielle CO_2-kilder som skal tilknyttes ulik CO_2-fangstteknologi, og gjennom CO_2-infrastruktur til permanent lager.

Norske aktører står også sterkt innen energieffektivisering. Norske universiteter og forskningsinstitutter har verdensledende kompetanse innen blant annet prosessintegrasjon og systemforståelse, samt kompetanse med høy internasjonal kvalitet innen varmepumpeteknologi. Det er etablert et eget forskningssenter for miljøvennlig energi som representerer kompetanse på internasjonalt toppnivå. Forskningssenteret vektlegger blant annet forskningsutfordringer innen spillvarmeutnyttelse i varmepumper og elektrisitetskonvertering.

4.6.3
NORSKE UTFORDRINGER OG MULIGHETER

Norsk industri er godt posisjonert for ytterligere verdiskaping i årene som kommer basert på solid kompetanse, teknologi, energieffektivitet og lave klimagassutslipp[51]. Videre utvikling av energieffektive prosesser med lave klimagassutslipp vil ha betydning for norsk konkurransekraft. Industrien og tilhørende leverandørindustri har sammen med norske forskningsmiljøer utviklet en sterk kompetansebase, og norsk industri har forutsetninger for å drive videre teknologiutvikling i verdensklasse.

Norsk industri og forskningsmiljøer arbeider aktivt med nye teknologier for utslippskutt, herunder energieffektivisering, CO_2-håndtering, hydrogen og biomasse.

Norcem- Aker Solutions testmodul - CO_2 fangst. *Foto: Gassnova*

CO_2-håndtering kan fjerne CO_2-utslipp fra industriprosesser der prosessutslipp har utgangspunkt i råstoff og ikke i brenselet. Det gjelder for eksempel produksjon av kjemikalier, sement, og metallurgisk industri. CO_2-håndtering er også relevant for avfallsbransjen. Siden en stor andel av avfallet er biologisk materiale er det en mulighet for negative utslipp via Bio-CCS.

Norge har over tid satset betydelig på CO_2-håndtering, og norske næringsaktører og forskningsmiljøer har bygget en betydelig kompetanse og industriell erfaring med lagring av CO_2 som kan danne grunnlag for ny næringsutvikling.

CO_2-utslipp fra industriell produksjon og fra store deler av energisystemet som håndterer energi- og kraftproduksjon, må håndteres fra fangst via transport til permanent lagring. Norge har en sterk global posisjon innen CO_2-håndtering som vil styrkes gjennom realisering av planene for fullskala demonstrasjon av teknologien i Norge. Dette prosjektet forventes å ha en stor verdi gjennom kompetanseutvikling og demonstrering av hele kjeden fra CO_2-fangst til -transport og -lagring. I tillegg vil infrastrukturen som bygges kunne danne grunnlag for næringsutvikling gjennom lagring av CO_2 fra andre land.

Parallelt med fullskala demonstrasjonsaktiviteter må det til en storstilt satsing på FoU. Når teknologien skal demonstreres vil det avdekkes nye utfordringer som mest effektivt løses gjennom omfattende og målrettet FoU. I tillegg er det behov for langsiktig FoU for å utvikle nye løsninger som kan fange og lagre CO_2 lang mer kostnadseffektivt enn dagens teknologi.

Det er også behov for samfunnsvitenskapelig forskning for å identifisere kommersielle og regulatoriske rammebetingelser som kan fremme kommersialisering av CO_2-håndtering.

Norsk industri er i en unik posisjon til både å kunne levere produkter med lavt CO_2-fotavtrykk og til å bli en viktig leverandør av utslippsfri energi til Europa. En satsing på hydrogenproduksjon kombinert med CO_2-håndtering er her et satsingsområde som fremheves. Industrien er på verdensbasis den største forbrukeren av hydrogen, der spesielt produksjon av ammoniakk og metanol samt raffinerier utgjør en stor andel av forbruket. I fremtiden vil hydrogen kunne få nye bruksområder i industrien, blant annet som reduksjonsmiddel og energikilde. I dag produseres hydrogen i stor grad fra fossile brensler (uten CO_2-håndtering) fordi det på verdensbasis er vesentlig billigere og har større kapasitet enn elektrolyse. I tillegg er det potensial for at Norge kan produseres hydrogen gjennom reformering av naturgass med CO_2-håndtering.

I mange produksjonsprosesser brukes karbon som reduksjonsmiddel (for eksempel silisium, ferrosilisium og aluminium), og prosessene kan foreløpig ikke drives uten karbon. I dag brukes de fossile kildene petrolkoks og kull, men biomasse kan i teorien brukes til å erstatte de fossile kildene. Det er imidlertid barrierer knyttet til kostnadsnivå, tilgang på bærekraftig biokarbon og kvaliteten på biokarbonet. Likevel er det flere norske industriaktører som vurderer å ta i bruk biomasse for å oppnå utslippskutt. Bioenergi kan også kombineres med Bio-CCS, og representerer en mulighet for å redusere klimagassutslipp.

Norge besitter solid kompetanse på prosessteknologi og materialkunnskap, og industrien produserer mange grunnleggende materialer som inngår i fremtidens batteriløsninger som Nikkel. Kobolt, Silisium, Grafitt og Manganholdige legeringer. Disse produktene inngår i dagens batterikjemi og batteriløsninger. I Norge er ikke en betydelig leverandør av disse grunnleggende materialer i dagens batteriverdikjede, men det ligger en stor mulighet i utvikling av resirkuleringsløsninger hvor norske prosessindustri-bedrifter kan ta en aktiv rolle.

Norge ligger langt framme på konvertering av høytemperatur varme. Denne kompetansen bør brukes til å utvikle et konkurransefortrinn også på lavere temperaturnivåer.

4.6.4 DIGITALISERING INNEN INDUSTRIEN

Norsk industri har ifølge Industrimeldingen[52] et stort digitaliseringspotensial, og oppgir at 53 % av industrien i liten grad er digitalisert og at kun 17 % er avanserte brukere. Digitaliseringsnivået i norsk industri ligger nært gjennomsnittet for EU, men er lavere enn for de andre nordiske landene.

Digitalisering innebærer økt anvendelse av sensorer i fysiske komponenter, analyse og utnyttelse av store datamengder og økende grad av datastyring og robotisering. I industrien er digitaliseringspotensialet særlig knyttet til drift og prediktivt vedlikehold basert på presis og oppdatert tilstandsinformasjon. Videre kan digitale løsninger muliggjøre autonome prosesser og full datastyring av produksjonsprosesser. Teknologiutviklingen innen autonome prosesser og robotisering går raskt, der særlig den økende kompleksiteten i oppgavene som kan løses ved hjelp av maskiner er av betydning. I fremtidige industrianlegg vil bemanningen kunne være betydelig lavere enn i nåværende anlegg.

4.6.5 NÆRINGENS AMBISJONER

Næringslivets innen klimavennlig industri og CO_2 håndtering har i Energi21- prosessen signalisert følgende ambisjoner:

- Øke omfanget av energiintensiv industri i Norge og oppnå betydelige utslippskutt fra sektoren.
- Produsere Hydrogen fra naturgass med CO_2-håndtering.

[51, 52] *Nærings- og fiskeridepartementet (2017), Industrien – grønnere, smartere og mer nyskapende*

- Utvikle leverandørindustri til energiintensiv industri, inkludert teknologier for reduksjon av klimagassutslipp samt utnyttelse og lagring av overskuddsvarme.
- Anvendelse av lavtemperatur varme til ulike formål (CO_2-håndtering, ressursgjenvinning mv.).
- Etablere rammevilkår som fordeler risiko og ansvar på en hensiktsmessig måte slik at et stort internasjonalt CO_2-lager i Nordsjøen kan realiseres.
- Utvikle kommersielle forretningsmodeller for CO_2-håndtering som bidrar til forretningsmuligheter og næringsutvikling.
- Etablere industriklynger som utnytter synergier mellom ulike industriaktører og omgivelsene der næringen har et mål om bedre energiintegrasjon, energiutnyttelse og CO_2-håndtering.
- Integrere CO_2-håndtering i industriprosesser som et internasjonalt verktøy for å realisere klimaeffekt og klimavennlige produkter.
- Bringe frem banebrytende teknologikonsept for CO_2-håndtering med potensial for kostnadsbesparelser, energieffektivisering og minimering av teknisk og finansiell risiko.
- Redusere spesifikk energibruk og spesifikt utslipp av klimagasser samt optimalisere ressursbruk.
- Prosjektere, ferdigstille og sette i drift fullskala CO_2-håndteringsinfrastruktur innen 2022 bestående av:
  - CO_2-fangst fra norsk industri.
  - Fleksibel CO_2-transportløsning med mellomlager.
  - Sentrallager for CO_2 i Nordsjøen.
- Sikre kompetanseutvikling og kostnadseffektive løsninger ved kunnskapsspredning og teknologisamarbeid nasjonalt og internasjonalt.

4.6.6 TILTAK OG SENTRALE FORSKNINGSTEMAER

Energi21 anbefaler følgende tiltak og forskningstemaer for å realisere og møte næringsaktørenes kunnskaps- og teknologibehov:

Tiltak:

- Utvikle toppledernettverk med industri og politikere til å omfatte CO_2-håndtering for å utvikle gjensidig kompetanse samt styrke tillit og forutsigbarhet.
- Skape samarbeidsarenaer og prosjekter mellom industrien, leverandørbedriftene og forskningsmiljøer for å tilrettelegge for utvikling av energisparende og utslippsreduserende teknologi og løsninger.
- Utvikle lav-karbon energi (CO_2 håndtering) forretningsmodeller ved dialog mellom industri og beslutningstakere, både nasjonalt og internasjonalt.
- Iverksette FoU-aktiviteter innenfor de identifiserte strategiske forskningstemaene.
- Norske myndigheter bør videreføre og utvikle tilskuddsordninger for forskning-, utvikling- og demonstrasjonsprosjekter innen CO_2-håndtering nasjonalt og internasjonalt. Det bør fokuseres på muligheter for fellesutlysninger og sømløse overganger mellom ulike virkemidler.
- Videreutvikle virkemidler rettet mot grensesprengende forskning.
- Støtte utvikling av utslippsreduserende tiltak i industrien.
- Videreutvikle utdanningsløp i samarbeid med industri, kombinert med digitaliseringskompetanse.
- Øke internasjonal kunnskapsdeling og erfaringsutveksling samt videreføring av internasjonalt samarbeid. Oppfølging av ny implementasjonsplan for CO_2-håndtering i EU.
- Utvikle statens rolle som kommersiell aktør både som ressurseier og innkjøper knyttet mot krav til klimaløsninger.
- Energi21 samarbeid med Prosess21 innenfor relevante temaer.

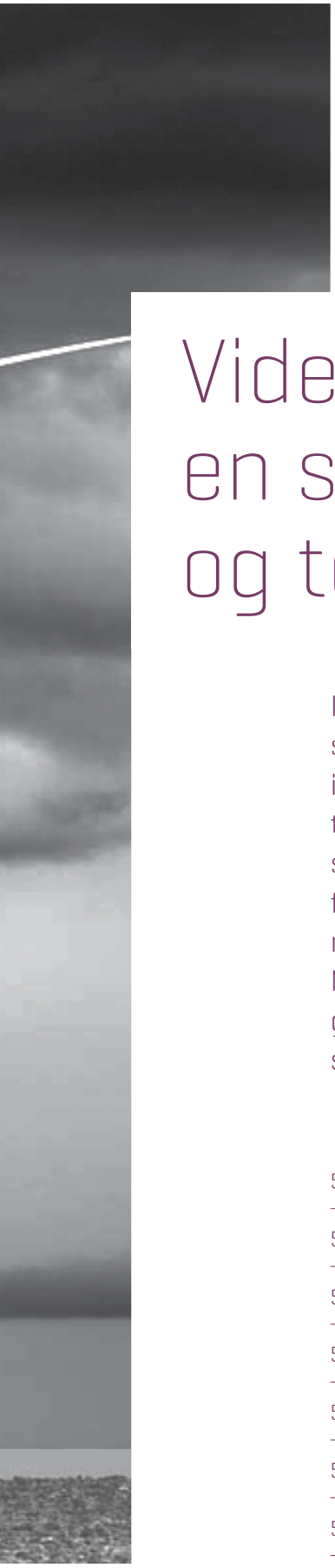
Strategiske forskningstema:

- Kostnads- og energieffektiv CO_2-håndteringsteknologi med minimal risiko knyttet til industriprosesser og kraftproduksjon fra grunnforskningsnivå via innovasjon til demonstrasjon.
- CO_2-fangst fra prosesser med biokarbon som råstoff eller energikilde (Bio-CCS).
- Hydrogenproduksjon fra naturgass kombinert med CO_2-håndering.
- Prosessforbedring – både inkrementelle og grensesprengende.
- Ny teknologi og nye løsninger for økt bruk av biomasse i metallindustrien, inkludert industriell satsing på biokull.
- Teknologier og løsninger for økt bruk/nye bruksområder for hydrogen i industrien.
- Nye og kostnadseffektive teknologiløsninger og metoder for konvertering og oppgradering av spillvarme.
- Videreutvikling av tekniske komponenter til varmepumpe systemer og andre komponenter for optimalisering av klimavennlig energieffektiv industri.
- Langtidslagring av CO_2.
- Ny teknologi for energilagring i samspill med energisystemet.
- Utnyttelse av CO_2 for strategisk viktige næringer i Norge, inklusiv CO_2-injeksjon for økt oljeutvinning (EOR[53]).
- Samfunnsvitenskapelig forskning innen kommersielle og regulatoriske rammebetingelser for CO_2-håndtering.
- Tverrfaglige forskningsutfordringer i grenseflaten mellom teknologi og samfunnsvitenskap.

[53] *EOR – Enhanced Oil Recovery*

Strengen - Celsa. *Foto: Celsa*

5



Videreutvikling av en solid kunnskaps- og teknologiplattform

Ingen vet med sikkerhet nøyaktig hvilke teknologier som vinner frem og hvor raskt teknologiene vil integreres i energisystemet. En solid og bred kunnskaps- og teknologiplattform er viktig å videreutvikle utover strategiens satsingsområder, først og fremst fordi fagområdene spiller en rolle i fremtidens energisystemer, men også fordi det er behov for videreutvikling isolert sett. Med bakgrunn i dette er det viktig å ha lagt grunnlaget for gode opsjoner i form av flere fagområder som kan utvikles som strategiske satsingsområder hvis behovet oppstår.

5.1 Energieffektive og smarte bygninger

5.2 Hydrogen

5.3 Dyp geotermisk energi

5.4 Bioenergi

5.5 Klimavennlige energiteknologier til landbasert transport

5.6 Klimavennlige energiteknologier til lufttransport

5.7 Landbasert vindkraft

Ut over de seks prioriterte satsingsområdene, anbefaler Energi21 å videreutvikle en solid kunnskaps- og teknologiplattform innenfor følgende områder:

- Energieffektive og smarte bygninger.
- Hydrogen.
- Dyp geotermisk energi.
- Bioenergi.
- Klimavennlige energiteknologier til landbasert transport
- Klimavennlige energiteknologier til lufttransport.
- Landbasert vindkraft.
- Andre klimavennlige teknologier med potensiale for verdiskaping.
- Humaniora, juridiske og samfunnsvitenskapelige fag i grenseflaten mot Energi21s teknologiområder.

Under følger et sammendrag av disse teknologiområdene med unntak av «Andre klimavennlige energiteknologier med potensiale for verdiskaping» og «Humaniora, juridiske og samfunnsvitenskapelige fag». Nærmere beskrivelse av teknologiområdene er å finne i vedlegg 3.

5.1

Energieffektive og smarte bygninger

Energi21 vurderer energieffektive og smarte bygninger som et viktig fagområde for fremtidens lavutslippssamfunn. Bygninger spiller en mer aktiv rolle i energisystemet, både som energiforbruker, energiprodusent og fleksibilitetsressurs. I tillegg har Norge en solid teknologi- og kompetansebase innen energieffektive bygninger, som gir muligheter for næringsutvikling.

- Byggsektoren er en stor energiforbruker og står for 30 % av energibruken internasjonalt. Effektiv energiutnyttelse er et overordnet mål, og utviklingen i byggsektoren har betydning for utviklingen av lavutslippssamfunnet.
- Fremtidens bygninger utgjør en viktig del av det energifleksible energisystemet. Utviklingen går mot «Smarte Bygg» og etter hvert «Smarte Byer og Tettsteder». Utviklingen i byggsektoren må i større grad sees i sammenheng med energisystemet for øvrig[54].
- Smarte, energieffektive bygg kan i tillegg til reduksjon i energibruk bidra som fleksibilitetsressurs i kraftsystemet (termisk lager og effektstyring).
- Nye krav og ny teknologi vil endre den fremtidige bygningsmassen til lav og nullenergibygg og på sikt også til energiproduserende enheter.
- Lav utskiftingstakt i bygningsmassen gjør at utnyttelse av energieffektiviseringspotensialet i eksisterende bygninger er viktig. Dette potensialet er stort.
- Nye teknologier og nye krav til bygninger skaper muligheter for norske aktører.
- Norske næringsaktører og forsknings- og utdanningsmiljøer har solid kompetanse innen materialbruk i bygg. I tillegg har Norge gode FoU miljøer som arbeider med systemintegrasjon av smarte energieffektive bygninger og byer.
- Norge har kommet langt innen design, konstruksjon og drift av plusshus, denne kompetansen er internasjonalt anerkjent og etterspørres av utenlandske aktører.

5.2

Hydrogen

Hydrogen som energibærer kan få flere viktige roller i fremtidens klimavennlige energi- og transportsystem. Energi21 vurderer at hydrogen kan bidra til verdiskaping gjennom utnyttelse av våre vann-, vind- og gassressurser, og som en utslippsfri energibærer i fremtidens lavutslippssamfunn. Det er et potensial for leverandørutvikling innen hydrogenteknologi- og løsninger.

Ulike hydrogenteknologier og hydrogenløsninger har betydning for utvikling av satsingsområdene: «Klimavennlig og energieffektiv industri med CO_2-håndtering», «Klimavennlige energiteknologier til maritim transport» og «Digitale og integrerte energisystemer».

- Hydrogen har egenskaper som gjør den egnet til å avkarbonisere energiproduksjon, -distribusjon og -lagring, samt sluttbruk av energi i transport, industri og bygningsoppvarming.
- Markedet for utslippsfritt hydrogen[55] og hydrogenteknologier er potensielt stort, og gir muligheter for eksport av utslippsfritt, norsk hydrogen og hydrogenteknologier.
- Norge har store mengder fornybare energiressurser som kan produsere hydrogen uten utslipp via elektrolyse, og naturgass som kan produsere hydrogen uten utslipp via reformering med CO_2- håndtering.
- Norge har aktører med spisskompetanse innen elektrolyse, fyllestasjonsteknologi og hydrogentanker, lang industriell erfaring med hydrogen og forsknings- og utdanningsmiljøer med solid material- og prosesskunnskap.

- Fremtidig betydning av hydrogens rolle i fremtiden energi- og transportsystem er imidlertid noe usikker, som følge av utfordringer knyttet til konkurranseevne, kostnadsnivåer, infrastruktur og teknologiutvikling.
- Hydrogen må fremstilles uten utslipp for å bidra i omleggingen til lavutslippssamfunnet, det vil si ved elektrolyse med fornybare kraft eller fossile energikilder med CO_2-håndtering.

5.3

Dyp geotermisk energi

Det er et potensial for å utvikle teknologi og tjenester for geotermisk energiproduksjon rettet mot et internasjonalt marked. Teknologiene – og tjenestene vil være innovasjoner fra olje- og gassektoren, samt nye teknologiske tjenester som er direkte avledet fra denne sektoren. Det er derfor et verdiskapingspotensial knyttet til utvikling av en leverandørindustri inne dyp geotermisk energi.

- Dyp geotermisk energi er en viktig ressurs i fremtidens internasjonale energiforsyning.
- Muligheten for «base-load» og skalerbar produksjon av elektrisk kraft er et sentralt fortrinn i et kraftsystem med økende andel produksjon fra variable kilder.
- Geotermisk energi kan brukes direkte til varmeformål og i løsninger for energilagring.
- Geotermisk energiteknologi har betydelig potensial i både etablerte og fremvoksende markeder, og er et prioritert område i EUs SET-plan.
- Det er behov for betydelige kostnadsreduksjoner for å styrke teknologiens konkurranseevne.
- EGS (Enhanced Geothermal Systems) er en mulig disruptiv teknologi med stort globalt potensial, i tillegg til et stort potensial for økt energiutvinning fra superkritiske brønner.
- Norsk forskning, industri og næringsliv har komparative fortrinn basert på petroleumsvirksomheten, blant annet innen reservoarmodellering og seismikk til brønnboring og produksjonsoptimalisering.
- Det er gode muligheter for å utvikle nasjonal kompetanse og teknologi i et internasjonalt marked og bidra til et «grønt» skifte.

5.4

Bioenergi

Biomasse er en energiressurs med betydning for verdiskaping og utslippskutt i flere sektorer. Biomasse fra skog har det største uutnyttede potensialet, og sidestrømmer fra foredling av biomasse til ulike formål bør utnyttes til energi. Marin biomasse fra alger kan representere et ytterligere potensial.

Bioenergi har betydning for utvikling av satsingsområdene: «Klimavennlig og energieffektiv industri med CO_2-håndtering», «Klimavennlige energiteknologier til maritimtransport» og «Digitaliserte og integrerte energisystemer».

- Biomasse er en viktig energikilde i Norge, og har en utnyttelse på om lag 18 TWh til energiformål årlig[56]. NVE anslår et realistisk potensial på om lag 23 TWh i dag.
- Skog er den største kilden til biomasse i Norge, og anvendelse av skogressurser til energiformål utgjør om lag 14 TWh årlig[57].
- Ressurspotensialet for bioenergi kan øke frem mot 2030. Miljødirektoratet har i en analyse i 2015 vurdert at potensialet kan økes til 30 TWh hvor biomasse fra skogressurser utgjør det største potensialet. Dette forutsetter økt utnyttelse av biologiske restprodukter fra husholdninger, jordbruk og skogbruk, og at avvirkningen av skog øker til rundt 15 mill. m^3 på grunn av større andel hogstmoden skog.
- Ytterligere økt tilgang på biomasse kan tilføres ved dyrking av marin biomasse i form av alger. Norge har kompetanse og naturressurser som gir gode forutsetninger for å produsere bioenergi fra alger, men det er fortsatt behov for forskning og teknologiutvikling.
- Biodrivstoff til transportsektoren opplever økende aktualitet, og pekes på som nødvendig for å nå utslippsmål. Myndighetene har økt omsetningskravet for biodrivstoff i veitransporten, og driver dermed etterspørselen opp.
- Norge importerer størstedelen av biodrivstofforbruket på 3,9 TWh biodiesel og bioetanol[58]. Det er kun et par norske produsenter av flytende biodrivstoff, hvorav en produserer avansert biodrivstoff[59] fra sidestrømmer i et bioraffineri[60].

[54] *Behandles i kapittelet Digitaliserte og integrerte energisystemer.*
[55] *Fra elektrolyse med fornybar kraft, eller fra fossile brensler med CO_2-håndtering*
[56] *NVE (2014), Bioenergi i Norge*
[57] *Miljødirektoratet (2014), Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling*
[58] *SSB.no, https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/bruk-av-biodrivstoff-i-transport*
[59] *Fra Miljødirektoratet.no: Avanserte biodrivstoff «framstilles av rester og avfall, fra næringsmiddelindustri, landbruk eller skogbruk»*
[60] *ZERO (2017) Bærekraftig biodrivstoff*

- Flere aktører planlegger produksjon av avanserte biodrivstoff i Norge, men fullskala produksjon vil trolig ikke realiseres før rundt 2020.
- Biodrivstoff er spesielt viktig for tung- og langtransport, da de foreløpig har få andre klimavennlige alternativer. Biodrivstoff vil i IEAs scenario B2DS utgjøre 32 % av all energibruk i transportsektoren i 2060.
- Bioressurser har flere bruksområder enn energiformål, og lønnsom og bærekraftig utnyttelse av biomassen der hele verdikjeden sees i sammenheng er viktig. I en slik tenkning vil samlokalisering og bioraffinerier stå sentralt. Bioenergi vil da utgjøre fraksjoner av det som konverteres i slike anlegg, både til biodrivstoff og til stasjonære formål.
- Biomasse til formål der det i dag brukes fossile brensler kan bidra til betydelige utslippskutt. Det gjelder eksempelvis drivstoff, ulike kjemikalier, plast og materialer. I tillegg identifiserer industrien økt bruk av biomasse (i form av trekull) som et viktig tiltak for å redusere klimagassutslipp.

5.5

Klimavennlige energiteknologier til landbasert transport

Landbasert transport er årsak til store klimagassutslipp. Innføring av klimavennlige energiteknologier til landtransporten er avgjørende for å oppnå nødvendige utslippsreduksjoner. Energi21 vurderer landtransporten som en viktig bidragsyter i omleggingen til lavutslippssamfunnet. I tillegg har denne sektoren et potensial for utvikling av et internasjonalt konkurransedyktig næringsliv.

Landbasert transport har betydning for utvikling av satsingsområdene «Klimavennlige energiteknologier til maritim transport» og «Digitaliserte og integrerte energisystemer».

- Omlegging av landtransporten til klimavennlige energiteknologier er nødvendig for å nå utslippsmålene og bidra til etableringen av lavutslippssamfunnet.
- Omleggingen vil utløse store investeringer globalt som gir muligheter for norske leverandører.
- De klimavennlige energiteknologiene må videreutvikles for å oppnå høyere utbredelse og flere bruksområder, og det er store utfordringer knyttet til løsninger for tung- og godstransport.
- Norge er tidlig ute med elektrifisering av personbilparken og kan utnytte dette forspranget til å bygge en sterkere kompetansebase innen systemforståelse og integrasjon av nye transportløsninger.
- Norge har et forsyningssikkert el-nett og store energiressurser. Dette er et godt fundament for elektrifisering av transportsektoren.
- Norges kompetanse innen elektrokjemi og materialteknologi er en mulighet for batteriproduksjon Vi har allerede leverandører av batterimoduler for industri og transport.
- Norge har lang industriell erfaring og kompetanse innen hydrogen, og har gode forutsetninger for å utvikle kjerneteknologi og komponenter. Vi har også eksisterende leverandører av hydrogenteknologier, som er ledende i det globale markedet.
- Biodrivstoff (2. og 3. generasjon) er en del av løsningen for å oppnå utslippsmålene, men teknologien er foreløpig kostbar og ikke kommersielt tilgjengelig.
- Digitalisering vil føre til endringer langs hele verdikjeden for landtransport, og det er et potensiale for å utvikle og tilby nye transportløsninger og –tjenester.

5.6

Klimavennlige energiteknologier til lufttransport

Omlegging av lufttransporten til klimavennlige energiteknologier er nødvendig på sikt for å nå nasjonale og globale utslippsmål. De klimavennlige energiteknologiene som er aktuelle, er biodrivstoff, hydrogen eller hydrogenbærere som NH3 og elektrisitet. Norge ligger godt til rette for en tidlig utnyttelse og bruk av elektriske fly. Både passasjerkapasitet, distanser og kortbaneegenskaper og tilgangen på infrastruktur for elektrisk energi egner seg.

- Norges kortbanenett gir et godt utgangspunkt for tidlig bruk og utnyttelse av elektriske passasjerfly og passer godt med:

- Forventet ytelse på de første elektriske flyene.
- Forventet passasjerkapasitet.
- Forventet mulige distanser.
- Kortbanegenskaper og elektrisk infrastruktur.
- Utfordringene ved å ta i bruk biodrivstoff (2. og 3. generasjon) i luftfarten er knyttet til for høye kostnader og manglende skala i produksjonen.

- For elektriske fly er utfordringene knyttet til utvikling av kompakte og slanke elektriske motorer og batterier med større kapasitet og lavere kostnader.
- I Norge er det først og fremst Avinor som har tatt en aktiv rolle i miljø- og klimaarbeidet og har en strategi om å tilrettelegge flyplassene for en bærekraftig lufttransport.

5.7

Landbasert vindkraft

Landbasert vindkraft bidrar til nasjonal verdiskaping gjennom utnyttelse av landbaserte vindressurser, og Energi21 forventer økt utbygging av vindkraft i Norge de kommende årene.

Landbasert vindkraft har også betydning for utviklingen innen satsningsområdet «Digitaliserte og integrerte energisystemer», der samspillet mellom ulike produksjonsteknologier og systemet er et sentralt tema.

- Global installert vindkraftkapasitet på land har vokst med omtrent 14 % årlig de siste fem årene, og utgjorde omtrent 472 GW i 2016.
- El sertifikatmarkedet har vært den viktigste driveren for økt utbygging av landbasert vindkraft i Norge. Med fallende kostnader vil vindkraft trolig snart bli konkurransedyktig, og kraftprisen blir da avgjørende for nye utbygginger.
- Norge har Nord-Europas beste vindressurser.
- Landbasert vindkraft er en moden teknologi, men det vil foregå en kontinuerlig videreutvikling og forbedring knyttet til kostnadseffektivitet og økt energiproduksjon.
- Norske næringsaktører med gode løsninger har muligheter som underleverandører i dette markedet og enkelte er der allerede.
- Norske energiprodusenter har ambisjoner om å utvikle seg som eiere av vindkraftanlegg i Norge og utlandet.

Jernbanedirektoratet. *Foto: Øystein Grue*

6

Internasjonalt forsknings- og innovasjonssamarbeid

Fremtidens klimavennlige energi- og transportsystem vil kreve innovative løsninger utviklet gjennom flerfaglig nasjonalt- og internasjonalt samarbeid både innen forskning, innovasjon og utdanning. Energi21 vurderer internasjonalt forsknings-samarbeid som helt avgjørende for å lykkes med kunnskaps- og teknologiutviklingen rettet mot fremtidens energisystemer.

6.1 Deltakelse på EU- arenaen

6.1.1 Energiunionen

6.1.2 SET – planen

6.1.3 Organisering av SET-plan arbeidet

6.1.4 Horisont 2020

6.1.5 Samspill mellom Energi21 og EUs forsknings- og innovasjonsagenda

6.1.6 Betydning og effekter av EU samarbeid

6.1.7 Norsk deltakelse i Horisont 2020 og forsterket innsats

6.2 Mission Innovation

6.3 IEA, nordisk og bilateralt forskningssamarbeid

Tilstedeværelse på de internasjonale forsknings- og innovasjonsarenaene har stor betydning for å vinne posisjoner, øke kvaliteten på forskningsmiljøene og kunne bidra med internasjonal anerkjent kunnskap til næringslivet samt å bidra til at norsk forskning blir tatt i bruk i et europeisk og internasjonalt perspektiv. Internasjonalt anerkjent kunnskap er en viktig nøkkel til fremtidens konkurransedyktige produkter, tjenester og løsninger. Det er derfor viktig at norske forskningsmiljøer deltar med sin kunnskap overalt hvor kunnskapsdeling og kunnskapsproduksjon skjer og får tilgang til internasjonale viktige nettverk og ressurser i en delingsprosess. Det europeiske samarbeidet blir stadig viktigere for norsk forskning. Norge har siden 1994 deltatt aktivitet i EUs rammeprogrammer for forskning med stort utbytte, og er aktivt med i flere initiativ under EUs SET-Plan (EU Strategic Energy Technology Plan).

6.1

Deltakelse på EU- arenaen

EUs forsknings- og innovasjonsarena er hovedprioritet for Norges internasjonale forskning- og innovasjonssamarbeid. Midlene Norge prioriterer til det europeiske forskningssamarbeidet representerer en stor andel av de totale ressursene Norge investerer i kunnskapsutvikling og forskningsaktivitet. Sterk norsk deltakelse er en viktig målsetting, slik at nasjonale FoU miljøer, næringsliv og offentlige etater kan dra nytte av myndighetenes internasjonale forskningsinvesteringer.

Energi- og transport er viktige områder i EUs forsknings- og innovasjonsprogrammer, infrastrukturordninger (eksempelvis ESFRI) og regionale satsinger.

6.1.1
ENERGIUNIONEN

EUs energi- og klimapolitikk støtter sterkt opp om Paris avtalen (COP21) . EU-kommisjonen har gjennom Energiunionen etablert en strategi for hvordan EU landene skal møte forpliktelsene i Paris avtalen og bidra til oppfyllelse av EUs energi- og klimamål. EUs energi- og klimapolitikk skal ivareta målsetningen om økt forsyningssikkerhet, bærekraft og konkurransekraft.

Energiunionen retter innsatsen mot fem dimensjoner; forsyningssikkerhet, det indre energimarkedet, avkarbonisering av økonomien, energieffektivisering for moderasjon av energietterspørselen, og forskning, innovasjon og konkurransekraft. Under den femte dimensjonen ønsker kommisjonen å bidra til bedre koordinering av de ulike nasjonale forskningsprogrammene. Målet er å få en mer helhetlig EU-tilnærming og en bedre utnyttelse av de nasjonale ressursene og EU- ressursene som investeres i forskning og innovasjon. Viktige satsingsområder for økt innovasjon og konkurransekraft er utvikling av en ny generasjon fornybar energi, smart teknologi som gjør forbrukeren til en aktiv aktør i energimarkedet, energieffektivisering og en mer bærekraftig transportsektor.

6.1.2
SET – PLANEN

Et viktig virkemiddel for å realisere Energiunionens femte dimensjon «forskning, innovasjon og konkurransekraft» er EU Strategic Energy Technology Plan (SET- planen). SET-planen er EUs samarbeidsarena for å fremskynde utviklingen

Energiunionen 5. dimensjon R&I , Competitiveness priorities	SET- Plan (10 Key actions)
No. 1 in Renewables	1. Performant renewable technologies integrated in the system 2. Reduce costs of technologies
Smart EU Energy System with consumer at the centre	3. New technologies & services for consumers 4. Resilience & security of energy system
Efficient Energy Systems	5. New materials & technologies for buildings 6.Energy efficiency for industry
Sustainable Transport	7. Competitive in global battery sector (e-mobility) 8. Renewable fuels 9. CCS/U 10. Nuclear safety

Tabell 2: Energiunionens femte dimensjon med tilhørende satsingsområder og SET Planens 10 prioriterte fagområder som skal bidra til realisering av Energiunionens mål gjennom økt forsknings-, utviklings- og innovasjonsinnsats.

og implementeringen av strategisk viktige teknologi- og temaområder. SET-planen representerer en viktig del av teknologipilaren i EUs energi- og klimapolitikk og har mål om å øke samarbeidet mellom nasjonene og samkjøre relevante finansielle virkemidler på energiteknologiområdet langs hele innovasjonskjeden , inklusive bidra til markedsintroduksjon.

Tabellen under hvordan SET-planens faglige prioriteringer (Key-Actions) følger opp de fire målene i Energiunionens femte dimensjon.

SET- planens prioriteringer er dynamiske og i stadig utvikling, selv om EUs overordnede mål for 2030 og 2050 står fast på energi og klimaområdet. Den påvirker både energiforskningens faglige prioriteringer, ulike finansieringsinstrumenter, og ulike samarbeidsformer. Det er en tydelig kobling mellom prioriteringene i SET-planen og utlysningene i EUs rammeprogram for forskning og innovasjon, Horisont2020.

6.1.3
ORGANISERING AV SET-PLAN ARBEIDET

EU kommisjonen leder og har sekretariatet til styringsgruppen til SET-planen. Styringsgruppen (SET Plan Steering Group) består av representanter fra EU-land og assosierte land, samt EU kommisjonen. Styringsgruppen skal påse at arbeidet i SET-planen drives fremover i henhold til dens strategi og handlingsplan.

Norge har en observatørposisjon (med talerett) i styringsgruppen og er representert ved OED. Norges Forskningsråd er med som nasjonal ekspert.

Forskningsalliansen (European Energy Research Alliance - EERA)

EERA er opprettet av kommisjonen som forskningspilaren i SET-planarbeidet. EERA har 250 medlemsinstitusjoner fra institutter og universiteter, totalt omfatter dette over 50000 forskningsansatte som arbeider innen energi. EERA dekker typisk TRL[64] nivå2/3 til 5/6.

EERA vektlegger i sitt arbeid effektivt bruk av forskningsmidler, bedre arbeidsdeling og koordinering, og økt samarbeid mellom europeiske forskningsinstitusjoner gjennom 17 Joint Research Programmes. Universitetene er også representert som observatører i EERA's styre ved EUA (European Platform of Universities engaged in Energy Research). Mange universiteter er medlemmer at EERA i tillegg.

EERA deltar i SET Plan Steering Group, der de orienterer om progresjonen i sine fellesprogrammer (Joint Programmes) og arbeidet med implementeringsplanene under de ti faglige prioriteringer. SINTEF Energi er en av 15 institutter som utgjør kjernegruppen i EERA. Per juni 2018 er også lederen av EERA norsk. Norge er også representert i EERAs fellesprogrammer og leder programmene CCS, Energieffektivisering i industrien, Smart Cities og Geotermi.

Europeiske Teknologi- og innovasjonsplattformene (ETIP)

ETIP er samlingen av interessenter innenfor spesifikke systemer eller teknologiområder og er styrt av industrien. ETIP'ene dekker typisk TRL nivå 5/6 til 9. Det finnes i alt 9 ETIP'er som omhandler energi. I tillegg finnes det såkalte Private – Public Partnerships (PPP), Joint undertakings (JU) og Joint technology Initiatives (JTI's): innenfor energi er særlig SPIRE (Sustainable Process Industries through Resource and Energy efficiency)- EMIRI (Energy Materials Industrial research Initiative) og JU Fuel Cells and Hydrogen (FCH) viktige. Sistnevnte kanaliserer nær all FoU innenfor hydrogen og brenselcelle forskning i Europa. Her er Norge også representert.

SET-planens informasjonssystem (SET-Plan Information System – SETIS)

SETIS utarbeider underlag for beslutningstagerne som analyser, kartlegging, statistikk o.l. http://setis.ec.europa.eu/

SET-planen har siden 2014 arbeidet med utviklingen av et veikart for FoU og innovasjon på energiområdet. Resultatet er et veikart med anbefalte aksjoner, virkemidler, investeringsbehov og tidsplaner. Det arbeides med 14 implementeringsplaner for ulike temaområder. Implementeringsplanene er i prinsippet en felles plan for energiforskning og innovasjon i Europa som er akseptert av Set-plan landene, industrien og forsknings, utdannings -og innovasjonsaktørene. Planene inneholder prioriterte aksjoner og områder fra TRL 2 til 8/9. Finansieringen for dette må komme fra landene og aktørene selv. EUs virkemiddel må da primært benyttes til å mobilisere de enkelte landenes innsats og få felleseuropeisk verdi ut av dette. Det er forventet at de prioriterte FoU oppgavene knyttet til de ulike implementeringsplanene vil ha påvirkning på utformingen av utlysningene i Horisont 2020 og for innretningen av rammeprogrammet etter Horisont 2020.

6.1.4
HORISONT 2020

Horisont2020 er EUs rammeprogram for forskning og innovasjon for perioden 2014-2020. Det er verdens største forsknings- og innovasjonsprogram med et samlet budsjett på 77 milliarder euro. Horisont 2020 er viktig for Norges forskningsinnsats og er en kilde til å forsterke kvaliteten

[61] *Regjeringens strategi «Strategi for forsknings- og innovasjonssamarbeid med EU».*
[62] *United Nations Climate Change, http://unfccc.int/2860.php*
[63] *Innovasjonskjeden: forskning, utvikling, test- og demonstrasjon, kommersialisering*
[64] *TRL- Technology Readiness Level*

Sollaboratoriet, IFE- Kjeller. *Foto: IFE*

og relevansen for norsk kunnskaps- og teknologiutvikling. Norge deltar på lik linje med EU- landene i Horisont 2020[65]. Horisont2020 støtter EUs vekststrategi Europa2020, inkludert flaggskipet Innovasjonsunionen og utviklingen av det europeiske forskningsområdet [ERA]. Målet med programmet er at resultatene skal bidra til arbeidsplasser og økonomisk vekst, og at Europa skal styrke sin posisjon innen forskning, innovasjon og teknologi.

Programmet dekker hele innovasjonskjeden fra idé til anvendelse (marked). Innovasjon vektlegges spesielt, med særlig fokus på deltakelse fra næringslivet og prosjekt-resultatenes nytteverdi. Det er også introdusert nye virke-midler for å sikre tilgang på risikokapital, økt kommersiali-sering og innovasjon.

Sikker, ren og effektiv energiforsyning (secure, clean and efficient energy) er en av syv samfunnsutfordringer som prioriteres i Horisont2020. Energiprogrammet har et totalt budsjett på 5.1 milliarder euro. Programmet gir støtte til prosjekter innenfor:

- Energieffektivisering og smarte løsninger i Europas bygningsmasse
- Globalt lederskap i teknologier for fornybar energi
- Løsninger som tilbyd smarte, lavutslipp energiløsninger på forbrukernivå
- Smarte energisystemer regionalt, nasjonalt og mellom landene
- Smarte byer og tettsteder med integrerte energi-løsninger i et lavutslippsperspektiv
- Målet om nullutslipp fra fossile kraftverk og CO_2-intensiv industri

Tverrfaglig forsknings- og innovasjonsinnsats prioriteres og samfunnsvitenskapelig forskning er mer vektlagt enn i tidligere rammeprogrammer.

6.1.5 SAMSPILL MELLOM ENERGI21 OG EUs FORSKNINGS- OG INNOVASJONSAGENDA

Energi21 strategien harmoniserer godt med EUs forsknings- og innovasjonsagenda på energiområdet. Prioriteringer i SET-planen og Energi21 strategien har flere felles faglige satsingsområder. Dette gjelder både faglige utfordringer innenfor hvert enkelt satsningsområde og nødvendige handlinger som bør iverksettes for å realisere mål og ambisjoner.

Energi21 anbefaler:

- Fortsatt arbeide for å påvirke EUs forsknings- og innova-sjonsprogram, slik at satsinger på EUs forskningsagenda adresserer tema av felles interesse for EU og Norge.
- Legge til rette for økt forskningssamarbeid mellom EU og EØS land knyttet til landenes nasjonale FoU-budsjetter.

- God dialog og kommunikasjon mellom Energi21 styret og Norges representanter i SET-plan arbeidet om nasjonale og europeiske faglige prioriteringer.

6.1.6
BETYDNING OG EFFEKTER AV EU SAMARBEID

Mobilisering av energinæringen til økt deltakelse er viktig på EU-arenaen og Energi21 er positive til å bidra i dette arbeidet.

Både universiteter og høyskoler, forskningsinstitutter, næringsliv og offentlig sektor kan fordeler av EU-samarbeid. Samarbeid med kunnskapsmiljøer, forskernettverk og næringsliv i prosjektkonsortier kan bidra til:

- økt gjensidig vitenskapelig kvalitet mellom nasjonale- og internasjonale forskningsmiljøer
- økt mulighet for internasjonale nettverk og internasjonal rekruttering
- tilgang til ny kunnskap
- økte muligheter for karriereutvikling for den enkelte forsker
- økt innovasjon- og konkurranseevne innenfor det globale og europeiske markedet
- effektive internasjonale løsninger innen bærekraftig energiforsyning og transportsektoren.

I tillegg gir EU- samarbeidet Norge muligheter til å dele kostnader ved kostbar forskningsinfrastruktur og gi økt tilgang til disse.

Aktiv deltakelse i EU- prosjekter kan også øke attraktivitet som samarbeidspartner i Europa og internasjonalt.[66] Virksomheten blir mer internasjonalt synlig, det er mulighet for profilering av virksomhetenes produkter og tjenester samt kunnskapsressursene i selskapet.

Energi21 anbefaler:

- Fortsatt arbeide for å mobilisere forskere, forsknings- og utdanningsmiljøer og næringsliv til økt deltakelse i EUs rammeprogrammer for forskning og innovasjon.

6.1.7
NORSK DELTAKELSE I HORISONT 2020 OG FORSTERKET INNSATS

Norske aktører gjør det bra i energiprogrammet til Horisont 2020. Returandel fra EU-midlene var i 2017 på 4.7 % og hver fjerde søknad ble innstilt for finansiering. Dette gir en suksessrate på 25 %. De fagområdene innen energi som har gjort det best, målt i tildelte prosjektmidler, er energisystem, CO_2-håndtering, hydrogen og brenselsceller samt smarte byer og tettsteder.[67] Det er potensiale for bedre utnyttelse av mulighetene som ligger i det europeiske forsknings- og innovasjonssamarbeidet innen flere fagområder.

Næringslivet har ulike forutsetninger for deltakelse.

De ulike aktørene på energiområdet har forskjellige forutsetninger for etablering og gjennomføring av forsknings- og innovasjonssamarbeid i EU. Dette omfatter ressurser som tid, kapital, kompetanse og erfaring. Større bedrifter har vanligvis bedre forutsetninger til å dedikere personell og ressurser til å fremskaffe nødvendig kunnskap, utforme søknader og gjennomføre og eventuelt lede EU-prosjekter. Mindre selskaper som kanskje har sitt utspring fra forskningsmiljøer og institutter, kan på sin side få med seg gode erfaringer og nettverk fra EU prosjekter. I tillegg er virksomhetens grad av internasjonal orientering et viktig element som kan bidra til økt interesse og ønske om deltakelse. Selskaper med utstrakt internasjonal virksomhet kan se på forsknings- og innovasjonssamarbeid i EU som en mulighet for tilgang til nettverk med kompetanse og markedsaktører, samt innblikk i forsknings- og kunnskapsfronten og kunnskapsutveksling på den europeiske arena.

Energi21 vektlegger virkemidler som skal bidra til å senke terskelen og redusere utfordringene for å delta i EU forskningen for næringslivet.

Energi21 anbefaler følgende tiltak for økt deltakelse fra det norske næringslivet i EU forskningen:

- Årlig kartlegging av barrierer hos næringslivet for deltakelse i EU prosjekter. Basert på barrierestudiet utvikles løsninger og tiltak som bidrar til at næringsaktørene bedre kan utnytte mulighetsrommet som ligger i EUs forsknings – og innovasjonssamarbeid. Undersøkelsen kan være områdespesifikk, med bakgrunn i ulik næringsstruktur innenfor de forskjellige fagområdene. Det er forskjell på hvor Norge har store næringslivsaktører og ikke
- Å forsterke forskningsinstitusjonenes økonomiske insentiver for å ta med norsk næringsliv i prosjekter de deltar i eller leder.
  - Sentersatsinger (FME) på områder hvor man ønsker økt EU- samarbeid. En mulig løsning kan være å åpne opp for dedikerte internasjonaliseringsmidler for EU-deltagelse til pågående og eventuelt nye FME sentre som en belønningsordning («no cure no pay»).

[65] *EØS-Avtalen [1994] og EØS- komiteens beslutning 16.5.2014*
[66] *Regjeringens strategi for forsknings- og innovasjonssamarbeidet med EU – 2014*
[67] *Kilde: Forskningsrådet*
[68] *Status nå er tilfredsstillende for universitetene og for næringsliv*

Energi21 anbefaler følgende tiltak for økt deltakelse fra norske forskingsmiljøer i EU forskningen:

- Premiering av EU deltakelse og samarbeid med et ledende europeisk forskningsmiljø ved evaluering av søknader til Forskningsrådet.
- Etablere prinsipp for kostnadsdekning (tilsvarende Forskningsrådets satser) ved deltakelse i forskningsprosjekter for forskningsmiljøene:
  - Behov for tiltak for forskningsinstituttene (øke satsen for STIM EU)[68]
    - Inkludere egen tellekant knyttet til EU deltakelse i forskningsinstituttenes basisbevilgning (ikke samme som STIM-EU).
- Videreføre og forsterke tiltak knyttet til deltakelse i EUs strategiske prosesser.
- Videreføre strategisk oppbygging av tung forskningsinfrastruktur (INFRA, deltakelse i ESFRI)

6.2

Mission Innovation

Mission Innovation[69] er et internasjonalt samarbeidsinitiativ som ble lansert under klimatoppmøtet i Paris i november 2015. Norge var et av 21 land som var med i oppstarten. Målet for Mission Innovation er at landene gjennom et FoU-samarbeid skal akselerere teknologiutviklingen for klimavennlig energi. En viktig side ved Mission Innovation er en felles ambisjon om å styrke FoU-investeringene. Alle deltakerlandene har forpliktet seg til å jobbe for å doble sine investeringer i energiforskning i løpet av en fem-års periode. Andre ambisjoner bak initiativet er økt samarbeid om store felles utfordringer, samt å legge til rette for private investeringer i energisektoren. I ettertid har EU-kommisjonen og to nye land sluttet seg til Mission Innovation. I juni 2017 overtok EU-kommisjonen ledelsen av styringskomiteen fra US Department of Energy (DOE). Medlemslandene i Mission Innovation har prioritert syv teknologiutfordringer som grunnlag for samarbeid:

- Smart Grids Innovation Challenge.
- Off-Grid Access to Electricity Innovation Challenge.
- Carbon Capture Innovation Challenge.
- Sustainable Biofuels Innovation Challenge.
- Converting Sunlight Innovation Challenge.
- Clean Energy Materials Innovation Challenge
- Affordable Heating and Cooling of Buildings Innovation Challenge

Mission Innovation har imidlertid ikke noe stort sekretariat, og det er heller ingen planer om å etablere en arena til forvaltning av felles forskningsmidler. Operasjonaliseringen vil derfor trolig skje gjennom bilaterale og multilaterale samarbeidsavtaler og gjennom allerede etablerte samarbeidsarenaer, som IEAs samarbeidsprogrammer (TPCer) der også EU-kommisjonen ved Horisont 2020 er inne som samarbeidspartner.

Norge har signalisert deltakelse på alle de syv prioriterte teknologutfordringene, men har meldt særlig interesse for utfordringene rettet mot «Smartgrids», «CCS» og «Biodrivstoff». Til nå har arbeidet hovedsakelig gått ut på å identifisere felles utfordringer og muligheter. Fra norsk side følger vi med på hvordan arbeidet utvikler seg. Konkrete samarbeidsinitiativ vil bli vurdert fortløpende.

Energi21 anbefaler:

Videreutvikle norske samarbeidsposisjoner på internasjonale forsknings- og innovasjonsarenaer der det gir mest effekt, som økt kvalitet i kunnskapsutviklingen, tilgang på og videreutvikling av ny teknologi, og nettverks- og markedstilgang for norske- og internasjonale aktører.

6.3

IEA, nordisk og bilateralt forskningssamarbeid

IEA samarbeid

Det internasjonale energibyrået (IEA) er den viktigste samarbeidsarenaen utenom EU. Norge deltar i 20 av IEAs 38 samarbeidsprogrammer (Technology Collaboration Programmes – TCP) på teknologiområdet. Dette er programmer innenfor hovedområdene energibruk, fornybar energi og fossil energi. Når det gjelder energibruk, er viktige temaer energibruk i bygninger, energilagring, fjernvarme, varmepumper og energisystem. Innenfor fornybar energi er Norge med i solenergi (PV og solvarme), vind, havenergi, vannkraft, bioenergi, geotermisk og hydrogen. Innenfor fossil energi, er Norge med i programmer for klimagassteknologier (CCS etc.), olje- og gassteknologier og økt oljeutvinning. Mer om IEAs teknologiprogrammer og norsk deltakelse finnes på www.iea.no.

Nordisk Energiforskning

Nordisk Energiforsknings (NEF) er et energiforskningssamarbeid mellom de fem nordiske landene. Hovedmålet er å understøtte det nordiske energisamarbeidet. NEF gir støtte til energiforskningsprosjekter som er av felles interesse for nordiske interessenter og som innehar et potensiale for

Skjerka. *Foto: Agder Energi*

grenseoverskridende forskningssamarbeid. De skaper forskningsbaserte grunnlag for energipolitiske beslutninger og er et mellomledd mellom industri, forskning og politikere. NEF har et spesielt fokus på bærekraftige og konkurransedyktige energiløsninger. Institusjonen arbeider også på europeisk nivå. Nordisk Energiforskning har et årlig forskningsbudsjett på 40 mill. norske kroner. Hovedkontoret er lokalisert i Oslo, Norge.

Bilateralt forskningssamarbeid

Når det gjelder bilateralt samarbeid utenfor EU, er USA det klart viktigste landet, og også det landet med flest anerkjente forskningsinstitusjonene. Dessuten har Norge lenge hatt en gunstig skatteavtale med USA som gjør det attraktivt for norske forskere å ta forskeropphold ved universiteter i USA. Bilateralt samarbeid med andre sterkt fremvoksende forskningsnasjoner utenfor Europa og USA bør prioriteres der det gir økt kvalitet i forskningen, bidrar til nødvendig kunnskapsutvikling, og der det gir muligheter for tilgang til internasjonale markeder for norske næringsaktører. Sterke og raskt fremvoksende økonomier i Asia er interessante områder, og Japan, Kina og India er prioriterte samarbeidsland. Japan har eksempelvis stor interesse innen hydrogenteknologi mens Kina er et land som øker sin satsing på FoU betraktelig og har et større FoU budsjett enn Europa.

[69] *Mission Innovation, http://mission-innovation.net/*

7

Realisering av strategiske anbefalinger

Utvikling av fremtidens klimavennlige energi- og transportsystem vil kreve betydelig innsats innen forskning, innovasjon, og økt kommersialisering slik at fremtidens produkter og tjenester utvikles.

7.1 Videreutvikle en dynamisk virkemiddelstruktur for raske innovasjoner

7.2 Budsjettøkning til forsknings- og innovasjonsprosjekter

7.3 Styrke test- og demonstrasjonsaktiviteter for kommersialisering av forskningsaktiviteter

7.4 Tilrettelegge for norsk deltakelse i internasjonale – forsknings- og demonstrasjonsprosjekter

7.5 Videreutvikle virkemiddelet PILOT-E for styrket leverandørutvikling

7.6 Forsterke virkemidlene for innovasjons og nyskaping i energibransjen

7.7 Strategisk samarbeid mellom departementenes 21 prosesser

7.8 Etablere innovative rekrutteringsmetoder for å sikre arbeidskraft og kompetanse

Det er en stor omstilling som må til for å nå nasjonale og internasjonale mål om bærekraft og reduksjon av klimagassutslipp. FNs universelle bærekraftsmål fremhever miljø og klima både som egne mål og prioriterte felt, og som tverrgående dimensjon. Det er store utfordringer som må løses, men disse gir også stort potensial for global og nasjonal verdiskaping.

Regjeringens strategi for grønn konkurransekraft «Bedre vekst, lavere utslipp» peker på målrettet aktivitet knyttet til miljøvennlig energi som en av hovedsatsingene innen forskning, innovasjon og teknologiutvikling for å nå målet om et lavutslippssamfunn i 2050.

Energi21-strategien bygger på næringens ambisjoner om fremtidig verdiskaping og vurderinger knyttet til fremtidens kunnskaps- og teknologibehov. Realisering av Energi21-strategien vil kreve innsats og engasjement fra næringslivet, forsknings- og utdanningsmiljøene og myndighetene.

Samarbeid mellom disse aktørene er avgjørende for at Energi21s ambisjoner skal nås og at nødvendig forskningsaktivitet skal bli gjennomført. Lojalitet mot langsiktige mål kombinert med effektive handlinger med nær tidshorisont er nøkkelelement for vellykket realisering av ambisjonene. Næringslivet må engasjere seg i kunnskaps- og teknologiutviklingen ved å ta risiko og investere tid og kapital i forsknings- og innovasjonsaktiviteter.

Norge har i dag et godt og samordnet virkemiddelapparat som dekker hele innovasjonskjeden. Men fremover vil det være behov for enda mer dynamiske virkemidler og incentiver som kan bidra til raskere kunnskapsoppbygging, mer effektiv gjennomføring av forskningsaktiviteter, raskere teknologiutvikling og akselerert implementering av ny teknologi og løsninger i markedet.

Virkemiddelapparatet bør reflektere prioriterte satsingsområder i den nye Energi21-strategien i sine egne satsinger. Dette gjelder virkemidler hos Forskningsrådet, Gassnova, Enova, NVE og Innovasjon Norge.

Energi21 anbefaler følgende innsats for å virkeliggjøre strategiens anbefalinger:

1. Videreutvikle en dynamisk virkemiddelstruktur for raske innovasjoner og realisering av prosjekter.
2. Budsjettøkning til forsknings- og innovasjonsprosjekter.
3. Styrke test- og demonstrasjonsaktiviteter for kommersialisering av forskningsresultater.
4. Tilrettelegge for norsk deltakelse i internasjonale test- og demonstrasjonsprosjekter.
5. Videreutvikle virkemiddelet PILOT-E for styrket leverandørutvikling.
6. Forsterke virkemidlene for innovasjons og nyskaping i energibransjen.
7. Strategisk samarbeid mellom departementenes 21-prosesser.
8. Etablere innovative rekrutteringsmetoder for å sikre arbeidskraft og kompetanse.

7.1

Videreutvikle en dynamisk virkemiddelstruktur for raske innovasjoner

Ny teknologi må utvikles, ny kunnskap kreves og økt innovasjonstempo er helt avgjørende for å realisere klimamålsettingene samtidig som vi styrker den nasjonale verdiskapingen. Forskning er langsiktig og tidkrevende i sin natur, men man bør søke å få frem resultatene raskere og skape insentiver for morgendagens løsninger.

Forskningsmiljøene vil utfordres løpende på å skape forskningsresultater som dekker næringslivets behov for nye teknologier- og løsninger. Det er derfor viktig at det offentlige virkemiddelapparatet er dynamisk og evner å justere seg i takt med næringslivets og samfunnets behov for å realisere prosjekter og resultater raskere.

Energi21 anbefaler:

- Energi21 anbefaler at det offentlige virkemiddelapparatet for energiområdet bør videreutvikles i takt med behovet for rask teknologi- og kunnskapsutvikling.
- Det bør utvikles virkemidler som bidrar til tidseffektiv realisering av forsknings- og innovasjonsprosjekter og raskere implementering av resultater hos næringslivet og i markedet.

7.2

Budsjettøkning til forsknings- og innovasjonsprosjekter

Klimaforliket i 2008 bidro til at forskning og utvikling innen klimavennlige energiteknologier fikk et kraftig løft i 2009 og 2010. Det har imidlertid vært liten nivåheving i de påfølgende årene.

Utvikling av nye klimavennlige energiteknologier er viktig for verdiskapingen knyttet til ressursutnyttelse og leverandørutvikling. Riktig nivå og hastighet på forsknings- og innovasjonsaktivitetene er avgjørende for å utnytte muligheter og vinne posisjoner i de aktuelle markedene. I tillegg er det behov for rask markedsintroduksjon av klimavennlige energiteknologier for å møte utslippsforpliktelsene Norge har.

Mange land satser nå betydelige offentlige ressurser på teknologiutvikling innen miljøvennlig energi, både for

Programmer:	Dagens nivå-2018 mill. kroner	2019 mill. kroner	2020 mill. kroner	2021 mill. kroner	2022 mill. kroner	Total vekst mill. kroner
ENERGIX	416.5	+90	+90	+90	+90	+360
CLIMIT-FoU	92	+10	+10	+10	+10	+40
FME	182	+20	+20	+20	+20	+80
Totalt	691	+120	+120	+120	+120	+480

Bevilgninger fra OED utgjør 535.6 millioner kroner av totalen i 2018.

å kunne innfri egne klimaforpliktelser og men også for å bidra til konkurransekraft for eget næringsliv. Behovet for å akselerere utviklingen innen klimavennlige energiteknologier for å nå klimamålene er også utgangspunktet for satsingen innen «Mission Innovation»[70], jf. kap 6.9.

I rapporten «Better Business, better world»[71], som ble presentert i Davos i 2017 har en del ledere fra samfunn og næringsliv regnet på forretningsmulighetene som ligger i bærekraftsmålene innenfor fire økonomiske systemer. De kom til årlige verdiskapingsmuligheter tilsvarende 12 000 milliarder dollar, (10-12 norske oljefond). Mange av mulighetene er innenfor energi, transport og infrastruktur, områder som Energi21 dekker. Norge har med sine store energiressurser, sitt næringsliv innenfor energi og energi-intensive sektorer og sine forskningsmiljøer spesielt gode forutsetninger for å kunne lykkes med verdiskaping innen miljøvennlig energi og lavutslippsteknologier.

En satsing på utvikling av klimavennlige energiteknologier vil berøre flere samfunnssektorer og dermed også flere departementer (energi, skog, landbruk, hav, samferdsel, klima/miljø, bygg, industri). I de siste årene har det påløpt betydelige samfunnskostnader som følge av klimaendringene, også i Norge. Som et eksempel har erstatninger knyttet til naturskader og overflatevann økt betydelig og var i perioden 2008–2017 på henholdsvis 8.9 og 10 milliarder kroner[72].

Energisystemet representerer en av samfunnets viktigste infrastrukturer. Løsninger på fremtidig samfunnsutfordringer vil omfatte både nye og umodne teknologier, noe som gir store forsknings- og utviklingsbehov. I tillegg er det behov for å øke FoU-budsjettene for at eksisterende og ny industri skal kunne utvikle nye idéer og gripe de mulighetene som er omtalt ovenfor.

Det er i dag (2018) stor søkning til forsknings- og innovasjonsprosjektene, og næringslivet viser engasjement. Dette er et godt utgangspunkt, og anbefalt budsjettvekst vil sikre nødvendig kunnskaps- og teknologiutvikling for fremtidig næringsutvikling og verdiskaping.

Energi21 anbefaler:

- Energi21 anbefaler en budsjettvekst på 480 millioner kroner for offentlig støtte til forsknings -og innovasjonsprosjekter på energiområdet i perioden 2019–2022.
- Budsjettveksten forvaltes av Forskningsrådets og legges til forskningsprogrammene ENERGIX, CLIMIT-FoU og FME ordningen. Energi21 anbefaler at den tematiske fordelingen av midlene følger prioriteringer gitt i Energi21 strategien. Tabellen over viser en anbefalt budsjettvekst per år i perioden 2019–2022 fordelt på ENERGIX, CLIMIT-FoU og FME.

7.3

Styrke test- og demonstrasjonsaktiviteter for kommersialisering av forskningsaktiviteter

En styrking av test- og demonstrasjonsaktiviteter er svært viktig for å få realisert nye teknologiske løsninger raskt For bedriftene innebærer teknologiutvikling store kostnader og høy risiko. Det er viktig at de offentlige virkemidlene er tilpasset både kapitalbehov for risikoprofil i de ulike fasene i innovasjonskjeden, dra forsknings og utvikling til kommersialisering. Idéutvikling, forsking og konseptutvikling er krevende faser, men risiko og kapitalbehov blir mangedoblet når bedriftene kommer til pilot- og demonstrasjonsfasen.

Regjeringens energi- og klimateknologisatsing som forvaltes av Enova er avgjørende for utvikling og kommersialisering av fremtidens klimavennlige energiteknologier.

Flere av Energi21-strategiens satsingsområder krever gjennomføring av test- og demonstrasjonsprosjekter for realisering av mål om leverandørutvikling mot et internasjonalt marked.

[70] *http://mission-innovation.net/*
[71] *http://report.businesscommission.org/*
[72] *Finans Norge*

Ny Iveland spiraltrommel. *Foto: Agder Energi*

Enovas virkemidler er solide og dekker samtlige av Energi21 strategiens satsingsområder. Virkemidlene gir muligheter for aktørene til å komme videre i innovasjonsløpet og nærmere kommersialisering av teknologier og tjenester. Dette forutsetter imidlertid at Enova legger strategiens anbefalinger til grunn der det har relevans i sin fordeling og prioritering av midler fra energi- og klimateknologifondet. For å oppnå en helhetlig innovasjonskjede er det også viktig at resultater fra forskningsmiljøenes virksomhet videreføres og realiseres ved allokering av midler fra fondet.

Energi21 anbefaler:

- Energi21 anbefaler at Enova legger strategiens anbefalinger til grunn der det har relevans i sin prioritering og fordeling av midler fra energi- og klimateknologifondet. Regjeringens energi- og klimateknologisatsing som forvaltes av Enova har stor betydning for realisering av Energi21-strategiens satsingsområder.

7.4

Tilrettelegge for norsk deltakelse i internasjonale forsknings- og demonstrasjonsprosjekter

Mange norske næringsaktører utvikler teknologi kun for et internasjonalt marked. Fravær av hjemmemarked medfører et behov for innpass i internasjonale test- og demonstrasjonsprosjekter. Et eksempel er havvind. Markedet for flytende havvindkraftteknologi er relativt umodent, utviklingen skjer på utenlandsk sokkel og det er behov for risikoavlastende virkemidler.

Hvis det norske virkemiddelapparatet skal bistå norske aktører med å komme i posisjon med hensyn til å utvikle internasjonalt konkurransedyktige teknologier og få innpass i internasjonale markeder, bør dagens virkemidler videreutvikles for dette formålet. Virkemidler med internasjonal orientering bør både være målrettet mot norske næringsaktører og samtidig tilpasset EUs statsstøtteregelverk.

Energi21 anbefaler:

- Videreutvikle virkemidler som bistår norske aktører med å komme i posisjon og utvikle internasjonale konkurransedyktige teknologier og tjenester.
- Etablere virkemidler som gir norske aktører mulighet for deltakelse i internasjonale test- og demonstrasjonsprosjekter.

7.5

Videreutvikle virkemiddelet PILOT-E for styrket leverandørutvikling

PILOT-E er et finansieringstilbud til norsk næringsliv, etablert av Forskningsrådet, Innovasjon Norge og Enova. Målet med ordningen er å følge aktørene gjennom hele teknologiutviklingsløpet og bidra til raskere utvikling og implementering av nye produkter og tjenester innen miljø- og klimavennlig energiteknologi.

PILOT-E har gitt god respons i næringslivet og hos forskningsmiljøene. PILOT-E har relevans for teknologiområder med samfunnsmessige utfordringer, nasjonalt marked og som har potensiale for nærings- og leverandørutvikling.

Energi21 anbefaler at virkemiddelaktørene (Forskningsaktørene, Enova og Innovasjon Norge) fortsetter det gode samarbeidet om en helhetlig virkemiddelstruktur langs hele innovasjonskjeden fra idé til marked. Deres felles virkemiddel PiLOT- E bør videreutvikles og styrkes slik at det er rom for flere utlysninger innenfor flere teknologiområder med samfunnsmessig nytte og potensiale for leverandørutvikling.

Energi21 anbefaler:

- Energi21 anbefaler å videreutvikle en helhetlig virkemiddelstruktur langs hele innovasjonskjeden og forsterke finansieringsordningen PILOT-E for økt leverandørutvikling og verdiskaping innenfor utvalgte teknologiområder. PILOT-E har i 2018 et budsjett på 100 mill. kroner. Energi21 anbefaler å øke dette med 200 mill. kroner i perioden 2019-2022 til totalt 300 mill. kroner.

7.6

Forsterke virkemidlene for innovasjons og nyskaping i energibransjen

Regjeringen har ambisjon om at Norge på sikt skal bli ett av de mest innovative landene i Europa. Forskningsrådet stimulerer innovasjon både med utgangspunkt i eksisterende næringsliv og med utgangspunkt i forskningsresultater fra universiteter og forskningsinstitutt. Universitetene

og enkelte forskningsinstitutt har etablert egne TTO'er (Technology Transfer Offices), som verifiserer de forskningsresultatene som er best egnet for videre kommersialisering.

TTO'ene får støtte til sin virksomhet gjennom Forskningsrådets program FORNY2020. Videre har Innovasjon Norge etablert såkornfond sammen med privat kapital hvor nyetablerte bedrifter kan søke om egenkapital i en tidlig fase. Når bedriftene blir noe mer modne, finnes det venturefond av både privat og offentlig karakter (Investinor) som kan skyte inn ytterligere egenkapital når egenkapitalbehovene øker.

FORNY2020 bør styrkes og det bør etableres flere såkornfond som kan bidra til tidlig kapitaltilgang for nyetablerte bedrifter. Dette er viktige virkemidler som gjelder alle næringssegmenter. Det bør sikres at bedrifter innenfor området bærekraftig energi får en riktig plass innenfor helheten i et slikt virkemiddelsystem.

Energi21 anbefaler:

- Styrk innsatsen innen innovasjon og nyskaping gjennom FORNY2020.
- Øke FORNY 2020 fra 300 Til 600 mill. kr pr år i tråd med programplanen.
- Styrk innsatsen innen innovasjon og nyskaping gjennom Såkornfond.
- Øke Innovasjon Norge sine investeringer i såkornfond med 1 milliard kroner.
- Styrk innsatsen innen innovasjon og nyskaping gjennom Forskningsrådets innovasjonsprosjekter.
- Øke støtten til Innovasjonsprosjekter i programmene ENERGIX og CLIMIT.

7.7

Strategisk samarbeid mellom departementenes 21 prosesser

Realisering av flere av Energi21s satsingsområder er avhengig av sektorsamarbeid på myndighetsnivå. Manglende samarbeid gir mangel på kontinuitet, teknologiområder som faller mellom to eller flere stoler, og nødvendig kunnskaps- og teknologiutvikling uteblir. Manglende kunnskaps- og teknologiutvikling er uheldig for forsknings- og næringslivsaktørene og ikke minst for verdiskapingen generelt innenfor de ulike teknologiområdene.

Det er viktig at departementene fortsetter sitt gode samarbeid på tvers av sektorer. Dette har stor betydning for kunnskaps- og teknologiutviklingen og ikke minst næringsutviklingen innen energiområdet.

Flere departementer har initiert og etablert rådgivende strategiorganer og strategidokumenter tilsvarende Energi21. Flere av disse har faglige mandater med grenseflater mot Energi21s arbeidsområde. I tillegg er det synergier å hente ved et tettere samarbeid mellom disse strategiske prosessene.

Under følger en tabell som viser hvilke 21 prosesser som har grenseflater mot Energi21 strategiens satsingsområder.

Energi21 anbefaler:

- Energi21 anbefaler samarbeid med OG21, Digital21, Prosess21, Maritim21, Hav21, Skog22, Bygg21 og Transport21 for å harmonisere strategiske satsingsområder og utnytte synergiene i grenseflatene mellom de faglige mandatene. Dette vil sikre helhetlig forskningsstrategier og utvikling innenfor de aktuelle teknologi- og temaområdene.

	OG21	Digital21	Prosess21	Maritim21	Hav21	Skog22	Bygg21	Transport21
Digitaliserte og integrerte energisystemer	x	x	x			x	x	x
Klimavennlig og energieffektiv industri inklusive CO_2 håndtering	x	x	x			x		
Klimavennlig energiteknologier til maritim transport	x	x		x	x	x		x
Havvind for et internasjonalt marked	x	x		x	x			
Solkraft for et internasjonalt marked		x	x					
Vannkraft som bærebjelken i norsk energiforsyning		x						

7.8

Etablere innovative rekrutteringsmetoder for å sikre arbeidskraft og kompetanse

Utviklingen går raskt og energibransjen vil blir stadig mer avhengig av menneskelige kunnskapsressurser som evner å innovere og delta i flerfaglig og sektorovergripende samarbeid. Fremtidens digitaliserte og integrerte energisystem vil kreve virksomheter og tilgang til kunnskap som både er dynamisk og som tilpasser seg omverdens utfordringer raskt.

Digitaliseringen samt forventet generell utvikling innen teknologi, marked og samfunn vil kreve raskere fornyelse av kompetansen og flere fagkombinasjoner. Et eksempel er effektiv utnyttelse av digitaliseringens mulighetsrom som vil kreve både IKT og fag- og bransjespesifikk kompetanse, for å oppnå ønsket funksjonalitet og nytteverdi.

Det er viktig at nyutdannede kandidater fra energiutdanningen har oppdatert og relevant IKT- kompetanse som energibransjen trenger. Energibransjen må håndtere både utfordringene og mulighetene IKT gir. De siste årene har det blitt bevilget 500 studieplasser innen IKT, et fåtall av disse har tilfalt energiutdanningen.

Tilgang til sterke kandidater krever solide utdanningsmiljøer og motivering for realfag i kombinasjon med fremtidsrettede fagkombinasjoner på tidlige klassetrinn. Samarbeid mellom myndigheter, utdanningsmiljøer og næringsliv er nødvendig både for tilpasning av utdanningsopplegg, gjennomføring av praktisk trening og markedsføring av energibransjens karrieremuligheter.

Energi21 anbefaler:

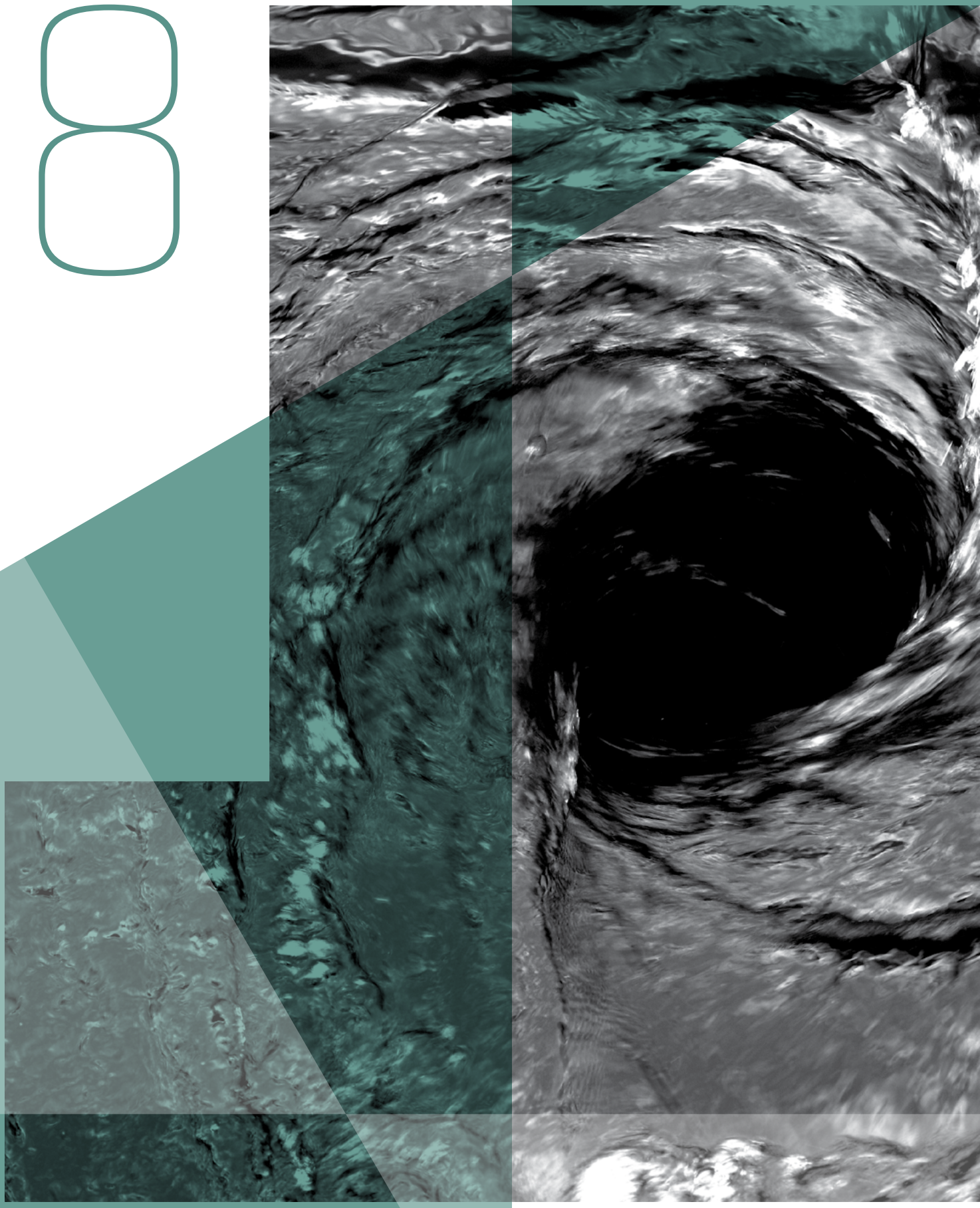
- Energi21 anbefaler at det utvikles virkemidler som støtter innovativ kunnskapsutvikling og rekrutteringsmetoder slik at energibransjen sikres fremtidsrettet arbeidskraft og kompetanse.
- I denne sammenheng er det viktig med et samarbeid mellom forsknings- og utdanningsmiljøene, næringslivet og myndighetene for å designe fremtidens studieprogram.

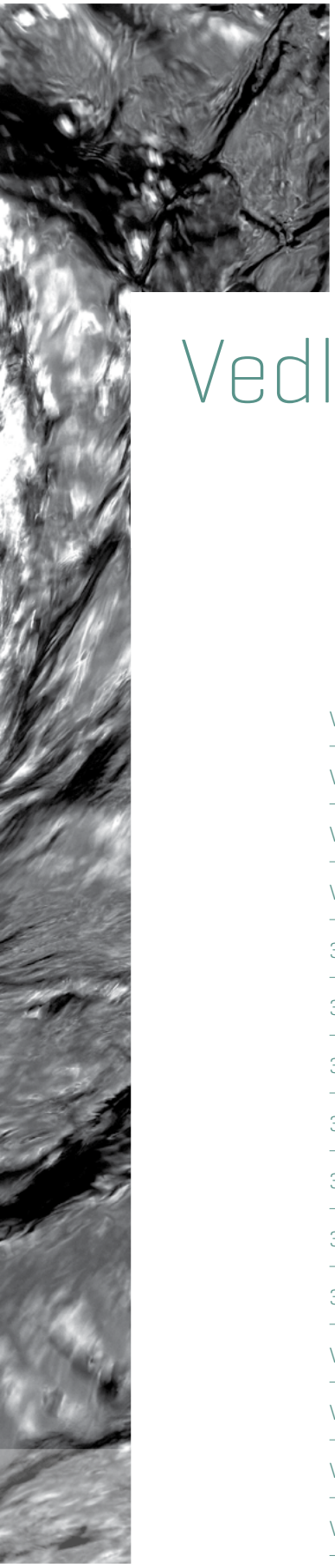
Innovativ kunnskapsutvikling kan økes gjennom bl.a. følgende tiltak:

- Tettere kobling mellom næringsliv (enkelt selskaper og næringsklynger) og akademia, gjennom eksempelvis kontinuerlig samarbeid om utdanningsopplegg og læringsmål tilpasset næringens behov.
- Mer praksis integrert i utdanningen der praksisbedriften for noe mer kompensasjon.
- Styrke satsingen på nærings Ph.d. og industrimaster utdanning.
- Videreutvikle eksisterende laboratoriefasiliteter til nye kompetansekrav.
- Integrere IKT-kompetanse i energifaglige utdanninger, og sikre kandidater med relevant IKT kompetanse til energibransjen.
- Styrke satsingen på kraftelektronikk i energiutdanningen for å møte kompetansebehov knyttet til design, bygging og drift av digitaliserte og integrerte energisystemer.

Arbeid på kraftmaster, Statnett. *Foto: Johan Wildhagen*

8





Vedlegg

Vedlegg 1: Energi21 - mandat fra Olje- og energidepartementet

Vedlegg 2: Styret til Energi21

Vedlegg 2.1: Ledelse og operativ drift av Energi21

Vedlegg 3: Fagområdene som er anbefalt innenfor en kunnskaps- og teknologiplattform

3.1 Energieffektive og smarte bygninger

3.2 Hydrogen

3.3 Dyp geotermisk energi

3.4 Bioenergi

3.5 Klimavennlige energiteknologier til landbasert transport

3.6 Klimavennlige energiteknologier til lufttransport

3.7 Landbasert vindkraft

Vedlegg 4: Premissgrunnlag for strategiske prioriteringer

Vedlegg 5: Begrepsliste

Vedlegg 6: Referanseliste og kilder

Vedlegg 7: Deltakere i Energi21s strategiprosesser

Vedlegg 1

Energi21 - mandat fra Olje- og energidepartementet

Energi21-styret er oppnevnt av olje- og energiministeren. Hensikten, ansvaret og oppdraget er beskrevet i mandatet til Energi21 fra Olje- og energidepartementet. Videre følger en beskrivelse av dette:

Mandat for Energi21, 1. november 2016

Formålet med Energi21

Energi21-strategien skal henge sammen med den norske energipolitikken og bygge opp under de hovedmål myndighetene har satt for satsingen på energiforskning, nemlig å:

- bidra til økt verdiskaping på grunnlag av nasjonale energiressurser og energiutnyttelse
- bidra til energiomlegging gjennom utvikling av ny teknologi for å begrense energibruk og klimagassutslipp samt produsere mer miljøvennlig energi på en effektiv måte
- utvikle internasjonalt konkurransedyktig kompetanse og næringsliv innenfor energisektoren

Formålet med strategien skal være å sikre økt bærekraftig verdiskaping og forsyningssikkerhet, gjennom et mer samordnet og økt engasjement i energinæringen når det gjelder forskning, utvikling, demonstrasjon og kommersialisering av ny energiteknologi for stasjonære formål og transport.

Energi21 skal også være rettet mot kunnskapsoppbygging som kan gjøre Norge til en viktig leverandør av miljøvennlig kraft, systemtjenester, kunnskap og teknologi til Europa.

Strategien skal derfor inkludere internasjonalt forsknings- og teknologisamarbeid, med særlig vekt på å forsterke forsknings- og innovasjonssamarbeidet med EU og legge til rette for økt norsk deltakelse i energiprosjekter i EU.

Strategien skal skape en helhetlig tenking rundt satsingen på ny energiteknologi gjennom å koble myndigheter, næringslivet og forskningsmiljøer nærmere sammen. Samtidig er det et mål å få større oppslutning om energiforskning generelt og bidra til økt satsing på FoU i næringslivet.

Styrets oppgaver

Styret for Energi21 skal bidra til organisering og gjennomføring av Energi21-strategien i henhold til dens formål. Strategien må kommuniseres og forankres hos relevante aktører slik som energibransjen ved energiselskapene og leverandørbedriftene, forskningsmiljøene, bevilgende myndigheter, Forskningsrådet, Enova og Innovasjon Norge.

Styret skal løpende vurdere behovet for å konkretisere, spisse og handlingsrette strategien ytterligere. Styret skal videre vurdere behovet for å benytte innsatsgrupper på de prioriterte innsatsområdene og deres arbeid skal i tilfellet følges opp av styret. Styret må holde seg orientert om og ha et bevisst forhold til nasjonale strategier og aktiviteter som er av betydning for Energi21. Dette inkluderer eksempelvis regjeringens bioenergistrategi, departementenes hydrogenstrategi og myndighetenes satsing på fangst og lagring av CO_2.

Styret skal gi råd til bevilgende myndigheter (inkl. Forskningsrådet, Enova og Innovasjon Norge) og energibransjen om forskningsprioriteringer i henhold til Energi21. Styret skal bistå forskningsmiljøene med å kartlegge kompetanse som vil etterspørres av energiselskapene og leverandørindustrien.

Styret skal bidra til å samordne forskningsaktiviteter og motivere energiselskapene (styrer og administrasjon) til økt FoU-satsing i tråd med Energi21. Styret skal årlig ha en intern evaluering av sin virksomhet.

Strategien skal oppdateres med 2-3 års mellomrom.

Vedlegg 2

Styret til Energi21

Styret til Energi21 er oppnevnt av Olje- og energidepartementet ved statsråden:

Sverre Aam, styreleder,	SINTEF Energi AS
Ragne Hildrum,	Statkraft AS
Anne Jorun Aas	SIGLA
Sigrid Hjørnegård	Energi Norge
Lars Kr. Vormedal	Statnett SF
Arne Sveen	ABB
Unni Farestveit	Agder Energi AS
Erik Figenbaum	Transportøkonomisk Institutt
Olav Bjarte Fosso	NTNU
Nils Morten Huseby	IFE
Rune Volla	Forskningsrådet
Hans Jørgen Vinje	Gassnova SF
Audhild Kvam	Enova SF frem til 1.2.2018
Gunnel Fottland	Enova SF fra 23.2.2018

Observatører i styret:

William Christensen	OED
Torgeir Knutsen	OED
Tore Grunne	OED
Jun Elin Wiik Totain	NVE

Vedlegg 2.1

Ledelse og operativ drift av Energi21

Det operative strategiske arbeidet ledes av direktør Lene Mostue.

Energi21 rapporterer direkte til Olje- og energidepartementet.

Forskningsrådet bistår med lokaler og støttesystemer til drift av Energi21 administrasjonen. Administrasjonen består av en stilling tilknyttet Norges Forskningsråd.

Energi21 finansieres av Olje- og energidepartementet og næringslivsaktører.

For mer informasjon om Energi21
se nettsiden www.energi21.no

Alternativt ta direkte kontakt med
Lene Mostue på e-post: lm@rcn.no.

Vedlegg 3

Fagområdene som er anbefalt innenfor en kunnskaps- og teknologiplattform

Ut over de seks prioriterte satsingsområdene, anbefaler Energi21 å videreutvikle en solid kunnskaps- og teknologiplattform innenfor følgende områder:

- Energieffektive og smarte bygninger
- Hydrogen
- Bioenergi
- CO_2-håndtering
- Dyp geotermisk energi
- Klimavennlige energiteknologier til landbasert transport
- Klimavennlige energiteknologier til lufttransport
- Landbasert vindkraft
- Andre klimavennlige energiteknologier med potensiale for verdiskaping
- Humaniora, juridiske og samfunnsvitenskapelige fag

3.1

Energieffektive og smarte bygninger

Energi21 vurderer energieffektive og smarte bygninger som et viktig fagområde for fremtidens lavutslippssamfunn. Bygninger spiller en mer aktiv rolle i energisystemet, både som energiforbruker, energiprodusent og fleksibilitetsressurs. I tillegg har Norge en solid teknologi- og kompetansebase innen energieffektive bygninger, som gir muligheter for næringsutvikling.

Sammendrag energieffektive og smarte bygninger:

- Byggsektoren er en stor energiforbruker og står for 30 % av energibruken internasjonalt[73]. Effektiv energiutnyttelse er et overordnet mål, og utviklingen i byggsektoren har betydning for utviklingen av lavutslippssamfunnet.
- Fremtidens bygninger utgjør en viktig del av det fleksible energisystemet. Utviklingen går mot «Smarte Bygg» og etter hvert «Smarte Byer og Tettsteder». Utviklingen i byggsektoren må i større grad sees i sammenheng med energisystemet for øvrig.[74]
- Smarte, energieffektive bygg kan i tillegg til reduksjon i energibruk bidra som fleksibilitetsressurs i kraftsystemet (termisk lager og effektstyring).
- Nye krav og ny teknologi vil endre den fremtidige bygningsmassen til lav og nullenergibygg og på sikt også til energiproduserende enheter.
- Lav utskiftingstakt i bygningsmassen gjør at utnyttelse av energieffektiviseringspotensialet i eksisterende bygninger er viktig. Dette potensialet er stort.
- Nye teknologier og nye krav til bygninger skaper muligheter for norske aktører
- Norske næringsaktører og forsknings- og utdanningsmiljøer har solid kompetanse innen materialbruk i bygg. I tillegg har Norge gode FoU miljøer som arbeider med systemintegrasjon av smarte energieffektive bygninger og byer.
- Norge har kommet langt innen design, konstruksjon og drift av plusshus, denne kompetansen er internasjonalt anerkjent og etterspørres av utenlandske aktører.

3.1.1
MARKEDSUTVIKLING OG FORVENTET BETYDNING

Energi til drift av bygninger summerer seg til 80 TWh årlig i Norge. Det anslås at potensialet for redusert energibruk i bygninger er 10 TWh innen 2020 og 40 TWh innen 2040[75]. Internasjonalt står energibruk i bygninger for 30 % av total energibruk, og har et stort energieffektiviseringspotensial[76]. EU har besluttet at innen 2020 skal alle nye bygninger være «nesten nullenergihus», hvilket skaper store muligheter for leverandører av løsninger og tjenester for slike bygninger.

I Norge er energieffektiviteten i nye bygninger bedret gjennom mange tiår blant annet gjennom stadig strengere krav i de byggtekniske forskriftene (TEK). Klimaforliket i 2012 fastslo å *skjerpe energikravene i byggteknisk forskrift til passivhusnivå i 2015*, og ble fulgt opp med skjerpede krav til energibruk i bygninger fra januar 2016. De nye kravene er beregnet å gi 20-25 % mer energieffektive bygninger enn ved foregående krav[77]. Det er fortsatt usikkert hvordan fremtidige forskrifter vil utformes, men det kan forventes ytterligere energieffektivitetskrav i tråd med klimaforlikets mål om *nesten nullenerginivå i 2020*.

I EU defineres nullenergihus med utgangspunkt i selve bygningskroppen og kan innebære krav til bygningsintegrert energiproduksjon. I Norge er derimot situasjonen annerledes siden all energien allerede kommer fra fornybare kilder som elektrisitet og fjernvarme. Det er et handlingsrom i direktivet når det gjelder å definere neste nullenergibygg nasjonalt og i Norge vil det være naturlig å legge teknologinøytralitet til grunn for regelverket med utgangspunkt i det energisystemet vi har. Energieffektive og smarte bygg er uansett en målsetting. Dette vil kreve ny teknologi i bygningene og i grenseflaten mot energisystemet både for styring og energiutveksling.

Det er også et stort potensial for redusert energibruk i eksisterende bygningsmasse ved bruk av eksisterende teknologi. I Oslo kommune er det eksempelvis et økonomisk potensial for reduksjon av energibruken i den eksisterende bygningsmassen på rundt 3 TWh[78], dvs. omtrent 30 %. Det er behov for gode systemmodeller for modellering av bygningsmassen og ulike energieffektiviseringstiltak for å kunne vurdere tiltakene opp mot hverandre, samt for å utløse tiltakenes fullstendige potensial.

Det har vært rettet stor oppmerksomhet mot energibruk til oppvarming i bygninger gjennom etterisolering og utvikling av passivhus[79]. I eldre bygninger utgjør romoppvarming rundt 30-45% av energibruken, og representerer derfor et stort energieffektiviseringspotensiale. I nye og rehabiliterte bygg vil romoppvarming utgjøre mellom 5–15 %[80], og effektivisering av annet energibruk vil bli viktig.

Det eksisterer i dag flere modne teknologier for energieffektivisering som kan implementeres i markedet, barrierene er hovedsakelig knyttet til iverksettelse. Samtidig er det fortsatt behov for utvikling av ny teknologi og løsninger innen energieffektivisering, spesielt innenfor materialteknologi og system og driftstekniske løsninger. Teknologier og løsninger for smarte bygninger er et område med rask teknologisk utvikling, og som forventes å få betydning for energibruk i bygninger i fremtiden. Teknologisk utvikling innen blant annet IoT81, sensorer, databehandling og maskinlæring, bidrar til at energi brukes så effektivt som mulig. Smarte bygninger kan også sikre et bedre samspill med energisystemet for øvrig, ved optimalisering av energi- og effektuttak og bruk av lokal produksjon og lagring.

3.1.2
DET NORSKE AKTØRBILDET, NÆRINGSLIV OG FORSKNINGSMILJØER

Bygningssektoren er et område med mange aktører og stor variasjon i kompetanse, tilnærming og ambisjoner. De omfatter blant annet arkitekter, rådgivende ingeniører, entreprenører, VVS installatører, elektroinstallatører og ulike former for produsenter, teknologi og utstyrsleverandører. Aktørene retter seg i hovedsak inn mot tre områder; Bygningskroppen (isolasjon, vinduer, m.v.), tekniske systemer (styring, ventilasjon, m.v.) og forsyning (el, tappevann, varme, kjøling).

Flere norske næringsaktører er aktivt med for å utvide kompetansen innen energieffektivisering i bygninger, og flere aktører konkurrerer i å utforme bærekraftige, nullutslippsbygninger.

Norge har flere gode forskningsmiljøer innen energieffektive bygninger som har kompetanse på nivå med de verdensledende institusjonene i Norden. Disse miljøene er svært gode innen høyisolerte fasader med innovativ materialbruk innen tre, glass og aluminium, samt energieffektive tekniske systemer og systemløsninger for et godt inneklima og høy komfort. Videre har de fleste universiteter og større høyskoler kompetanse og undervisning innen energieffektive bygninger og tekniske systemer.

Gjennom FME-er har flere forskningsmiljøer og næringsaktører fokusert på bygningers energibruk, utslipp og materialbruk i et livsløpsperspektiv. Lokal, fornybar energiproduksjon har også vært en del av arbeidet til FME-ene.

3.1.3
NORSKE UTFORDRINGER OG MULIGHETER

Mulighetene på dette området kan i hovedsak deles i to; verdien av redusert energi- og effektuttak med tilhørende positive klima, miljø og økonomiske gevinster, og verdiskaping knyttet til næringsaktører som leverer teknologi, systemer samt kompetanse og rådgivning inn mot byggsektoren, både i det nasjonale og det internasjonale markedet. Mulighetene er knyttet til effektiv energibruk i nye bygninger og i eksisterende bygningsmasse. Sektoren har hittil vært preget av lav innovasjonsaktivitet, men ambisiøse målsetninger, blant annet presentert i Eiendomssektorens

Veikart mot 2050, kan være et endringstegn.

Gradvis strengere byggeforskrifter mot nullenergi synliggjør det store energieffektiviseringspotensialet som ny teknologi og nye løsninger muliggjør. Fremtidig utforming av byggeforskrifter vil påvirke videre utvikling av bygningsmassen. Trolig vil varmepumper kunne spille en enda mer sentral rolle enn før, og solceller og solvarme bli mer utbredt. Sterkt fallende priser gjør solceller mer aktuelt også i Norge. Bygningsintegrerte solceller blir trolig tilgjengelig for ulike tak, vinduer og fasader. Brønnparker for varme- og kjøleløsninger er også et aktuelt alternativ, da den norske bygningsmassen har et kombinert behov for varme og kjøling. Norge har noen av Europas største brønnparker for varme og kjøleløsninger.

Norge har vært tidlig ute innen utvikling av energieffektive, lavutslippsbygninger, og norske aktører lanserte i 2014 verdens første rehabiliterte plusshus. Et eksisterende kontorbygg ble rehabilitert, og oppnådde energibesparelser på 90 %[82]. Flere næringsaktører og forskningsmiljøer deltok i arbeidet, som bestod av mye nybrottsarbeid. Flere andre prosjekter for energieffektive, lavutslippsbygninger er gjennomført i samarbeid mellom forskningsmiljøer og næringsaktører over de siste årene, og det er bygget en god kompetansebase. Norske prosjekter opplever oppmerksomhet internasjonalt, og Norge er langt fremme innen plusshus[83]. Samtidig er det fortsatt behov for bedre forståelse for bygningers miljøavtrykk gjennom livsløpet, og det er behov for å videreutvikle metoder for LCA-analyser.

Smart strømstyring er et område som opplever rask teknologisk utvikling, og som forventes å få stor betydning for energibruk i bygninger i fremtiden. Med strengere krav til energieffektivitet, og når bygninger på sikt får egen energiproduksjon, øker behovet for smart energistyring. Nye digitale løsninger, sensorer, styringsprogrammer, oppkoblede enheter m.m. muliggjør smart, optimalisert og automatisert energibruk. Smart strømstyring muliggjør også bedre samspill med energisystemet for øvrig. Teknologier og tjenester for smarte bygg representerer et stort markedspotensial.

Med en utskiftingstakt i bygningsmassen på anslagsvis 2 % årlig, har nullenergi og plusshus et langt tidsperspektiv. Det må derfor også utvikles flere produkter og løsninger som gjør det lettere å øke energieffektiviteten også til eksisterende bygninger. 50-80 % av bygningene som vil brukes i 2050 er allerede bygget. Energibruk i eksisterende bygningsmasse er en stor utfordring, og eksisterende bygningsmasse har i snitt 2,5 ganger høyere energibruk per kvm enn det nye bygg forventes å ha[84]. Ved rehabilitering er mye av handlingsrommet bestemt av den eksisterende bygningen. Gode løsninger krever derfor forståelse for mer enn det rent energitekniske, og gode løsninger for eksisterende bygninger er ikke nødvendigvis like som for nye bygninger.

3.1.4 DIGITALISERING OG SMARTE BYGG

Som beskrevet i foregående tekst, skjer det en rask teknologisk utvikling innen smarte bygninger. Denne teknologiske utviklingen baseres i stor grad på digitale teknologier som blant annet IoT, sensorer, databehandling og maskinlæring, som muliggjør både bedre energistyring i enkeltbygninger samt bedre samspill mellom bygninger og energisystemet for øvrig.

3.1.5 NÆRINGENS AMBISJONER

Næringslivet innen energieffektive og smarte bygninger har følgende ambisjoner:

- Effektiv energiutnyttelse i den norske bygningsmassen.
- Økt lokal og bygningsintegrert fornybar energiproduksjon.
- Utvikle smarte og energieffektive bygninger som er i front internasjonalt.
- LCA-analyser for bygninger – utvikle felles verktøy for hele bransjen.
- Fleksibel integrasjon av energieffektive bygg med energisystemet (el, varme, kjøling).
- Bedre planlegging av grønne områder, der bygninger, energiinfrastruktur, lokale ressurser og fleksible systemer sees i sammenheng.

3.1.6 TILTAK OG SENTRALE FORSKNINGSTEMAER

Næringen innen energieffektive og smarte bygninger vektlegger følgende tiltak og forskningstemaer for å realisere ambisjoner og møte fremtidens kunnskaps- og teknologibehov:

Tiltak:

- Støtte tiltak for å implementere og kommersialisere forskningsresultater innen energieffektivisering i bygg.
- Økte insentiver for investeringer i energieffektiviseringstiltak, samt forbedre regelverk.
- Bidra til å følge opp Bygg21 og at energibruk er på deres agenda.

[73] *IEA (2017), Energy Technology Perspectives 2017*
[74] *Behandles i kapittelet Digitaliserte og integrerte energisystemer.*
[75] *KRDs arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg*
[76] *IEA (2017), Energy Technology Perspectives 2017*
[77] *Kommunal- og moderniseringsdepartementet, https://www.regjeringen.no/no/tema/plan-bygg-og-eiendom/plan--og-bygningsloven/bygg/innsikt/faktaark-om-nye-energikrav-til-nybygg/id2461620/*
[78] *STREK 2020, Strategi for energieffektiv og mer klimanøytral bygningsmasse i Oslo, delrapport 3a. Energidata Consulting og Xrgia, 2012*
[79] *Grønn Byggallianse og Norsk Eiendom (2016), Eiendomssektorens veikart mot 2050*
[80] *Ibid.*
[81] *IoT: Internet of things*

- Centre of excellence for smart energibruk i bygninger.
- Økte insentiver for bedre planlegging av grønne områder, både for nye og rehabilitering av eksisterende område, samt tilpasninger av regelverk
- Iverksette forsknings-, utviklings-, demonstrasjons- og kommersialiseringsaktiviteter innenfor de identifiserte strategiske forskningstemaene som følger under:

Strategiske forskningstemaer:

- Materialer og løsninger for effektivisering i eksisterende og ny bygningsmasse.
- Insentiver for å stimulere utvikling og implementering av nye integrerte energiløsninger.
- Bygninger og koblingen mot energisystemet for øvrig, inkludert fleksibilitet til kraftnettet, transport og andre næringer.
- Metoder og incentiver for realisering av prosjektert, beregnet, simulert energiutnyttelse samt monitorering av systemytelse.
- Teknisk og økonomisk optimalisering av lokal og bygningsintegrert fornybar energi og forbruksbruksprofiler i lavenergi, nullenergi og plussenergihus.
- LCA-analyser for bygg – inkludert modeller for beregninger av energibruk og klimagassutslipp gjennom bygningers livsløp.

3.2

Hydrogen

Hydrogen som energibærer kan få flere viktige roller i fremtidens klimavennlige energi- og transportsystem. Energi21 vurderer at hydrogen kan bidra til verdiskaping gjennom utnyttelse av våre vann-, vind- og gassressurser, og som en utslippsfri energibærer i fremtidens lavutslippssamfunn. I tillegg er det et potensial for leverandørutvikling innen hydrogenteknologi- og løsninger.

Hydrogenområdet har en rolle å spille for utvikling av satsingsområdene: «Klimavennlig og energieffektiv industri med CO_2-håndtering», «Klimavennlige energiteknologier til maritim transport» og «Digitale og integrerte energi- og transportsystemer».

Sammendrag om hydrogen:

- Hydrogen har egenskaper som gjør den egnet til å avkarbonisere energiproduksjon, -distribusjon og -lagring, samt sluttbruk av energi i transport, industri og bygningsoppvarming.
- Markedet for utslippsfritt hydrogen[85] og hydrogenteknologier er potensielt stort, og gir en mulighet for eksport av utslippsfritt, norsk hydrogen og hydrogenteknologier.
- Norge har store mengder fornybare energiressurser som kan produsere hydrogen uten utslipp via elektrolyse, og naturgass som kan produsere hydrogen uten utslipp via reformering med karbonfangst.
- Norge har aktører med spisskompetanse innen elektrolyse, fyllestasjonsteknologi og hydrogentanker, lang industriell erfaring med hydrogen og forsknings- og utdanningsmiljøer med solid material- og prosesskunnskap.
- Hydrogens rolle i omleggingen av energi- og transportsystemene er imidlertid noe usikker, som følge av utfordringer knyttet til konkurranseevne og kostnadsnivåer, infrastruktur og teknologiutvikling.
- Hydrogen må fremstilles uten utslipp for å bidra i omleggingen av energi- og transportsystemene, det vil si ved elektrolyse med fornybare kraft eller fossile energikilder med CO_2-håndtering.
- Hydrogen produsert med elektrolyse fra fornybar kraft eller fra fossile brensler med CO_2-håndtering er imidlertid ikke konkurransedyktig med hydrogen fra fossile brensler (uten CO_2-håndtering) i dag.

3.2.1 MARKEDSUTVIKLING OG FORVENTET BETYDNING

Hydrogen er en utslippsfri energibærer med egenskaper som gjør den egnet til å legge om verdens energi- og transportsystemer til lavutslippssystemer. Hydrogen som energibærer er egnet til å avkarbonisere energiproduksjon, -distribusjon og -lagring, samt sluttbruk av energi i transport, industri og bygningsoppvarming.

I kraftsystemer med stadig større andeler fornybar, uregulerbar produksjonskapasitet, kan hydrogen dekke behovet for fleksibilitet og energilagring. I tillegg kan hydrogen brukes som brensel i gasskraftverk, med noen justeringer. Hydrogen har også egenskaper som gjør den egnet til distribusjon over større avstander, og som energibuffer for å absorbere ubalanser i energisystemet. Disse rollene har hittil i stor grad vært fylt av fossile energibærere.

Hydrogen kan også spille en rolle i omleggingen av transportsektoren. I veitransport er hydrogen egnet for både små og store kjøretøy, men trekkes frem som spesielt relevant for tyngre kjøretøy for lengre avstander, som følge av høyere energitetthet og større rekkevidde enn batterier. I tillegg til reduserte klimagassutslipp, vil hydrogen i transportsektoren fjerne lokale partikkelutslipp. Hydrogen er i maritim transport egnet til bruk i mindre fartøy, ferger, og hurtigbåter. Hydrogen er også aktuelt for å komplementere rene batterielektriske fartøy. Slike hybrider vil kunne dekke behovet til et stort antall typer fartøy og operasjoner.
For jernbanen er hydrogen et alternativ for ikke-elektriske linjer, alene eller i kombinasjon med kjøreledning og batterier.

Industrien er den største forbrukeren av hydrogen i dag, men baserer seg i stor grad på hydrogen produsert fra fossile energikilder. Tilgjengelig teknologi for reformering av naturgass gir 55-65% utslippsreduksjoner, men i fremtiden er det behov for ytterligere reduksjoner. Hydrogen kan også, gitt at det er produsert uten utslipp, bidra til utslippskutt ved anvendelse på nye bruksområder, både som energikilde og råstoff.

I land hvor naturgass brukes til bygningsoppvarming, kan hydrogen utgjøre et kostnadseffektivt alternativ for utslippskutt. Hydrogen kan utnytte det eksisterende distribusjonsnettet for naturgass, og slik redusere behovet for elektrisitet til oppvarming og dermed behovet for kostbare utvidelser av kraftnettet.

Hydrogen kan ved å spille de overnevnte rollene bli et viktig bidrag i omstillingen av energi- og transportsystemet, og det vil i så fall medføre en økning i den globale etterspørselen etter utslippsfritt hydrogen. Hydrogen Council anslår at den globale etterspørselen kan nå 78EJ i 2050[86], en tidobling fra dagens nivå. The Institute of Energy Economics i Japan mener at hydrogen produsert fra fossile kilder med CO_2-håndtering vil bli viktig for Japans energiforsyning i fremtiden. Samtidig står hydrogen overfor en rekke utfordringer som må løses for at hydrogen kan utløse sitt fulle potensial. Det er særlig utfordringer knyttet til konkurranseevne og kostnadsnivåer, infrastruktur og teknologiutvikling. I tillegg forutsettes det at hydrogen fremstilles uten utslipp, det vil si fra elektrolyse med fornybar kraft eller fossile energikilder med karbonfangst.

3.2.2 DET NORSKE AKTØRBILDET, NÆRINGSLIV OG FORSKNINGSMILJØER

Norske industriaktører har lang erfaring med produksjon og bruk av hydrogen, og flere norske aktører har bidratt til utvikling av hydrogenteknologi i tidlig fase. I tillegg har flere norske aktører posisjonert seg som internasjonalt ledende innen sine felt de senere årene. Norske aktører er ledende innen elektrolyseteknologi, hydrogenfyllestasjoner og hydrogentanker, og leverer til et internasjonalt marked. Norske aktører er også tidlig ute innen utvikling av teknologi for reformering av naturgass med CO_2-håndtering. Norske aktører også tidlig ute innen utvikling av hydrogenteknologier til maritime formål.

Norske forskningsmiljøer har sterk kompetanse innen flere hydrogenteknologier. Norske forskningsmiljøer har sterk kompetanse innen høytemperatur brenselceller og elektrolysører, med et spesielt fokus på protonledende keramer. Innen dette feltet har vi grunnleggende materialkompetanse i verdensklasse. Norske forskningsmiljøer har også høy kompetanse innen lavtemperatur brenselceller og elektrolysører, alkalisk elektrolyse, forbrenning av hydrogen og hydrogenlagring i metallhydrider. Norske forskningsmiljøer har i tillegg internasjonalt ledende aktivitet innen modellering og analyse av hydrogensystemer og -verdikjeder

3.2.3 NORSKE UTFORDRINGER OG MULIGHETER

Hydrogen representerer en mulighet for verdiskaping basert på nasjonale fornybare energiressurser og naturgass (med karbonfangst), utslippskutt og fleksibilitet ved anvendelse av hydrogen i det norske energi- og transportsystemet, samt eksport av hydrogen og hydrogenteknologier til et internasjonalt marked.

Norge har naturgitte komparative fortrinn for produksjon av hydrogen. Vi har store mengder fornybar energi som kan brukes til fremstilling av utslippsfritt hydrogen via elektrolyse. I tillegg har vi naturgassressurser som ved reformering med CO_2-håndtering kan gi utslippsfritt hydrogen. Mesteparten av dagens hydrogenproduksjon utføres gjennom reformering av naturgass. I denne prosessen er CO_2 tilgjengelig for fangst ved høyere konsentrasjon og trykk sammenliknet med post-combustion CO_2-fangst. Dermed forenkles fangstprosessen og videre transport og lagring, gitt at det finnes en infrastruktur for transport og lagring av CO_2. Norske aktører har pågående utviklingsaktiviteter innen teknologier og membraner for fangst av CO_2 i produksjon av hydrogen fra naturgass som kan gjøre hydrogenproduksjonen enklere og billigere i fremtiden. Produksjon av hydrogen fra naturgass med CO_2-håndtering er egnet til å levere store volumer, og et potensielt voksende internasjonalt marked for hydrogen gjør det til en interessant eksportmulighet. Kraftproduksjon fra gasskraftverk som fyres med hydrogen kan bidra til effektdekning i det europeiske kraftsystemet.

Norge har sterk kompetanse og erfaring innen hydrogenteknologier, både fra prosessindustrien og næringsaktører, og fra forsknings- og utdanningsmiljøer. Norge har solid material- og prosesskunnskap, som gir gode forutsetninger for utvikling og forbedring av elektrolyse- og brenselcelleteknologi, og teknologier for karbonfangst ved reformering av fossile brensler. Norge deltar aktivt i EUs forskningsprosjekter innen hydrogen. En vekst i det internasjonale markedet utgjør en mulighet for eksport av norske teknologier og løsninger, og norske aktører kan befeste sin posisjon som ledende innenfor sine felt.

Bruk av hydrogen i Norge representerer et potensial for utslippskutt, både i transportsektoren og i industrien. Norge har gode forutsetninger for å utvikle og ta i bruk hydrogenteknologier for landtransport, selv om utbredelsen

[82] *Powerhouse.no*
[83] *Plusshus: bygg som gjennom driftsfasen genererer mer energi enn det som ble brukt til produksjon av byggevarer, oppføring, drift og avhending av bygget.*
[84] *Grønn Byggalliansе og Norsk Eiendom (2016), Eiendomssektorens veikart mot 2050*
[85] *Fra elektrolyse med fornybar kraft, eller fra fossile brensler med CO2-håndtering*

av hydrogenelektriske kjøretøy fortsatt er lav. Norge var et av de første landene som etablerte offentlige tilgjengelige hydrogenstasjoner. Vi har aktører med spisskompetanse innen elektrolyse, fyllestasjonsteknologi og hydrogentanker, lang industriell erfaring med hydrogen og forsknings- og utdanningsmiljøer med solid material- og prosesskunnskap. Hydrogenteknologier til maritim transport har lavere teknologisk modenhet, men norske aktører langt fremme og er i ferd med å utvikle verdens første ferge med brenselcelle og hydrogenfremdrift. Fergen kan leveres komplett av norske aktører, med unntak av brenselcellen.

Norsk industri har lang erfaring med produksjon og anvendelse av hydrogen i sine produksjonsprosesser, og har en solid kompetanse og erfaringsbase innen hydrogen til industriformål. Norsk industri arbeider med å utvide bruken av hydrogen for å oppå utslippskutt, og har et pågående teknologiutviklingsprosjekt for å erstatte kull med hydrogen i produksjonen av titandioksid.

Hydrogen kan også spille en rolle i det norske kraftsystemet. En aktuell anvendelse er å produsere hydrogen i områder med overskuddskraft og begrenset nettkapasitet. Hydrogenet kan lagres lokalt og mates tilbake på kraftnettet igjen, eller distribueres til bruk i andre områder. Hydrogen er også et alternativ til nett ved utbygging av uregulerbar kraftproduksjon (elvekraft og vind), der nettilgang kan være kostbart og utfordrende.

Det er usikkerhet knyttet til hydrogens roller i fremtidens energi- og transportsystemer, da det er en rekke utfordringer som må løses for at hydrogen kan utløse sitt fulle potensial. Det er særlig utfordringer knyttet til konkurranseevne og kostnadsnivåer, infrastruktur og teknologiutvikling.

En forutsetning for at hydrogen skal bidra til utslippskutt er at hydrogenet er produsert uten utslipp. Utslippsfritt hydrogen er imidlertid ikke konkurransedyktig med hydrogen produsert fra fossile brensler (uten CO_2-håndtering). Det medfører at industrien, som er den største forbrukeren av hydrogen i dag, i hovedsak anvender hydrogen fra fossile brensler. Dagens priser på kraft, fossile brensler og CO_2 gjør prisforskjellen mellom elektrolyse og produksjon fra fossile brensler (uten CO_2-håndtering) betydelig[87]. Produksjon fra fossile brensler med CO_2-håndtering har fortsatt behov for teknologiutvikling, og er foreløpig ikke konkurransedyktig. Norske næringsaktører og forskningsmiljøer med pågående prosjekter for produksjon av hydrogen fra naturgass med CO_2-håndtering er imidlertid positive til hydrogenets konkurranseevne sammenlignet med andre produksjonsmetoder, gitt oppskalering av eksisterende demonstrasjonsteknologier og tilstrekkelig etterspørsel i markedet.

I transportsektoren har hydrogenkjøretøy lav utbredelse, til tross for at det meste av teknologien finnes. Fremtidig vekst i antall hydrogenkjøretøy er usikker, og det er stor variasjon i ulike anslag for fremtidig andel hydrogenelektriske kjøretøy. Hovedargumentene mot høy utbredelse av hydrogenelektriske kjøretøy er barrierer knyttet til energieffektivitet og høye kostnader knyttet til infrastruktur, brenselceller og lagringstanker.

Skala er en viktig kostnadsdriver for produksjon av hydrogenteknologier, og økt produksjonsvolum driver kostnadene ned. I transportsektoren må skalautfordringen sees i sammenheng med den lave utbredelsen av hydrogenkjøretøy og -infrastruktur. Lav utbredelse av kjøretøy gir lave insentiver til å bygge ut infrastruktur, og vice versa. Likevel er det fortsatt mulig å kutte kostnader, for eksempel på brenselceller, ved videreutvikling og forbedring av nøkkelkomponenter. Produksjon av hydrogen fra elektrolyse er også avhengig av skala, der utnyttelsesgraden på elektrolysøren har stor betydning. I transport-sektoren gir det lave antallet hydrogenelektriske kjøretøy lav utnyttelsesgrad på hydrogen-fyllestasjonene og kostbart hydrogen.

3.2.4 DIGITALISERING OG HYDROGEN

Digitalisering innebærer, som beskrevet i kap. 2, økt anvendelse av sensorer i fysiske komponenter, analyse og utnyttelse av store datamengder og økende grad av datastyring og robotisering.

For produksjon av hydrogen ved reformering av fossile brensler i store industrianlegg, representerer digitale løsninger muligheter for optimalisering av drift og vedlikehold og automatisering og robotisering av produksjonsprosesser. For produksjon av hydrogen fra elektrolyse muliggjør digitalisering bedret samspill og optimalisering med energisystemet for øvrig, for eksempel ved at hydrogenproduksjonen hensyntar begrensninger i kraftnettet. Likeledes vil hydrogen som alternativ til nett også kunne nyttiggjøre seg av digitale løsninger som kan optimalisere samspillet med kraftsystemet.

Innen sluttbruk av hydrogen digitalisering bidra til optimalisering av energibruk i industrien, i bygninger og i ulike transportmidler. Videre kan hydrogen representere en fleksibilitetskilde i fremtidens energisystem ved at hydrogen kan produseres i perioder med overskuddskraft, og at det kan produsere elektrisitet ved underskudd. Digitalisering muliggjør forenklet integrasjon og samspill mellom hydrogen og andre energibærere.

3.2.5 NÆRINGENS AMBISJONER

Næringslivet innen hydrogen har følgende ambisjoner:

- Utslippsfritt hydrogen bidrar til betydelige utslippskutt i norsk transportsektor.
- Etablere infrastruktur for hydrogen for vei-, bane-, og sjøtransport i Norge.
- Hydrogenkjøretøy og -fartøy blir konkurransedyktig innen 2025, viktig å oppnå nødvendig skala.
- Etablere en industriell verdikjede som bygger på hydrogenproduksjon, eksempelvis syntetisk drivstoff, fiskeoppdrett mv.

- Etablere hydrogenproduksjon i områder med kraftoverskudd og kapasitetsbegrensninger i nettet.
- Utvikle og etablere produksjon av hydrogen fra norsk naturgass, inkludert fangst, transport og lagring av CO_2.
- Norske aktører er verdensledende innen hydrogenteknologier, inkludert brenselceller, elektrolyse og teknologier for produksjon fra naturgass med CO_2-håndtering.
- Etablere eksport av utslippsfritt hydrogen til et internasjonalt marked.

3.2.6
TILTAK OG SENTRALE FORSKNINGSTEMAER

Næringen innen fagområdet hydrogen vektlegger følgende tiltak og forskningstemaer for å realisere ambisjoner og møte fremtidens kunnskaps- og teknologibehov:

Tiltak:

- Virkemidler for kommersialisering av hydrogenteknologier.
- Støtte til utvikling av systemer for anvendelse av hydrogen i tidlige markeder.
- Virkemidler for etablering av hydrogeninfrastruktur.
- Offentlige innkjøpskrav for å fremme integrasjon av hydrogenkjøretøy og -fartøy.
- Etablere en nasjonal hydrogenstrategi, som foreslått i energimeldingen.
- Iverksette forsknings-, utviklings-, demonstrasjons- og kommersialiseringsaktiviteter innenfor de identifiserte strategiske forskningstemaene som følger under:

Strategiske forskningstemaer:

- Kostnadseffektive produksjonsprosesser av nøkkelteknologier til brenselceller.
- Brenselcellesystemer for hydrogenkjøretøy og -fartøy, inkludert hybridisering med andre teknologier.
- Elektrolyse og hydrogen-fyllestasjonsteknologi, inkludert løsninger for bunkring av større fartøy.
- Effektive hydrogentanker, inkludert løsninger for bunkring av drivstoff om bord i fartøyer.
- Effektive systemer for reformering av naturgass med CO_2-håndtering.
- Sikkerhet ved bruk av hydrogen.
- Rammer, virkemidler og barrierer for integrasjon av hydrogen i fremtidens energi- og transportsystem.
- Investoranalyse, hva skal til for at det investeres i hydrogenteknologi og -løsninger?
- Offentlig rolle knyttet til utvikling av hydrogen i lavutslippssamfunnet.

3.3

Dyp geotermisk energi

Det er et potensial for å utvikle teknologi og tjenester for geotermisk energiproduksjon rettet mot et internasjonalt marked. Teknologiene – og tjenestene vil være innovasjoner fra olje- og gassektoren, samt nye teknologiske tjenester som er direkte avledet fra denne sektoren. Det er et verdiskapingspotensial for knyttet til utvikling av en leverandørindustri innen dyp geotermisk energi.

Sammendrag om teknologiområdet dyp geotermisk energi.

- Dyp geotermisk energi er en viktig ressurs i fremtidens energiforsyning.
- Muligheten for «base-load» og skalerbar produksjon av elektrisk kraft er et sentralt fortrinn i et kraftsystem med økende andel produksjon fra variable kilder.
- Geotermisk energi kan brukes direkte til varmeformål og i løsninger for energilagring.
- Geotermisk energiteknologi har betydelig potensial i både etablerte og fremvoksende markeder, og er et prioritert område i EUs SET-plan.
- Det er behov for betydelige kostnadsreduksjoner for å styrke teknologiens konkurranseevne.
- EGS (Enhanced Geothermal Systems) er en mulig disruptiv teknologi med stort globalt potensial.
- Norsk forskning, industri og næringsliv har komparative fortrinn basert på petroleumsvirksomheten.
- Det er gode muligheter for å utvikle nasjonal kompetanse og teknologi i et internasjonalt marked og bidra til et «grønt» skifte.

3.3.1
MARKEDSUTVIKLING OG FORVENTET BETYDNING

Internasjonalt er geotermisk energi fra dype brønner en kilde for varme og kraftproduksjon som er i betydelig i vekst. Fra 2010 til 2015 økte kraftproduksjonen med 15 % til en årlig produksjon på 73,5 TWh basert på produksjon i 24 land. Direkte bruk av varme fra dype geotermiske ressurser økte i samme periode med 17 %, til en årlig produksjon på 0,263 EJ (73,1 TWh) i 2015. I hovedsak produseres energien fra konvensjonelle hydrotermiske kilder. Samtidig skjer det en utvikling der ny teknologi utvider de kommersielt drivverdige ressursene. Ny teknologi for reservoarstimulering, dypere brønner og høyere temperaturer åpner for EGS (Enhanced Geothermal Systems) og utvinning av superkritiske ressurser. IEA anslår i sitt «Technology Roadmap»[88] for geotermisk

[86] *Hydrogen Council (2017), Hydrogen scaling up*
[87] *Eksempel: Veikart for Prosessindustrien oppgir at elektrolyse i dag er omtrent dobbelt så dyrt som reformering av naturgass*

energi at innen 2050 kan kraftproduksjon økes til 1400 TWh årlig hvis det satses på forskning, utvikling og demonstrasjon av innovative teknologier, med et særlig fokus på EGS[89]. Dette vil føre med seg investeringer på mange hundre milliarder dollar og gir store muligheter for norske aktører med bakgrunn i avansert teknologi for petroleumssektoren. Norsk leverandørindustri med produkter og tjenester innen lete-, reservoar-, bore- og brønnteknologi har muligheter for å hevde seg i et internasjonalt marked som etterspør nye løsninger. Interessante muligheter finnes i etablerte markeder som USA og Asia, men også i Europa gir SET-planens1 prioritering av utvikling innen dyp geotermisk energi muligheter for norske aktører. Framvoksende økonomier i Asia, Afrika og Sør-Amerika med naturlig lettere tilgjengelige geotermiske ressurser utgjør nye markeder der det er sterke muligheter for å posisjonere norske selskaper.

3.3.2
NORSKE UTFORDRINGER OG MULIGHETER

Norge har sterke komparative fortrinn innen dyp geotermisk energi med basis i petroleumsvirksomheten. Lete-, reservoar-, bore- og brønnteknologi, instrumentering og måleteknologi sammen med geologikompetanse er viktige områder som alle har potensial for videreutvikling innen det geotermiske området. Videre har miljøer i Norge utviklet kompetanse og erfaring innen top-side utnyttelse av varme. Her er det synergieffektiver å hente ved kompetanseflyt mellom petroleumsvirksomheten, landbasert industri og det fornybare næringsområdet.

Norske aktører har to koblede hovedutfordringer: 1) å bli kjent med internasjonal geotermisk virksomhet, marked og nettverk, og 2) å overføre og videreutvikle sin kompetanse, teknologi, tjenester og produkter for denne sektoren.

Det er behov for nasjonale virkemidler og prosjekter som samlet løfter kompetanse og infrastruktur i norske forskningsmiljø, industri og næringsliv og legger til rette for samarbeid. Selv om det er sterke synergier mot nasjonal aktivitet med base i petroleumssektoren, er det spesifikke utfordringer knyttet til f.eks. høye temperaturer, andre geologiske forhold og behov for kostnadsreduksjon som må løses. Selv om dyp geotermisk energi kan bli en kilde for varmeproduksjon også nasjonalt, er det ikke realistisk at det vil bli et signifikant hjemmemarked for dyp geotermisk energiteknologi i et kort til mellomlangt tidsperspektiv. Nasjonale forsknings- og utviklingsmidler må derfor bidra til å utvikle *internasjonalt* samarbeid og nettverk, og rettes mot prosjekter som gir økt deltakelse på den internasjonale arenaen og leveranser til geotermisk teknologiutvikling internasjonalt. Ytterligere prosjekter vil være viktig for å synliggjøre markedsmuligheter for en økende mengde norske industrielle klynger og aktører.

3.3.3
DET NORSKE AKTØRBILDET, NÆRINGSLIV OG FORSKNINGSMILJØER

I løpet av de siste 10 årene har nasjonale FoU-aktører bygget opp sterk forskningsaktivitet innen området, basert på prosjekter med støtte fra bla. Forskningsrådet, Horizon2020 og norsk og internasjonal industri. Norske forskningsmiljøer besitter sentrale posisjoner i internasjonale nettverk, og har gode relasjoner til internasjonale samarbeidspartnere.

Norsk industri har også begynt å se muligheter innen dyp geotermisk energiproduksjon, i stor grad med utgangspunkt i erfaring fra olje- og gassvirksomheten, men også basert på etablert industri for grunnere energibrønner. Norske leverandørbedrifter har levert tjenester og løsninger innen bl.a. boring og brønn, avansert måleteknologi m.m., og interessen for geotermisk energiteknologi er økende hos et bredt spekter av bedrifter. Det finnes et sterkt nasjonalt nettverk for geotermisk energiforskning og en av Norges sterkeste industriklynger har definert geotermisk energi som et kommende marked. I tillegg jobber flere norske selskaper aktivt med å etablere teknologiposisjoner som kan gi et internasjonalt konkurransefortrinn.

3.3.4
NÆRINGENS AMBISJONER

Næringen har følgende ambisjoner innen dyp geotermisk energi:

- Utvikle norsk leverandørindustri og forskningsmiljøer:
  - mot et internasjonalt marked for dyp geotermisk energi.
  - med basis i verdensledende olje og gass kompetanse.
- Levere konkurransedyktige løsninger for geotermisk energiproduksjon og bidra til redusert teknisk risiko i geotermiske prosjekter.
  - kartlegging og karakterisering av geotermiske ressurser, både regionalt og for prospekter.
  - boring, komplettering, stimulering og instrumentering av dype geotermiske brønner.
  - Kostnadseffektiv og bærekraftig produksjon av geotermiske ressurser.
  - kraftproduksjon fra EGS og superkritiske ressurser.

3.3.5
TILTAK OG SENTRALE FORSKNINGSTEMAER

Tiltak:

Næringen innen fagområdet dyp geotermisk energi vektlegger følgende tiltak og forskningstemaer for å realisere ambisjoner og møte fremtidens kunnskaps- og teknologibehov:

- Støtte til kompetanse- og forskerprosjekter innen sentrale forskningstema.

- Støtte til innovasjonsprosjekter for næringslivet med potensial på det internasjonale markedet.
- Stimulering av norske aktørers deltagelse i internasjonale forsknings- og demonstrasjonsprosjekter.
- Bidra til å utvikle og støtte nettverk blant nasjonale aktører fra universiteter, forskningsinstitutter, bedriftsklynger og annet næringsliv.
- Støtte til bilaterale samarbeidsprosjekter.

Sentrale forskningstemaer:

- Effektive metoder for geologisk, geokjemisk og geofysisk kartlegging, både regionalt og for prospekter.
- Robust og kostnadseffektiv bore- og brønnteknologi.
- Reservoarkarakterisering, modellering og simulering som bidrar til optimale utbyggingsløsninger og optimal produksjon.
- Effektiv reservoarstimulering for å sikre kommersielle strømningsrater.
- Metoder for overvåkning og begrensning av negative miljøkonsekvenser, som utslipp av CO_2, H2S og uakseptable nivåer av indusert seismisitet.
- Utvikling av instrumentering og monitoreringsteknologi (invasiv/ikke-invasiv).
- «Flow-assurance», inkludert prediksjon og håndtering av scale.
- Materialteknologi for brønn og overflate prosesskomponenter.
- Utnyttelse av superkritisk damp.
- Produksjonsplanlegging med flerfase-modellering av strømning i brønn, reservoar og rørledninger.
- Teknologikonsepter for overflate utnyttelse og konvertering av varme.

Samtlige av disse temaene har en sterk grenseflate mot forskningsbehov innen petroleumssektoren. Det som er den store forskjellen er marginene. Kommersiell kraftproduksjon er en lavmargin forretning og krever billige og enkle løsninger.

Samtidig er det et stort potensial for å tilpasse allerede eksisterende teknologi fra olje- og gassektoren til den geotermiske industrien. Mange av teknologiene som må utvikles rettet mot temaene over vil være generiske og relevante for andre energi- og samfunnsområder (for eksempel gjelder dette utvikling innen boreteknologi, som også vil være relevant for anvendelser innen vannkraft og el-distribusjon, avansert materialteknologi og undergrunnsforståelse).

Teknologikonsepter for overflate-utnyttelse og konvertering av varme (siste punkt i liste over) har en overlapp med Energi21s teknologiområder «Klimavennlig energieffektiv industri med CO_2-håndtering» og «Digitale og integrerte energisystemer».

Ikke-teknologiske temaer som kan være aktuelt å vurdere fra et nasjonalt perspektiv er knyttet til begrensning av økonomisk og miljømessig risiko, utvikling av forretningsmodeller og beslutningsstøtteverktøy.

3.4 Bioenergi

Biomasse er en energiressurs med betydning for verdiskaping og utslippskutt i flere sektorer. Biomasse fra skog har det største uutnyttede potensialet, og sidestrømmer fra foredling av biomasse til ulike formål bør utnyttes til energi. Marin biomasse fra alger kan representere et ytterligere potensial.

Bioenergi har en rolle å spille for utvikling av satsingsområdene: «Klimavennlig og energieffektiv industri med CO_2-håndtering», «Klimavennlige energiteknologier til maritim transport» og « Digitaliserte og integrerte energisystemer».

Sammendrag om bioenergi:

- Biomasse er en viktig energikilde i Norge, og har en utnyttelse på ca. 18 TWh til energiformål årlig. NVE anslår et realistisk potensial på omtrent 23 TWh i dag[90].
- Skog er den største kilden til biomasse i Norge, og anvendelse av skogressurser til energiformål utgjør omtrent 14TWh årlig.
- Ressurspotensialet for bioenergi kan øke frem mot 2030. Miljødirektoratet har i en analyse i 2015 vurdert at potensialet kan økes til 30 TWh hvor biomasse fra skogressurser utgjør det største potensialet. Dette forutsetter økt utnyttelse av biologiske restprodukter fra husholdninger, jordbruk og skogbruk, og at avvirkningen av skog øker til rundt 15 millioner m3 på grunn av større andel hogstmoden skog.
- Ytterligere økt tilgang på biomasse kan tilføres ved dyrking av marin biomasse i form av alger. Norge har kompetanse og naturressurser som gir gode forutsetninger for å produsere bioenergi fra alger, men det er fortsatt behov for forskning og teknologiutvikling.

[88] *Towards an Integrated Strategic Energy Technology (SET) Plan: Accelerating the European Energy System Transformation, European Commission, Brussels 15.9.2015 6317 final, 2015.*

[89] *Technology Roadmap, Geothermal Heat and Power, OECD/IEA, International Energy Agency, [online] available at https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Geothermal_Roadmap.pdf*

- Biodrivstoff til transportsektoren opplever økende aktualitet, og pekes på som nødvendig for å nå utslippsmål. Myndighetene har økt omsetningskravet for biodrivstoff i veitransporten, og driver dermed etterspørselen opp.
- Norge importerer størstedelen av biodrivstofforbruket på 3,9TWh biodiesel og bioetanol[91]. Det er kun et par norske produsenter av flytende biodrivstoff, hvorav en produserer avansert biodrivstoff[92] fra sidestrømmer i et bioraffineri[93].
- Flere aktører planlegger produksjon av avanserte biodrivstoff i Norge, men fullskala produksjon vil trolig ikke realiseres før rundt 2020.
- Biodrivstoff er spesielt viktig for tung- og langtransport, da de foreløpig har få andre klimavennlige alternativer. Biodrivstoff vil i IEAs scenario B2DS utgjøre 32 % av all energibruk i transportsektoren i 2060.
- Bioressurser har flere bruksområder enn energiformål, og lønnsom og bærekraftig utnyttelse av biomassen der hele verdikjeden sees i sammenheng er viktig. I en slik tenkning vil samlokalisering og bioraffinerier stå sentralt. Bioenergi vil da utgjøre fraksjoner av det som konverteres i slike anlegg, både til biodrivstoff og til stasjonære formål.
- Biomasse til formål der det i dag brukes fossile brensler kan bidra til betydelige utslippskutt. Det gjelder eksempelvis drivstoff, ulike kjemikalier, plast og materialer. I tillegg identifiserer industrien økt bruk av biomasse (i form av trekull) som et viktig tiltak for å redusere klimagassutslipp.
- Biogass fra produseres hovedsakelig ved anaerob nedbryting av slam, organisk avfall og husdyrgjødsel. Produksjonen av biogass i Norge er omtrent 1TWh årlig, og har et potensial på 5TWh i 2030[94]. Biogass til bruk i transportsektøren reduserer klimagassutslippene med rundt 70–80 prosent sammenlignet med fossilt drivstoff[95].

3.4.1 MARKEDSUTVIKLING OG FORVENTET BETYDNING

Bioressurser har flere ulike bruksområder, hvorav biomasse til energi- og varmeformål i Norge utgjør 18TWh årlig[96]. Anvendelse av skogressurser til energiformål utgjør omtrent 14 TWh årlig[97]. Frem mot 2030 kan ressurspotensialet for bioenergi øke med rundt 30 TWh[98], men det er del utsikkerhet knyttet til potensialet på grunn av manglende kommersielle vurderinger. Biomasse fra skogressurser utgjør det største ressurspotensialet.

Biomasse i form av organisk avfall, slam og husdyrgjødsel utnyttes til produksjon av biogass, og Norge har en produksjon av biogass på omtrent 1 TWh årlig. Norge har et potensial for produksjon av biogass på 5 TWh i 2030. Biogass har en klimagevinst ved at man unngår klimagassutslipp knyttet håndtering av avfallsressursene, at restproduktene fra produksjonen kan erstatte fossilt produsert gjødsel i landbruket, og ved at oppgradert biogass til biometan kan erstatte fossilt drivstoff i transportsektoren.

Vedfyring har i Norge falt noe tilbake de siste årene, men er fortsatt den viktigste formen for bioenergi når det gjelder årlig energivolum (5-6 TWh) og installert effekt (10 GW). Bioenergi til stasjonære formål vil i økende grad være et element i et integrert varme og kraftbasert energisystem. I transportsektoren forventes biodrivstoff å få en økende etterspørsel som følge av målsetninger for utslippsreduksjoner fra transportsektoren og økte omsetningskrav[99]. Norges forbruk av biodrivstoff gikk kraftig opp fra 2015 til 2016, fra omtrent 188 millioner liter til omtrent 423 millioner liter, og utgjorde omtrent 10 % av samlet drivstofforbruk i veitransporten[100].

Bruk av biodrivstoff er et viktig tiltak for å oppnå utslippskutt i transportsektoren, spesielt for tyngre kjøretøy og fartøy og fly som foreløpig ikke har andre tilgjengelige alternativer. Selv om batteri- og hydrogenelektriske fremdriftsløsninger blir tilgjengelig for stadig flere transportformål, vil biodrivstoff i lang tid utgjøre betydelige deler av energiforbruket i transportsektoren. IEA (2017) anslår i scenarioet B2DS at 32 % av energiforbruket i transportsektoren i 2060 vil være biodrivstoff, hovedsakelig anvendt i tung- og langdistanse transport[101].

For å anvende biogass i transportsektoren må biogassen oppgraderes til biometan, og videre komprimeres (CBG[102]) eller gjøres flytende (LBG[103]). CBG og LBG har samme kjemiske oppbygging som komprimert og flytende naturgass (CNG, LNG), og kan derfor brukes på samme kjøretøy og fartøy og infrastruktur. Manglende gassinfrastruktur er en utfordring både for land- og maritim transport, og er en sentral barriere som må løses for at biogass kan øke sin utbredelse. Biogass til bruk i transportsektoren reduserer klimapåvirkningen med rundt 70 – 80 prosent sammenlignet med bruk av fossilt drivstoff. Foreløpig anvendes størsteparten av norsk biogass til kraft- og varmeproduksjon, men det forventes en vekst i bruk av biogass som drivstoff[104].

Internasjonalt er det en økende bevissthet om at biomasse er en begrenset ressurs som må forvaltes på en bærekraftig måte. Dette er sentrale spørsmål i IPCCs spesialrapport om bioenergi, der Norge bidrar aktivt. Utviklingen internasjonalt går i retning av en helhetlig bioressursøkonomi[105], der utnyttelse av bioressurser til ulike formål sees i sammenheng og bidrar til bedret bærekraft, økonomi og ressursutnyttelse. I dette perspektivet vil biomasse til energiformål i stor grad være en sidestrøm eller et biprodukt i prosesser der biomassen foredles til ulike andre formål.

Regjeringens bioøkonomistrategi har økt verdiskaping og sysselsetting som en overordnet målsetning, der økt foredling mot produkter med høy avkastning utgjør mye av verdiskapingspotensialet. Strategien har også en målsetning om reduksjon i klimagassutslipp, hvilket aktualiserer anvendelse av bioressurser til formål som ikke har andre

fornybare alternativer slik som en rekke materialer, kjemikalier, plast, og ulike industrielle formål.

Utnyttelse av bioressurser involverer et bredt spekter av næringer og kompetanseområder, og det er derfor viktig med en tverrfaglig tilnærming til de mulighetene og utfordringene bioressursene skaper. Det blir viktig å sikre at gode ideer og løsninger som spenner over flere fagområder og næringssektorer får oppmerksomhet og ikke faller mellom flere stoler. Bærekraftig bioressursforvaltning bør stå høyt på agendaen i årene som kommer. Det arbeidet som gjøres i Skog22 er av stor betydning for å sikre en helhetlig tenkning.

3.4.2 DET NORSKE AKTØRBILDET, NÆRINGSLIV OG FORSKNINGSMILJØER

Aktørbildet innen bioenergi er fragmentert med enkelte store aktører, og mange små. Det finnes norske aktører i ulike deler av verdikjeden for biogass, inkludert to produsenter av biogassanlegg som kan levere konkurransedyktig teknologi i et internasjonalt marked. Det er også norske aktører innen håndtering av våtorganisk avfall, fremstilling av pellets, utvikling av ildsteder og forbrenningsovner i ulik skala til fjern og nærvarme.

Norske skogeiere og bønder er viktige aktører som produsenter, forvaltere og utnyttere av landbasert biomasse. Synkende etterspørsel etter trefiber til papirproduksjon gir behov for nye tilnærminger til utnyttelse av biomassen fra skogen, der nye verdikjeder og produkter vil være viktig for verdiskapingen i skog- og landbruk. Foreløpig har synkende etterspørsel etter skogressurser i Norge ført til lavere aktivitet i norsk skogindustri, og større eksportvolum enn tidligere. Ny bioøkonomi og nye nærings- og forskningsaktiviteter er startet for å øke produksjonen av materialer, kjemikalier, biodrivstoff og energi fra biomasse. Fra avanserte bioraffinerier utnyttes sidestrømmer til produksjon av avanserte biodrivstoff.

Innen produksjon av biodrivstoff ser man en voksende interesse fra næringsaktører som følge av myndighetenes økte omsetningskrav for biodrivstoff. Selv om omsetningskravet ikke favoriserer norskprodusert biodrivstoff, bidrar det til en viss grad til økt interesse for å bygge og drive biodrivstoffanlegg i Norge. Det er nå flere norske aktører som planlegger å produsere avanserte biodrivstoff i Norge i løpet av få år.

Norske forskningsmiljøer innen biodrivstoff har oppnådd svært gode internasjonale vurderinger, og Norge har forskning med særlig høyt nivå innen mikrobiologi, biogass og enzymer og innen katalytisk oppgradering. I tillegg er norsk forskning innen klimagevinster ved utnyttelse av skog til biodrivstoff svært anerkjent internasjonalt. Norske forskningsmiljøer og en rekke næringsaktører innen biodrivstoff har pågående forskningssamarbeid gjennom et FME.

3.4.3 NORSKE UTFORDRINGER OG MULIGHETER

Skogen utgjør det største ressursgrunnlaget for biomasse i Norge, og har en årlig tilvekst på omtrent 26 mill. fastkubikkmeter[106]. Av dette utgjør 15 mill. fastkubikkmeter såkalt «nasjonalt balansekvantum»[107], det vil si den mengden tømmer som kan tas ut hvert år uten å måtte redusere uttaket på noe tidspunkt senere. Den totale avvirkningen i Norge i dag er på om lag 10 mill. fastkubikkmeter per år[108]. Dette innebærer en mulighet for å øke avvirkningen med 5 mill. fastkubikkmeter årlig. I tillegg er det mulig å utnytte 3–5 mill. fastkubikkmeter av tilgjengelig GROT[109], med energiinnhold på 6–10 TWh.

Det er ikke all biomasse fra skogen som bør anvendes til energiformål. Omtrent halvparten av stammevirket i norske skogressurser er sagtømmer[110] med høy kvalitet, og bør ikke anvendes til energiformål eller biodrivstoff. Produksjonen av trelast genererer imidlertid sidestrømmer av flis og kapp som kan anvendes i produksjon av biodrivstoff, og utgjør til sammen 60 % av sagtømmeret. Videre er den resterende halvparten av stammevirket massevirke eller energivirke[111], som kan benyttes til produksjon av biodrivstoff men som i dag hovedsakelig går til produksjon av cellulose, tre- og papirmasse og trefiberplater i treforedlingsindustrien, samt til ved, pellets og flis til energiformål. I tillegg til stammevirke, er omtrent en tredjedel av skogressursene GROT som kan anvendes til biodrivstoff. GROT ligger som regel igjen på hogstflatene og er tilgjengelige ressurser, men hovedutfordringen er lav lønnsomhet ved utnyttelse.

Gitt forventninger om fremtidig konkurranse om

90 *NVE (2014), Bioenergi i Norge*
91 *SSB, https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/bruk-av-biodrivstoff-i-transport*
92 *Fra Miljødirektoratet.no: Avanserte biodrivstoff «framstilles av rester og avfall, fra næringsmiddelindustri, landbruk eller skogbruk»*
93 *ZERO (2017), Bærekraftig biodrivstoff*
94 *Avfall Norge, https://www.avfallnorge.no/bransjen/nyheter/biogass-verdifullt-effektivt-og-kliman%C3%B8ytralt*
95 *Zero (2017), Bærekraftig biodrivstoff*
96 *NVE (2014), Bioenergi i Norge*
97 *Miljødirektoratet (2015) Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030*
98 *Miljødirektoratet (2015), Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030*
99 *Se for eksempel miljodirektoratet.no*
100 *Miljødirektoratet, http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/2017/April-2017/Kraftig-okning-i-bruk-av-biodrivstoff-i-2016/*
101 *IEA (2017), Energy Technology Perspectives 2017*
102 *Compressed biogas*
103 *Liquefied biogas*
104 *Sund Energy (2017), Muligheter og barrierer for økt bruk av biogass til transport*

biomassen både nasjonalt og internasjonalt, blir det viktig å stimulere til en bærekraftig utnyttelse av bioressursene med høyest mulig verdiskaping og klimanytte. Det innebærer at biomasse benyttes til formål der det ikke finnes andre gode og klimavennlige alternativer, for eksempel drivstoff, kjemikalier, plast, materialer og til industrielle formål. Fremtidens utnyttelse av bioressurser vil inngå i større bio-økonomiverdikjeder, der bioenergi produseres fra avfall og sidestrømmer.

På lenger sikt kan det bli mulig å øke produksjonen av biomasse. Endret klima og mer aktiv skogskjøtsel vil kunne øke ressursgrunnlaget i skogen, samt at det er muligheter knyttet til marin biomasse. Norge har kompetanse og naturressurser som gir gode forutsetninger for utnyttelse av alger til bioenergi, men det er fortsatt behov for teknologiutvikling og demonstrasjonsprosjekter. Flere aktører bruker begrepet «En fremtidig blågrønn åker» for å illustrere dette poenget og de mulighetene som ligger i å dyrke og utnytte marin og landbasert biomasse. Dyrking av marin biomasse står sentralt i strategien Hav21.

Norge har gode forutsetninger for videreutvikling biogassteknologier og -løsninger basert på kompetanse og erfaring fra prosessindustrien. Det gjelder områder som optimalisering, styring, systemteknikk, separasjonsteknikk, reaktorteknologi og -modellering m.m. Det er også behov for økt kunnskap om artsutvalg, dyrkningsteknologi og forbehandling. Biogassbransjen forventer et skifte fra småskala avfallsfokuserte anlegg til storskala energiproduksjon, med tilhørende utfordringer når bransjen industrialiseres. Nye og planlagte anlegg i stor skala vil realisere flytende biometanproduksjon for transportsektoren, og være avtaker for storskala substratleveranser fra skogbruk, landbruk og havbruk.

Flytende biogass (LBG) kan også ha en interessant mulighet som hydrogenbærer, og kan anvendes i høytemperatur brenselceller. Metanisering av CO_2 med hydrogen fra elektrolyse kan også bli interessant, ved at CO_2 gjenbrukes i produksjon av metan som kan brukes som brensel i brenselceller.

3.4.4
NÆRINGENS AMBISJONER – BIOENERGI

Næringslivet innen bioenergi har følgende ambisjoner:

- Bidra til en bredt forankret forståelse for klimamessig riktig forvaltning av de norske biomasseressursene.
- Stimulere til økt aktivitet og verdiskaping ved investeringer i norsk skogsindustri, herunder etableringen flere avanserte industrianlegg for produksjon av trelast, biodrivstoff og andre trebaserte kjemikalier og materialer.
- Stimulere til økt aktivitet og verdiskaping knyttet til energigjenvinning av avfall og sidestrømmer fra både husholdninger, industri og annen næringsvirksomhet, inkludert oppdrettsnæringen.
- Øke norsk kompetanse og teknologiutvikling knyttet til energiforedling av skogsråvarer og avfall og sidestrømmer med et betydelig energiinnhold.

3.4.5
TILTAK OG SENTRALE FORSKNINGSTEMAER – BIOENERGI

Næringen innen fagområdet bioenergi vektlegger følgende tiltak og forskningstemaer for å realisere ambisjoner og møte fremtidens kunnskaps- og teknologibehov:

Tiltak:

- Støtte til kommersialisering og industrialisering av nye teknologier og løsninger fra norske bedrifter og forsknings- og utdanningsmiljøer.
- Støtte utviklingen av teknologi og verdikjeder for nye bioenergiprodukter, både fra skogsråvarer, husholdningsavfall og avfall og sidestrømmer fra oppdrettsnæringen og annen næringsvirksomhet.
- Følge opp EUs arbeid innen bioressurser. Påvirke og bidra til mest mulig hensiktsmessige og forutsigbare rammebetingelser for norske aktører
- Bidra til å følge opp Skog22 med kostnadseffektive og bærekraftige energiløsninger. Hovedfokus: varme og drivstoff.
- Iverksette forsknings-, utviklings-, demonstrasjons- og kommersialiseringsaktiviteter innenfor de identifiserte strategiske forskningstemaene som følger under:

Strategiske forskningstemaer:

- Integrasjon av bioenergi i fremtidens energisystemer som del av en bioøkonomi.
- Bioenergi som en integrert del av fremtidens bioraffinerier.
- Barrierer for økt bruk av bioenergi i det norske systemet, herunder utnyttelse av GROT og lavverdi biomasse.
- Bærekraftig biodrivstoff til transportsektoren med spesielt fokus på luftfart og lang og tung transport på land og til sjøs.
- Bedre utnyttelse av avfall og sidestrømmer til varme, kraft og drivstoff.
- Teknologier og løsninger for storskala biogassproduksjon
- Enzymer, mikrobiologi og fermenteringsprosesser
- Metanisering av CO_2
- Nye norske bærekraftige biomassetyper – inkludert marin biomasse og alger (på land og til sjøs).
- Anvendelse av bioressurser til formål med få andre fornybare alternativer, for eksempel kjemikalier, plast, materialer, og industrielle formål

3.5

Klimavennlige energiteknologier til landbasert transport

Landbasert transport er årsak til store klimagassutslipp. Innføring av klimavennlige energiteknologier til land-

transporten er avgjørende for å oppnå nødvendige utslippsreduksjoner. Energi21 vurderer landtransporten som en viktig bidragsyter i omleggingen til lavutslippssamfunnet. I tillegg har denne sektoren et potensial for utvikling av et internasjonalt konkurransedyktig næringsliv.

Landbasert transport har betydning for utvikling av satsingsområdene «Klimavennlige energiteknologier til maritim transport» og «Digitaliserte og integrerte energisystemer».

Sammendrag:

- Omlegging av landtransporten til klimavennlige energiteknologier er nødvendig for å nå utslippsmålene og bidra til etableringen av lavutslippssamfunnet.
- Omleggingen vil utløse store investeringer globalt som gir muligheter for norske leverandører.
- De klimavennlige energiteknologiene må videreutvikles for å oppnå høyere utbredelse og flere bruksområder, og det er store utfordringer knyttet til løsninger for tung- og godstransport.
- Norge er tidlig ute med elektrifisering av personbilparken og kan utnytte dette forspranget til å bygge en sterkere kompetansebase innen systemforståelse og integrasjon av nye transportløsninger.
- Norge har et forsyningssikkert el-nett og store energiressurser. Dette er et godt fundament for elektrifisering av transportsektoren.
- Norges kompetanse innen elektrokjemi og materialteknologi er en mulighet for batteriproduksjon Vi har allerede leverandører av batterimoduler for industri og transport.
- Norge har lang industriell erfaring og kompetanse innen hydrogen, og har gode forutsetninger for å utvikle kjerneteknologi og komponenter. Vi har også eksisterende leverandører av hydrogenteknologier, som er ledende i det globale markedet.
- 2. og 3. generasjons biodrivstoff er en del av løsningen for å oppnå utslippsmålene i transportsektoren. Noen teknologier er demonstrert kommersielt, mens oppskalering av andre teknologier er foreløpig kostbart.
- Biogass til bruk i landtransport har god klimanytte, og Norge kan øke produksjonen av biogass fra 1 TWh i dag til 5 TWh i 2030[112].
- Digitalisering vil føre til endringer langs hele verdikjeden for landtransport, og det er et potensiale for å utvikle og tilby nye transportløsninger og –tjenester.

3.5.1 MARKEDSUTVIKLING OG FORVENTET BETYDNING

Landtransport utgjør omtrent 23 % av Norges klimagassutslipp[113], og det er satt ambisiøse målsetninger for utslippskutt fra sektoren. Klimameldingen formulerer en ambisjon om at transportsektoren i 2050 er «tilnærmet utslippsfri/klimanøytral». Ambisjonen vil kreve betydelig innsats og virkningsfulle tiltak i hele transportsystemet, inkludert et storstilt skifte fra fossile til utslippsfrie energibærere i landtransporten.[114] Det betyr et stort innslag av klimavennlige energiteknologier til landtransporten, herunder batteri- og hydrogenelektrisk fremdrift og biodrivstoff.

Internasjonalt utgjør landtransport omtrent 11 % av klimagassutslippene[115], og ifølge IEAs tograderssscenario må transportsektoren stå for rundt 21 % av utslippskuttene innen 2060[116]. Landtransport står for hoveddelen av utslippskuttene. Utslippsmålene for transportsektoren er svært utfordrende, og vil medføre dyptgripende endringer i hele det globale transportsystemet. Med omleggingen følger enorme investeringer, som åpner opp markedsmuligheter for teknologier, løsninger og tjenester til de klimavennlige energiteknologiene i landtransporten.

Landtransportens ulike kjøretøygrupper står overfor ulike utfordringer og muligheter i omleggingen av transportsystemet. Lettere kjøretøy som personbiler og varebiler kan benytte samtlige klimavennlige energiteknologier til transport, og stadige teknologiforbedringer har gjort elektriske alternativer tilgjengelig også for lastebiler og busser for kortere avstander. Disse kjøretøygruppene må i fremtiden ha en stor andel elektriske kjøretøy for å nå utslippsmålene.

Tyngre kjøretøy for lengre avstander (lastebiler, godstransport, busser) har færre tilgjengelige alternativer som følge av effekt og rekkeviddebegrensninger. Disse kjøretøygruppene er derfor mer utfordrende å avkarbonisere. Forbedringer i batterielektriske løsninger vil gjøre batterielektrisk fremdrift mulig for deler av kjøretøygruppen, men det vil i 2060 fortsatt være behov for andre alternativer[117]. Hybride løsninger er et alternativ på kort og mellomlang sikt. Biodrivstoff vil ifølge IEAs scenario B2DS utgjøre en betydelig andel av energibruken til tyngre kjøretøy i 2060, men begrensninger i tilgangen på biodrivstoff kan bli en utfordring på lang sikt. Elektrisk fremdrift kan bli det eneste reelle alternativet på lang sikt, men krever ytterligere teknologiutvikling[118], både innen hydrogen- og batterielektrisk fremdrift.

Det virker å være en omforent forventning om vekst

[105] *Regjeringens Bioøkonomistrategi [..] «bærekraftig, effektiv og lønnsom produksjon, uttak og utnyttelse av fornybare biologiske ressurser til mat, fôr, ingredienser, helseprodukter, energi, materialer, kjemikalier, papir, tekstiler og andre produkter»*
[106] *SSB, Landsskogtakseringen (2016)*
[107] *Skog22*
[108] *SSB.no, https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/skogav*
[109] *Greiner og topper*
[110] *Skogvirke av høy kvalitet, til produksjon av trelast i sagbruksindustrien*
[111] *Miljødirektoratet (2014) Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling*

i batterielektriske kjøretøy i landtransporten, selv om innfasingstakt og tidsperspektiv varier mellom ulike framskrivninger. Fremtidig utbredelse av hydrogenelektriske kjøretøy er imidlertid mer omdiskutert. Noen framskrivninger, for eksempel IEA ETP (2017), viser lav utbredelse av hydrogenkjøretøy som følge av barrierer knyttet til energieffektivitet og høye kostnader til infrastruktur, brenselceller og lagringstanker. Andre, for eksempel ZERO og Hydrogen Council, legger til grunn at hydrogen vil spille en viktig rolle i omleggingen av landtransporten. Hydrogen Council oppgir at 25 % av passasjerbiler, 30 % av lastebiler og 25 % av busser må gå på hydrogen i 2050 for å følge IEAs togradersscenario[119].

Jernbanen i Norge går allerede i hovedsak på elektrisitet, med unntak av noen få dieseldrevne linjer som må legges om til nullutslippsteknologier. Her er løsninger med kombinasjoner av kjøreledning, batterielektrisk og hydrogenelektrisk fremdrift mulige.

3.5.2 DET NORSKE AKTØRBILDET, NÆRINGSLIV OG FORSKNINGSMILJØER

Norge har ingen egne bilprodusenter, men vi har flere leverandører av bildeler og komponenter til den internasjonale bilindustrien. Disse aktørene produserer komponenter som er relativt uavhengig av fremdriftssystem (eks. støtfangere og hjuloppheng), men representerer likevel en erfarings- og kunnskapsbase å bygge videre på. For teknologier og løsninger som er spesifikke for klimavennlige energiteknologier for landtransport, finnes det norske aktører innen de ulike teknologiene og i ulike deler av verdikjeden.

Innen produksjon av løsninger for batterielektrisk fremdrift har vi enkelte norske aktører som leverer batterimaterialer til utenlandsk battericelleproduksjon, og enkelte aktører som produserer batterimoduler til industrielle formål og maritim transport. Det er også en rekke norske aktører som utvikler og produserer ladeinfrastruktur, også disse opererer i det internasjonale markedet.

Innen løsninger for hydrogenelektrisk fremdrift er norske aktører verdensledende på produksjon av elektrolysører, trykktanker og fyllestasjoner. Det er også noen norske aktører som drifter hydrogenfyllestasjoner i Norge, men utbredelsen er foreløpig lav. Flere aktører har imidlertid ambisjoner om å bygge ut et nettverk av hydrogenfyllestasjoner frem mot 2020.

Biodrivstoff anvendes på samme type kjøretøy og infrastruktur som fossile drivstoff, forskjellen ligger i produksjonen av biodrivstoffet. Norge har enkelte aktører som produserer biodrivstoff, både fra importert raps og soya, samt fra avfall. Aktørene innen biodrivstoff er foreløpig få, men flere aktører utreder muligheten for å etablere storskala produksjon av biodrivstoff fra skogsråvarer. Det er nylig besluttet å bygge et demoanlegg i Norge for produksjon av avansert biodrivstoff. Det finnes også norske aktører i ulike deler av verdikjeden for biogass, inkludert to produsenter av biogassanlegg som kan levere konkurransedyktig teknologi i et internasjonalt marked.

Norge har noen forskningsmiljøer innen ladeinfrastruktur og samspillet med energisystemet, samt flere sterke forskningsmiljøer innen batterier, hydrogen og biodrivstoff.

Norge har flere sterke forskningsmiljøer innen batterimaterialer og -teknologier, og har en solid kompetanse innen silisiumanoder. Forskningsmiljøene arbeider med silisium, grafen, forskjellige typer coating, faststoff-elektrolytter, metallhydrider, magnesium-ion batterier og andre materialer for neste generasjons batterier.

Innen hydrogenteknologier har Norge sterke forskningsmiljøer innen høytemperatur brenselceller og elektrolysører, og med spesielt fokus på protonledende keramer. Disse miljøene besitter materialkompetanse i verdensklasse. Videre har norske forskningsmiljøer høy kompetanse innen lavtemperatur brenselceller og elektrolysører av typen polymembraner. Norske forskningsmiljøer arbeider også med alkalisk elektrolyse. I tillegg har norske miljøer har sterk kompetanse innen hydrogenlagring i metallhydrider, samt internasjonalt ledende aktivitet innen modellering og analyse av hydrogensystemer og -verdikjeder.

Innen biodrivstoff holder flere norske forskningsmiljøer et høyt internasjonalt nivå. Eksempler på spesielt sterke fagområder innen biodrivstoff er mikrobiologi-, biogass- og enzymforskningen og katalytisk oppgradering. Norge har også internasjonalt anerkjent forskning innen klimagevinst ved utnyttelse av skog til biodrivstoff. En norsk forsker er valgt til å lede ett av hovedkapitlene i neste rapport fra FNs klimapanel.

3.5.3 NORSKE UTFORDRINGER OG MULIGHETER

Norge er tidlig ute med elektrifisering av personbilparken, og har den høyeste elektrifiseringsgraden i verden. Dette forspranget kan Norge utnytte til ny verdiskaping, for eksempel gjennom utvikling og testing av nye løsninger og tjenester i hjemmemarkedet. Disse løsningene kan videre eksporteres i et internasjonalt marked når elektrifiseringen har kommet lenger også internasjonalt. Norge har gode forutsetninger for å videreutvikle det helelektriske transportsystemet, med et sterkt kraftnett, velutbygget energiinfrastruktur for transport og fornybare kraftressurser.

Norge har aktører som produserer batterimaterialer, samt batterimoduler, men mangler produksjon av battericeller. Den sterke markedsveksten for batterier utgjør en mulighet for leveranser av materialer, produksjonsteknologi og battericeller. Produksjon av battericeller i Norge kan bli interessant fordi vi har god tilgang på fornybar og billig elektrisitet, gunstig klima for celleproduksjon, samt ledige industritomter. Vi har også sterke forskningsmiljøer innen elektrokjemi og materialteknologi, som er relevant for produksjon av battericeller.

Norge har flere aktører som utvikler og produserer elektrisk ladeinfrastruktur, og pågående utviklingsaktiviteter innen løsninger for smart lading med demand response. Slik ladeinfrastruktur har potensial til å bli en attraktiv eksportvare, særlig til land med svakere kraftnett. Internasjonalt er det stor aktivitet innen utvikling, testing og demonstrasjon av kontinuerlig overføring av elektrisk energi for kjøretøy i bevegelse. Statens Vegvesen og aktører innen transportnæringen arbeider også med å utrede muligheter for demonstrasjon av slik teknologi i Norge. På sikt kan slik teknologi, i kombinasjon med batterier og hydrogen, kunne bidra til å løse rekkevidde- og effektutfordringen for tungtransport.

Norge har flere forutsetninger for å utvikle og ta i bruk hydrogenteknologier for landtransport. Norge var et av de første landene som etablerte offentlige tilgjengelige hydrogenstasjoner. Vi har aktører med spisskompetanse innen elektrolyse, fyllestasjonsteknologi og hydrogentanker, lang industriell erfaring med hydrogen og forsknings- og utdanningsmiljøer med solid material- og prosesskunnskap. I tillegg har Norge både fornybare og fossile energiressurser som kan benyttes i produksjon av utslippsfritt hydrogen, gjennom elektrolyse eller dampreformering med CO_2-håndtering.

Utbredelse av hydrogen til landtransport står overfor utfordringer knyttet til kostnadsnivå, både på hydrogenet og på kjøretøy og infrastruktur. For produksjon av hydrogen fra elektrolyse er skala en viktig kostnadsdriver, og den foreløpige lave utbredelsen av hydrogenkjøretøy gir lav utnyttelsesgrad på hydrogenfyllestasjonene og kostbart hydrogen. Skala er også viktig for produksjon av hydrogenteknologi, og økt produksjonsvolum driver kostnadene ned. Det er likevel også fortsatt mulig å senke kostnadene ved videreutvikling av ulike nøkkelkomponenter.

Norge har noen aktører som produserer biodrivstoff, men størstedelen av biodrivstoffet som forbrukes i Norge er importert. Myndighetenes økte omsetningskrav for biodrivstoff krever imidlertid oppfølging fra norske aktører, og øker tidspresset på teknologiutvikling og produksjon av tilstrekkelige mengder biodrivstoff. Norge har betydelige skogressurser som kan anvendes i produksjon av biodrivstoff, men utfordringen er at produksjonsprosessene er energi- og kapitalkrevende og teknologien er foreløpig lite utprøvd. På lengre sikt kan tilgang på bioressurser begrense bruken av biodrivstoff i landtransporten, fordi andre bruksområder kan ha større behov for den.

Innen biogass har Norge en produksjon på rundt 1 TWh i dag, men foreløpig brukes kun en liten andel av den produserte biogassen til transportformål. Fremover forventes biogass å kunne ta en større rolle i transportsektoren[120], og Norge kan oppnå en produksjon på 5 TWh i 2030. Norge har gode forutsetninger for å videreutvikle teknologier og løsninger til biogassbransjen basert på kompetanse og erfaringer fra prosessindustrien.

Norge har, som beskrevet i over, flere forutsetninger for verdiskaping basert på de klimavennlige energiteknologiene til landbasert transport. En mulig utfordring for norske aktører er en manglende norsk bilindustri å levere til[121] som gjør at aktørene er avhengig av å lykkes i en internasjonal bransje med sterk konkurranse og krevende kunder. Norsk bildelindustri lykkes med å levere til dette markedet, og sitter på verdifulle erfaringer og kompetanse å bygge videre på. Utviklingen i bilindustrien tyder imidlertid på at bilindustrien selv ønsker å drive utviklingen mot elektrifisering og nye transportløsninger. For eksempel har flere bilprodusenter egen produksjon av batterier, ladeinfrastruktur og transporttjenester (eksempelvis bildeling).

3.5.4 DIGITALISERING INNEN KLIMAVENNLIG LANDTRANSPORT

Digitalisering vil føre til endringer langs hele verdikjeden for landtransport, fra utvikling og produksjon av kjøretøyet til sluttbruker og utvikling nye transportteknologier- og tjenester. Digitalisering vil treffe alle lavutslippsteknologiene, men foreløpig har transportstrukturen for elektriske kjøretøy kommet lenger på digitalisering enn de andre lavutslippsteknologiene.

Et digitalt landtransportsystem vil utnytte digitale løsninger for alle deler av transportsystemet; ladestasjoner, fyllestasjoner, parkering, bommer, kjøreruter m.m. På sikt (2025) kan også selvkjørende biler bli aktuelt, hvilket åpner for ytterligere nye muligheter i transportsystemet. Vi får kjøretøy som kommuniserer med både bruker, andre kjøretøy, veier og annen transportinfrastruktur, og som blir en integrert del av smarte byer. Slik kan digitalisering bidra til sammenhengende, miljøvennlige og effektive transportsystemer til beste for kunden og samfunnet.

[112] *Avfall Norge, https://www.avfallnorge.no/bransjen/nyheter/biogass-verdifullt-effektivt-og-kliman%C3%B8ytralt*
[113] *Avinor, Jernbaneverket, Kystverket og Statens vegvesen (2016), Grunnlag for klimastrategi*
[114] *Klimameldingen presenterer tre tiltakstyper; Redusere transportomfang, overgang til mer miljøvennlige transportformer, fjerne/redusere utslipp fra transportmidlet. Energi21s mandat dekker tredje tiltaksgruppe.*
[115] *IPCC (2014), Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*
[116] *IEA (2017), Energy Technology Perspectives 2017*
[117] *Ibid*
[118] *Ibid*
[119] *Hydrogen Council (2017), Hydrogen scaling up*

Med digitalisering kan delingsøkonomitjenester for transport øke sin utbredelse, samt løsninger for «transport som en tjeneste». Norge kan ta en posisjon i dette markedet ved å utnytte den høye graden av elektrifisering i kombinasjon med nye digitale teknologier. Norge kan utnytte sin evne til samhandling på tvers av sektorer til å utvikle gode og bærekraftige transportløsninger som er tett integrert med andre samfunnstjenester i smarte byer. Løsningene kan testes og verifiseres på vårt hjemmemarked, før tjenestene kan selges internasjonalt.

Digitalisering gjør programvareutvikling stadig viktigere, og hvis Norge ønsker å bygge kompetanse innen programvareutvikling vil man kunne eksportere denne kunnskapen til et stort internasjonalt marked. Kompetanse fra maritim sektor og utvikling av autonome undervannsfartøy kan eventuelt overføres til landbaserte autonome løsninger, i tillegg til at Norge har sterke aktører innen IKT.

3.5.5 OVERFØRINGSVERDI TIL ANDRE OMRÅDER

Tilsvarende som for maritim transport, har landbasert transport viktige overføringsverdier til andre bransjer. Mye av teknologien og kunnskapen innen batterier og hydrogen til landbasert transport, vil være overførbar til andre bruksområder. For biodrivstoff er produksjonen i liten grad avhengig av bruksområde, og utvikling av produksjon av avansert biodrivstoff vil kunne brukes til flere formål.

3.5.6 NÆRINGENS AMBISJONER – KLIMAVENNLIG LANDTRANSPORT

Næringen har følgende ambisjoner knyttet til utviklingen mot klimavennlig landtransport:

- Norsk landtransport er ledende innen utnyttelse av klimavennlige energiteknologier for landtransport og oppfyller fastsatte utslippsmål.
- Norges landtransport er digital og smart, og samspiller godt med energisystemet.
- Etablering av battericelle- og brenselcelleproduksjon i Norge.
- Utvikle internasjonal konkurransedyktig leverandørindustri innen landbaserte klimavennlige fremdriftsløsninger og transportsystemer:
  - Ladeteknologi og tilhørende tjenester for elbil, elbuss, tungtransport og nyttekjøretøy (tilkobling til el-nett inkl. energilagre for «peak shaving»).
- Nøkkelkomponenter til hydrogenkjøretøy og fyllestasjoner, bidra til lavere kostnader og bedre konkurransedyktighet.
- Kostnadseffektiv teknologi for produksjon av 2. og 3. generasjons biodrivstoff.
- Innovative løsninger for elektrifisering av jernbanen (f.eks. batteri- eller hydrogenelektrisk fremdrift av tog).
- Nye digitale transportløsninger og transporttjenester.

Ladeinfrastruktur. *Foto: ABB*

3.5.7
TILTAK OG SENTRALE FORSKNINGSTEMAER – KLIMAVENNLIG LANDTRANSPORT

Næringen innen fagområdet landtransport vektlegger følgende tiltak og forskningstemaer for å realisere ambisjoner og møte fremtidens kunnskaps- og teknologibehov:

Tiltak:

- Krav til nullutslipp i offentlige anskaffelser.
- Støtte innfasing av infrastruktur for klimavennlige energiteknologier til landtransport.
- Etablere demonstrasjonsprosjekt med ulike typer infrastruktur for elektrifisering av tungtransport.
- Etablere pilotlinje for battericelleproduksjon i Norge.
- Iverksette forsknings-, utviklings-, demonstrasjons- og kommersialiseringsaktiviteter innenfor de identifiserte strategiske forskningstemaene som følger under.

Strategiske forskningstemaer:

- Batteriteknologi og batterimaterialer, teknologiutvikling av nøkkelkomponenter.
- Elektrolysører, brenselcelleteknologi og annen kjerneteknologi for hydrogenkjøretøy.
- Ladeteknologi (stasjonær og dynamisk) for elektriske kjøretøy og hydrogenfyllestasjoner.
- Teknologi for utnyttelse av trevirke og skogavfall til biodrivstoffproduksjon.
- Teknologier og løsninger for storskala biogassproduksjon.
- Kostnadseffektive hybride løsninger.
- Smart transportsystem: bedre utnyttelse av veinett og energi.
- Miljø- og klimavennlige løsninger for tung- og langtransport.
- Effektive markeds- og forretningsmodeller for utvikling av et klimavennlig transportsystem.
- Helhetlig forståelse av fremtidens transportsystem, tverrfaglige problemstillinger knyttet til transportmønster, veiutnyttelse, biltetthet m.m.

3.6
KLIMAVENNLIGE ENERGITEKNOLOGIER TIL LUFTTRANSPORT

Omlegging av lufttransporten til klimavennlige energiteknologier er nødvendig på sikt for å nå nasjonale og globale utslippsmål. De klimavennlige energiteknologiene som er særlig aktuelle, er biodrivstoff og elektrisitet. Norge ligger godt til rette for en tidlig utnyttelse og bruk av denne typen elektriske fly. Både passasjerkapasitet, distanser og kortbaneegenskaper og tilgangen på infrastruktur for elektrisk energi egner seg.

Sammendrag:

- Norges kortbanenett gir et godt utgangspunkt for tidlig bruk og utnyttelse av elektriske passasjerfly og passer godt med
  - Forventet ytelse på de første elektriske flyene.
  - Forventet passasjerkapasitet.
  - Forventet mulige distanser.
  - Kortbanegenskaper og elektrisk infrastruktur.
- Utfordringene ved å ta i bruk biodrivstoff (2. og 3. generasjon) i luftfarten er knyttet til for høye kostnader og manglende skala i produksjonen.
- For elektriske fly er utfordringene knyttet til utvikling av kompakte og slanke elektriske motorer og batterier med større kapasitet og lavere kostnader.
- I Norge er det først og fremst Avinor som har tatt en aktiv rolle i miljø- og klimaarbeidet og ønsker å tilrettelegge flyplassene for en bærekraftig lufttransport.

3.6.1
MARKEDSUTVIKLING OG FORVENTET BETYDNING

Samlet står flytrafikk i og fra Norge for klimagassutslipp omkring 2,8 millioner tonn CO_2 ekvivalenter, som tilsvarer rundt 5 prosent av norske utslipp. Klimagassutslippene fra all innenriks sivil luftfart tilsvarte i 2015 2,4 prosent av samlede utslipp i Norge (1,3 av totalt 53,9 millioner tonn CO_2 ekvivalenter). Det er disse utslippene som er omfattet av Kyotoprotokollen og som rapporteres i SSBs statistikk. Klimagassutslippene fra flydrivstoff solgt i Norge til utenlandske formål dvs. hvor første destinasjon er i utlandet, utgjorde i tillegg 1,5 millioner tonn CO_2 ekvivalenter.

I 2015 var de totale globale utslippene fra luftfart omkring 2 prosent av de totale klimagassutslippene i verden. Veksten i flytrafikken i Vest-Europa og USA forventes å være relativt moderat, mens de forventes sterk vekst andre deler av verden de neste ti-årene.[122] De samlede klimagassutslippene fra luftfarten forventes derfor å øke kommende år.

Å skifte ut eksisterende flyflåte med nye, lettere fly med mer effektive motorer er det viktigste bidraget til å redusere utslippene nå. Tiltakene innebærer økt bruk av lettere materialer som kompositter og aluminium, forbedringer av flykropp og vinger, samt ny motorteknologi. Også effektivisering i luftrommet, optimalisering av landinger og avganger er viktig for å redusere utslippene. I tillegg er lufthavndrift (energieffektive og klimavennlige bygg) og utforming av tilbringertjenester (landbasert transport) av betydning for de samlede klimagassutslippene som lufttransporten medfører.

På lengere sikt er innfasing av biodrivstoff, hydrogen og elektriske fly aktuelle alternativ for å redusere utslippene fra luftfarten betydelig.

[120] *Sund Energy (2017)*
[121] *Det anses som urealistisk at det vil endre seg*

Biodrivstoff har vært i bruk i flere tusen sivile flygninger siden 2009 i verden. I 2014 gjennomførte Norwegian og SAS de første norske flygningene på biodrivstoff og i siden 2016 har Oslo Lufthavn blitt verdens første internasjonale hub som tilbyr biodrivstoff. Avinor har satt som mål at fra 2030 skal 30 prosent av alt flydrivstoff solgt på Avinors lufthavner være biodrivstoff produsert på en bærekraftig måte. Det tilsvarer et volum på 400 millioner liter jetdrivstoff. Det finnes per 2017 fem sertifiserte produksjonsruter for fremstilling av jet biodrivstoff og flere er underveis.

Det er flere utfordringer knyttet til bruken av biodrivstoff. Det ene er at det må produseres bærekraftig. Det vil si at bruken av biomasse fra skog til drivstoff bør skje under noen forutsetninger knyttet balansert avvirkning av skogen, vern om det biologiske mangfoldet og at drivstoffet oppfyller EUs bærekraftskriterier.

Den andre utfordringen er at det i dag ikke er et velfungerende marked for jet biodrivstoff. Det finnes for små volumer på markedet og produksjonen er ikke etablert i storskala. Kostnadene er følgelig ikke konkurransedyktige, men forventes å falle på sikt.

Det er usikkerhet knyttet til hydrogens roller i fremtidens energi- og transportsystemer, da det er en rekke utfordringer som må løses for at hydrogen kan utløse sitt fulle potensial. En rolle for hydrogen kan være som rekkeviddeforlenger. Det er imidlertid særlig utfordringer knyttet til konkurranseevne og kostnadsnivåer, infrastruktur og teknologiutvikling. Skal hydrogen få en rolle, er det nødvendig med teknologiske gjennombrudd. Hydrogen har derfor fått liten betydning innenfor lufttransport i IEAs scenarier[123].

Det skjer for tiden en rask utvikling innenfor elektrifisering av luftfarten. Kommersielle flygninger med passasjerfly opp til 70 passasjerer over kortere avstander anses av de store flyprodusentene å være teknisk mulig i løpet av 10 år. Flere store aktører ser nå kommersielle muligheter for elektriske fly. Siemens og Airbus har inngått en samarbeidsavtale og Boeing har investert i et selskap som utvikler nye elektriske fly. Hovedutfordringene knyttet til utvikling av kompakte og slanke elektriske motorer og batterier med større kapasitet og lavere kostnader.

For småfly er batterikapasiteten allerede i dag god nok for treningsflyging. Det brukes også store summer internasjonalt for å utvikle droner som kan frakte passasjerer (flydrosjer) av aktører som Toyota, Airbus, Google, Uber og kinesiske selskaper.

3.6.2
DET NORSKE AKTØRBILDET, NÆRINGSLIV OG FORSKNINGSMILJØER

Det er få norske aktører som er aktive innenfor lufttransport. Flyselskaper som SAS og Norwegian opplever krevende konkurranseforhold og har redusert ressursene som brukes til klima- og miljøarbeid. I Norge er det først og fremst Avinor som har tatt en aktiv rolle i miljø- og klimaarbeidet og ønsker å tilrettelegge flyplassene for en bærekraftig lufttransport.

Innenfor biodrivstoff er aktører som Statkraft, Quantafuel og Biozon aktive.

3.6.3
NORSKE UTFORDRINGER OG MULIGHETER

Elektriske passasjerfly kan være tilgjengelig på markedet i 2030, særlig i form av passasjerfly med opptil 50 passasjerer for korte distanser og kortere rullebaner. Det er fly som egner seg godt til i bruk i vårt kortbanenett.

Norge ligger godt til rette for en tidlig utnyttelse og bruk av denne typen elektriske fly. Både passasjerkapasitet, distanser og kortbaneegenskaper og tilgangen på infrastruktur for elektrisk energi egner seg.

Bransjen ved Avinor, NLF, Widerøe og SAS har etablert et langsiktig utviklingsprosjekt for elektriske fly og tatt til orde for at Norge kan etableres som et innovasjonssenter og en testarena for utviklingen av elektriske fly.

3.6.4
NÆRINGENS AMBISJONER

Næringslivet innen lufttransport har følgende ambisjoner for å oppnå mer klimavennlige transportløsninger:

- Etablere Norge som et «elektrisk lab» for utviklingen av elektriske fly.
- Redusere kostnaden for biodrivstoff.

3.6.5
TILTAK OG SENTRALE FORSKNINGSTEMAER – LUFTTRANSPORT

Næringen innen fagområdet lufttransport vektlegger følgende tiltak og forskningstemaer for å realisere ambisjoner og møte fremtidens kunnskaps- og teknologibehov:

Sentrale FoU temaer og tiltak under fagområdene bioenergi, hydrogen og klimavennlige energiteknologier til maritim- og landbasert transport samt digitaliserte og integrerte energisystemer har relevans for kunnskaps- og teknologibehovet innen klimavennlige energiteknologier til lufttransport. Det er grenseflater og overføringsverdi mellom disse områdene.

3.7

Landbasert vindkraft

Landbasert vindkraft bidrar til nasjonal verdiskaping gjennom utnyttelse av landbaserte vindressurser, og Energi21 forventer økt utbygging av vindkraft i Norge de kommende årene.

Landbasert vindkraft har også betydning for utviklingen innen satsningsområdet «Digitaliserte og

integrerte energisystemer», der samspillet mellom ulike produksjonsteknologier og systemet er et sentralt tema.

Sammendrag:

- Global installert vindkraftkapasitet på land har vokst med omtrent 14 % årlig de siste fem årene, og utgjorde omtrent 472 GW i 2016.
- El sertifikatmarkedet har vært den viktigste driveren for økt utbygging av landbasert vindkraft i Norge. Med fallende kostnader vil vindkraft trolig snart bli konkurransedyktig, og kraftprisen blir da avgjørende for nye utbygginger.
- Norge har Nord-Europas beste vindressurser.
- Landbasert vindkraft er en moden teknologi, men det vil foregå en kontinuerlig videreutvikling og forbedring knyttet til kostnadseffektivitet og økt energiproduksjon.
- Norske næringsaktører med gode løsninger har muligheter som underleverandører i dette markedet og enkelte er der allerede.
- Norske energiprodusenter har ambisjoner om å utvikle seg som eiere av vindkraftanlegg i Norge og utlandet.

3.7.1 MARKEDSUTVIKLING OG FORVENTET BETYDNING

Det er i dag installert vindkraft i mer enn 90 land[124] og ved utgangen av 2016 var det en samlet installert kapasitet på 472 GW[125]. Dette forventes å øke fremover, og installert kapasitet internasjonalt forventes å være omtrent 1700 GW i 2040, tilsvarende en produksjon på over 5000 TWh[126].

Det er et stort potensial for utnyttelse av vindkraft i Norge. Ved utgangen av 2017 var det installert omtrent 1165 MW vindkraft på land i Norge med en produksjon omkring 2,85 TWh[127]. Potensialet er betydelig, og med modne teknologier anses ikke ny forskning å være avgjørende for at dette utnyttes. Etablering av det norsksvenske el sertifikatmarkedet har bidratt til økt utbygging av vindkraft på land, og interesseorganisasjonen NORWEA forventer over 10 TWh vindkraft i Norge i 2020. Verdien av norsk vindkraft styrkes gjennom mulighetene for samkjøring med vannkraftsystemet. Vannkraftanlegg med pumpekraftmuligheter kan øke verdien ytterligere. Som følge av fallende kostnader vil vindkraft trolig bli lønnsomt uten subsidier om noen år. NVE anslår 15TWh ny vindkraft innen 2030[128].

3.7.2 DET NORSKE AKTØRBILDET, NÆRINGSLIV OG FORSKNINGSMILJØER

Aktørene deler seg i to grupper; energiselskaper som bygger og utnytter vindkraft og leverandører av teknologi og tjenester. Det finnes ingen norske totalleverandører i dag, men flere aktører som opererer som underleverandører. Flere større norske aktører posisjonerer seg for utbygging av vindkraft internasjonalt.

3.7.3 NORSKE UTFORDRINGER OG MULIGHETER

Norge har en av Nord-Europas beste vindressurser, og vindkraft vil trolig bli lønnsomt uten subsidier om noen år. For norske næringsaktører vil det fortsatt være markedsmuligheter, både for leveranser av komponenter og tjenester knyttet til konkrete utbygginger og som underleverandør inn i verdikjeden hos de store vindturbinprodusentene. Nye løsninger i denne kjeden vil som følge av dette markedets størrelse kunne bety en betydelig verdiskaping. Vindkraft på land har utfordringer knyttet til visuell forurensing, støy og miljøutfordringer.

3.7.4 TEKNOLOGIUTVIKLING

Til tross for at landbasert vindkraft bygger på moden teknologi, er det fortsatt behov for ytterligere teknologiutvikling knyttet til kostnadseffektivitet og økt energiproduksjon. Teknologiområdene relaterer seg til vindturbinteknologi, metrologi og prognosering, konsepter og design av vindparker, effektiv nettintegrasjon og tilstandsbasert drift og vedlikehold for økt driftssikkerhet.

3.7.5 DIGITALISERING INNEN LANDBASERT VINDKRAFT

Som beskrevet i kapittel 2 fører digitalisering til større utbredelse av sensorer, og større og mer presise data om fysiske parametere. Vi får sterkere datakraft som kan analysere og nyttiggjøre dataene, og vi ser en økende grad av automatisering og robotisering av stadig mer komplekse oppgaver.

I likhet med havvind, utgjør digitalisering for landbasert vindt et viktig potensial for kostnadskutt innen drift og vedlikehold av vindparker. Digitalisering kan også gi

[122] *Avinor (2017), «Bærekraftig og samfunnsnyttig luftfart», Rapport 3*
[123] *IEA (2017), Energy Technology Perspectives 2017*
[124] *Global Wind Energy Council, http://gwec.net/global-figures/graphs/*
[125] *Global Wind Energy Council (2016) Global Wind Statistics 2016*
[126] *Bloomberg New Energy Finance (2016), New Energy Outlook 2016*

bedre værprognoser og bidra til optimalisert produksjon og reduksjon av driftsutkoblinger. Anslag viser at digitalisering av fornybar, variabel kraftproduksjon kan redusere drift og vedlikeholdskostnader med 10%, øke produksjonen med 8% og redusere produksjonsfrakobling med 25%[129].

3.7.6
NÆRINGENS AMBISJONER – LANDBASERT VINDKRAFT

Næringslivet innen landbasert vindkraft har følgende ambisjoner:

- Økt kostnadseffektiv utnyttelse av tilgjengelige vindressurser.
- Landbasert vindkraft lønnsomt uten subsidier innen 2020.

3.7.7
TILTAK OG SENTRALE FORSKNINGSTEMAER – LANDBASERT VINDKRAFT

Næringen innen fagområdet landbasert vindkraft vektlegger følgende tiltak og forskningstemaer for å realisere ambisjoner og møte fremtidens kunnskaps- og teknologibehov:

Tiltak:

- Iverksette forsknings-, utviklings-, demonstrasjons- og kommersialiseringsaktiviteter innenfor de identifiserte strategiske forskningstemaene som følger under:

Strategiske forskningstemaer:

- *Vindressurser (prognoser):*
  - Forbedre metoder og modeller for vind og produksjonsestimater.
- *Kostnadseffektivt drift og vedlikehold /teknologi.*
  - Optimalisere drift og vedlikehold, metoder og verktøy.
  - Estimere og forbedre pålitelighet, levetid og effektivitet for hovedkomponenter og system.
- *Miljø og samfunn:*
  - Øke kunnskap om vindkrafts påvirkning på miljø og samfunn.
  - Kostnadseffektive løsninger og tiltak for å redusere negative miljø og arealpåvirkninger.

Vedlegg 4

Premissgrunnlag for strategiske prioriteringer

Premissene for strategivalget er gitt gjennom OEDs mandat og føringer til Energi 21. I 2016 ble mandatet utvidet og omfatter nå også transport og et sterkere internasjonalt fokus. Energi 21 har som visjon å bidra til at Norge er en klimavennlig energinasjon med internasjonale leveranser av energi, effekt, teknologi og kunnskap.

Energi21-strategien skal henge sammen med den norske energipolitikken og bygge opp under de hovedmål myndighetene har satt for satsingen på energiforskning:

- Bidra til økt verdiskaping på grunnlag av nasjonale energiressurser og energiutnyttelse.
- Bidra til energiomlegging gjennom utvikling av ny teknologi for å begrense energibruk og klimagassutslipp samt produsere mer miljøvennlig energi på en effektiv måte.
- Utvikle internasjonalt konkurransedyktig næringsliv og kompetanse innenfor energisektoren.

4.1

Strategisk gjennomgang av 14 fagområder

Energi21s valg av strategiske satsingsområder og anbefalinger om gjennomføring bygger på en analyse av 14 fagområder innenfor energi- og transportsystemet. Vurderingene omfatter forhold som Energi21 mener har betydning for prioritering av strategiske satsingsområder.

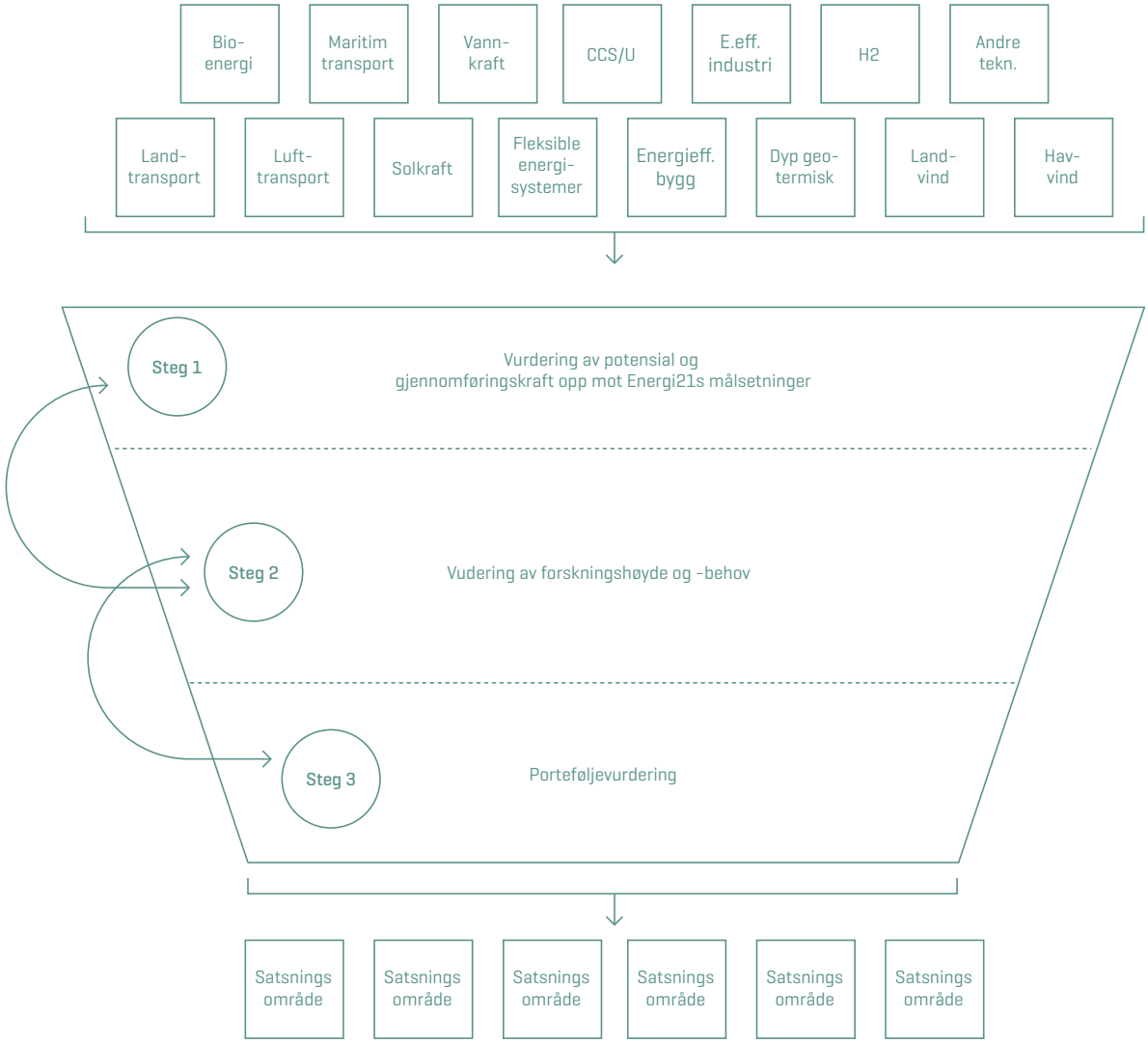
Den strategiske analysen beskriver for hvert fagområde (kap. 4.1-4.6 og vedlegg 3) forhold som Energi21 anser spesielt relevante for norske aktører, norsk energiforsyning og norsk næringsutvikling. I tillegg synliggjøres de mest sentrale:

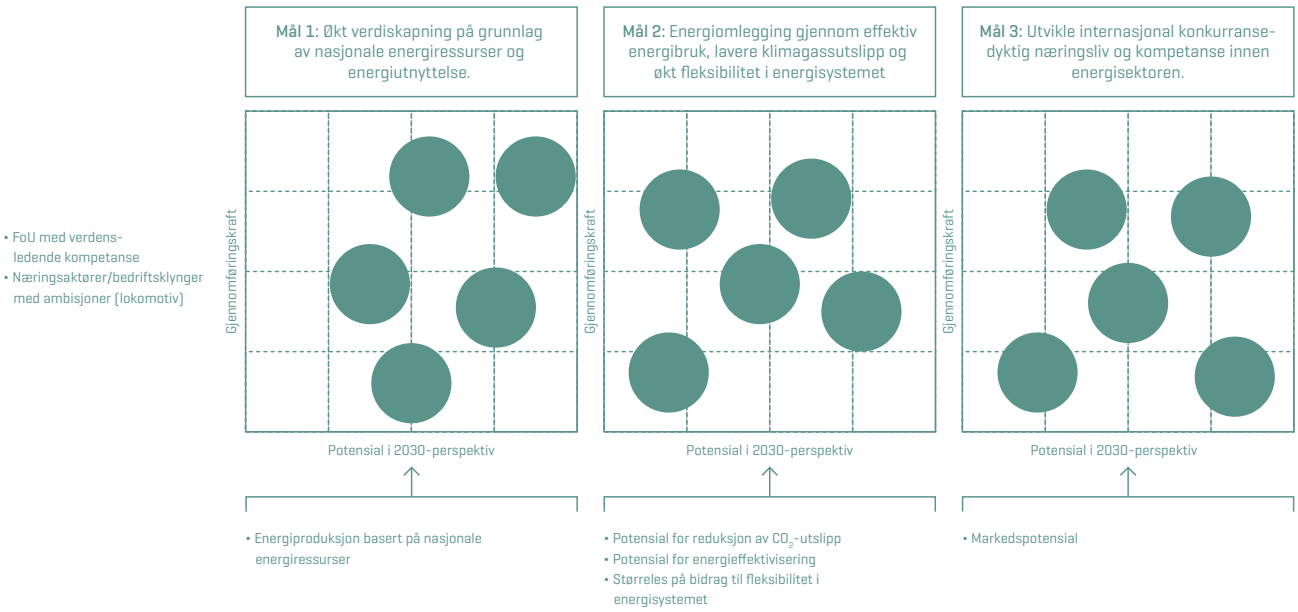
- næringsambisjonene
- strategiske forskningstemaene
- tiltakene

4.2

Systematikk for sammenlignende analyse

Med utgangspunkt i den strategiske gjennomgangen av teknologi og temaområder er det gjennomført en helhetlig analyse hvor samtlige teknologi og temaområder er vurdert opp mot potensial for å bidra til realisering av Energi21s mål, forskningshøyde og -behov, samt en helhetlig porteføljevurdering. Metoden er illustrert i Figur 3. Selv om prosessen er illustrert med tre steg i figuren, har prosessen i praksis vært iterativ. Det er gjort flere vurderinger av inndelingen av fagområder, og stegene har vært igjennom flere iterasjoner.


Bio-energi
Maritim transport
Vann-kraft
CCS/U
E.eff. industri
H2
Andre tekn.
Land-transport
Luft-transport
Solkraft
Fleksible energi-systemer
Energieff. bygg
Dyp geo-termisk
Land-vind
Hav-vind
Steg 1
Vurdering av potensial og gjennomføringskraft opp mot Energi21s målsetninger
Steg 2
Vudering av forskningshøyde og -behov
Steg 3
Porteføljevurdering
Satsnings område
Satsnings område
Satsnings område
Satsnings område
Satsnings område
Satsnings område


Mål 1: Økt verdiskapning på grunnlag av nasjonale energiressurser og energiutnyttelse.
Mål 2: Energiomlegging gjennom effektiv energibruk, lavere klimagassutslipp og økt fleksibilitet i energisystemet
Mål 3: Utvikle internasjonal konkurranse-dyktig næringsliv og kompetanse innen energisektoren.
• FoU med verdens-ledende kompetanse
• Næringsaktører/bedriftsklynger med ambisjoner (lokomotiv)
Gjennomføringskraft
Gjennomføringskraft
Gjennomføringskraft
Potensial i 2030-perspektiv
Potensial i 2030-perspektiv
Potensial i 2030-perspektiv
• Energiproduksjon basert på nasjonale energiressurser
• Potensial for reduksjon av CO_2-utslipp
• Potensial for energieffektivisering
• Størreles på bidrag til fleksibilitet i energisystemet
• Markedspotensial

Steg 1: Vurdering av potensial og gjennomføringskraft opp mot Energi21s målsetninger

I det første steget er hvert satsingsområde vurdert opp mot hvert av de tre målene til Energi21. Det første steget inkluderer både en vurdering av fagområdets *potensial for måloppnåelse* for hvert av Energi21s mål, og *Norges gjennomføringskraft* innen fagområdet.

Vurdering av potensial for måloppnåelse

Fagområdenes potensial for måloppnåelse er en vurdering av det sannsynlige potensialet for fagområdets bidrag til oppnåelse av Energi21s målsetninger, henholdsvis potensial for verdiskaping fra norske energiressurser, potensial for bidrag til energiomlegging i Norge, og potensial for utvikling av norsk næringsliv og kompetanse. Vurderingen av fagområdenes potensial for måloppnåelse per mål er vurdert ved hjelp av følgende definerte underkriterier:

Mål 1:

- Hvilket potensial har fagområdet for videre utnyttelse av norske energiressurser?

Mål 2:

- Hvilket potensial har fagområdet for å bidra til reduksjon av klimagassutslipp?
- Hvilket potensial har fagområdet for å bidra til energieffektivisering?
- Hvilket potensial har fagområdet for å bidra til økt fleksibilitet i energisystemet?

Mål 3:

- Hvilket markedspotensial (nasjonalt og internasjonalt) har fagområdet? Finnes det markeder som norske aktører kan levere produkter og tjenester til innen fagområdet?

Vurdering av Norges gjennomføringskraft

Norges gjennomføringskraft er en vurdering av hvilke forutsetninger norske aktører har for å lykkes innen hvert av fagområdene. Det omfatter en vurdering av norske aktørers erfaringer og kompetanse- og teknologibase, og er for alle Energi21s målsetninger vurdert ved hjelp av følgende definerte underkriterier:

- Hvilket nivå holder FoU- og utdanningsmiljøene innen fagområdet?
- Finnes det næringsaktører eller bedriftsklynger med ambisjoner, vilje og evne til å satse innen fagområdet?

Første steg av den strategiske analysen gir en grovkornet sortering av de ulike fagområdene med hensyn til Energi21s målsetninger. Steget vurderer fagområdenes potensial for bidrag til målsetningene, samt sannsynligheten for at norske aktører utløser dette potensialet. Første steg ble sammenstilt og forenklet illustrert i diagrammer, for å synliggjøre fagområdenes relative relevans for hvert av Energi21s mål.

Steg 2: Vurdering av forskningshøyde og -behov

I det andre steget av analysen er fagområdenes forskningshøyde og -behov vurdert. Denne vurderingen er viktig fordi Energi21s anbefalinger forutsetter at det er behov for forsknings- og utviklingsaktiviteter. Samtlige faser av innovasjonskjeden er nødvendige for vellykket gjennomføring av resultater. I de strategiske analysene som er gjennomført, er dette blitt tillagt vekt i vurderingen av forskningshøyde og -behov. Det er gjort en vurdering av:

- Fagområdet og tilhørende teknologiers plassering langs innovasjonskjeden, og om det er tilstrekkelig forskningshøyde
- Om integrasjonen av fagområdets teknologier med energisystemet skaper nye forskningsbehov, eller om det oppstår et forskningsbehov innen energiinfrastruktur ved integrasjon av teknologiene
- Konsekvenser av IKT/digitalisering for fagområdet, inkludert muligheter og positive effekter, samt forskningsbehov som oppstår som følge av digitaliseringen
- Behovet for nye forretningsmodeller og markedsdesign for en effektiv implementering og utvikling av teknologiområdet, eller om teknologiområde gir behov for nye forretningsmodeller og ny markedsdesign

I tillegg er EUs forskningsaktiviteter innen hvert fagområde vurdert, hvilken rolle Norge kan spille innen disse, og hvordan Norge bør posisjonere seg på EUs forsknings- og innovasjonsarena. EUs forskningsagenda beskrives nærmere i kapittel 6.

Steg 3: Porteføljevurdering

Til slutt er det gjort en samlet porteføljevurdering av satsingsområdene med henblikk på å vurdere om den samlede porteføljen bygger tilstrekkelig oppunder alle Energi 21s målsetninger, hvordan vektingen mellom målsetningen blir og hvordan det samlede bidrag til nasjonal forsyningssikkerhet blir.

[127] *Vindportalen.no, http://www.vindportalen.no/Vindportalen-informasjonssiden-om-vindkraft/Vindkraft/Vindkraft-i-Norge*
[128] *NVE (2017), Kraftmarkedsanalyse 2017 - 2030*
[129] *Bloomberg New Energy Finance (2017) Digitalization of Energy Systems*

4.3

Informasjonskilder til den strategiske analysen

En viktig del av den strategiske gjennomgangen var gjennomføringen av strategiske arbeidsmøter for hvert fagområde. Ved disse møtene var myndigheter, næringsaktører og forskningsmiljøer representert, og gav relevante innspill og synspunkter. Arbeidsmøtene og innspillsrundene i etterkant dannet et godt og viktig fundament for Energi21-strategien som har som mandatfestet oppgave å *koble myndigheter, næringslivet og forskningsmiljøer nærmere sammen*. Til sammen har nærmere 300 personer deltatt aktivt i strategiprosessen. Fullstendig oversikt over møter og deltakere finnes i Vedlegg 7: Deltakere i Energi21s strategiprosesser vedlegg 7.

I tillegg til de strategiske arbeidsmøtene har Energi21 hatt løpende dialog med relevante myndigheter, virkemiddelaktører og interesseorganisasjoner. Det har gitt et helhetlig og robust bilde av Norges posisjon innen ulike fagområder. Gjennom denne dialogen har Energi21 dannet god oversikt over nivået til Norske forskningsmiljøer innen de ulike fagområdene. Under hvert fagområde er det derfor inkludert et eget avsnitt om norske forskningsmiljøers kompetanse, og en vurdering opp mot internasjonale standarder.

Til grunn for den strategiske analysen ligger også vurderinger basert på omverdensanalysen Energi21 gjennomførte i 2016, samt en rekke andre rapporter og underlagsanalyser fra anerkjente kilder og annen relevant offentlig tilgengelig informasjon. Sist, men ikke minst, har Energi21 benyttet den samlede kompetansen som styret til Energi21 besitter. Styrets medlemmer representerer aktører i ulike deler av energi- og transportsystemet.

Vedlegg 5

Begrepsliste

FoU

Forskning og utviklingsarbeid (FoU) er en kreativ virksomhet som utføres systematisk for å oppnå økt kunnskap herunder kunnskap om mennesket, kultur og samfunn – og omfatter også bruken av denne kunnskapen til å finne nye anvendelser. FoU kan deles inn i følgende tre aktiviteter: Grunnforskning er eksperimentell eller teoretisk virksomhet som primært utføres for å skaffe til veie ny kunnskap om det underliggende grunnlag for fenomener og observerbare fakta, uten sikte på spesiell anvendelse. Anvendt forskning er også virksomhet av original karakter som utføres for å skaffe til veie ny kunnskap. Anvendt forskning er imidlertid primært rettet mot bestemte praktiske mål eller anvendelser. Utviklingsarbeid er systematisk virksomhet som anvender eksisterende kunnskap fra forskning og praktisk erfaring, og som er rettet mot å: fremstille nye eller vesentlige forbedrede materialer, produkter eller innretninger, eller å innføre nye eller vesentlige forbedrede prosesser, systemer og tjenester. Et hovedkriterium for å skille FoU fra annen beslektet virksomhet er at FoU må inneholde et element nyskaping og reduksjon av vitenskapelig eller teknologisk usikkerhet. Kilde: OECD.

Innovasjon

Innovasjon er introduksjon av nye eller vesentlig forbedrede produkter (varer eller tjenester), eller prosesser, nye metoder for markedsføring, eller nye organisatoriske metoder i for retningspraksis, arbeidsrutiner eller eksterne relasjoner. En innovasjon kan være basert på resultater av enten ny teknologisk utvikling, nye kombinasjoner av eksiterende teknologi eller utnyttelse av annen kunnskap ervervet av bedriften. Det kan skilles mellom 4 typer innovasjon: produktinnovasjon, prosessinnovasjon, organisatorisk innovasjon og markedsinnovasjon. Kilde: OECD.

Test- og demonstrasjon (demo- D)

Test og demonstrasjonsanlegg er relevant for teknologi og temaområder hvor det er behov for å verifisere og justere inn teknologiske produkter og løsninger i realistisk skala. Test og demonstrasjonsanlegg kan både være isolert og integrert i et operativt anlegg.

Energiselskap

Energibedrift som lever strøm, varme eller annen energitjeneste.

Nettselskap

Selskap som eier og driver kraftnett for overføring av elektrisk energi, som distribusjonsnett og/eller regionalnett. Monopolregulert.

Leverandørbedrift

Bedrift som leverer utstyr eller tjenester inn i verdikjeden for energiproduksjon og bruk.

Teknologileverandør

Bedrift som leverer teknologi og løsninger inn i verdikjeden for energiproduksjon og bruk.

Teknologiutvikler

Aktør som utvikler ny, eller forbedrer eksisterende teknologi. Aktøren kan være en leverandørbedrift eller FoU-miljøer på universitet, høyskoler eller privatperson/gründervirksomhet.

Teknologibruker
Aktør som anskaffer og bruker utviklet teknologi.

Magasin
En naturlig eller kunstig innsjø, hvor en samler vann i perioder med høyt tilsig og lavt forbruk. Når forbruket er stort, nyttiggjør en seg dette vannet.

Magasinkapasitet
Den totale mengde vann (m3) som det er plass til i et reguleringsmagasin mellom høyeste regulerte vannstand (HRV) og laveste regulerte vannstand (LRV). Magasinkapasiteten oppgis også ofte som den elektriske energi som kan produseres av det lagrede vannet.

Balansekraft
Balansekraft er ikke et entydig begrep. I rent kommersiell forstand på dagens nordiske kraftmarked handler det om en eksakt prissatt størrelse som regnes i kWh, og der prisen varierer fra time til time.

I et mer overordnet perspektiv handler balansekraften ikke minst om behovet for å utjevne de stadig større svingningene som vil oppstå i kraftforsyningen som funksjon av en økende andel varierende fornybar kraft som for eksempel vindkraft.

Fleksibilitetstjenester
Leveranse av effekt for å kompensere for uregulerbar kraftproduksjon gjennom utnyttelse av reguleringsegenskapene til vannkraft med magasiner.

Energilagring
Energilagring, energiakkumulering; lagring av energi for senere bruk ved hjelp av mekaniske, termiske, elektriske eller kjemiske metoder.

Energisystem
Infrastruktur som knytter sammen komponenter og systemer for energiproduksjon, energioverføring og energibruk.

Energi
Energi er evne til å utføre arbeid produktet av effekt og tid. Elektrisk energi angis ofte i kilowatttimer (kWh). 1 kWh = 1000 watt brukt i 1 time. Annen energi angis i Joule (J).

Effekt
Effekt er arbeid utført per tidsenhet, eller energi per tidsenhet. Effekt angis i Watt (W), som tilsvarer en Joule per sekund (J/s).

LCOE
Kostnadene over levetiden til et kraftverk delt på energiproduksjonen over levetiden til kraftverket. LCOE angis i kr/kWh, og brukes til å sammenligne kostnadene ved kraftproduksjon for ulike produksjonsteknologier.

LCA
Life-Cycle Assessment – livsløpsanalyser. Analyser som beregner miljøpåvirkningen til et produkt (eller tjeneste) gjennom hele livsløpet til produktet

Kraftbalanse
Kraftbalanse er beregning for en viss tidsperiode av balansen mellom krafttilgang og kraftbehov. Kraftbalansen kan vise hvordan kraftbehovet dekkes under ulike tenkbare forutsetninger med hensyn til vanntilgang, utveksling av tilfeldig kraft, kraftpriser etc.

Technology Readiness Level (TRL)
System for å angi teknologiens/konseptenes modenhetsgrad. TRL systemet består av 9 nivåer.

SMB
Små og mellomstore bedrifter. – Blir ofte brukt om foretak med under 100 ansatte.

CO_2-håndtering (CCS, carbon capture and storage)
Omfatter fangst, transport og lagring av CO hele verdikjeden

Bio-CCS
CO_2-håndtering på prosesser med biokarbon som råstoff

Komparative fortrinn
Et lands fordel i et marked som kan forsterke mulighetene for å vinne markedsposisjoner sammenlignet med et eller flere andre land: Fordel knyttet til teknologi, kompetanse, ressurser, industriell erfaring etc.

TCM
Technology Centre Mongstad. TCM er verdens største senter for testing og forbedring av CO fangst teknologier.

IPPC
FNs klimapanel. Intergovernmental Panel on Climate Change. Etablert i 1988.

FME
Forskningssentre for miljøvennlig energi

Horisont 2020
Horisont 2020, EUs rammeprogram for forskning og innovasjon for perioden 20142020. Horisont 2020 er verdens største forsknings og innovasjonsprogram med 70 milliarder euro fordelt på sju år.

FP7
EUs 7' ende rammeprogram for forskning.

IEA
Det Internasjonale Energibyrået.

2DS: Et scenario i IEAs Energy Technology Perspectives som beskriver en utviklingsbane for energisystemet og klimagassutslipp som er forenelig med minst 50 prosent sjanse for å begrense økningen i global gjennomsnittstemperatur til 2°C i 2100.

B2DS: Et scenario i IEAs Energy Technology Perspectives som utforsker mulighetene for reduksjoner i klimagassutslipp utover 2DS, ved maksimal utnyttelse av eksisterende og kommende teknologier (ikke uforutsette, nye teknologier).

BNEF
Bloomberg New Energy Finance.

NORWEA
The Norwegian Wind Energy Association.

NORWEP
Norwegian Energy Partners.

Vedlegg 6

Referanseliste og kilder

- Avinor (2017), «Bærekraftig og samfunnsnyttig luftfart», Rapport 3
- Avinor, Jernbaneverket, Kystverket og Statens vegvesen (2016), Grunnlag for klimastrategi
- Avfall Norge, Biogass - verdifullt, effektivt og klimanøytralt, Hentet fra: https://www.avfallnorge.no/bransjen/nyheter/biogass-verdifullt-effektivt-og-kliman%C3%B8ytralt
- BCG (2013) Solar PV plus battery storage: Poised for takeoff
- Bloomberg New Energy Finance (2016), New Energy Outlook 2016
- Bloomberg New Energy Finance (2016), New energy Outlook 2016, Solar
- Bloomberg (2016) Wind and Solar Are Crushing Fossil Fuels, Hentet fra: https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-04-06/wind-and-solar-are-crushing-fossil-fuels
- Bloomberg New Energy Finance (2017) Digitalization of Energy Systems
- Bloomberg New Energy Finance (2017), Beyond the Tipping Point
- Bloomberg New Energy Finance (2017), Digitalization of Energy Systems. VPP – Virtual power plants, DERMS-Distributed energy resource management systems
- Bloomberg New Energy Finance (2017), https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-06-15/solar-power-will-kill-coal-sooner-than-you-think
- Bloomberg New Energy Finance (2017) https://www.bloomberg.com/view/articles/2017-06-16/investing-trillions-in-electricity-s-sunny-future
- Bloomberg New Energy Finance (2017), New Energy Outlook 2017
- BNL (2016), GRØNT SKIFTE – byggenæringens bidrag til løsning
- Business Commission : Report :Better business, better world-2017
- DNV GL (2016), Technology Outlook 2025
- DNV GL (2016), Realisering av null- og lavutslippsløsninger i anbudsprosesser for ferjesamband
- Eksportkreditt (2016), https://www.eksportkreditt.no/no/case/fornybareksporten-oker-men-veksttakten-ma-opp/
- Energimyndigheten (2016), Fyra Framtider, Energisystemet efter 2020
- Enova (2009), Potensial for energieffektivisering i norsk landbasert industri
- European Commission (2012), Energy Roadmap 2050
- European Commission (2014), European Energy Security Strategy
- European Commission (2014), A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030
- European Commission (2015), The European Union leading in renewables
- European Commission (2015), Towards an Integrated Strategic Energy Technology (SET) Plan: Accelerating the European Energy System Transformation
- European Commission (2016), An EU Strategy on Heating and Cooling
- European Commission (2016), EU Reference Scenario 2050
- European Commission (2016), Transforming the European Energy System through INNOVATION, Integrated Strategic Energy Technology (SET) Plan Progress in 2016
- *Finansdepartementet (2013), Perspektivmeldingen*
- *Finans Norge – Erstatning etter naturskader 2008–2017*
- Global Wind Energy Council (2016) Global Wind Statistics 2016
- Global Wind Energy Council http://gwec.net/global-figures/graphs/
- Goldman Sachs (2015), The Low Carbon Economy
- Grønn Byggallianse og Norsk Eiendom (2016), Eiendomssektorens veikart mot 2050
- Grønt kystfartsprogram (2016), Sjøkart for Grønn Kystfart. Sjøkartet beskriver også to andre typer tiltak for utslippskutt; tekniske tiltak og operasjonelle tiltak. Disse faller utenfor mandatet til Energi21.

- Hydrogen Council (2017), Hydrogen scaling up
- IEA, Nordisk Energiforskning (2016) Nordic Energy Technology Perspectives 2016
- IEA (2016) Next generation wind and solar power
- IEA (2016) World Energy Outlook 2016
- IEA (2016) Global EV-outlook
- IEA (2016) Energy Technology Perspectives 2016
- IEA (2015) Carbon Capture and Storage: The solution for deep emissions reductions
- IEA (2017), Energy Technology Perspectives 2017
- IEA (2017), World Energy Outlook 2017
- IPCC (2014), Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change
- IRENA (2016), Letting in the light
- IRENA (2015), Rethinking Energy
- IRENA (2017), https://www.irena.org/solar
- Kommunal- og moderniseringsdepartementet https://www.regjeringen.no/no/tema/plan-bygg-og-eiendom/plan--og-bygningsloven/bygg/innsikt/faktaark-om-nye-energikrav-til-nybygg/id2461620/
- KRDs arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg
- MarketsAndMarkets (2016) Global Smart Grid Market Forecasts
- MarketsAndMarkets (2016) Global Smart Home Market Forecasts
- Maritim21, En helhetlig maritim strategi for forskning, utvikling og innovasjon
- McKinsey & Company (2016), The Digital Utility
- McKinsey & Company (2016) Automotive revolution – perspectives towards 2030
- McKinsey & Company (2016), Delivering change – The transformation of commercial transport by 2025
- Miljødirektoratet (2014), Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling
- Miljødirektoratet (2015), Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030
- Miljødirektoratet, http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/2017/April-2017/Kraftig-okning-i-bruk-av-biodrivstoff-i-2016/
- Mission Innovation (2016) Baseline, Doubling and Narrative Information Submitted by Mission Innovation Countries and The European Union
- Mission Innovation, http://mission-innovation.net/
- The New Climate Economy (2016), The Sustainable infrastructure imperative
- Needle et. Al (2016) *Potential for widespread electrification of personal vehicle travel in the United States*
- NHO m.fl. (2016), Veikart for næringslivets transporter – med høy mobilitet mot null utslipp i 2050
- Norges Forskningsråd (2015), Forskning for innovasjon og bærekraft, strategi for Norges forskningsråd 2015–2020
- Norges offentlige utredninger 2016: 3, Ved et vendepunkt: Fra ressursøkonomi til kunnskapsøkonomi Produktivitetskommisjonens andre rapport
- Norsk Industri (2016), Veikart for prosessindustrien
- Norsk Industri, https://www.norskindustri.no/dette-jobber-vi-med/energi-og-klima/aktuelt/rapport-anbefaler-regjeringen-ga-videre-med-ccs/, mars 2018
- *Norsk Petroleum (2016) Hentet fra: http://www.norskpetroleum.no/okonomi/statens-inntekter/*
- Norway, Digital Single Market, https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/scoreboard/norway
- NORWEA, Norsk Industri og Norges Rederiforbund (2017), Havvind, et nytt norsk industrieventyr
- Norwegian Energy Partners (2017), Norwegian Supply chain opportunities in offshore wind
- NVE (2014), Bioenergi i Norge
- NVE (2017), Kraftmarkedsanalyse 2017–2030
- Nærings- og fiskeridepartementet (2017), Industrien – grønnere, smartere og mer nyskapende
- OG21 (2016), OIL AND GAS FOR THE 21ST CENTURY
- OECD (2016), Science, Technology and Innovation Outlook 2016
- Regjeringen (2016), Kjente ressurser- uante muligheter, Regjeringens bioøkonomistrategi
- Regjeringens strategi «Strategi for forsknings- og innovasjonssamarbeid med EU».
- Regjeringens strategi for forsknings- og innovasjons-samarbeidet med EU – 2014
- Regjeringen (2014) Regjeringa sin strategi for CO_2-handtering, hentet fra https://www.regjeringen.no/no/tema/energi/co2-handtering/Regjeringa-sin-strategi-for-CO_2-handtering/id765961/
- SeeNews Renewables (2016), hentet fra: http://renewables.seenews.com/news/update-2-solarpack-bid-of-usd-29-1-mwh-received-in-chilean-tender-537111
- Skog22, Nasjonal strategi for skog- og trenæringen
- SSB, https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/bruk-av-biodrivstoff-i-transport
- SSB, Landsskogtakseringen (2016)
- SSB.no, https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/skogav
- Equinor (2016), Energy Perspectives 2016
- Store Norske Leksikon, https://snl.no/Ampere_-_bilferge
- STREK 2020, Strategi for energieffektiv og mer klimanøytral bygningsmasse i Oslo, delrapport 3a. Energidata Consulting og Xrgia, 2012
- Sund Energy (2017), Muligheter og barrierer for økt bruk av biogass til transport i Norge
- Technology Roadmap, Geothermal Heat and Power, OECD/IEA, International Energy Agency, [online] available at https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Geothermal_Roadmap.pdf
- THEMA (2016) *Energisystemet i et langsiktig perspektiv*

- The Telegraph (2016), New record for cheapest offshore wind farm, hentet fra: http://www.telegraph.co.uk/business/2016/09/14/new-record-for-cheapest-offshore-wind-farm/
- The International Transport Forum (2018), Decarbonising Maritime Transport – Pathways to zero-carbon shipping by 2035.
- Towards an Integrated Strategic Energy Technology (SET) Plan: Accelerating the European Energy System Transformation, European Commission, Brussels 15.9.2015 6317 final, 2015.
- United Nations Climate Change, http://unfccc.int/2860.php
- Vindportalen.no, http://www.vindportalen.no/Vindportalen-informasjonssiden-om-vindkraft/Vindkraft/Vindkraft-i-Norge
- Wind Europe (2016), The European offshore wind industry - key trends and statistics 2016
- Wind Europe (2017), Floating Offshore Wind Vision Statement
- Wind Europe (2017), Wind energy in Europe: Scenarios for 2030, Central Scenario
- WORLD ENERGY COUNCIL (2016), World Energy Resources Hydropower 2016
- World Energy Council (2016), World Energy Scenarios 2016
- ZERO (2017), Bærekraftig biodrivstoff

Vedlegg 7

Deltakere i Energi21s strategiprosesser

Referansegruppe til Energi21s omverdensanalyse. Drivkrefter og utviklingstrekk med konsekvenser for utviklingen av fremtidens energi- og transportsystem.

Agder Energi AS	Ole Theodor Dønnestad, *direktør for forretningsutvikling*
Statnett	Bente Monica Haaland, *konserndirektør strategi og kommunikasjon*
Lyse (konsern)	Eirik Gundegjerde, *konsern-direktør forretningsutvikling og smart utility*
Hafslund	Kristin Lian, *konserndirektør nett*
Smartcity Bærum	Unni Larsen, *daglig leder*
Nord Pool AS	Marie Thuestad, *COO*
Jørgen Kildahl	*– tidligere konsernsjef i EON, Statkraft, sitter i styret til E-Smart Systems*
Gassnova SF	Trude Sundset, *adm.dir*
Hydro	Hans Erik Vatne, *tekologi-direktør*
Nexans	Anne Lise Aukner, *konsernsjef*
e-Smart Systems	Knut E. Gustavsen, *Chief Operation Officer*
Scatec Solar ASA	John Andersen Jr. *CEO*
CAMBI AS	Per Lillebø, *CEO*
Otovo as	Andreas Torsheim, *Gründer og daglig leder*
Fred Olsen Renewables as	David Brunt, *CEO*
Equinor asa	Henriette Undrum, *leder enheten «Future value chain»*
SINTEF Energi as	Inge Gran, *Konserndirektør energi*
UiO	Svein Stølen, Prodekan forskning, *professor, rektor UIO*
ZERO	Marius Holm, *daglig leder*

Følgende personer deltok i Energi21s Innsatsgruppe om klimavennlige energiteknologier til landbasert transport:

Silva Green Fuels (Statkraft)	Ingo Machenbach
Hafslund	Robert Seguin
Grønn kontakt	Ole Henrik Hannisdahl
BKK	Odd Olaf Askeland
Eidsiva Energi Nett AS	Ingrid Nytun Christie
TØI	Lasse Fridstrøm
IFE	Martin Kirkengen
SINTEF Energi	Magnar Hernes
Omsorgsbygg	Lene Lad Johansen
Vegdirektoratet	Eirik Skjetne
Statens Vegvesen	Ole Kristian Sollie
Oslo kommune	Helge Jensen
NVE	Dag Spilde
Energi Norge	Ulf Møller
NHO Transport	Jon Stordrange
Norsk Scania	John Lauvstad
Ruter	Pernille Aga/Frode Hvattum
ABB	Arne Sigbjørnsen
Fortum Charge & Drive	Jan Haugen Ihle
NEL	Bjørn Simonsen

DB Schenker	Einar Spurkeland
Enova	Konrad Pütz
Forskningsrådet	Andreas Bratland
Jernbanedirektoratet	Ragnhild Wahl
Jernbanedirektoratet	Einar Ronæs
Norsk Industri	Stein-Iver Koi

Følgende personer deltok i Energi21s innsatsgruppe om klimavennlige energiteknologier til maritim transport:

Norsk Industri	Lars Gørvell Dahl
Fjord1	Arild Austrheim
SINTEF Ocean	Anders Valland
Statens Vegvesen	Ole Kristian Sollie
Maritime Clean Tech West	Hege Økland
Energi Norge	Ulf Møller
Hurtigruten	Frode Hernar
Kongsberg Maritim	Ketil Olav Paulsen
Grenland Energy	Lars Ole Valøen
Effect Ships International	Ulf Tudem
Effect Ships International	Tor Kolbjørn Livgård
CMR Prototech	Bernt Skeie
ABB	Jorulf Nergård
Siemens Norge	Odd Moen
Rolls Royce	Per Ingeberg
Elkem	Jorunn Voje
DNV GL	Tomas Tronstad
Forskningsrådet	Andreas Bratland
Enova	Konrad Pütz
Gassco	John Kristian Økland

Følgende ressurspersoner har bidratt med strategiske innspill om fleksible energisystemer:

ABB	Stian Reite
NTNU – Insititutt for teknisk kybernetikk	Morten Hovd
SINTEF Energi	Gerd Kjølle
SINTEF Energi	Oddbjørn Gjerde
UIO	Frank Eliassen
UIO - Faculty of Mathematics and Natural Sciences	Geir Horn
NCE Smart Energy Markets	Dieter Hirdes
NVE	Vegard Willumsen
NVE	Monica Havskjold
Agder Energi	Endre Amundsen
Eidsiva	Ingrid Christie
Energi Norge	Ketil Sagen
Energi Norge	Kristin Lind
Energi Norge	Martin Hviid Nielsen
EPOS	Magnar Bjørk
Hafslund Nett	Silje Elise Harsem
Hafslund	Åshild Vatne
Lyse Energi Nett	Siri Ravndal
Nettalliansen	Torgeir Brovold
Norgesnett	Morten Anfinnsen
NTE holding	Rikke Stoud Platou
Powel	Klaus Livik
Skagerak	Stig Simonsen
Smartgridsenteret	Grete Coldevin
Solbes	Eirik Lockertsen
Enova	Thomas Berg

Følgende ressurspersoner har bidratt med strategiske innspill om bioenergi:

UMOE as	Jens Ultveit Moe
Oslo Kommune	Johnny Stuen
Greencube	Geir H Ingeborgrud
Viken Skog	Ole Petter Løbben
SINTEF Industry	Duncan Akporiaye
Asko	Knut Aaland
Miljødirektoratet	Andreas Andersen
Skogeierforbundet	Erik Lahnstein
Bondelaget	Svein Guldal
Forskningsrådet	Andreas Bratland
SINTEF Energi	Judit Sandquist
NBMU	Per Kristian Rørstad
NBMU	Erik Trømborg
Norsk Petroleumsinstiutt	Inger-Lise Nøstvik
Norske SkogSaubrugs As	Elisabeth Lunden Berli
Energi21	Sverre Aam
Energidata Consulting	Trond Moengen
Forskningsrådet	Trond Værnes
Treklyngen - Viken Skog	Jens Roald Aaberge
Statkraft	Morten Fossum

Følgende ressurspersoner har bidratt med strategiske innspill om solkraft:

IFE	Erik Stensrud Marstein
Solel	Per Urdahl
Multiconsult	Stanislas Merlet
Multiconsult	Bjørn Thorud
Dynatech	Joesef Filtvedt
Elkem Solar	Kenneth Friestad
OTOVO	Lars Syse Christiansen
Solenergiklyngen	Trine K. Berntsen
Norwep	Jon Dugstad
Energidata Consulting	Trond Moengen
Scatec Solar	Terje Melaa
Equinor	Marianne Waage Fougner
Statkraft	Morten Fossum

Følgende ressurspersoner har bidratt med strategiinnspill om vannkraft:

Statkraft	Anne Marie Seterlund
Hydro Energi	Jan Helge Mårdalen
E-CO	Halvor Halvorsen
BKK	Inger Lundetre
BKK	Toril Christensen
GLB/Eidsiva Vannkraft	Gaute Skjelsvik
Skagerak Energi	Geir Kulas
Agder Energi	Bernt Blindheim
Energi Norge	Geir Taugbøl
Energi Norge	Magne Fauli
Energi Norge	Hans Erik Horn
Energi Norge	Anders Sivertsgård
Rainpower	Fredrik Ringnes
EDR Medeso	Martin Aasved Holst
EDR Medeso	Erik Tengs
Energi Norge	Kristin Lind
Multiconsult	Bjarne Børresen
Sweco	Børre Helgesen
Enestor	Steinar Faanes
La Naturen leve	Vidar Lindefjell
Norwegian Energy Partners	Line Amlund Hagen
NTNU	Ole Gunnar Dahlhaug
NTNU	Arne Nysveen
NTNU	Hege Brende
NINA	Ingeborg Palm Helland
SINTEF Energi	Michael Belsnes

Følgende ressurspersoner har bidratt med strategiinnspill om dyp geotermisk energi:

Universitetet i Bergen	Inga Berre, *professor Matematisk Institutt*
Equinor	Carsten Sørlie, *Project Leader, R&T Geothermal energy at Equinor*

Nettverket i CGER – Norwegian Center of Geothermal Research **www.cger.no**

Følgende ressurspersoner har bidratt med strategiinnspill om havvind:

ABB	Tor-Eivind Moen
IFE	Roy Stenbro
SINTEF	John Olav Tande
CMR	Kristin Guldrandsen Frøysa
Norwegian Renewable Energy Partners	Jon Dugstad
GCE Subsea	Gunnar Buvik
DNVGL	Marte Riiber Picciotto
GCE Node	Marit Dolmen
Dr. Tech.Olav Olsen	Dagfinn Sveen
Dr. Tech.Olav Olsen	Trond Landbø
Statkraft	Eivind Sønju
Equinor	Jan Fredrik Stadaas
Equinor	Hanne Wigum
Equinor	Gudmund Per Olsen
Kongsberg Digital	Bjørn Faanes
UIB	Peter M Haugan
UiS	Siri M Kalvig
UIS	Bjørn Helge Hjertager
Enova	Anita Fossdal
Norges Forskningsråd	Harald Rikheim
Norsk Eksportkreditt	Ivar Slengesol

Følgende ressurspersoner har bidratt med strategiinnspill om hydrogen:

Statkraft	Camilla Moe
Småkraftforeningen	Knut Olav Tveit
NEL Hydrogen /Uno X	Bjørn Simonsen
Uno X	Roger Hertzenberg
HyOp	Ulf Hafseld
Statens vegvesen	Edvard Thonstad Sandvik
Hyundai Norge	Jørn Jakobsen
Akershus	Øystein
Akershus Fylkeskommune	Stig Hvoslef

Sogn og Fjordane	Elisabet Bøe
Sjøfartsdirektoratet	Kolbjørn Berge
Sjøfartsdirektoratet	Jarle Jacobsen
Sjøfartsdirektoratet	Veronica Haugan
IFE	Martin Kirkengen
SINTEF	Steffen Møller-Holst
Maritim Forening Sogn og Fjordane	Trond Strømgren
DNVGL	Gerd Petra Haugom
Norsk Hydrogenforum	Kristian E. Vik
Forskningsrådet	Trygve Riis

Følgende ressurspersoner har bidratt med strategiinnspill om energieffektivisering i industrien:

Cronus Technology	Diedier Ostorero
Elkem AS	Bård Sve Wallentinsen
Energi Norge	Guro Bøe Wensaas
Enova	Marit Sandbakk
Gassco	Øystein Odland
Gassnova	Ingrid Sørum Melaaen
Glencore	Kai Johansen
Goodtech	Veroslav Sedlak
Hydro	Ivar Valstad
NTNU - Institutt for geovitenskap og petroleum	Randi Kalskin Ramstad
Norsk Energi	Hans Even Helgerud
SINTEF	Petter Nekså
SINTEF	Ingrid Camilla C.Claussen
SINTEF Materialer og Kjemi	Torbjørn Pettersen
Equinor	Arne Ulrik Bindingsbø
WSP Group	Are Magne Kregnes
Siemens	Tor Krog
Norsk Industri	Stein Iver Koi

Følgende ressurspersoner har bidratt med strategiinnspill om energieffektivisering i bygninger:

Asplan Viak	Fritjof Salvesen
BNL	Rannveig Lande
CMR	Kirsti Midtømme
Energi Norge	Guri Bøe Wensaas
Enova	Monica Berner
Entra	Kristin Haug Lund
Entra	Trond Simonsen
GK Inneklima	Espen Aronsen
Institutt for geovitenskap og petroleum	Randi Kalskin Ramstad
Norwegian Green Building Council	Anders Nohre-Walldén
NTNU	Randi Kalskin Ramstad
Norconsult	Thorgeir Harsem
NTNU	Arild Gustavsen
PeakLoad	Arne Fredrik Lånke
SINTEF Byggforsk	Terje Jacobsen
Statsbygg	Zdena Cervenka
Statsbygg	Mai Anh Thi Le
Trondheim Kommune	Chin-Yu Lee
Vista	Christian Grorud

Følgende ressurspersoner har bidratt med strategiinnspill om CO_2-håndtering:

Air Products Kr.sand	Svein Gunnar Nodeland
Aker Solutions	Oscar Graff
CICERO	Asbjørn Torvanger
CMR	Arvid Nøttvedt
Elkem	Håvard Moe
Eyde Klyngen	Lars Petter Maltby
Fjell Technology Group	Torleif Madsen
Forskningsrådet	Ragnhild Rønneberg
Forskningsrådet/CLIMIT	Aage Stangeland
Gassnova	Ingrid Sørum Melaaen
Gassnova	Hans Jørgen Vinje
Gassnova	Bjørn-Erik Haugen
IRIS	Roman Berenblyum
Klemetsrud/Fortum	Pål Mikkelsen
Norsk Industri	Øyvind Slåke
NTNU (ECCSEL)	Sverre Quale
Reinertsen	Torkild R. Reinertsen
SINTEF	Rune Bredesen
SINTEF Energi	Gunhild Reigstad
Equinor	Torbjørg Klara Fossum
Equinor	Philip Ringrose

Strategiske dialogmøter med følgende aktører:

NORWEA
Norges Rederiforbund
Norsk Industri
NCP EUs forsknings- og innovasjonssamarbeid
Smart Innovation Norway
OG21

Ladeinfrastruktur el-bil. *Foto: ABB*

ENERGI21
PB 564
1327 Lysaker
Telefon: +47 23 03 70 00
www.energi21.no

Utgiver
Energi21
Direktør Lene Mostue
Telefon: +47 416 39 001
lm@rcn.no

Hovedforfattere og redaktører
Lene Mostue, Energi21
Sverre Aam, styreleder Energi21
Håkon Taule, Thema Consulting Group
Therese Lossius, Thema Consulting Group

Design
TANK Design

Trykk
07 Gruppen
Oslo, Juni 2018

ISBN: 978-82-12-03716-8 (Trykk)
ISBN: 978-82-12-03717-5 (PDF)