



**THEMA**  
CONSULTING GROUP

Offentlig  
ISBN nr. 978-82-8368-092-8



# Gjennomgripende endringer i energisystemet – en omverdensanalyse

**På oppdrag fra Energi21**  
juni, 2021

THEMA Rapport 2021- 92

**Om prosjektet****Om rapporten**

Prosjektnummer:	E21-21-02	Rapportnavn:	Gjennomgripende endringer i energisystemet – en omverdensanalyse
Prosjektnavn:	Omverdensanalyse Energi21	Rapportnummer:	2021-92
Oppdragsgiver:	Energi21	ISBN-nummer	978-82-8368-092-8
Prosjektleder:	Snorre Thorsønn Borgen	Tilgjengelighet:	Offentlig
Prosjektdeltakere:	Håkon Taule Sofie Helene Jebsen	Ferdigstilt:	18.06.2021

**Brief summary in English**

Energi21 is the Norwegian national strategy for research, development, demonstration and commercialisation of renewable energy and energy technologies. The main purpose of the Energi21 strategy is to provide the Ministry of Petroleum and Energy with recommendations for strategic priority areas for research efforts in order to develop new solutions for a low-carbon energy system. The current strategy identifies six strategic areas: “Hydropower as the backbone of Norwegian energy supply”, “Solar power for an international market”, “Offshore wind power an international market”, “Climate-friendly energy technologies for maritime transport”, “Climate-friendly and energy efficient industry including CCS” and “Digital and integrated energy systems”. The Energi21 strategy is revised and updated every four years. This report represents the first step in revising the current Energi21 strategy (from 2018). By conducting a literature review and analysis, key drivers and changes in the energy system relevant to the Energi21 mandate emerging after the release of the current strategy have been identified. The findings suggest an increasing pace in the build out of renewable energy for electrification, large infrastructure investments to support the increase in intermittent power and new energy carriers and change towards a more holistic environmental and climate policy perspective driving the green energy transition. Lastly, we have evaluated the various changes with respect to Energi21s goals and suggested areas in the current strategy that may become subject to a revision and higher prioritization, hydrogen and battery production.

**Om THEMA Consulting Group**

Øvre Vollgate 6  
0158 Oslo, Norway  
Foretaksnummer: NO 895 144 932  
[www.thema.no](http://www.thema.no)

THEMA Consulting Group tilbyr rådgivning og analyser for omstillingen av energisystemet basert på dybde-kunnskap om energimarkedene, bred samfunns-forståelse, lang rådgivningserfaring, og solid faglig kompetanse innen samfunns- og bedriftsøkonomi, teknologi og juss.

**Disclaimer**

Hvis ikke beskrevet ellers, er informasjon og anbefalinger i denne rapporten basert på offentlig tilgjengelig informasjon. Visse uttalelser i rapporten kan være uttalelser om fremtidige forventninger og andre fremtidsrettede uttalelser som er basert på THEMA Consulting Group AS (THEMA) sitt nåværende syn, modellering og antagelser og involverer kjente og ukjente risikoer og usikkerheter som kan forårsake at faktiske resultater, ytelser eller hendelser kan avvike vesentlig fra de som er uttrykt eller antydning i slike uttalelser. Enhver handling som gjennomføres på bakgrunn av vår rapport foretas på eget ansvar. Kunden har rett til å benytte informasjonen i denne rapporten i sin virksomhet, i samsvar med forretningsvilkårene i vårt engasjementsbrev. Rapporten og/eller informasjon fra rapporten skal ikke benyttes for andre formål eller distribueres til andre uten skriftlig samtykke fra THEMA. THEMA påtar seg ikke ansvar for eventuelle tap for Kunden eller en tredjepart som følge av rapporten eller noe utkast til rapport, distribueres, reproduseres eller brukes i strid med bestemmelsene i vårt engasjementsbrev med Kunden. THEMA beholder opphavsrett og alle andre immaterielle rettigheter til ideer, konsepter, modeller, informasjon og "know-how" som er utviklet i forbindelse med vårt arbeid.

## INNHold

1	INNLEDNING OG BAKGRUNN .....	9
1.1	Bakgrunn og formål .....	9
2	ANALYSEMETODE .....	10
2.1	Omverdensanalysen tar utgangspunkt i et rammeverk for strategiutvikling	10
2.2	Vurdering av makrodrivere og utviklingstrekk i energisystemet .....	11
2.3	Utviklingstrekke prioritertes etter potensial for bidrag til Energi21s målsetninger	12
2.4	Arbeidet peker på mulige revisjonsbehov i eksisterende strategi .....	14
2.5	Analysen bygger på rapporter fra anerkjente kilder og drøftinger med aktører	14
3	GJENNOMGRIPENDE ENDRINGER I FREMTIDENS ENERGISYSTEM .....	15
3.1	Klima- miljø og energipolitikk .....	15
3.1.1	<i>Ny giv i global klimapolitikk .....</i>	15
3.1.2	<i>Viktige klimapolitiske strategier og handlingsplaner setter retningen.....</i>	16
3.1.3	<i>Økt fokus på miljø .....</i>	17
3.1.4	<i>Avkarbonisering skaper ny etterspørsel .....</i>	18
3.2	Teknologiutvikling og digitalisering.....	19
3.2.1	<i>Store kostnadsreduksjoner for land- og havvind, solkraft, batterier og hydrogenteknologi.....</i>	19
3.2.2	<i>Begynnelsen på en verdikjede for karbonfangst.....</i>	23
3.2.3	<i>Digitalisering .....</i>	24
3.3	Økonomisk utvikling og omstilling .....	25
3.3.1	<i>Grønne redningspakker – krisen brukes til å satse på grønn omstilling.....</i>	25
3.3.2	<i>Omstilling i norsk økonomi – nye næringer, ny kraftproduksjon .....</i>	26
3.3.3	<i>Prinsipper for sirkulær økonomi får større betydning i den økonomiske utviklingen</i>	28
3.4	Forskningspolitikken følger opp overordnede politiske mål .....	28
3.5	Kundene kan ta en sterkere rolle i utviklingen av energisystemet .....	29
4	UTVIKLINGSTREKK I ENERGISYSTEMET .....	31
4.1	Kraftproduksjon blir i større grad utslippsfri, men også uregulerbar.....	31
4.2	Overføringsnett, energilagring og hydrogenproduksjon bidrar til å integrere uregulerbar produksjon i energisystemet.....	32
4.3	Omfattende elektrifisering og avkarbonisering av industri, transport og næring fører til økt kraftetterspørsel og anvendelse av digitale løsninger .....	33
4.4	Flere tverrgående temaer kan utnytte synergier i kompetanse og ressursutnyttelse	33
5	VURDERING AV UTVIKLINGSTREKK MOT ENERGI21S MÅLSETNINGER ...	35
5.1	Utviklingstrekke bidrar i ulik grad til Energi 21s tre målsetninger .....	35
5.2	Mål 1: Utnyttelse av nasjonale energiresurser.....	36

5.3	Mål 2: Lavutslippssamfunnet.....	37
5.4	Mål 3: Fremme konkurransedyktig energinæring .....	38
6	VI SER ENKELTE BEHOV FOR REVIDERING AV ENERGI21S STRATEGI ....	41
6.1	Endringer i omverden tilsier enkelte endringer i strategien.....	41
6.1.1	<i>Vannkraft og solkraft bør revideres, og batterier bør vurderes som et eget satsningsområde .....</i>	<i>41</i>
6.1.2	<i>Betydelige endringer i omverden knyttet til hydrogen.....</i>	<i>44</i>
6.2	Batterier og hydrogen trekkes fram som kandidater for nye satsingsområder	45
6.2.1	<i>Batterimarkedet vokser raskt og Norge har stort potensial som vertsnasjon for batteriproduksjon .....</i>	<i>46</i>
6.2.2	<i>Hydrogen er en essensiell del av langsiktige klimamål og markedet er betydelig konkretisert de siste årene .....</i>	<i>46</i>
	REFERANSELISTE .....	49
	VEDLEGG 1: OVERSIKT OVER RÅDATA .....	52
	VEDLEGG 2: OVERSIKT OVER RAPPORTER.....	54

## SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

I denne rapporten vurderer vi revisjonsbehovet til Energi21s strategi ved å vurdere de strategiske satsingsområdene opp mot utviklingen i omverdenen. Resultatet fra omverdensanalysen brukes som utgangspunkt for det videre arbeidet med revisjonen av strategien.

Omverdensanalysen består av fem hoveddeler:

- Gjennomgang og beskrivelse av makrotrender som påvirker utviklingen i energisystemet
- Gjennomgang og beskrivelse av utviklingstrekk i energisystemet
- Vurdering av hvert utviklingstrekk opp mot Energi21s målsetninger
- Vurdering av eksisterende satsningsområder basert på funnene i omverdensanalysen
- Vurdering av potensielle nye satsningsområder basert på funnene i omverdensanalysen

### *Makrotrender som påvirker utviklingen i energisystemet*

Det er flere sentrale makrotrender som driver utviklingen i energisystemet. Makrotrendene omfatter klima-, miljø- og energipolitikk, teknologiutvikling, og økonomisk vekst og omstilling. Disse overordnede drivkreftene påvirker også forskningspolitikken og sluttbrukeradferden i energisystemet.

Klima- miljø og energipolitikk er en viktig driver for endringer i energisystemet. I kjølvannet av Parisavtalen har IPCCs 1.5 C°-rapport og en rekke påfølgende IEA-rapporter tydeliggjort hva som må til for å begrense klimaendringene og konsekvensene ved å la være. Gapet mellom dagens utslippssituasjon og der vi bør være for å begrense global oppvarming har bidratt til å skape en ny giv i den internasjonale klimapolitikken. Opptrappingen av klimapolitikken har gitt seg utslag i skjerpede mål for utslippskutt og mål om netto nullutslipp rundt midten av århundret i flere av verdens største land. Avkarboniseringen som er nødvendig for å nå forsterkede utslippsmål fører til betydelig økt etterspørsel etter lavutslipps energi, og legger press på eksisterende infrastruktur. Samtidig får hensynet til miljø, naturmangfold og økosystemer større fokus, og løftes opp på lik linje med klimautfordringene.

Innen teknologiutvikling er kostnadsreduksjoner for fornybarteknologi og digitalisering de viktigste punktene. Det er de siste årene realisert store kostnadsreduksjoner for fornybare produksjonsteknologier og batterier. Kostnadene forventes å falle ytterligere i årene framover. Hydrogenteknologi og teknologi for karbonfangst og -lagring er viktig for å avkarbonisere deler av forbrukssektoren. Store kostnadsreduksjoner forventes også her, etter hvert som verdikjeden oppskaleres og kommersialiseres. Dette ser man begynnelsen på i Norge med realiseringen av Langskip og flerfoldige prosjekter i resten av Europa. Teknologiutvikling innenfor digitalisering og spesielt stordatahåndtering og cybersikkerhet, sensorteknologi og IoT, kunstig intelligens og autonome systemer vil få en avgjørende rolle for den digitale omstillingen av energisystemet.

Økonomisk vekst og omstilling handler på kort sikt om hvordan land håndterer koronakrisen. På lengre sikt omstilles norsk økonomi vekk fra petroleum og sirkulær økonomi vil spille en viktig rolle for å oppnå bærekraftig økonomisk vekst. Mange land velger å rette kompensasjonsordninger for korona mot grønne teknologier, forskning og arbeidsplasser. Dette bidrar til å akselerere grønn omstillingen samtidig som økonomien stimuleres. Norge står overfor en omstilling vekk fra petroleumsnæringen, og vi blir mer avhengige av verdiskaping fra andre næringer for å opprettholde det nåværende velstands nivået. Utviklingen av de nye næringene vil trolig medføre en betydelig økning i elektrisitetsforbruket. Viktige politiske satsningsområder i EU er rettfærdig omstilling med tilgang på ren og rimelig energi og utviklingen av sirkulære markeder. Verdikjeder skal omstilles til å bli mer energi- og ressurseffektive med større innsats av resirkulerte materialer.

### *Utviklingstrekk i energisystemet*

Energisystemet står for tre fjerdedeler av globale CO<sub>2</sub>-utslipp og må omstilles fra fossile brenslere for å realisere lavutslippssamfunnet. Omstillingen innebærer store endringer i alle deler av

energisystemet – på produksjonssiden, innenfor overføring, lagring og konvertering og på forbrukssiden. I tillegg er det tverrgående utviklingstrekk som treffer alle delene av verdikjeden; digitalisering, avkarbonisering og kundeorientering. De overordnede utviklingstrekene i energisystemet er illustrerte i Figur 1.

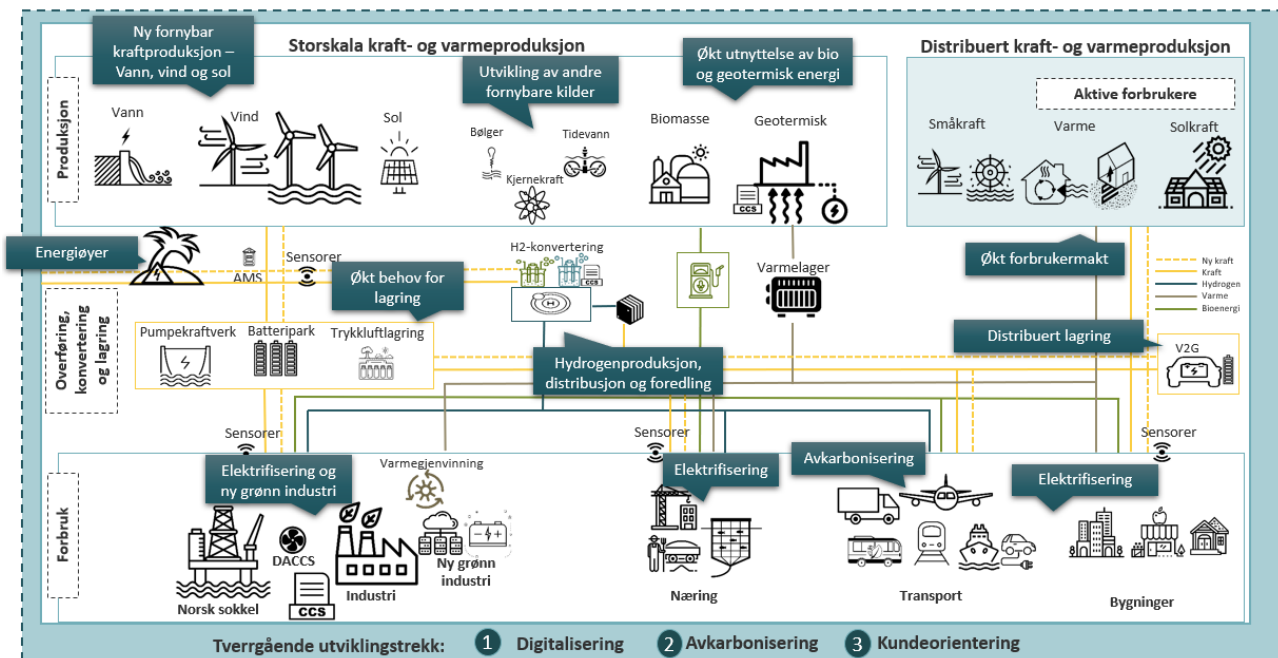
Utbyggingen av fornybar kraft, spesielt vind- og solkraft, vokser raskt, mens investeringer i fossil kraft er svakt synkende. I tillegg kommer nye mulige kilder med noe begrenset kapasitet fremover, tidevannskraft, bølgekraft og kjernekraft. Videre er det ventet bedre utnyttelse av biomasse og restråstoffer til produksjon av biodrivstoff, og større utbredelse av distribuert kraftproduksjon.

Innenfor overføring, konvertering og lagring blir distribuert og storskala lagring viktigere med økt produksjon av uregulerbar kraft. Store oppgraderinger og utbygging av strømmettet på land og til havs, inkludert energiyer, er også nødvendig for å utnytte ressursene i ny kraftproduksjonen og levere nok kraft til nytt forbruk. Hydrogenproduksjon ved konvertering av fornybar kraft eller naturgass blir stadig mer aktuelt og vil være nødvendig for sektorer som er krevende å avkarbonisere.

Forbrukssiden avkarboniseres i første omgang ved elektrifisering og biodrivstoff, og etter hvert vil andre energibærere som hydrogen og syntetiske drivstoff spille en viktig rolle for å kunne oppnå dyp avkarbonisering i alle sektorer. Ny grønn industri kommer til å vokse frem som en indirekte følge av avkarbonisering, og sammen med avkarbonisering av eksisterende industri vil grønn industri alene føre til betydelig økt etterspørsel etter energi. Energieffektivisering i industrien og i bygg vil dempe økningen noe.

Av de tverrgående utviklingstrekene bidrar digitalisering av energisystemet til optimalisering av produksjon, overføring og forbruk, og dermed bedre utnyttelse av lavutslipps energiløsninger og infrastruktur. Avkarbonisering av nye forbrukssektorer påvirker utviklingstrekk innenfor alle delene av energisystemet ved at de krever ny teknologi på forbrukssiden, økt produksjon av kraft, biodrivstoff og hydrogen, og ny infrastruktur. Kundeorientering med endringer i markedsdesign og økt behov for fleksibilitet endrer rammevilkår for aktørene.

**Figur 1: Utviklingstrekk i energisystemet**



### Utviklingstrekkenes relevans for Energi21s målsetninger

Vi har vurdert utviklingstrekkene opp mot Energi21s målsetninger, for å kunne si noe om deres relative viktighet for Energi21. For å kunne sammenligne utviklingstrekkene har vi brutt målsetningene ned i konkrete målekriterier (se Figur 2).

**Figur 2: Energi 21s målsetninger og målekriterier**



De identifiserte utviklingstrekkene treffer ett eller flere delmål i varierende grad. Samlet sett er de viktigste utviklingstrekkene ny fornybar kraft, grønn industri, utbygging av ny infrastruktur, bærekraftig transport, energieffektivisering og digitalisering.

1. *Utviklingstrekkene som bidrar betydelig til utnyttelsen av nasjonale energiresurser* er utbyggingen av ny fornybar kraft, grønn industri, omlegging til bærekraftig transport og utbyggingen av infrastruktur på land og til havs, deriblant energiøyer og masket offshore nett. Økt utnyttelse av biomasse og geotermiske kilder, samt utbredelsen av distribuerte løsninger som solceller på taket, varmepumper og småkraftanlegg vil også bidra, men i mindre grad.
2. *Utviklingstrekkene som bidrar betydelig til tilretteleggingen av lavutslippsamfunnet* er grønn industri, bærekraftig transport, hydrogen og karbonfangst, og energieffektivisering. Grønn industri bidrar til utslippskutt både indirekte gjennom produksjon av teknologi for avkarbonisering av andre sektorer, og direkte gjennom avkarbonisering av eksisterende industri. Bærekraftig transport har et betydelig potensial for direkte utslippskutt ved overgangen fra fossile drivstoff til lavutslippsalternativer. En forutsetning for deler av utslippskuttene innenfor både industri og bærekraftig transport er utvikling av kostnadseffektive løsninger for hydrogen, biodrivstoff og syntetiske drivstoff. Energieffektivisering i industri og bygg bidrar til betydelige utslippskutt hvis energibæreren er fossil og indirekte hvis bæreren er elektrisitet.
3. *Utviklingstrekkene som bidrar betydelig til norsk konkurransedyktig næring og verdiskaping* er ny fornybar kraftproduksjon, digitalisering og grønn industri. Det forventes kraftig vekst i markedet for fornybar kraftproduksjon, og flere tusen milliarder dollar skal investeres globalt fram mot 2030. Digitalisering, smarte nett og smart energistyring vil også stå for betydelige investeringer globalt. Videre utgjør ny grønn industri og avkarbonisering av eksisterende industri et betydelig potensial for Norge som vertskapsnasjon. I tillegg har norsk offshore og maritim næring et konkurransefortrinn innenfor næringer som havvind og energikonvertering og -overføring til havs i form av overførbar kunnskap og etablerte leverandørkjeder.

De tverrgående utviklingstrekkene «digitalisering», «avkarbonisering» og «kundeorientering» bidrar alle til måloppnåelse:

- *Avkarbonisering* er gjennom omverdensanalysen synliggjort som særlig viktig for å muliggjøre omleggingen til et lavutslippssamfunn og for å nå klimamål. Området berører mange utviklingstrekk på tvers av energisystemet, og dets hovedfunksjon er å realisere utslippskutt i alle sektorer. Avkarbonisering treffer betydningsfulle utviklingstrekk i alle deler av verdikjeden og har et stort samlet potensial for måloppnåelse for alle Energi21s målsetninger.
- *Digitalisering* berører temaer som smarte nett, smart energistyring, digitalisering av transport og digitalisering av kraftproduksjon. Til sammen har dette området et stort potensial for måloppnåelse for flere av Energi21s målsetninger.
- *Kundeorientering* omfatter flere utviklingstrekk som bidrar til at kunden får en viktigere rolle i energisystemet. Kunden blir en aktiv del av energisystemet gjennom egenproduksjon av elektrisitet, energilagring og smart strømstyring i bygninger. Utviklingen mot mer interaktive kunder kan bidra til energieffektivisering ved bruk av digitale løsninger for strømstyring (mål to) og økt utnyttelse av norske energiresurser ved egenproduksjon av elektrisitet (mål en). Utviklingen representerer også store globale investeringer, særlig innen distribuert kraftproduksjon og smart strømstyring, hvor norske aktører kan ta posisjoner (mål tre).

### Vurdering av eksisterende satsingsområder

I foreliggende Energi21 strategi er det trukket frem seks 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<sub>2</sub>-håndtering.

Utviklingen innenfor de fleste satsingsområdene følger samme trend som ved tidligere analyse eller har blitt mer relevant. Markedspotensial for digitaliserte energisystemer og maritim transport har økt siden forrige omverdensanalyse, i takt med modning av teknologien. Havvind og klimavennlig industri inklusive CO<sub>2</sub>-håndtering er områder hvor det har vært betydelig utvikling som støtter opp om viktigheten av å beholde disse som satsingsområder. CO<sub>2</sub>-håndtering og batterier er teknologier med betydelig økt markedspotensial for norske leverandører. Spesielt batterier har stort potensiale innenfor transportsektoren og som lagringsteknologi, og batteriproduksjon i Norge har blitt betydelig mer aktuelt siden forrige analyse.

Omverdensanalysen avdekker videre to satsingsområder som bør revideres, vannkraft og solkraft. Sammenlignet med siste omverdensanalyse framstår ambisjonene for global utbygging av vannkraft noe lavere enn tidligere. Det samme gjelder sannsynligheten for suksessen av en norsk, konkurransedyktig leverandørkjede i et internasjonalt solkraftmarked.

Av de andre målområdene ser vi stødig utvikling for de fleste områder og det er bare vurdert nødvendig å revidere et område, hydrogen. Konkrete mål for utviklingen av verdikjeder for hydrogen, økt investeringsvilje og prioritering som politisk satsingsområde for EU gjør at hydrogen bør vurderes framhevet i den kommende strategien.

### Vurdering av mulige nye satsingsområder

Omverdensanalysen har synliggjort et par områder som kandidater for nye satsingsområder i Energi21-strategien. Områdene kan, basert på endringene i omverdenen, med fordel trekkes tydeligere frem enn i eksisterende strategi. Det mulige nye satsingsområdet er «Batterier» og «Hydrogen».

*Batterier* har et utbredt anvendelsespotensial i energisystemet, på produksjons-, overførings- og forbrukssiden. Med økt innslag av uregulerbar kraftproduksjon i energisystemet kan batterier være en viktig bidragsyter for fleksibel og pålitelig kraftforsyning. Sentral og distribuert kraftlagring med batterier kan gi øyeblikkelig avlastning på nettet. I tillegg er batterier essensielle for elektriske fremdriftsteknologier innenfor transport. Bare i Norge skal nesten alle nybilsalg fra 2025 være nullutslippsbiler og batterielektriske løsninger leder an innenfor segmentet. Videre utvikles batterielektriske motorer for maritim og lufttransport. Det globale markedspotensialet for batterier er



dermed stort, og norsk industri kan dra fordel av tilgang på fornybar kraft og synergieffekter fra etablert prosessindustri.

*Hydrogen* inkluderer bruk av hydrogen som bærekraftig drivstoff i transportsektoren, som reduksjonsmiddel og energibærer i industrien og til distribuert og storskala lagring. Som bærekraftig drivstoff i transportsektoren kan hydrogen forbrukes trykksatt, flytende eller i form av ammoniakk, metanol eller andre syntetiske drivstoff. Hydrogen representerer et stort potensial for utslippsreduksjoner i industrien og transportsektoren (mål to), og et stort potensial for norsk leverandørindustri (mål tre). I tillegg kan hydrogen fremstilles fra uregulerbar kraftproduksjon (grønt hydrogen) eller fra naturgass med CCS (blått hydrogen), og kan på den måten bidra til økt utnyttelse av norske energiressurser til det norske og internasjonale markedet (mål en).

## FORORD

Omverdensanalysen er utarbeidet for Energi21 for å vurdere om foreliggende strategi bør revideres. Omverdensanalysen har tatt utgangspunkt i offentlig kjente rapporter og analyser fra anerkjente organisasjoner og myndigheter i inn- og utland. Underveis i arbeidet er det gjennomført en rekke møter med administrasjonen i Energi21 for å drøfte resultater og fremdrift. Det ble også gjennomført to møter med Energi21s styre for å sette retning på arbeidet og drøfte resultatene.

Vi takker alle for samarbeidet i gjennomføringen av omverdensanalysen. Rapportens resultater og vurderinger står imidlertid alene for THEMA Consulting Groups regning.

# 1 INNLEDNING OG BAKGRUNN

## 1.1 Bakgrunn og formål

Energi21 er Olje- og energidepartementets strategiorgan for forskning, utvikling, demonstrasjon og kommersialisering av fornybar energi og klimavennlig energiteknologi. Energi21 utarbeider strategiske råd og anbefalinger for forskningsinnsatsen innen energiområdet. De strategiske rådene sammenstilles i en helhetlig nasjonal strategi som overleveres til Olje- og energidepartementet. Strategien er et resultat av et flerfaglig samarbeid mellom næringslivet, forsknings- og utdanningsmiljøene og myndighetene.

Energi21s mandat fastslår at strategien skal inneholde prioriterte satsingsområder innenfor energisystemet. I tillegg skal satsingsområdene støtte opp under nasjonale mål satt av myndighetene. Målene innebærer økt verdiskaping basert på kostnadseffektiv og bærekraftig utnyttelse av nasjonale energiresurser, bidrag til løsninger som legger til rette for lavutslippssamfunnet og å fremme konkurransedyktig næringsliv i energinæringen i Norge. Ved at Energi21 peker på lovende områder basert på nasjonale målsetninger bidrar strategien til å peke ut retningen for anvendt forskning som kan bidra til å nå målene. Dette innebærer at Energi21 ikke behefter seg med grunnforskning, det vil si forskning som utføres primært for å skaffe til veie ny kunnskap uten å sikte på en spesiell anvendelse. Bred involvering av sentrale aktører i energibransjen er dermed viktig for å sikre en best mulig forankring av Energi21s strategiske anbefalinger.

For at Energi21-strategien skal være relevant og verdifull må den til enhver tid være oppdatert. Det er fastsatt i Energi21s mandat at strategien skal revideres med to til tre års mellomrom hvis endringene i omverden eller andre forhold tilsier at det er et behov for det.

Energisystemet preges av sterke internasjonale og nasjonale drivkrefter, som forårsaker endringer med betydning for utviklingen av det norske energisystemet. Blant annet ser vi at klimaambisjonene høynes internasjonalt, myndigheter og analysebyråer utarbeider veikart for hvordan man kan nå klimamålene og det lanseres planstrategier for store infrastrukturprosjekter for fornybare energibærere. I tillegg fortsetter kostnadsreduksjonene i fornybare energiteknologier og digitalisering gir større fleksibilitet og økt forbrukermakt innenfor energisystemet. Til sammen har drivkreftene i og rundt energisystemet potensial til å drive frem gjennomgripende endringer i et enda raskere tempo enn vi har antatt tidligere.

Formålet med rapporten er å analysere endringer i energisystemets (Energi21s) omverden etter at foreliggende strategi ble utformet. Hensikten er å vurdere behovet for en eventuell revidering av foreliggende strategi. Rapporten analyserer og vurderer nasjonale og internasjonale drivkrefter med direkte eller indirekte betydning for Energi21s mandat.

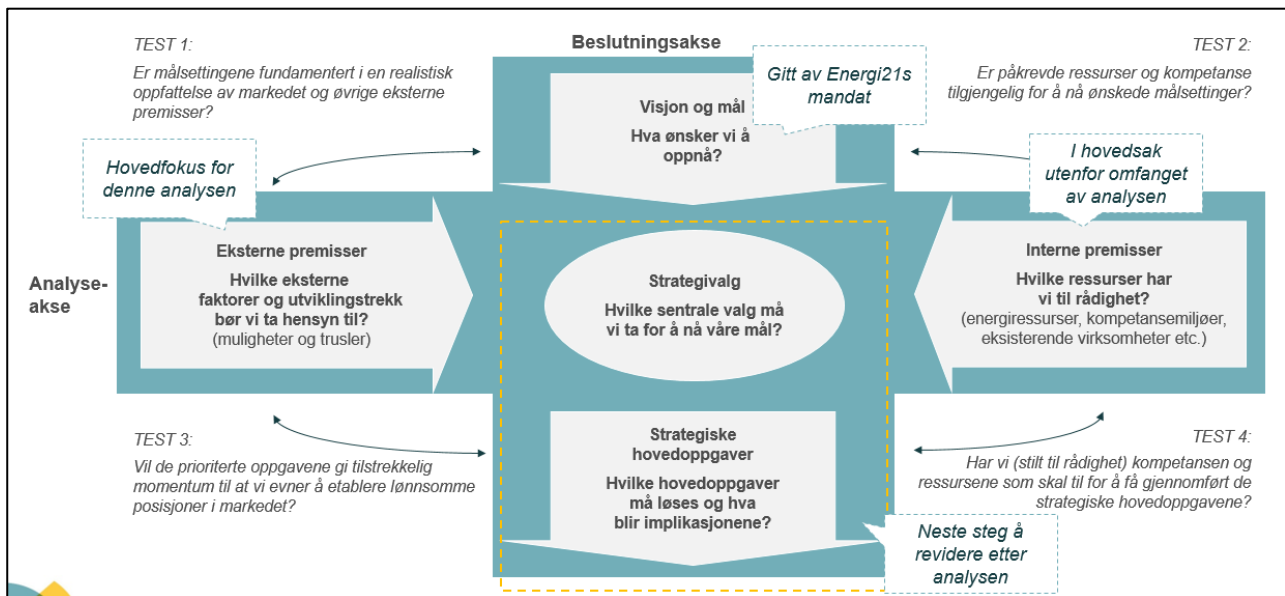
Denne rapporten dokumenterer arbeidet med omverdensanalysen. Innledningsvis tar rapporten for seg metoden i arbeidet med omverdensanalysen i kapittel 2. Deretter beskrives de identifiserte makrotrendene og utviklingstrekkene i energisystemet i henholdsvis kapittel 3 og 4. Kapittel 5 beskriver analysen av utviklingstrekkene sett opp mot Energi21s tre målområder. Avslutningsvis beskriver kapittel 6 endringer i omverden siden foreliggende strategi og påpeker mulige revisjonsbehov for Energi21s strategi. Administrasjonen i Energi21 har fulgt arbeidet med omverdensanalysen tett gjennom hele prosessen.

## 2 ANALYSEMETODE

### 2.1 Omverdensanalysen tar utgangspunkt i et rammeverk for strategiutvikling

Strategirammeverket er brukt som utgangspunkt for å gjennomføre omverdensanalysen (se Figur 3 under). Rammeverket består av en «analyseakse» og en «beslutningsakse». Analyseaksen omfatter omverdensanalysen (eksterne premisser) og interne premisser for å levere på strategiske målsetninger. Beslutningsaksen omfatter overordnede visjoner og strategiske målsetninger, samt beslutninger om strategivalg og hvilke strategiske hovedoppgaver som må initieres for å realisere strategivalgene. Innarbeidet i rammeverket er en rekke tester som sikrer konsistens mellom det vi vil oppnå (visjoner og strategiske mål), det vi bør fokusere på (gitt eksterne premisser) og det vi kan klare å få til (gitt våre ressurser).

**Figur 3 Strategirammeverk**



Energi21s mål og visjoner er gitt av mandatet fra Olje- og energidepartementet. Strategivalg og strategiske hovedoppgaver, som utgjør resten av beslutningsaksen, blir en vesentlig del av det videre arbeidet med revisjonen av Energi21-strategien, og faller utenfor omfanget av denne rapporten.

Langs analyseaksen vurderes hvilke eksterne faktorer og utviklingstrekk det bør tas hensyn til, og hvilke interne ressurser man har til rådighet. De interne premissene er gitt av Norges fornybare energiressurser, eksisterende forsknings- og utdanningsmiljøer og norsk næringsliv. De interne premissene vil påvirke hvilke strategiske valg man kan foreta, men er i hovedsak utenfor omfanget av denne rapporten.

De eksterne premissene danner muligheter og trusler, og legger føringer for valg av satsningsområder for norsk FoU og næringsutvikling. Utarbeidelsen av omverdensanalysen har bestått av å identifisere og kategorisere de forskjellige trendene og drivkreftene (kapittel 2.2), å vurdere relevansen for Energi21s målsetninger og strategiske råd (kapittel 2.3) og å vurdere revisjonsbehovet til foreliggende strategi (kapittel 2.4). Vi har benyttet oss av et bredt utvalg av underlagsanalyser og rapporter, samt Energi21s styre og administrasjon (kapittel 2.5).

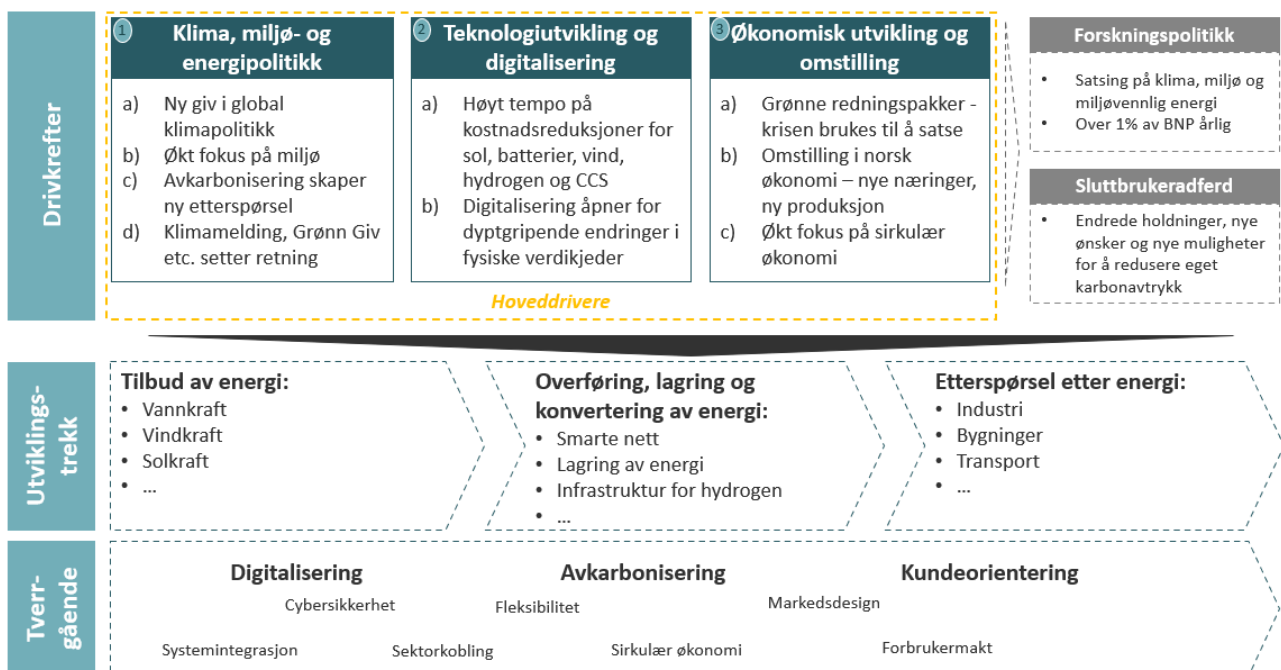
## 2.2 Vurdering av makrodrivere og utviklingstrekk i energisystemet

En lang rekke drivkrefter og utviklingstrekk relevante for energisystemet er identifisert i omverdensanalysen. I denne sammenheng refererer energisystemet til alt som omfattes av Energi21s mandat. Vi har brukt mange forskjellige kilder med en naturlig variasjon i fokusområde, aggregeringsnivå, kategorisering og tidshorisont. Det har derfor vært viktig å kategorisere drivkreftene og utviklingstrekkene på en håndterbar og hensiktsmessig måte, som tilrettelegger for en videre diskusjon rundt relevans for Energi21s mål.

I arbeidet med å strukturere informasjon fra forskjellige kilder har vi avdekket fellestrekk på tvers av kildene. En rekke drivkrefter understøttes av flere forskjellige kilder, hvilket indikerer at disse drivkreftene og trendene er viktige for utviklingen av energiområdet og dermed bør utgjøre sentrale byggeklosser i vår inndeling. Samtidig har vi vært oppmerksomme på nye utviklingstrekk som har blitt avdekket underveis i arbeidet, for å sikre at hele bredden av utviklingstrekk har blitt fanget opp.

Arbeidet med inndelingen har gått flere iterasjonsrunder etter innspill fra administrasjonen og styret til Energi21. Endelig inndeling er presentert i Figur 4.

**Figur 4 Inndeling av drivkrefter og utviklingstrekk**



Den øverste delen av figuren viser drivkreftene bak makrotrendene i energisystemet. Omverdensanalysen har identifisert tre drivkrefter som påvirker utviklingen i energisystemet. Den første drivkraften er «klima, miljø- og energipolitikk», den andre er «teknologit utvikling og digitalisering» og den tredje er «økonomisk utvikling og omstilling». Disse tre drivkreftene påvirker også allokeringen av forskningsmidler og sluttbrukeradferd. Drivkreftene er tilnærmet de samme som identifisert i forrige omverdensanalyse, men den første drivkraften inkluderer nå også miljøpolitikk. Presiseringen og de overordnede drivkreftene diskuteres nærmere i kapittel 3.

Drivkreftene setter rammene for de konkrete utviklingstrekkene i energisystemet. Utviklingstrekkene utgjør den midtre delen av Figur 4 og tar for seg de spesifikke endringene i energisystemet som danner utgangspunktet for analysen. Beskrivelsen av energisystemet deles inn i tilbud av energi, overføring, lagring og konvertering av energi og etterspørsel etter energi. Utviklingstrekkene i energisystemet presenteres i kapittel 4, og vurderes opp mot Energi21s målsetninger i kapittel 5.

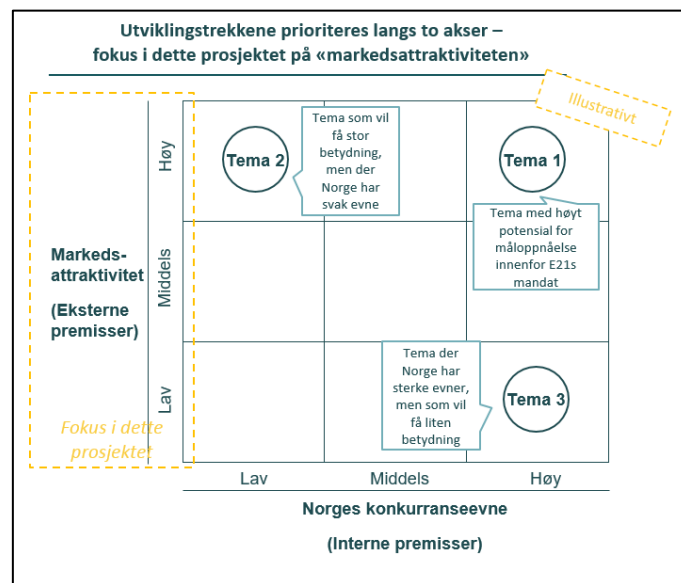
Den nederste delen av figuren illustrerer tverrgående temaer som går på tvers av utviklingstrekkene. De tre hovedtemaene er «digitalisering», «avkarbonisering» og «kundeorientering», og kan ses i

sammenheng med de spesifikke utviklingstrekkene i energisystemet. I tillegg til de tre hovedtemaene identifiserer analysen flere, mer konkrete undertemaer som er relevant både for flere av utviklingstrekkene og flere av de tverrgående temaene. De tverrgående temaene diskuteres nærmere i kapittel 4.4.

## 2.3 Utviklingstrekkene prioriteres etter potensial for bidrag til Energi21s målsetninger

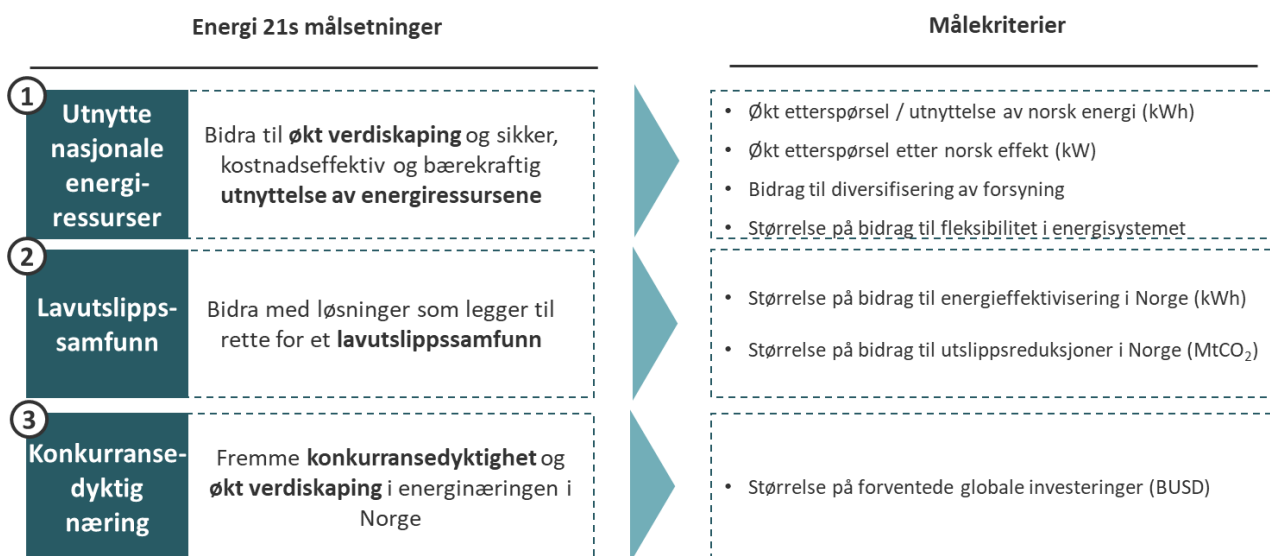
Figur 5 illustrerer hvordan utviklingstrekkene vurderes og prioriteres opp mot deres relative viktighet for Energi21-strategien. En prioritering av utviklingstrekkene basert på deres potensial for bidrag til Energi21s mål er nødvendig for å si noe om revisjonsbehovet til foreliggende strategi. Men det er også nødvendig for å vurdere viktigheten av områder som faller utenfor eksisterende strategi.

**Figur 5: Prioritering av utviklingstrekkene**



«Markedsattraktivitet» måles mot Energi21s tre målsetninger, og forteller noe om hvilke endringer i omverdenen som har større eller mindre potensial til å bidra til oppfyllelse av målene, uavhengig av om norske institusjoner og næringsliv kan eller bør ta en ledende rolle i utviklingen. «Norges konkurransevne» er et mål på hvilke forutsetninger Norge har for å utnytte mulighetene utviklingen i omverdenen åpner for, og berører således de interne premissene Energi21 må vurdere ved valg av strategi, men som er utenfor omfanget av denne rapporten.

For å kunne vurdere graden av måloppnåelse langs markedsattraktivitetsaksen, har vi brutt Energi21s målsetninger ned i konkrete målekriterier. Disse målekriteriene anvendes på samtlige utviklingstrekk, og utgjør til sammen en vurdering av deres markedsattraktivitet. Energi21s målsetninger og målekriteriene for markedsattraktivitet er presentert i Figur 6 under.

**Figur 6 Energi 21s målsetninger og målekriterier for vurdering av markedsattraktivitet**

Det første målet til Energi21 handler om å øke verdiskaping og sikre et pålitelig energisystem med kostnadseffektiv og bærekraftig utnyttelse av norske energiresurser. Markedsattraktivitet for dette målet er basert på fire kriterier:

- *Økt etterspørsel/utnyttelse av norsk energi (kWh):* Utviklingstrekk som medfører en høyere etterspørsel etter norsk energi vurderes høyt på måloppnåelse.
- *Økt etterspørsel etter norsk effekt (kW):* Utviklingstrekk som medfører en høyere etterspørsel etter norsk effekt vurderes høyt på måloppnåelse.
- *Størrelse på bidrag til fleksibilitet i elektrisitetsforsyningen:* Utviklingstrekk som bidrar til fleksibilitet i den norske elektrisitetsforsyningen vurderes høyt på måloppnåelse.
- *Størrelse på bidrag til diversifisering av energiforsyningen:* Utviklingstrekk som bidrar til diversifisering av energiforsyningen i Norge vurderes høyt på måloppnåelse.

Det siste punktet om diversifisering omfatter en overordnet vurdering av utviklingstrekkets bidrag til det norske energisystemet. Vurderingen inkluderer flere energibærere som kan bidra til elektrisitetsforsyning, fjernvarmeforsyning og energi brukt i transportsektoren, f.eks. hydrogen eller biobaserte drivstoff. Det tredje målekriteriet omfatter kun fleksibilitet innenfor elektrisitetsforsyningen, som blir nødvendig i den grad vi får mer uregulerbar kraft i den totale energiforsyningen.

Det andre målet handler om å avkarbonisere energisystemet og tilrettelegge for lavutslippssamfunnet. Markedsattraktivitet for dette målet er basert på to kriterier:

- *Størrelse på bidrag til energieffektivisering i Norge (kWh):* Utviklingstrekk som medfører energieffektivisering i Norge vurderes høyt på måloppnåelse.
- *Størrelse på bidrag til utslippsreduksjoner i Norge (MtCO<sub>2</sub>):* Utviklingstrekk som bidrar til utslippsreduksjoner i Norge vil vurderes høyt på måloppnåelse.

Det tredje målet handler om å fremme norsk kompetanse og konkurransedyktighet i et internasjonalt marked og øke verdiskapingen i energinæringen. Markedsattraktivitet for dette målet er basert på et kriterium:

- *Størrelse på forventede globale investeringer (USD):* Utviklingstrekk som representerer store forventede globale investeringer vurderes høyt på måloppnåelse.

Vurderingen av de forskjellige utviklingstrekkene opp mot de forskjellige målekriteriene presenteres nærmere i kapittel 4. Her vil også metodiske utfordringer diskuteres, som eksempelvis at enkelte målekriterier trekker i forskjellige retninger, og at enkelte målekriterier er vanskeligere å kvantifisere enn andre.

## 2.4 Arbeidet peker på mulige revisjonsbehov i eksisterende strategi

I den foreliggende strategien er hvert satsningsområde vurdert ut ifra Energi21s målsetninger, og relevans per målsetning utgjør begrunnelsen for valget av satsningsområdene. For å vurdere hvert satsningsområdes revisjonsbehov har vi sammenlignet begrunnelsen i foreliggende strategi med funnene fra omverdensanalysen per satsningsområde og per mål. Stor overlapp mellom foreliggende strategi og funnene i omverdensanalysen indikerer at satsningsområdet fortsatt er relevant. Dette presenteres nærmere i kapittel 6.1.

I tillegg til de eksisterende satsningsområdene, har det underveis i arbeidet blitt avdekket nye mulige satsningsområder. Satsningsområdene representerer flere utviklingstrekk på tvers av energisystemet som med fordel kan behandles som ett område. Det gjør det enklere å se helheten, og muliggjør utnyttelse av synergier i forskningsinnsats på tvers av utviklingstrekkene.

De nye mulige satsningsområdene er enten vektlagt i for liten grad i foreliggende strategi i forhold til hva funnene i våre analyser tilsier at de burde ha, eller er helt utelatt. For å vurdere hvert mulige satsningsområdes relevans for Energi21s strategi, har vi vurdert dem i forhold til måloppnåelse på Energi21s målsetninger. De mulige satsningsområdene består av flere av utviklingstrekkene, og den totale vurderingen av et områdes måloppnåelse vil være summen av bidragene fra hvert satsningsområde. Dette presenteres nærmere i kapittel 6.2.

## 2.5 Analysen bygger på rapporter fra anerkjente kilder og drøftinger med aktører

Vi har under arbeidet med omverdensanalysen benyttet tre hovedgrupper av kilder; et bredt utvalg av rapporter og underlagsanalyser, drøftet resultater med styret og administrasjonen i Energi21 og intern kompetanse i THEMA.

For å identifisere trender og utviklingstrekk har vi gjennomgått et bredt utvalg av rapporter og underlagsanalyser. Dette inkluderer rapporter fra store internasjonale organer, norske myndigheter, forskningsmiljøer og næringsliv. En fullstendig oversikt over underlagsmaterialet som er lagt til grunn for omverdensanalysen finnes i Vedlegg 2.

Administrasjonen og styret i Energi21 har bidratt til omverdensanalysen gjennom jevnlig statusmøter og styremøter. De har bidratt til å kvalitetssikre omverdensanalysen, gjennom en rekke diskusjoner og innspill.

THEMA Consulting Group står alene ansvarlig for rapportens konklusjoner.



### 3 GJENNOMGRIPENDE ENDRINGER I FREMTIDENS ENERGISYSTEM

*Energisystemet påvirkes kraftig av viktige makrotrender. Global energi- og klimapolitikk er den mest grunnleggende driveren for utviklingen av energisystemet, og målene om å begrense menneskeskapt klimaendring påvirker alle deler av energisystemet. Klimapolitikken har en betydelig påvirkning på teknologiutviklingen, der politiske mål og virkemidler har muliggjort en rask utvikling av teknologi for en avkarbonisert økonomi. Avkarbonisering skaper ny etterspørsel etter en rekke energibærere inn mot energisektoren, samtidig som naturmangfold og miljø er løftet opp som utfordringer på lik linje med klimaendringer.*

*Teknologiutvikling innen digitalisering og kunstig intelligens har gått raskt de siste årene, og vil kunne drive fundamentale endringer i energisystemet. Internasjonale utslippsmål innebærer ofte betydelige bidrag fra CCS, og vi ser nå begynnelsen på opprettelsen av internasjonale verdikjeder for karbonfangst og -lagring. Økonomisk omstilling til et avkarbonisert samfunn vil drive etterspørselen etter fornybar energi opp frem mot 2040, og elektrisitetsbehovet vil øke betydelig. Økonomisk omstilling er spesielt aktuelt for Norge som står overfor en omstilling vekk fra petroleumsnæringen, hvor andre næringer må vokse for å opprettholde verdiskapingen. For at omstillingen, og dermed veksten innenfor enkelte områder skal skje på en bærekraftig måte, trekkes sirkulær økonomi fram som et viktig virkemiddel.*

#### 3.1 Klima- miljø og energipolitikk

Global klima-, miljø- og energipolitikk er den mest grunnleggende driveren for utviklingen av energisystemet. Det er spesielt fire viktige makrotrender innenfor dette området. Vi ser for det første en ny giv innenfor global klimapolitikk med mer ambisiøse mål. Dernest at sentrale klimapolitiske strategier og handlingsplaner setter retningen for utviklingen de kommende tiårene. Videre har vi sett at utfordringer knyttet til naturmangfold og miljø løftes opp på lik linje med klimautfordringer, og medfører blant annet nye krav til utbygging og drift i energisektoren. Til slutt ser vi tydelig hvordan avkarbonisering innenfor andre sektorer påvirker energisektoren, og skaper ny etterspørsel etter fornybar elektrisitet, men også andre grønne energibærere, som det forventes at energisektoren leverer.

**Klimapolitikk** er her å forstå som politiske føringer som omfatter temaene klimagassutslipp, global oppvarming og klimaendringer. Klima beregnes som et gjennomsnitt av været (temperatur, nedbør) over en 30-årsperiode (Cicero).

**Miljøpolitikk** omfatter her politiske føringer for det naturlige miljø og inkluderer temaer som økosystemer, naturmangfold og miljøvern.

##### 3.1.1 Ny giv i global klimapolitikk

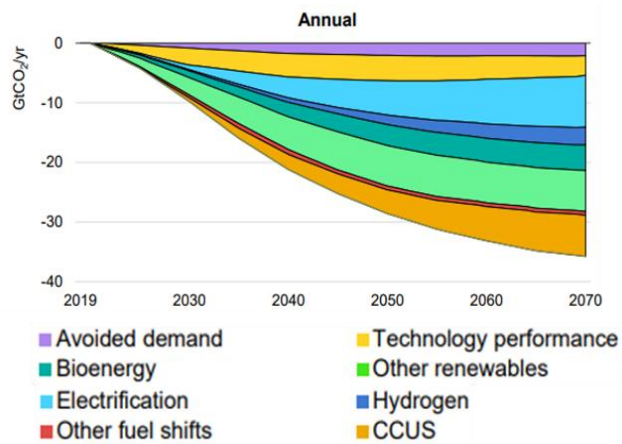
En rekke rapporter har blitt publisert som staker ut veien for å begrense menneskeskapt klimaendring og belyser konsekvensene av å ikke gjøre det. Blant de viktigste er IPCC-rapporten «Global Warming of 1.5 °C» fra 2018, og en rekke påfølgende IEA-rapporter. Rapportene har bidratt til den nye given i global klimapolitikk vi nå ser, med følgende hovedpunkter:

- Biden melder USA inn i Paris-avtalen igjen og lanserer mål om 50 prosent utslippskutt innen 2030.
- EU forsterker mål om utslippskutt fra minimum 40 prosent til minimum 55 prosent innen 2030.
- Netto-nullutslippsmål for 70% av global BNP, som inkluderer store økonomier som EU, USA og Kina.

Behovet for utslippskutt utover det som er fastslått i nåværende politikk for å nå netto nullutslipp i 2070 og begrense oppvarmingen til 1.8 °C i 2100 er illustrert i Figur 7. IEAs modellscenario

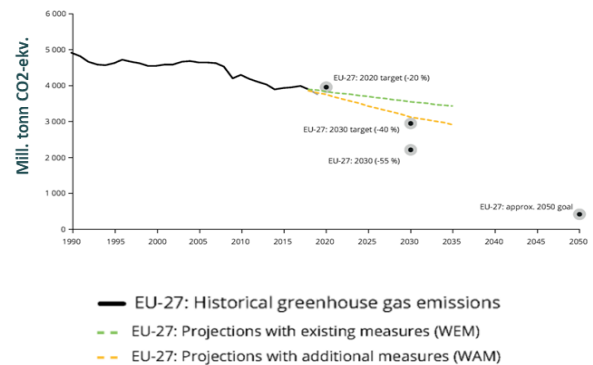
Sustainable Development Scenario (SDS) hentet fra Energy Technology Perspectives 2020 tydeliggjør behovet for ytterligere globale utslippsreduksjoner sammenlignet med Stated Policies.

**Figur 7: Utslippsreduksjon i SDS sammenlignet med Stated Policies**



Kilde: IEA (2020) Energy Technology Perspectives

**Figur 8: Historiske og framskrevne utslipp i EU-27**



Kilde: European Environment Agency, EEA (2020)

Behovet for utslippsreduksjoner i EU vises i Figur 8. I april 2021 vedtok EU et klimamål om minimum 55 prosent utslippskutt i 2030, og et juridisk bindende mål om netto nullutslipp i 2050. Basert på utslippsbanene i Figur 8 er det behov for ytterligere tiltak og virkemidler for å nå 2030-målet. For å nå netto nullutslippsmålet i 2050 vil det være nødvendig med negative utslipp.

Det er ikke bare EU som har mål om netto nullutslipp. I dag dekkes 70 prosent av globalt bruttonasjonalprodukt av et mål om netto nullutslipp, ofte med en tidshorison rundt årene 2050 og 2060 (IEA, 2021). IEA publiserte nylig et veikart for hvordan energisektoren kan nå netto nullutslipp innen 2050, noe som er nødvendig for å ha en 50% sannsynlighet for å begrense klimaendringene til 1.5 °C i tråd med Parisavtalen. Rapporten fremhever behovet for enorme investeringer i fornybar kraft, nett og sluttbrukerløsninger og at ingen nye olje- gass og kullressurser behøves utover det man allerede har utviklet. Videre oppfordrer rapporten til handling inn mot klimatoppmøtet COP26 i slutten av 2021.

### 3.1.2 Viktige klimapolitiske strategier og handlingsplaner setter retningen

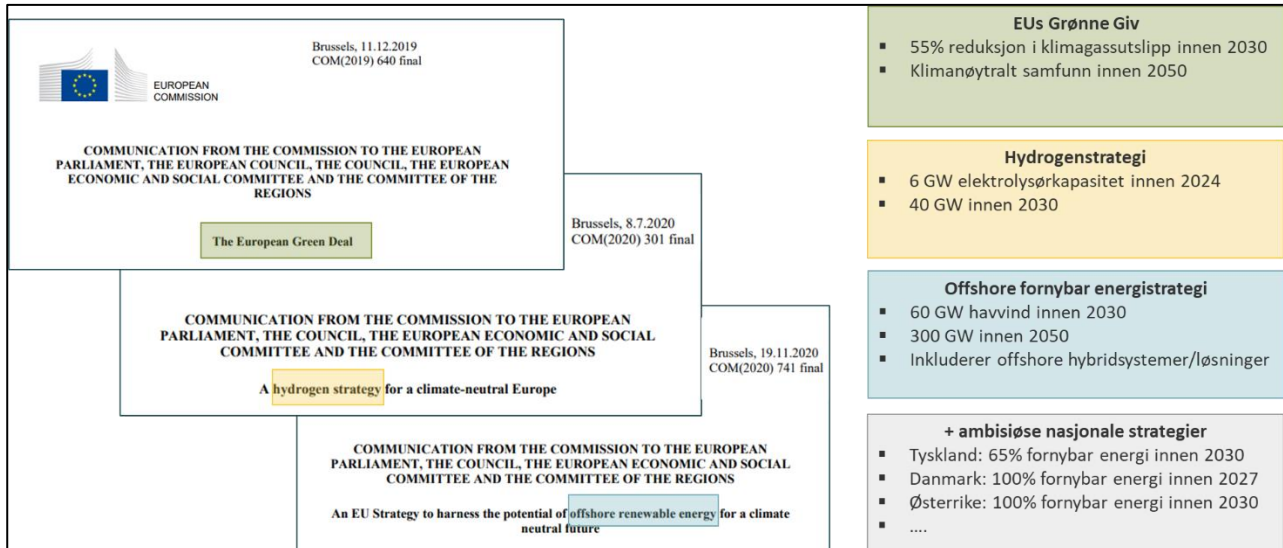
Den nye given i klimapolitikken er blitt konkretisert i en rekke strategier og handlingsplaner, spesielt i EU. Figur 9 viser et utvalg av EU-dokumentene som anviser en rekke forslag til hvordan omstillingen skal foregå. EUs grønne giv setter de overordnede målene, mens EUs hydrogenstrategi (2020a) og offshore fornybar energistrategi (2020b) setter konkrete mål for utrulling av disse teknologiene. I tillegg finnes en rekke nasjonale strategidokumenter og målsettinger, spesielt innenfor hydrogen og havvind.

EUs «Fit for 55»-pakke med lovforslag skal sørge for at EU når målet om minimum 55 prosent utslippsreduksjon innen 2030. Pakken innebærer revidering av en rekke direktiver, blant annet av fornybardirektivet hvor kommisjonen vil foreslå en sertifiseringsordning for grønt og blått hydrogen. Dette er viktig for å opprette et marked for lavutslippshydrogen. Det er også planlagt en revidering av lovgivning for gassmarkedet i 2021 som skal støtte utbredelsen av grønt og blått hydrogen og utviklingen av et hydrogenmarked i EU.

For Norges del lanserte regjeringen Klimaplan for 2021-2030 (Meld. St. 13 (2020–2021)) i januar 2021. Planen omfatter viktige punkter som økning av CO<sub>2</sub>-avgiften, klimakrav i offentlige innkjøp og redusert nedbygging av karbonrike områder. Foreløpig mangler Klimaplanen støtte i Stortinget, og

det forhandles videre. Regjeringen har også lagt fram en energiresursmelding. Innholdet i den endelige klimameldingen og energiresursmeldingen kommer til å ha stor betydning for omstillingen av norsk økonomi og energisystem de kommende årene.

**Figur 9: Utvalg av Europakommisjonens politiske dokumenter og strategier innenfor grønn omstilling**



### 3.1.3 Økt fokus på miljø

De siste årene er miljøperspektivet i større grad tatt i betraktning i europeisk politikk. Politikken har igjen fått et mer helhetlig miljøperspektiv hvor det legges vekt på betydningen av naturmangfold og økosystemhelse i innsatsen for å begrense global oppvarming og effekten av klimaendringene.

Utfordringer knyttet til miljø og naturmangfold ble belyst av Brundtlandkommisjonen i rapporten «*Vår felles framtid*» fra 1987 som viser til sammenhengen mellom forvaltningen av miljøressurser og økonomisk utvikling. Utover 90-tallet og fram mot 2015 fikk klimautfordringene gradvis økende fokus, uten at miljø og naturmangfold ble løftet på samme måte. Med FNs revidering av tusenårsmålene (2000-2015) og implementering av bærekraftsmålene (2015-2030) ble natur og miljø flyttet høyere opp på den politiske agendaen igjen. Bærekraftsmålene omfatter blant annet egne mål for marine og terrestriske økosystemer.

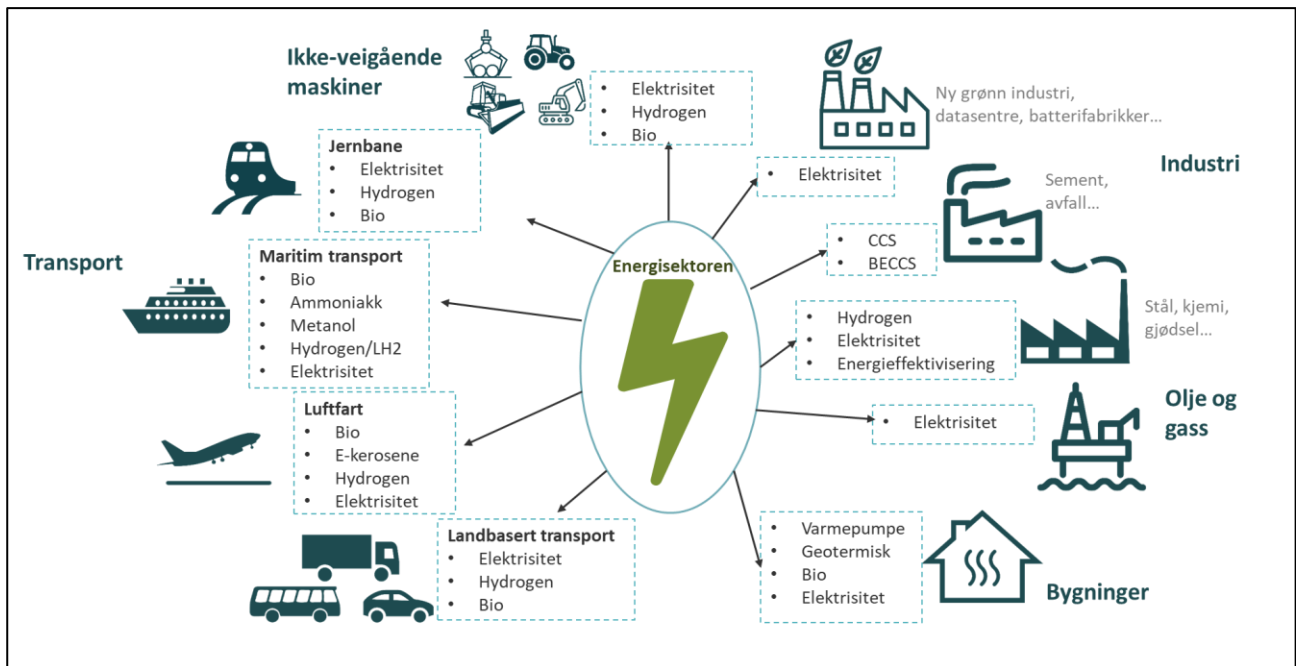
De siste årene har FNs naturpanel (IPBES, 2019) og FNs klimapanel (IPCC, 2018) vist til urovekkende utvikling i både økosystemkvalitet og klimagassutslipp. FNs naturpanel trekker frem menneskelig aktivitet og klimaendringer som drivere for forringelse av naturmangfold og økosystemer. Forringelse av økosystemtjenester bidrar blant annet til at mekanismene for regulering av CO<sub>2</sub> svikter og gjør mennesker mer utsatt for klimaendringer.

I EU har denne utviklingen blant annet satt spor i utformingen av Taksonomien. EUs grønne taksonomi lansert i 2020 er et klassifiseringssystem for økonomiske aktiviteter frem mot 2030. Aktivitetene vurderes opp mot seks mål, deriblant *beskyttelse og gjenopprettelse av biologisk mangfold og økosystemer og bærekraftig bruk og beskyttelse av vann- og havressurser*. For at en aktivitet skal være bærekraftig må den bidra til å oppnå minst ett mål uten å gjøre skade på de andre. Slik vil EU sikre et helhetlig miljøperspektiv og unngå forringelse av miljøet som følge av klimatiltak. Dette vil for eksempel ha betydning for investeringer i solkraft som bidrar til utslippsreduksjoner, men beslaglegger store landområder.

### 3.1.4 Avkarbonisering skaper ny etterspørsel

Energisektoren spiller i økende grad en sentral rolle i avkarboniseringen av andre sektorer. Lavutslipps energiløsninger er nødvendige for at andre aktiviteter og sektorer skal være mindre avhengige av fossile brennstoff og dermed redusere sine direkte utslipp. Figur 10 illustrerer hvordan energisektoren kan bidra til avkarbonisering i andre sektorer med lavutslipps energibærere, energieffektivisering og CCS.

**Figur 10: Lavutslipps energiløsninger fra energisektoren har stor betydning for avkarbonisering av andre sektorer**



Avkarboniseringen dreier seg for mange sektorer om elektrifisering med fornybar kraftproduksjon, men enkelte aktiviteter stiller krav til energibærere som gjør at direkte elektrifisering er uegnet. Likevel vil flere av alternativene, som for eksempel hydrogen og CCS, også bidra til økt elektrisitetsbehov. Omstilling til lavutslippssamfunnet medfører betydelig økt elektrisitetsbehov og økt behov for utbygging av energiinfrastrukturen.

Avkarbonisering av eksisterende industri er eksemplifisert med behov for hydrogen til blant annet stålindustri, kjemisk industri og gjødselproduksjon og behov for karbonfangst- og lagring i sementindustrien og avfallshåndtering. Elektrifisering av sokkelen gir et økt elektrisitetsbehov i olje- og gasssektoren. Norges fornybare elektrisitet og konkurransedyktige kraftpriser legger dessuten forholdene til rette for ny grønn energiintensiv industri som f.eks. batterifabriker og datasentre.

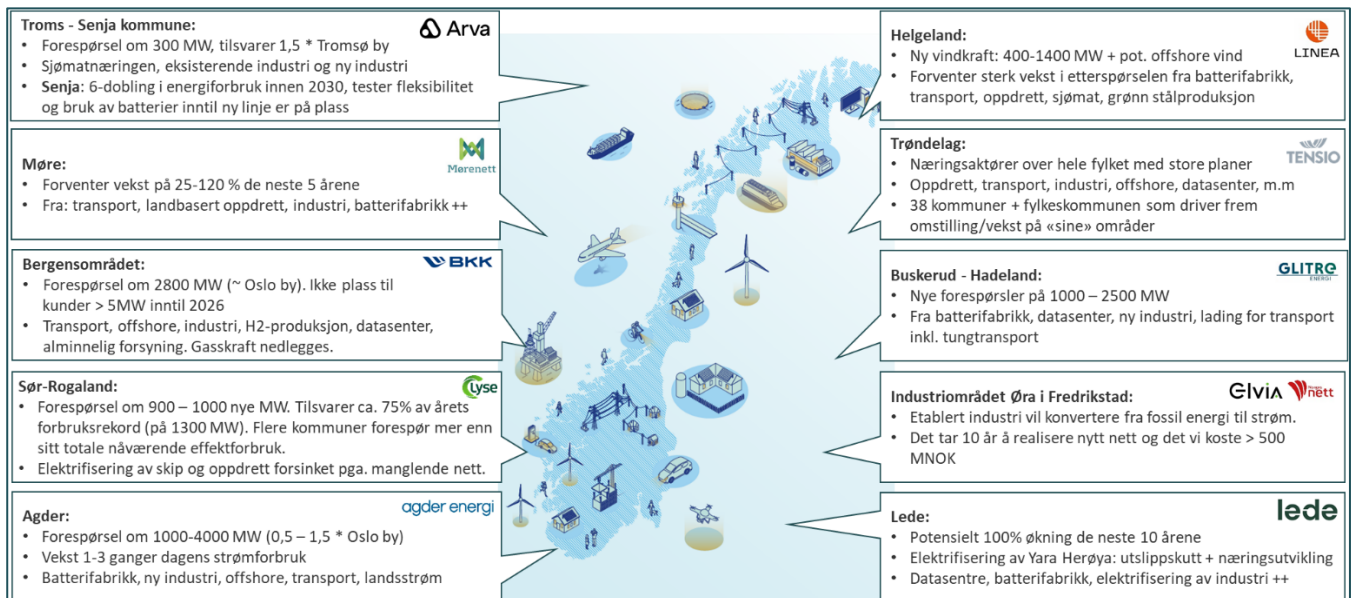
Bygningssektoren i Norge er i stor grad elektrifisert, spesielt etter at fyringsoljen ble faset ut. Installering av geotermisk varme og varmepumper er også viktige bidrag til lavutslippssamfunnet, da det gir bedre ressursutnyttelse og frigjør elektrisitet. Et viktig avkarboniseringstiltak innenfor bygg- og anleggsbransjen er biodrivstoff eller elektrisitet til oppvarming i stedet for fossil gass eller diesel. Dette gjelder også anleggsmaskiner som inngår i ikke-veigående maskiner. Tilgjengelighet av elektrisk infrastruktur og maskinens bruksmønstre vil ofte begrense muligheten til å ta i bruk direkte elektrifisering. Eksempler på dette er anleggsmaskiner på veiprosjekter langt fra eksisterende infrastruktur og skogsmaskiner. Derfor er biodrivstoff og på sikt hydrogen viktige alternativer til direkte elektrifisering for å oppnå avkarbonisering i denne sektoren.

Innenfor transportsektoren forventes et økende behov for energibærerne elektrisitet, biodrivstoff, hydrogen og hydrogenbaserte drivstoff. For jernbanens del gjelder hovedsakelig økt elektrifisering og bruk av biodrivstoff, og på lenger sikt muligheter for overgang til hydrogen. Disse tre

energiløsningene gjelder også for maritim transport, luftfart og annen landbasert transport. I tillegg kommer syntetiske drivstoff som e-kerosene, ammoniakk og metanol innenfor henholdsvis luftart og maritim transport på grunn av krav til distanse og effekt innenfor deler av disse.

Figur 11 illustrerer hvordan avkarboniseringen allerede fører til økt etterspørsel etter nettkapasitet i hele landet.

**Figur 11: Eksempler på hvordan nytt forbruk og ny kraftproduksjon skaper press på nettinfrastrukturen i Norge**



## 3.2 Teknologitviking og digitalisering

De siste årene har det skjedd en rask teknologitviking innenfor fornybare kraftproduksjonsteknologier, og det er realisert store kostnadsreduksjoner. Tilsvarende kostnadsreduksjoner har vi sett for batterier og hydrogenteknologi. Samtidig har utviklingen innen digitalisering, automatisering og kunstig intelligens potensial til å endre styringen og samspillet mellom aktører i energisystemet fundamentalt. CCS er en annen avgjørende teknologi for å nå utslippsmål, og vi ser nå begynnelsen på opprettelsen av internasjonale verdikjeder for CO<sub>2</sub>-håndtering.

### 3.2.1 Store kostnadsreduksjoner for land- og havvind, solkraft, batterier og hydrogenteknologi

Kostnadene for flere fornybare energiteknologier har falt betydelig de siste årene, spesielt for solkraft og batterier. Videre kostnadsreduksjoner i teknologiene er ventet.

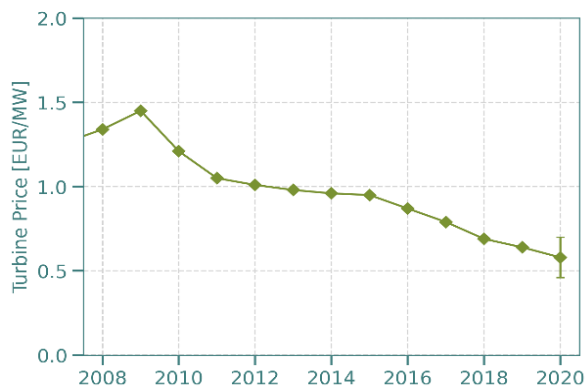
#### Vindkraft

Landbasert vindkraft er en moden teknologi. Turbinkostnaden utgjør rundt 70 prosent av den totale investeringskostnaden for landbaserte vindkraftprosjekter. Figur 12 viser den historiske utviklingen i den globale gjennomsnittlige turbinkostnaden. En stor del av nedgangen i enhetskostnadene for turbiner skyldes økt turbinkapasitet. I tillegg til nedgangen i turbinkostnader har reduserte installasjonskostnader bidratt til den kraftige reduksjonen i energikostnader fra landbasert vindkraft frem til nå.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Med energikostnader menes energikostnader over levetiden altså LCoE – levelized costs of energy.

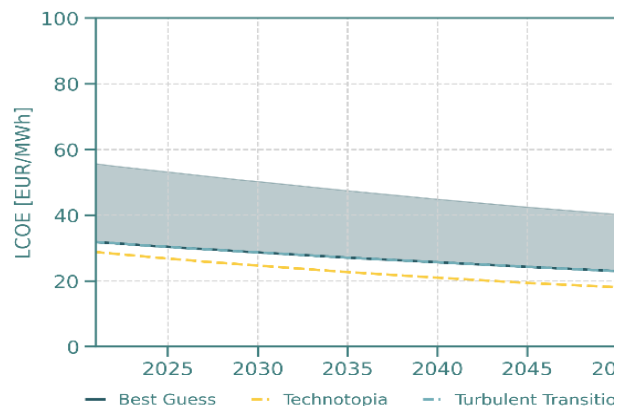
Figur 13 illustrerer estimert kostnadsutvikling for landbasert vindkraft i THEMA's tre hovedscenarier, hvor Best Guess representerer det mest sannsynlige utfallet og Technotopia og Turbulent Transition representerer en verden hvor teknologiutviklingen går henholdsvis raskere og tregere enn ventet. Med vindkraftutbyggingen de siste årene er verdikjeden relativt standardisert, og ytterligere kostnadsreduksjoner er begrenset. Med ytterligere kapasitetsvekst fra større rotor er kostnadstrenden for landbasert vindkraft fortsatt nedadgående, men potensialet er begrenset av regulering av størrelsen på rotordiameter. Noe kostnadsreduksjon kan ventes fra installasjon og vedlikehold ved bruk av ny overvåkingsteknologi. Geografiske forskjeller i vindforhold er reflektert i utfallsrommet i Best Guess scenarieret.

**Figur 12: Historisk turbinkostnad landbasert vind, globalt vektet gjennomsnitt**



Kilde: THEMA Technology Outlook (2021)

**Figur 13: Kostnadsutvikling for landbasert vindkraft i THEMA's tre scenarier**

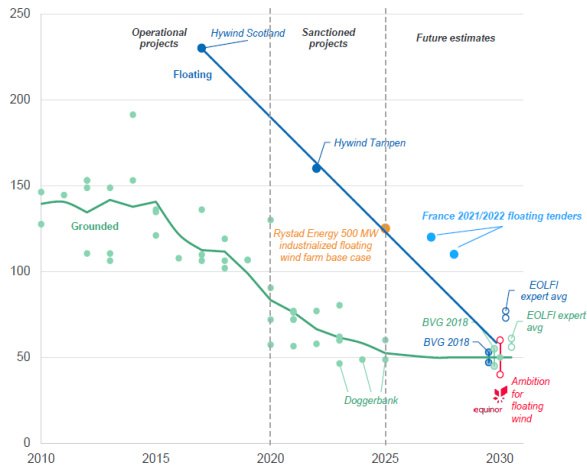


Kilde: THEMA Technology Outlook (2021)

Kostnadene for havvind har også falt betydelig de siste årene. Havvind er en mindre moden teknologi enn landbasert vindkraft. Bunnfaste havvindprosjekter er i dag et konkurransedyktig alternativ, spesielt i områder med begrensede ressurser på land, og hvor ressursgrunnlaget er bedre på havet. I tiårene framover er havvind ventet å bli en nøkkelt teknologi for økt fornybar energiproduksjon globalt.

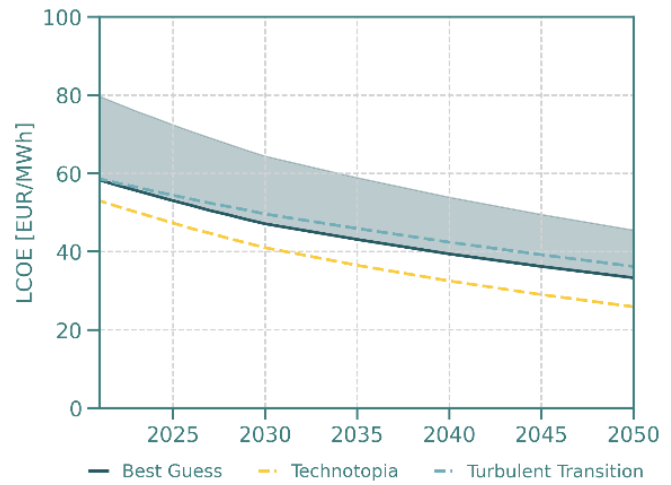
Figur 14 viser utviklingen i energikostnader for europeiske havvindparker fra 2010 til 2030. Kostnadene for flytende prosjekter er betraktelig høyere enn bunnfaste løsninger. Energifkostnadene for flytende prosjekter faller raskt mot 2030, mens kostnadene for bunnfaste prosjekter faller stødig mot 2025 og flater så ut. Mot 2030 er det ventet at bunnfast og flytende havvind oppnår kostnadsparitet på omkring 50 EUR/MWh. Årsakene til fallende kostnader for flytende havvind er blant annet knyttet til større turbiner og utvikling av en konkurransedyktig verdikjede. Estimer for kostnadsutviklingen utover 2030 er illustrert i Figur 15. Kostnadene ventes å falle videre til 30 - 40 EUR/MWh i 2050. Geografiske forskjeller i vindforhold er reflektert i utfallsrommet i Best Guess scenarieret.

**Figur 14: LCOE for europeiske havvindparker fra 2010 til 2030 etter oppstartsår (EUR/MWh)**



Kilde: Rystad Energy (2020).

**Figur 15: Kostnadsutvikling for havvind i Europa i THEMA's tre scenarier**



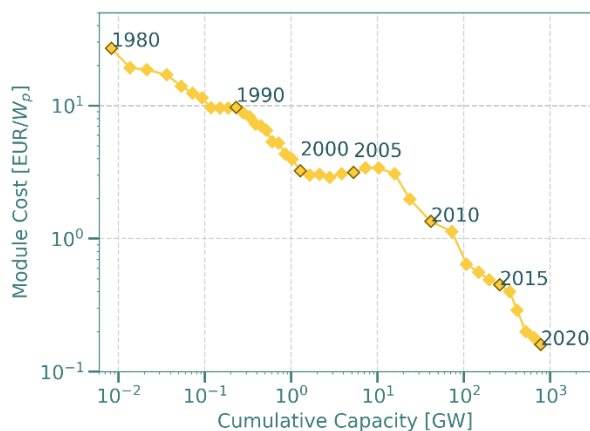
Kilde: THEMA Technology Outlook (2021)

### Solkraft

Solcellemoduler har historisk sett vært det største kostnadselementet i solenergiprojekter. Figur 16 viser en drastisk nedgang i kostnadene for solcellemoduler, spesielt de siste 15 årene.

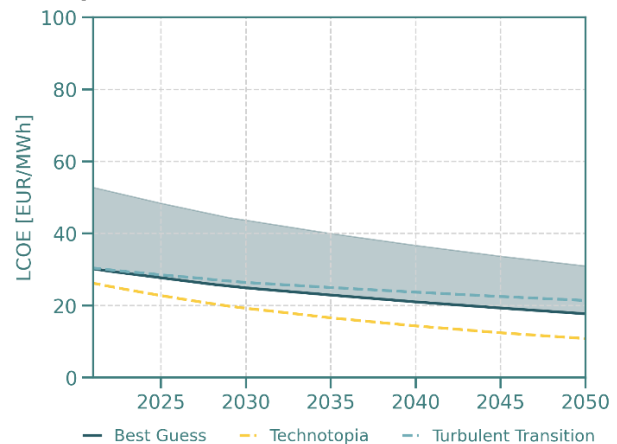
Den estimerte utviklingen i energikostnaden for solkraft i Europa er illustrert i Figur 17. Videre kostnadsfall ned til 10-30 EUR/MWh forventes innen 2050. Både virkningsgradforbedringer og reduserte produksjonskostnader driver kostnadsfallet. Kostnadene til andre tekniske komponenter som omformere og monteringsystemer er også ventet å falle i takt med utviklingen mot større prosjekter med stadig høyere installert kapasitet. Andre kostnader som lisenser, jordleie og prosjektplanlegging har begrenset kostnadsreduksjonspotensial, i tillegg er de ofte stedsavhengig. Utfallsrommet for Best Guess i Figur 17 reflekterer geografiske forskjeller.

**Figur 16: Historisk kostnadsutvikling for solcellemoduler**



Kilde: Bloomberg New Energy Finance 2020

**Figur 17: Estimert Kostnadsutvikling for solkraft i Europa i THEMA's tre scenarier**

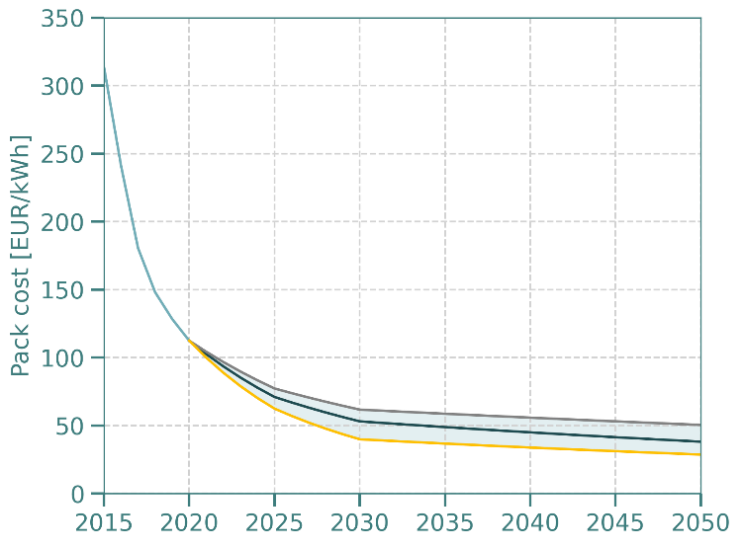


Kilde: THEMA Technology Outlook (2021)

## Batterier

Kostnadene for batteripakker har falt betydelig de siste årene fra rundt 300 EUR/kWh i 2015 til rundt 120 EUR/kWh i 2020, se Figur 18. Reduksjonen skyldes blant annet store investeringer i FoU og økt skala i produksjonen som følge av etterspørsel fra elbiler. THEMA estimerer at kostnadsreduksjonen vil fortsette frem mot 2030, før kostnadene flater ut.

**Figur 18: Historisk og estimert kostnadsutvikling for batteripakker**



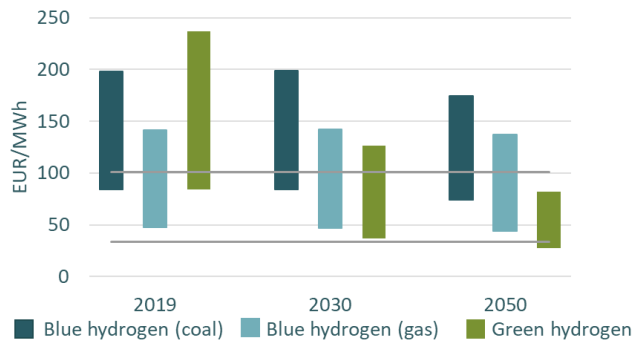
Kilde: THEMA Technology Outlook 2021

## Hydrogenteknologi

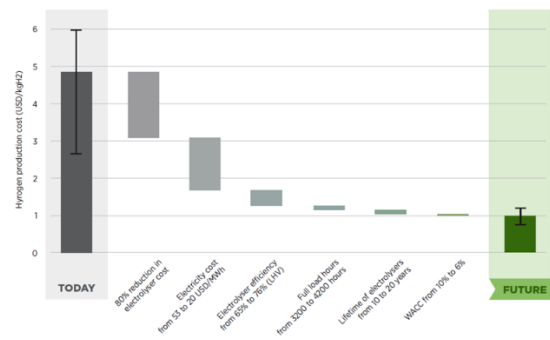
De siste årenes kostnadsreduksjoner for grønt hydrogen har gått raskere enn forventet, hovedsakelig grunnet kostnadsutviklingen for fornybar energi (Hydrogen Council, 2021). Figur 19 viser kostnadsintervaller for blå hydrogen fra kull og gass og grønt hydrogen for 2019 og forventede kostnadsintervaller for 2030 og 2050. I tillegg viser de grå horisontale strekene dagens kostnadsintervall for grått hydrogen. Som vist i figuren kan blått hydrogen produseres til en lavere kostnad enn grått på noen lokasjoner og i enkelte tilfeller allerede i dag. Framover i tid forventes det at kostnadsreduksjonen for grønt hydrogen fortsetter, og at grønt hydrogen kan bli konkurransedyktig med grått og blått hydrogen for enkelte geografiske områder fra 2030. I land med karbonprising vil prisen på grått hydrogen øke i årene framover, noe som gjør blått og grønt hydrogen mer konkurransedyktig.

Figur 20 viser de viktigste bidragsyterne til framtidig kostnadsreduksjon for grønt hydrogen. Den viktigste kilden til kostnadsreduksjoner er oppskalering av produksjonskjeden for elektrolyser og tilhørende skalafordeler. Lavere kraftkostnader, og teknologiske framskritt på anleggenes levetid og brukstid vil gi ytterligere reduksjoner som gjør at man ifølge IRENA kan forvente en framtidig pris på rundt 1 USD/kg H.



**Figur 19: Produksjonskostnad for ulike typer hydrogen**

Kilde: Noussan, M. et.al. (2021)

**Figur 20: Kostnadsreduksjon for hydrogen fordelt på viktigste faktorer**

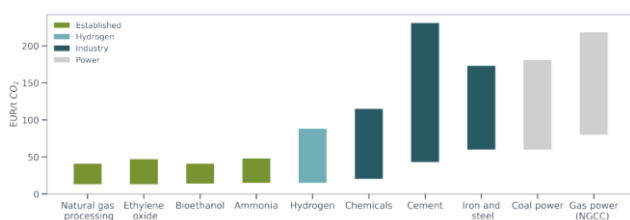
Kilde: IRENA, Green Hydrogen Cost Reduction (2020).

### 3.2.2 Begynnelsen på en verdikjede for karbonfangst

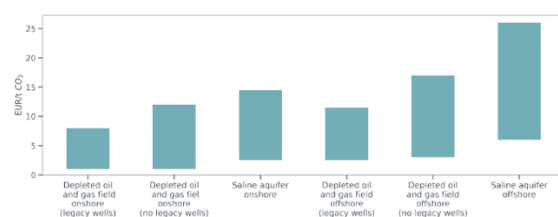
For å nå målene om klimanøytralitet er karbonfangst nødvendig. Karbonfangstteknologi er fortsatt under utvikling og utbygging av verdikjeden har så vidt startet. Figur 21 viser stor variasjon i kostnadene for CO<sub>2</sub>-fangst mellom ulike prosesser. Kostnadsspennet ligger mellom 20 - 200 EUR/tonn CO<sub>2</sub>. CO<sub>2</sub>-fangst for behandling av naturgass og bioetanol kommer ut som rimeligere alternativer. CO<sub>2</sub>-fangst inkludert i industri- og kraftproduksjon er dyrere.

Kostnadene varierer også betydelig innenfor de ulike anvendelsesområdene. Kostnadsspennet for karbonfangst er spesielt stort innenfor industri og i kraftsektoren. Der er stor usikkerhet knyttet til anslagene for karbonfangst i sementproduksjon og gasskraftverk, men kostnadene forventes å falle med oppskalering av verdikjeden. Karbonfangst kombinert med bioenergi, blant annet bioetanol, trekkes frem som spesielt fordelaktig fordi det muliggjør negative utslipp.

Løsninger for lagring av CO<sub>2</sub> innbefatter bruk av tomme olje- og gassfelt og saltvannsakviferer. Kostnadsspennet mellom teknologier for karbonlagring er mindre sammenlignet med karbonfangst, se Figur 22. Kostnadene for karbonlagring ligger mellom 2 - 15 EUR/tonn CO<sub>2</sub> for de fleste teknologiene, bortsett fra offshore saltvannsakviferer med kostnader opp til 25 EUR/tonn CO<sub>2</sub>.

**Figur 21: Kostnad for CO<sub>2</sub>-fangst i ulike prosesser**

Kilde: THEMA Technology Outlook (2021)

**Figur 22: Kostnad for ulike løsninger for CO<sub>2</sub>-lagring**

Kilde: THEMA Technology Outlook (2021)

Konkrete planer for utbygging av karbonfangst i Norge er i gang. Prosjektet Langskip skal bidra til utviklingen av hele verdikjeden og inkluderer fangst, transport og lagring. CO<sub>2</sub> skal fanges ved Norcems sementfabrikk i Brevik og Fortums energigjenvinningsanlegg i Oslo (gitt finansiell støtte fra andre aktører enn staten). Videre står Northern Lights for transport med skip og havbunnsrørledning til geologisk lagring i Nordsjøen. Planene for utbygging av lager ble godkjent i mars 2021 og planen er idriftsettelse i 2024. Langskip mottar betydelig offentlig støtte og kan bidra til en åpen og etablert verdikjede for CO<sub>2</sub>-lagring hvor også tredjeparter kan delta.

I Europa er det flere prosjekter for karbonfangst på gang. Ifølge International Association of Oil & Gas Producers (IOGP) er det per april 2021 i overkant av 50 eksisterende og planlagte karbonfangstanlegg i Europa. Lokaliseringen av prosjektene er illustrert i Figur 23, Storbritannia, Belgia og Nederland har flest prosjekter på gang. Innen 2030 vil anleggene kunne lagre 50 millioner tonn CO<sub>2</sub>/år. Det norske prosjektet Langskip vil fange 800 000 tonn CO<sub>2</sub> årlig.

**Figur 23: Oversikt over nåværende og planlagte CCSU-anlegg i Europa (April 2021)**



Kilde: International Association of Oil & Gas Producers (2021)

### 3.2.3 Digitalisering

Økt digitalisering av energisystemet omfatter en utvikling mot at flere fysiske komponenter (i kraftproduksjon, strømmettet og sluttbruk av energi) utstyres med sensorer som måler fysiske parametere relatert til energibruk og tilstand på komponenten. Med tingenes internett (IOT) knyttes sensorene sammen i nettverk med toveis kommunikasjon som gjør at all data som produseres samles og analyseres, og kontrollsignaler sendes tilbake for å optimalisere blant annet lastfordeling og energibruk.

I 2020 lanserte Kommunal- og moderniseringsdepartementet *Nasjonal strategi for kunstig intelligens* og i 2021 ble Stortingsmelding (Meld.St.22 (2020-2021)) *Data som ressurs - Datadrevet økonomi og innovasjon*. Begge rapportene peker på at energisektoren er et viktig område for kunstig intelligens og datadrevne løsninger. Tilgang på høykvalitetsdata er nødvendig for å utvikle suksessfulle og optimale systemer. To initiativer fra 2019 som har bidratt til økt informasjonsinnhenting og digitalisering av kraftmarkedet er Elhub, etablert av Statnett og NVE, og DIGIN som eies av Energi Norge. Elhub samler inn informasjon på måleverdier og transaksjoner i kraftmarkedet mens DIGIN-prosjektet skal sørge for mer effektiv datautveksling mellom kraftaktører med en standardisert informasjonsmodell (Energi Norge, 2019).

Ettersom energisystemet i større grad består av sammenkoblede systemer, fysiske og digitale, blir cybersikkerhet viktigere for å sikre kritisk infrastruktur. Digitale tvillinger av energisystemer kan bidra

til å utvikle mer pålitelig og antiskjøre systemer som blir sterkere og mer motstandsdyktige når utsatt for stress.

### 3.3 Økonomisk utvikling og omstilling

For å stimulere til økonomisk utvikling etter koronakrisen har mange regjeringer valgt å fokusere sine redningspakker på grønn omstilling. I Norge står vi i tillegg ovenfor en omstilling vekk fra petroleumsnæring, noe som vil kreve nye næringer og dermed økt elektrisitetsforbruk. Politisk er det også større fokus på at økonomisk vekst og utvikling framover bør følge prinsipper knyttet til sirkulær økonomi.

#### 3.3.1 Grønne redningspakker – krisen brukes til å satse på grønn omstilling

Utbredelsen av Covid-19 og nedstengingen av samfunnet har påvirket økonomien. Pandemien har truffet forskjellige land ulikt på grunn forskjellige strategier for å håndtere smitten, men felles for de fleste er en nedgang i økonomien i 2020. IMF (2021) estimerer nedgangen i den globale økonomien i 2020 til 3,5 prosent. Nedgangen i Eurosonen var betydelig større med en reduksjon på 7,2 prosent i reelt BNP.

Gjennom 2020 og 2021 har det vært behov for å motvirke effekten av nedstengingen av samfunnet på økonomien med finansielle støtteordninger og lettelser. Med gjenåpningen av samfunnet ser myndighetene i flere land en mulighet til å kombinere gjenoppbygging med grønn omstilling. Global Recovery Observatory (2021) har registrert at ca. 20 prosent av gjenreisningspakkene går til grønne investeringer.

Hovedtrekkene i grønne gjenreisningspakker i USA, EU og Norge er som følger:

- I **USA** har Joe Biden lansert programmet Build Back Better Plan med investeringer til gjenoppbygging etter COVID-19, infrastrukturoppgaderinger og fornybar energi. Det er planlagt at 600 milliarder dollar skal gå til ren energi (ladestasjoner, nettoppgradering, energieffektivisering og CCS) og 300 milliarder dollar til innovasjon og FoU. I tillegg har Biden-administrasjonen lansert en klima- og energiplan med et foreslått budsjett på 2000 milliarder dollar. Planen skal bidra til at USA blir en karbonnøytral økonomi innen 2050 og at all strømproduksjonen er utslippsfri innen 2035. Videre skal 400 milliarder dollar investeres i teknologier og innovasjon knyttet til ren energi mot 2030. Storskala strømlagring, grønt hydrogen, avkarbonisert varmforsyning for industrisektoren, små modulære kjernekraftverk samt CCS er prioriterte satsningsområder.
- **EU** har lansert Recovery plan for Europe bestående av en kortsiktig gjenreisningspakke, NextGenerationEU, i tillegg til bevilgninger over det langsiktige budsjettet (European Commission, 2021a). NextGenerationEU er en stimuluspakke på 750 milliarder euro for å motvirke effekten av pandemien. Brorparten av støtten skal gå til FoU, grønn omstilling og digitalisering og helse og beredskap. I Multiannual Financial Framework, EUs langsiktige budsjettplan (2021-2027) med totale utbetalinger på 1070 milliarder EUR, går i overkant av 30 prosent til posten *Natural resources and environment*.
- I **Norge** har oljenæringen fått betydelig pandemistøtte, 115 milliarder kroner. En grønn krisepakke på 3.6 milliarder kroner er også vedtatt (Regjeringen, 2020a). Av krisepakken går 2 milliarder kroner til Enova, og særlig til teknologiutvikling i industrien. En milliard kroner skal fordeles over tre år til en «grønn plattform» i regi av Forskningsrådet, Innovasjon Norge og selskapet for industrivekst, Siva. Der skal bedrifter konkurrere om å utvikle ny, klimavennlig teknologi. 600 millioner kroner skal gå til andre tiltak, deriblant grønn skipsfart, sirkulær økonomi, støtteordningen Klimasats og havvind.

### 3.3.2 Omstilling i norsk økonomi – nye næringer, ny kraftproduksjon

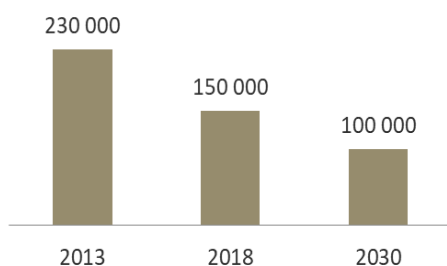
Med økte klimaambisjoner og mål om netto nullutslipp i 2050 må Norge på sikt omstille økonomien. Figur 24 viser at anslått nedgang i petroleumsrelatert sysselsetting er rundt 50 000 fram mot 2030, ifølge Perspektivmelding 2021. Denne nedgangen forventes til tross for fortsatt leteaktivitet på norsk sokkel.

Det er planlagt og satt i gang en rekke prosjekter for elektrifisering av plattformer som vil minske sektorens klimagassutslipp. Tilkoblingen til kraft fra land vil potensielt medføre et kraftforbruk på rundt 16-23 TWh/år i 2030, opp fra omkring 7.5 TWh i 2021 (KonKraft, 2021).

Fremover er det ventet økt etterspørsel etter fornybar kraft fra flere sektorer enn oljebransjen. Figur 25 viser estimatet for norsk elektrisitetsforbruk fremover mot 2050 fra en rekke langsiktige analyser. De fleste anslagene for 2030 ligger mellom 155 og 170 TWh per år, det vil si en økning på 18-33 TWh fra dagens forbruk på 137 TWh.

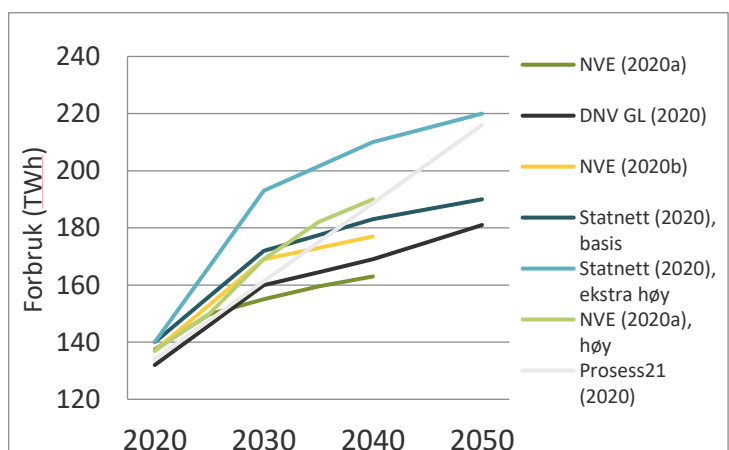
Industri og transport er de viktigste kildene til økt kraftetterspørsel. For transport er etterspørselsanslagene ganske like i de forskjellige analysene, opp fra under 1 TWh i dag til rundt 10 TWh i 2030 og over 20 TWh i 2050. Anslagene for industri sektoren varierer derimot sterkt, og det anslås fra 3-10 TWh økt etterspørsel i 2030. Etter 2030 forventes en mer beskjeden utvikling. I tillegg kommer det etterspørsel etter kraft fra nye forbrukere som datasenter. Her spriker anslagene avhengig av antagelser om markedspotensial og norsk konkurransedyktighet. For 2030 anslås det en etterspørsel på mellom 5-10 TWh, og rundt 10 TWh i 2050.

**Figur 24 - Petroleumsrelatert sysselsetting i Norge**



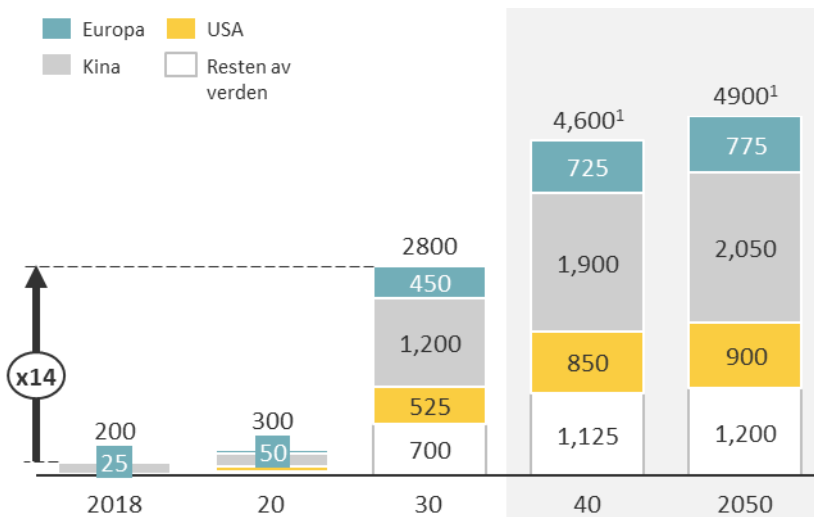
Kilde: Perspektivmeldingen (2021)

**Figur 25 - Estimert utvikling i elektrisitetsforbruk i Norge**



Kilde: NVE (2020a), DNV GL (2020), NVE (2020b), Statnett (2020), Prosess21 (2020)

Noe av etterspørselsveksten innenfor industri sektoren vil komme fra utviklingen av batteriproduksjon. Figur 26 viser estimater for den globale etterspørselen etter batterier, og anslår nærmest en tidobling fra 2020 til 2030. Norge har med lave og stabile kraftpriser gode forhold for etablering av batteriproduksjon, og det er allerede lansert en rekke planer for storskala batteriproduksjon.

**Figur 26 - Global batterietterspørsel, GWh**

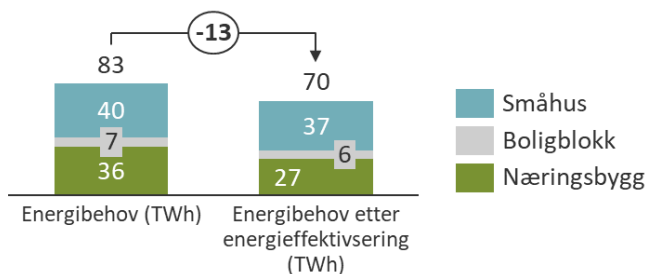
Kilde: Grønne elektriske verdikjeder (NHO,2020)

### Potensialet for energieffektivisering og fleksibilitet i Norge

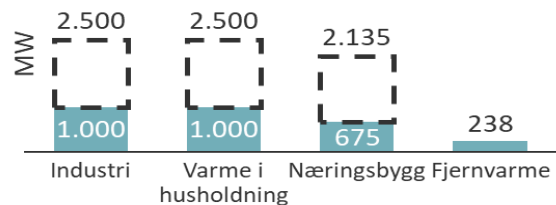
Energieffektivisering og fleksibilitet er viktige for omstillingen til et lavutslipps energisystem fordi det frigjør fornybar kraft til bruk på andre områder. Norge har et betydelig potensial innenfor begge.

Energieffektivisering i bygg har betydelig potensial i Norge og NVE har estimert et lønnsomt effektiviseringspotensial på bortimot 13 TWh, se Figur 27. Det lønnsomme potensialet er størst i næringsbygg, og tiltak innebærer blant annet isolering av bygningskropp og styringssystemer for varme, belysning og ventilasjon. Varme og belysning i bygg dekkes hovedsakelig av elektrisitet, dermed frigjør energieffektivisering elektrisitet til andre formål, for eksempel til elektrifisering av industrien eller transport.

Økt utnyttelse av fleksibilitet i kraftsystemet er avgjørende for å tilrettelegge for en økt andel uregulerbar kraft. Figur 28 viser potensialet for forbruksfleksibilitet i Norge fra forskjellige kilder. Totalt anslås at mellom 2 og 5,9 GW lastreduksjon i en topplasttime er mulig å oppnå. Sammenlignet med topplasttiden i Norge, som vanligvis ligger rundt 25 GW, er dette betydelige mengder. Utnyttelsen av denne forbruksfleksibiliteten vil blant annet kunne spare samfunnet for betydelige nettinvesteringer og bidra til å balansere et nordisk kraftsystem med mer uregulerbar kraft.

**Figur 27 - Potensial for lønnsom energieffektivisering i bygg i Norge**

Kilde: NVE (2021a), NVE (2021b)

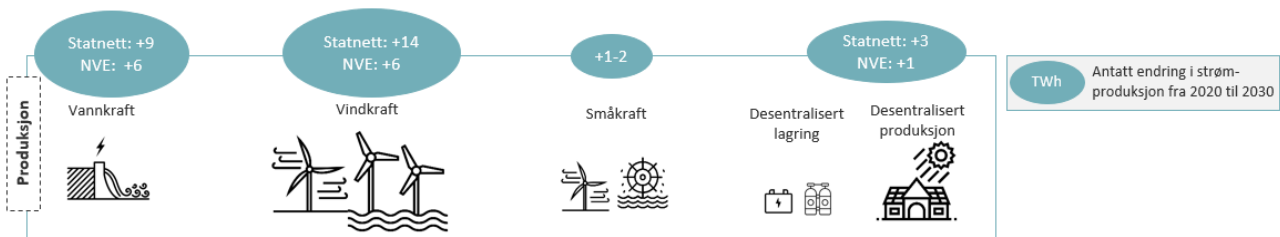
**Figur 28 - Potensial for forbruksfleksibilitet i Norge**

Kilde: Söder et.al. (2018)

### Økt kraftetterspørsel gir behov for ny fornybar kraftproduksjon, og i Norge er potensialet for ny kraft hovedsakelig fra vindkraft, solkraft og vannkraft

Ny kraftproduksjon fram mot 2030 vil hovedsakelig komme fra vann og vind, og noe fra desentral eller bygningsintegriert sol. Figur 29 viser Statnett (2020) og NVEs (2020a) basisanslag for ny kraftproduksjon i Norge fram mot 2030. For vindkraftestimaten utgjør landbasert vindkraft brorparten av produksjonsveksten, og det aller meste av dette vil bli satt i drift innen utgangen av 2021. Dette skyldes at NVE ikke har inkludert de nylig åpne havvindområdene i basisanslaget sitt og Statnett regner med at det meste av utbyggingen i disse nye områdene vil skje etter 2030. Potensialet for havvindproduksjon er dermed betydelig større enn det som kommer fram i figuren. Bare fra de allerede åpne områdene Utsira Nord og Sørlege Nordsjø II anslås potensialet totalt sett til 17 TWh årlig, gitt at man tar utgangspunkt i kapasiteten på 4.5 GW og 3800 fullasttimer per år. Sannsynligvis vil det meste av dette komme i drift etter 2030.

**Figur 29: Antatt vekst i strømproduksjon fra 2020 til 2030**



### 3.3.3 Prinsipper for sirkulær økonomi får større betydning i den økonomiske utviklingen

De siste årene har konseptet sirkulær økonomi blitt løftet fram som en del av en omstilling mot en mer bærekraftig økonomisk utvikling. Det finnes en rekke definisjoner på sirkulær økonomi, men begrepet omfatter som oftest bedre ressursutnyttelse og redusert miljøpåvirkning ved hjelp av forbedret produktdesign, effektivitet og verdikjeder for gjenbruk av materialer. Sirkulær økonomi er «et prinsipp for økonomisk virksomhet for å opprettholde verdien av produkter, materialer og ressurser så lenge som mulig ved å utnytte og gjenbruke ressursene mer effektivt.» (2020b)

Det jobbes med programmer for omstilling til en mer sirkulær økonomi i EU og nasjonalt. EUs Grønne Giv legger opp til at industrien skal bli klimanøytral og sirkulær. I den forbindelse jobbes det aktivt med markedsutvikling for sirkulære og klimanøytrale produkter. På nasjonalt nivå publiserte regjeringen en nasjonal strategi for sirkulær økonomi i juni 2021. Kunnskapsgrunnlaget for utarbeidelsen av den nasjonale strategien peker på at elektrisitet, gass og fjernvarme spiller en viktig rolle for økt sirkularitet i andre næringer ved å bidra med fornybare energiløsninger som kan redusere forbruket av endelige energiressurser som olje (Deloitte, 2020).

Sirkulær økonomi kan ha en mer direkte betydning for energisystemet også innenfor andre områder, blant annet:

- Økt utnyttelse av restråstoff til biodrivstoff og energigjenvinning.
- Materialgjenvinning i egen sektor, forlengelse av levetid kan redusere material – og utslippsintensitet i energisektoren.
- Energikrevende industri eller produksjon hvor materialgjenvinning kan redusere energiintensiteten, og dermed føre til lavere etterspørsel.
- Industrielt samarbeid – industriparke og bedrifter innenfor samme områder som samarbeider og koordinerer for å best utnytte energi- og materialstrømmer.

## 3.4 Forskningspolitikken følger opp overordnede politiske mål

Internasjonalt forskningssamarbeid er viktig for å utvikle nye og klimavennlige løsninger for energisystemet som bidrar til oppnåelsen av klimamål. Norsk deltagelse i internasjonale forskningssamarbeid bidrar til at våre nasjonale forsknings- og utdanningsmiljøer holder en høy

internasjonal standard. Høy standard på norske fagmiljøer vil være viktig for å utvikle et internasjonalt konkurransedyktig næringsliv.

I 2014 startet EUs store forskningsprogram Horizon2020, som har som mål å bidra til økonomisk vekst og arbeidsplasser i Europa på en smart og bærekraftig måte frem mot 2020. Horizon2020 har blant annet bidratt stort inn mot arbeidet med utvikling av lavutslipps energiløsninger. Med 93 prosent av midlene til Horizon2020 utdelt, har norske forsknings- og innovasjonsmiljøer mottatt 14 milliarder kroner (Meld. St. 13 (2020–2021)).

Horizon Europe er EUs nye forsknings – og innovasjonsprogram fra 2021 til 2027 (European Commission, 2021b). I perioden skal 95,5 milliarder euro deles ut. Programmet skal styrke internasjonalt forskningssamarbeid og sørge for innovasjon som bidrar til konkurransedyktig næring, økonomisk vekst og å løse globale utfordringer. Videre skal programmet også bidra til å nå målsetninger og løse samfunnsutfordringer innenfor områdene: klimatilpasning, kreft, sunne hav, kyster og sjøer, klimanøytrale og smarte byer, og jordhelse og mat.

Etableringen av det europeiske innovasjonsrådet (EIC) er en nyvinning i Horizon Europe. Programmene underlagt rådet skal fremme utviklingen av banebrytende teknologi og støtte markedsintroduksjon og oppskalering, blant annet med tilrettelegging for små- og mellomstore bedrifter (Forskningsrådet, 2020). Regjeringen (2021) ønsker at Norge skal delta i Horizon Europe med et bidrag på omkring 25 milliarder kroner. Forslagene om deltakelse i Horizon Europe og et knippe andre forsknings – og utdanningsprosjekter i EU er sendt til Stortinget for samtykke

Norge sluttet seg i 2020 til EUs Important Project of Common European Interest (IPCEI) innenfor hydrogen (Regjeringen, 2020c). IPCEI-ene skal bidra til innovasjons – og industrisamarbeid på tvers av landegrensene i Europa innenfor områder som bidrar til bærekraftig og konkurransedyktig verdiskaping. Anerkjennelse som et IPCEI-prosjekt betyr også at man er fritatt ordinære regler om statsstøtte. Den norske deltakelsen i programmet forvaltes av Enova som gjennomfører en kartlegging for å vurdere videre samarbeid i prosjekter med aktører i Europa.

I 2015 tilsluttet Norge seg Mission innovation, et internasjonalt initiativ lansert i forbindelse med Parisavtalen og som har mål om å *drive en dramatisk akselerasjon av global innovasjon innen ren energi* (Mission Innovation 2016). Medlemslandene forplikter seg til offentlig investeringer og å være en pådriver for private investeringer innenfor teknologier som smarte nett, off-grid elektrisitetsløsninger, karbonfangst og fornybart og rent hydrogen. Norge doblet i 2020 sitt investeringsnivå fra det første året til 2 265 milliarder kroner.

Nasjonalt har regjeringen satset på grønn og næringsrettet forskning gjennom Grønn plattform bestående av Forskningsrådet, Innovasjon Norge, Enova og Siva. I første fase 2020-2022 skal 1 milliard kroner deles ut til forskning og innovasjon. PILOT-E er et annet program som skal bidra til raskere utvikling og utbredelse av nye produkter og tjenester innenfor grønne energiteknologier organisert av Enova, Forskningsrådet og Innovasjon Norge (Enova, n.d.).

### 3.5 Kundene kan ta en sterkere rolle i utviklingen av energisystemet

De overordnede drivkreftene innenfor klimapolitikk og teknologiutvikling fører til at kundene kan ta en ny og mer aktiv rolle i utviklingen av energisystemet. Teknologiutviklingen gjør det mulig for flere å ta en aktiv rolle gjennom å bedre styre energiforbruket sitt, produsere deler av energibehovet selv og ha større grad av interaksjon med kollektive energisystemer.

Vi ser også eksempler på at holdningene endres i retning av at enkelte ønsker å ta et større ansvar og kontroll over sitt karbonavtrykk gjennom eget energiforbruk. I Norge er ASKO et interessant eksempel på et selskap som ønsker å være selvforsynt med fornybar energi gjennom energieffektivisering og egenproduksjon av sol- og vindenergi, selv om dette ikke nødvendigvis er bedriftsøkonomisk lønnsomt på kort sikt. På verdensbasis har flere og flere store selskaper som for eksempel Google, Facebook og IKEA en lignende tilnærming.

I deler av verden har utbredelsen av egenproduksjon av elektrisitet fra solceller opplevd sterk vekst, og enkelte steder utgjør dette i dag en betydelig del av den totale kraftproduksjonen. Koblet med

muligheter for distribuert lagring av energi kan denne formen for energiproduksjon og -forbruk på sikt bli konkurransedyktig med kollektive energisystemer i mange markeder. I tillegg utgjør utviklingen av digital teknologi for måling og styring av energiforbruk et fundament for mye større grad av interaksjon mellom ulike former for distribuert energiproduksjon (for eksempel elektrisitet og varme) og etterspørsel etter energi og fleksibilitet til andre deler av energisystemet.



## 4 UTVIKLINGSTREKK I ENERGISYSTEMET

*Makrotrendene driver frem en lang rekke utviklingstrekk innen de forskjellige delene av energisystemet. Innen tilbud av energi innebærer utviklingstrekkene en økende grad av energiproduksjon basert på fornybare ressurser. Innen overføring av energi innebærer utviklingstrekkene en tilrettelegging av kraftsystemet for integrasjon av en økende andel fornybar, uregulerbar produksjon. Dette medfører store investeringer i smartere nett, masket offshore nett, energilagring og hydrogenproduksjon og -distribusjon. Innen forbruk av energi innebærer utviklingstrekkene energieffektivisering i industri og bygninger, samt en økende avhengighet av elektrisitet som følge av avkarbonisering av nye forbruksområder. På tvers av energisystemet har vi identifisert tre tverrgående temaer som berører flere av utviklingstrekkene; «Digitalisering», «Avkarbonisering» og «Kundeorientering».*

Makrotrendene som er beskrevet i forrige kapittel driver frem en lang rekke utviklingstrekk innenfor tilbud, overføring og etterspørsel etter energi. Figur 30 viser en oversikt over alle utviklingstrekkene vi har vurdert i dette arbeidet, samt noen temaer som berører et større antall utviklingstrekk på tvers av tilbud, overføring og etterspørsel. I dette kapitlet gir vi en overordnet innføring i hva de ulike utviklingstrekkene innebærer, før vi i det neste kapitlet viser resultatene fra analysen av utviklingstrekkene sett opp mot Energi21s ulike målsettinger.

**Figur 30: Lang bruttoliste av utviklingstrekk for vurdering i omverdensanalysen**



### 4.1 Kraftproduksjon blir i større grad utslippsfri, men også uregulerbar

Avkarbonisering driver omstillingen mot storstilt utbygging av fornybar kraft og lavutslippsalternativer for varme- og drivstoffproduksjon. For kraftproduksjonen i Norge innebærer det videre utbygging av vannkraft og havvind. Det vil også etableres landbasert vind, men med dagens motstand og revidering av regulatorisk rammeverk er omfanget noe usikkert. I tillegg er det ventet utbygging av solkraft, både distribuert på hustak, bygningsintegrert og i større, sentrale solkraftanlegg.

Utbygging av fornybar, uregulerbar kraftproduksjon påvirker kraftsystemet. I Europa pågår det storstilt utbygging av spesielt solkraft og vindkraft mens det i Norden hovedsakelig bygges ut vind, både på land og til havs.

Utenom etablerte fornybare teknologier som vann-, vind-, og solkraft, er det ventet videre utvikling og etablering av teknologier som bølgekraft, tidevannskraft og geotermisk kraftproduksjon. Dog er kraftpotensialet sammenlignet med andre fornybare kilder inntil videre anslått å være begrenset.

Kjernekraften blir påvirket av nedstengninger i enkelte land (f.eks. Tyskland og Sverige), men også nye utbygginger i andre land (f.eks. England og Finland). Videre har ny teknologi knyttet til småskala kjernekraft (Small Modular Reactor, SMR) blitt lansert som en mulighet i flere øst-europeiske land. Globalt skal det trolig være en nettoøkning i kjernekraftproduksjonen frem mot 2030.

Produksjon av energibærere basert på biomasse vil også tilta frem mot 2030. Forskjellige typer biodrivstoff kan direkte eller med noe tilpassing erstatte fossile energibærere. Fast biomasse er spesielt relevant for varmeproduksjon, f.eks. i kraftvarmeanlegg. Videre er det ventet mer utnyttelse av avfallsstrømmer til kraft og varme og energiavlanger til flytende biodrivstoff.

Økt digitalisering spiller også en viktig rolle innenfor kraftproduksjon. Sensorer og overvåkingssystemer muliggjør datainnsamling for utvikling og anvendelse av kunstig intelligens som kan avdekke og predikere feil for å optimalisere drift, automatisere støtteoppgaver og reinvesteringer.

## 4.2 Overføringsnett, energilagring og hydrogenproduksjon bidrar til å integrere uregulerbar produksjon i energisystemet

Utviklingstrekkene innenfor overføring, konvertering og lagring av energi innebærer store investeringer i integrasjon av fornybar og uregulerbar kraftproduksjon i kraftsystemet og bedre utnyttelse av lavutslipps energibærere. En viktig del av dette er utbygging av infrastruktur for overføring av kraft og hydrogen på land og til havs. I tillegg er det nødvendig med omfattende lagringsmuligheter og digitale løsninger for optimal ressursutnyttelse og balansering av krafttilbud og -etterspørsel.

Med økt uregulerbar kraftproduksjon og elektrifisering er det behov for utbygging og oppgradering av strømmettet. Nettet må i tillegg bestå av digitale komponenter som bidrar til effektiv utnyttelse av energiressurser og infrastruktur.

EU og Norge har omfattende havvindambisjoner som krever betydelig investeringer i nettinfrastruktur til havs. Utbyggingen av offshore infrastruktur gir muligheter for synergier med mellomlandsforbindelser og etablering av energiøyer. Det finnes også pilotprosjekter som ser på offshore hydrogenproduksjon på selve havvindturbinen. Utover planene til havs vil konvertering av fornybar kraft og bruk av naturgass til hydrogenproduksjon og videre transport kreve storskala utbygging av infrastruktur. EUs har med sin hydrogenstrategi tydeliggjort ambisjoner for hydrogensatsingen.

Energilagring blir en stadig viktigere fleksibilitetskilde i kraftsystemet, både i Norge og globalt. Storskala teknologier som pumpekraft, hydrogenlagring, batteripakker og trykkluftlager er velegnet til å lagre betydelige energimengder over lengre tidsperioder, f.eks. sesonglagring. Batterier benyttes i større grad til utjevning av effekttopper i nettet, momentan frekvensregulering og til å utnytte desentralisert fornybar kraftproduksjon.

Smarte nett er en forutsetning for å lykkes med integrering av flere uregulerbare kraftkilder, og viktig for å oppnå en sikker og kostnadseffektiv kraftforsyning. Grunnteknologier for digitalisering av overføringsnettet er i stor grad utviklet, og videre utvikling fokuserer på bruk av maskinlæring og kunstig intelligens basert på stordata. Det investeres store summer globalt i teknologi som gir bedre oversikt over tilstanden i nettet som for eksempel avanserte strømmålere og kunstig intelligens for å analysere bruksmønstre, optimalisere feilretting og gi bedre underlag for å ta investeringsbeslutninger.

### 4.3 Omfattende elektrifisering og avkarbonisering av industri, transport og næring fører til økt kraftetterspørsel og anvendelse av digitale løsninger

Utviklingstrekkene i forbrukssektoren er i hovedsak knyttet til avkarbonisering av energiforbruket. Omstillingen er hovedsakelig basert på elektrifisering med kraft fra fornybare energibærere der det er hensiktsmessig og kostnadseffektivt. Samtidig skal energieffektivisering i alle sektorer (bygninger, industri, transport osv.) bidra til å frigjøre fornybare energibærere til andre formål i forbrukssektoren. Elektrifisering av nye forbruksområder fører til både utslippsreduksjon hvis elektrisitetsproduksjonen er utslippsfri og redusert energiintensitet grunnet bedre virkningsgrad. Men elektrifisering fører også til økt etterspørsel etter elektrisitet.

Transport, olje- og gassutvinning og industri er de største kildene til klimagassutslipp i Norge. I transportsektoren er veitrafikk den største utslippskilden, og den økte andelen batterielektriske personbiler bidrar til å kutte utslippene. Andre segmenter i transportsektoren som luftfart, maritim transport og tungtransport stiller større krav til distanse og vekt, og har delvis færre infrastrukturknutepunkter. Batterielektrisk fremdrift er dermed ikke nødvendigvis egnet for å avkarbonisere disse segmentene. Andre lavutslippsteknologier i transportsektoren er blant annet hydrogen og ammoniakk til maritim transport, og for flytransport trekkes blant annet avansert biodrivstoff og e-kerosene fram som alternativer.

Det er også behov for storstilt infrastrukturbygging for å sørge for at energibærerne er tilgjengelig der de trengs. Det må for eksempel være tilstrekkelig nettkapasitet for hurtiglading av biler og ferger eller stasjoner for lagring og fylling av hydrogen.

Industrien har et stort behov for fornybar kraft og andre lavutslipps energibærere for å avkarbonisere og kutte utslipp. Dette inkluderer økt behov for hydrogen og biomasse som alternativer til fossile innsatsfaktorer og energibærere i produksjon. I tillegg vil karbonfangst spille en viktig rolle i tilfeller der omstillingen til lavutslipps energibærere eller innsatsfaktorer i produksjonen ikke lar seg gjennomføre på grunn av produksjonstekniske krav eller kostnadshensyn. Karbonfangst og -lagring er foreløpig en lite utprøvd teknologi i kommersiell skala, men konkrete prosjekter er utarbeidet og under bygging. Det satses på lagring av karbon på norsk sokkel, hvor potensialet for internasjonale kunder kan være betydelig om man lykkes med kostnadseffektiv lagring.

Forbedringer i smart styring, fleksibilitet og energieffektivisering innenfor alle forbruksgrupper er viktige bidrag inn mot energisystemet. Utviklingen av digital teknologi for å måle, styre og ha bedre kontroll på eget energibruk, samt kunstig intelligens for å optimalisere energi- og effektforbruket har potensial til å betydelig redusere energibruken, spesielt i bygg og industri. Bygg og store industrikunder kan bidra med betydelig forbrukerfleksibilitet inn mot kraftsystemet om de henholdsvis har mulighet til å justere for eksempel varmtvannsberedere eller kan utnytte fleksibilitet i produksjonsplanen. Avslutningsvis er de to forbruksgruppene også viktige kilder til energieffektivisering og kan bidra med å frigjøre fornybar kraft og energi til bruk i andre sektorer.

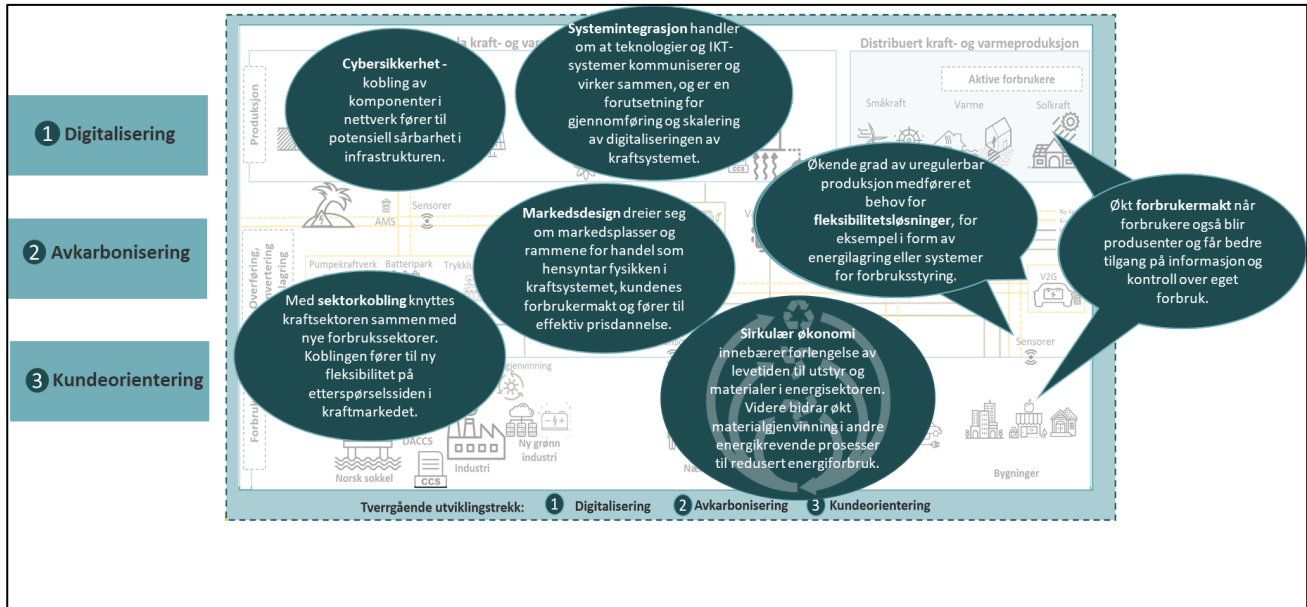
### 4.4 Flere tverrgående temaer kan utnytte synergier i kompetanse og ressursutnyttelse

Enkelte overordnede temaer berører flere av utviklingstrekkene og bidrar til utviklingen på tvers av spesifikke utviklingstrekk. Innenfor de tverrgående temaene er det mulig å bygge kompetanse og utnytte ressursgrunnlaget på en måte som ikke nødvendigvis virker attraktivt når man vurderer utviklingen innenfor hvert enkelt utviklingstrekk isolert. Slik kan også de tverrgående temaene være kandidater til fremtidige satsingsområder for norsk forskning innenfor energisystemet. Følgende tverrgående temaer er identifisert i forbindelse med omverdensanalysen:

- Digitalisering
- Avkarbonisering
- Kundeorientering

De tverrgående temaene kan igjen deles inn i mer konkrete underkategorier som også er treffende for flere utviklingstrekk: Sektorkobling, markedsdesign, sirkulær økonomi, fleksibilitetsløsninger, økt forbrukermakt, systemintegrasjon og cybersikkerhet. De tverrgående temaene med underkategorier og en beskrivelse av hva disse innebærer er inkludert i Figur 31.

**Figur 31: Tverrgående temaer fra omverdensanalysen**



## 5 VURDERING AV UTVIKLINGSTREKK MOT ENERGI21S MÅLSETNINGER

Vi har vurdert utviklingstrekkene opp mot Energi21s målsetninger. For mål en ser vi at grønn industri og bærekraftig transport bidrar til å øke etterspørselen etter norske energiresurser. Utbygging av havvind, vannkraft og hydrogenproduksjon øker utnyttelsen av norske energiresurser, mens mer uregulerbar kraft i Europa øker etterspørselen etter norsk effekt. Utbygging av masket offshore nett muliggjør en større eksport av både energi og effekt. For mål to har også transport og industri størst potensial for utslippskutt, og energieffektivisering i bygninger og industri har et stort potensial for å redusere energibruken. For mål tre representerer utbygging av fornybar kraftkapasitet og omlegging av transportsektoren de største investeringene, og store muligheter for norsk næringsliv. Ny nettkapasitet er en forutsetning for en rekke andre utviklingstrekk og bidrar til å oppnå alle delmålene.

### 5.1 Utviklingstrekkene bidrar i ulik grad til Energi 21s tre målsetninger

De ulike utviklingstrekkene bidrar i ulik grad til Energi 21s tre målsetninger, og målekriteriene vi har definert er til en viss grad motstridende. For eksempel vil tiltak som bidrar til energieffektivisering nødvendigvis redusere etterspørselen etter norske energiresurser i den grad energibruken i dag blir dekket av disse ressursene. Dette betyr imidlertid ikke at det ikke er overordnet ønskelig å satse på tiltak som bidrar til energieffektivisering, da kostnadseffektiv og bærekraftig utnyttelse av energiresursene også er et mål for Energi 21, selv om det ikke fanges godt nok opp av målekriteriene.

Vi gjør ikke noe forsøk på å prioritere mellom de tre ulike målsetningene til Energi 21 i dette arbeidet, men beskriver her i hvor stor grad de ulike utviklingstrekkene kan bidra til måloppnåelse for hver av de tre målene. Vi begynner med en overordnet gjennomgang sett opp mot alle de tre målene (se Figur 32 under), før vi dykker videre ned i undermål under hver målsetning. I figuren betyr mørk grønn farge et totalt sett stort potensial for bidrag til måloppnåelse, lys grønn betyr moderat potensial og grått betyr ingen/beskjeden potensial.

**Figur 32: Overordnet vurdering av utviklingstrekk mot Energi 21s målsetninger**

Utviklingstrekk	Påvirkning på mål: <span style="color: green;">■</span> Stor <span style="color: lightgreen;">■</span> Middels <span style="color: grey;">■</span> Ingen		
	Mål 1: Utnytte energiresurser*	Mål 2: Lavutslippssamfunn	Mål 3: Konkurransedyktig næringsliv
Grønn industri			
Bærekraftig veitransport			
Bærekraftig skipsfart			
Vannkraft			
Offshore vind			
Offshore nett og energiløyer			
Hydrogen (grønt, blått og infrastruktur)			
Ny nettkapasitet			
Solkraft			
Onshore vind			
Biomasse som råstoff i industrien			
Bærekraftig luftfart			
Hydrogen til råstoff og varme i industri			
Biomasse som energikilde			
Negative utslippsteknologier			
CCS på industriutslipp			
Digitalisering av kraftproduksjon			
Energieffektivisering i bygg			
Energieffektivisering i industrien			
Smart, automatisk energistyring			
Smarte nett			
Storskala lagring			
Storskala forbruksfleksibilitet			
Distribuert lagring			
Kjernekraft			
Digitalisering av transport			
Andre fornybare teknologier			

\*Utnyttelse av olje som naturressurs dekkes av OG21 og er ikke et tema for Energi21s strategi.

For en detaljert oversikt over hvilke analyser som ligger til grunn for vurderingene, samt datapunktene som er trukket ut fra disse analysene, se Vedlegg 1 og 2.

For mål 1, «Utnyttelse av norske energiresurser», er de viktigste utviklingsområdene knyttet til ny etterspørsel fra grønn industri og bærekraftig transport, utbygging av mer havvind og vannkraft i Norge og utbygging av nettkapasitet til lands og til havs. Grønn industri og bærekraftig transport vil bidra til betydelig økt etterspørsel etter norske energiresurser. Utbygging av havvind og vannkraft i Norge vil bidra til økt utnyttelse av norske energiresurser, mens mer uregulerbar kraft i resten av Europa vil gi økt etterspørsel etter norsk effekt. Ny nettkapasitet og masket offshore nett bidrar til å realisere økt utnyttelse av norske energiresurser.

For mål 2, «Lavutslippssamfunn», har transportsektoren og industrien det største potensialet for utslippsreduksjoner i fastlands-Norge. En omlegging til teknologier som reduserer utslippene henger også i stor grad sammen med høyere energieffektivitet og lavere totalt energibruk. Utviklingen er i stor grad avhengig av elektrifisering, men også karbonfangst og hydrogen. Felles for alle er at de er avhengige av infrastruktur i form av henholdsvis nettkapasitet, verdikjede for CO<sub>2</sub>-håndtering og hydrogendistribusjon og -lagring.

For mål 3, «Konkurransedyktig næringsliv», ser vi behov for enorme investeringer innenfor utbygging av fornybar kraftproduksjon globalt, da spesielt for solkraft. Utbygging av fornybar kraftproduksjon fører til et stort behov for investeringer i infrastruktur til overføring og lagring av kraften. Innenfor transportsektoren skal det investeres betydelige summer i omleggingen til lavutslippssamfunnet, det innebærer både fremdriftssystemer og all nødvendig oppgradering av infrastruktur. Investeringer i digitalisering av kraftproduksjon, nett og transport utgjør samlet sett også et betydelig fremtidig marked.

## 5.2 Mål 1: Utnyttelse av nasjonale energiresurser

Figur 33 viser vår vurdering av de relevante utviklingstrekkene opp mot målsetningen om økt verdiskaping og sikker kostnadseffektiv og bærekraftig utnyttelse av nasjonale energiresurser, tolket som potensial for økt etterspørsel etter norsk energi og norsk effekt, og bidrag til diversifisering av forsyning og fleksibilitet i energisystemet.

**Figur 33: Vurdering av utviklingstrekk opp mot mål om økt verdiskaping fra utnyttelse av nasjonale energiresurser**

Utviklingstrekk – økt aktivitet innenfor:		Potensial for økt etterspørsel / utnyttelse av norske energiresurser	Potensial for økt etterspørsel etter norsk effekt	Potensial for bidrag til fleks. i energisystemet i Norge
Høyere	Grønn industri	Betydelig etterspørsel etter el	Betydelig behov for effekt	Kan bidra til økt tilgjengelig fleksibilitet
	Bærekraftig veitransport	Betydelig etterspørsel etter el og biomasse	Hvis elektrisk og hurtiglading	Kan bidra til økt fleksibilitet
	Vannkraft	Betydelig ny produksjon i Norge	N.A.	Betydelig fleksibilitet
	Offshore vindkraft	Betydelig ny produksjon i Norge	Betydelige mengder i EU – økt behov for effekt	Øker behovet for fleksibilitet
	Offshore nett	Betydelige potensial	Økt eksportkapasitet	Eksport/import bidrar til fleksibilitet
	Solkraft	Ny produksjon i Norge	Betydelige mengder i EU – økt behov for effekt	Øker behovet for fleksibilitet
	Nettkapasitet	Muliggjør ny produksjon og forbruk	N.A.	
	Bærekraftig skipsfart	Økt etterspørsel etter el, bio, hydrogen	Hvis elektrisk	Noe potensial i batterier
	Hydrogenprod. (grønn, blå, infrastruktur)	Økt etterspørsel etter el (og gass)	Økt behov for effekt	
	Biomasse som råstoff i industrien	Noe økt etterspørsel etter biomasse	N.A.	
Attraktivitet for mål 1	Hydrogen til råstoff og varme i industri	Økt etterspørsel etter hydrogen	N.A.	
	Biomasse som energikilde	Noe etterspørsel etter biomasse	N.A.	
	Onshore vindkraft	Noe ny produksjon i Norge	Betydelige mengder i EU – økt behov for effekt	Øker behovet for fleksibilitet
	Bærekraftig luftfart	Økt etterspørsel etter el, bio og hydrogen	Hvis elektrisk	N.A.
	Storskala forbruksfleksibilitet	N.A.	Reduserer behov for effekt	Betydelig fleksibilitet
	Distribuert lagring	N.A.	Reduserer behov for effekt	Noe potensial
	Energieffektivisering bygg	Betydelig redusert energibruk	Ofte mer effektkrevende	N.A.
	Smart energistyring	Potensial for betydelig redusert energibruk	N.A.	Noe potensial
	Storskala lagring	N.A.	Utnytter andre kilder til fleksibilitet	Betydelig fleksibilitet
	Energieffektivisering i industrien	Betydelig redusert energiforbruk	N.A.	N.A.
Lavere	Smarte nett	Potensial for noe redusert tap i nettet	Utnytter andre kilder til fleksibilitet	Noe potensial

> 10 TWh / betydelig effekt / fleksibilitet    1–10 TWh / noe effekt/fleksibilitet    < 1 TWh / ingen effekt/fleksibilitet    -1–-5 TWh / redusert effekt/fleksibilitet    < -5 TWh / redusert effekt/fleksibilitet

De viktigste utviklingstrekkene for mål en er relatert til ny etterspørsel fra grønn industri og bærekraftig transport, utbygging av mer havvind og vannkraft i Norge og mer fornybar kraft i Europa, samt utbygging av nettkapasitet til lands og til havs.

Ifølge langsiktige analyser fra NVE, Statnett og DNV kommer norsk industri til å øke sitt elforbruk med 4-10 TWh innen 2030. En stor del av dette vil gå til ny grønn industri, som for eksempel datasenter og batterifabrikker. En annen del kommer til å gå til avkarbonisering av eksisterende industri ved blant annet elektrifisering av varmebehov og bruk av grønt hydrogen.

I samme analyser forventes det at kraftproduksjonen i Norge vil øke i tiden fram mot 2030. Det forventes 6-9 TWh ny vannkraft, 6-14 TWh ny vindkraft og 1-4 TWh ny solkraft i perioden. Det meste av vindkraften vil være landbasert (4-10 TWh), og vil være i drift allerede innen slutten av 2021. Nye landvindkonsesjoner kommer ikke til å bli behandlet før tidligst våren 2022, og det forventes dermed at lite ny landvind settes i drift mellom 2022-2030. Rundt 2030 vil de første havvindparkene bli satt i drift, og potensialet i områdene som allerede er åpnet er på omkring 17 TWh.<sup>2</sup> I tillegg kommer eventuelt nye områder som vil åpnes i årene fremover. Solkraft vil vokse fram mot 2030, men det forventes ikke betydelige volumer før etter 2030. Ifølge solenergiklyngen er potensialet for solkraft fra tak i Norge på omkring 30 TWh (Solenergiklyngen, 2020). Alle teknologiene er med på å øke utnyttelsen av norske energiresurser, men det største bidraget i årene fram mot 2030-tallet vil komme fra vannkraft og havvind.

Videre forventes det at betydelig utbygging av ny fornybar kraft ellers i Europa vil bidra til økt etterspørsel etter norsk effekt gjennom utenlandskablene. Totalt forventes mellom 67-90 GW ny havvind, 100-135 GW ny landvind og rundt 345 GW ny solkraft i Europa innen 2030 (THEMA, 2021b).

Bærekraftig veitransport kommer til å øke energiforbruket med rundt 13 TWh innen 2030, hvorav 8 TWh fra el og 5 TWh fra biodrivstoff (PwC, 2019). Bærekraftig skipsfart vil også bidra med omkring 5 TWh økt energiforbruk, Hvis biodrivstoffet produseres på norsk biomasse, betyr dette betydelig økt utnyttelse av norske energiresurser. Felles for elektrifisering av veitransport og kystnær skipsfart er at man øker avhengigheten av elektrisitet som energibærer, og øker sårbarheten for utfall i elektrisitetsforsyningen. Samtidig kan det til en viss grad være mulig å utnytte batterikapasiteten i biler og andre transportmidler til å øke fleksibiliteten i elektrisitetsforsyningen.

En viktig forutsetning for flere av disse utviklingstrekkene er utbygging og oppgradering av infrastruktur i form av tradisjonell nettkapasitet, smarte nett, masket offshore nett og hydrogeninfrastruktur. Spesielt for å kunne utnytte seg av ressurspotensialet for havvind i Nordsjøen vil påkobling på et europeisk masket offshore nett være viktig. For å kunne tilby nettilknytning til nytt forbruk fra både industri- og transportsektoren er både bedre utnyttelse gjennom digitalisering og utbygging av ny nettkapasitet viktig.

### 5.3 Mål 2: Lavutslippssamfunnet

Figur 34 viser vår vurdering av relevante utviklingstrekk opp mot målsetningen tilrettelegging for lavutslippssamfunnet i Norge. Måloppnåelsen bygger på en vurdering av utviklingstrekkenes potensial for bidrag til energieffektivisering og til reduisering av klimagassutslipp. De viktigste utviklingstrekkene for mål to er relatert til omlegging til bærekraftig transport, utslippsreduksjoner i industrien, energieffektivisering og overføring og lagring av energi.

<sup>2</sup> Antatt 4.5 GW i Sørlege Nordsjø II og Utsira Nord med 3800 fullasttimer.

**Figur 34: Vurdering av relevante utviklingstrekk opp mot mål om tilrettelegging for lavutslippssamfunnet i Norge**

	Utviklingstrekk – økt aktivitet innenfor:	Potensial for bidrag til energieffektivisering i Norge	Potensial for bidrag til utslippsreduksjoner i Norge
Attraktivitet for mål 2	Grønn industri	N.A.	Betydelig potensial
	Bærekraftig veitransport	Hvis elektrifisering	Betydelig potensial
	Nettkapasitet	N.A.	Forutsetning for utslippskutt
	Energieffektivisering i industrien	Betydelig potensial	Noe potensial
	Energieffektivisering i bygg	Betydelig potensial	Noe potensial
	CCS på industriutslipp	N.A.	Betydelig potensial
	Hydrogen i industrien	N.A.	Betydelig potensial
	Digitalisering transport	Noe potensial	Noe potensial
	Bærekraftig skipsfart	Hvis elektrifisering	Betydelig potensial
	Negative utslipp	N.A.	Betydelig potensial
	Bærekraftig luftfart	N.A.	Noe potensial
	Smarte nett	Noe potensial	N.A.
	Smart, automatiske energistyring	Noe potensial	N.A.
	Grønt hydrogen	N.A.	Indirekte, erstatter fossil energi
	Offshore nett	Noe potensial	N.A.
	Hydrogeninfrastruktur	N.A.	Indirekte, erstatter fossil energi
	Blått hydrogen	N.A.	Indirekte, erstatter fossil energi
	Biomasse som råstoff i industrien	N.A.	Noe potensial, men størrelse usikkert
	Biomasse som energikilde	N.A.	Noe potensial, men størrelse usikkert

> 10 TWh / >1,5 MtCO<sub>2</sub>
< 10 TWh / < 1,5 MtCO<sub>2</sub>
~0 TWh / ~0 MtCO<sub>2</sub>
Økt energi-intensitet/utslipp

Det klart største potensialet for energieffektivisering og utslippsreduksjoner i Norge kommer gjennom omlegging av veitransport og skipsfart. IEA og Nordisk Energiforskning (2016) anslår en reduksjon i energibruken i veitransporten i Norden på 239 petajoule (eller ca. 66 TWh) innen 2050, og Miljødirektoratet (2020) anslår et bidrag på 9,7 millioner tonn reduserte utslipp av klimagasser i Norge innen 2030. Tilsvarende tall for skipsfart er 74 petajoule (ca 20 TWh) energieffektivisering innen 2050 og 6,6 millioner tonn utslippskutt innen 2030, og for luftfart 54 petajoule (ca 15 TWh) og 1 millioner tonn.

Energieffektivisering i bygninger har også et betydelig potensial for redusert energibruk, og NVE (2021a) anslår omkring 13 TWh i lønnsom energieffektivisering i bygg. Klimakur 2030 anslår at energieffektivisering i bygg vil kunne bidra med utslippsreduksjoner på rundt 0,2 millioner tonn.<sup>3</sup> Industrien har et tilsvarende potensial på rundt 9 TWh totalt sett (Oslo Economics, 2020), og energieffektivisering i industrien kan bidra med utslippsreduksjoner på rundt 0,3 millioner tonn (Miljødirektoratet, 2020).

Andre tiltak i industrien, som bruk av biomasse som råstoff og hydrogen som innsatsfaktor kan bidra med ytterligere 1,5 millioner tonn utslippsreduksjoner. I tillegg til dette anslår Prosess21 at CCS på industriutslipp i Norge kan bidra med 5 millioner tonn utslippsreduksjoner i kvotepliktig sektor og 0,8 millioner tonn i ikke-kvotepliktig sektor. Negative utslipp i form av karbonfangst på anlegg som brenner biomasse, typisk avfallsanlegg i norsk sammenheng, vil kunne bidra med 2,2 millioner tonn i negative utslipp. I tillegg til dette finnes potensialet for karbonfangst fra luft som kun vil være begrenset av tilgang på kraft og kapasitet til CO<sub>2</sub>-håndtering.

#### 5.4 Mål 3: Fremme konkurransedyktig energinæring

Målsetning tre innebærer at utviklingstrekkene fremmer konkurransedyktighet og økt verdiskaping i energinæringen i Norge. De viktigste utviklingstrekkene for mål tre er storstilt utbygging av fornybar kraftproduksjon, avkarbonisering av industri og ny grønn industri og til slutt omfattende digitalisering av infrastruktur og forbrukssektorer i energisystemet. Måltallet som brukes for å vurdere

<sup>3</sup> Gitt nordisk elmiks for det reduserte elbehovet.

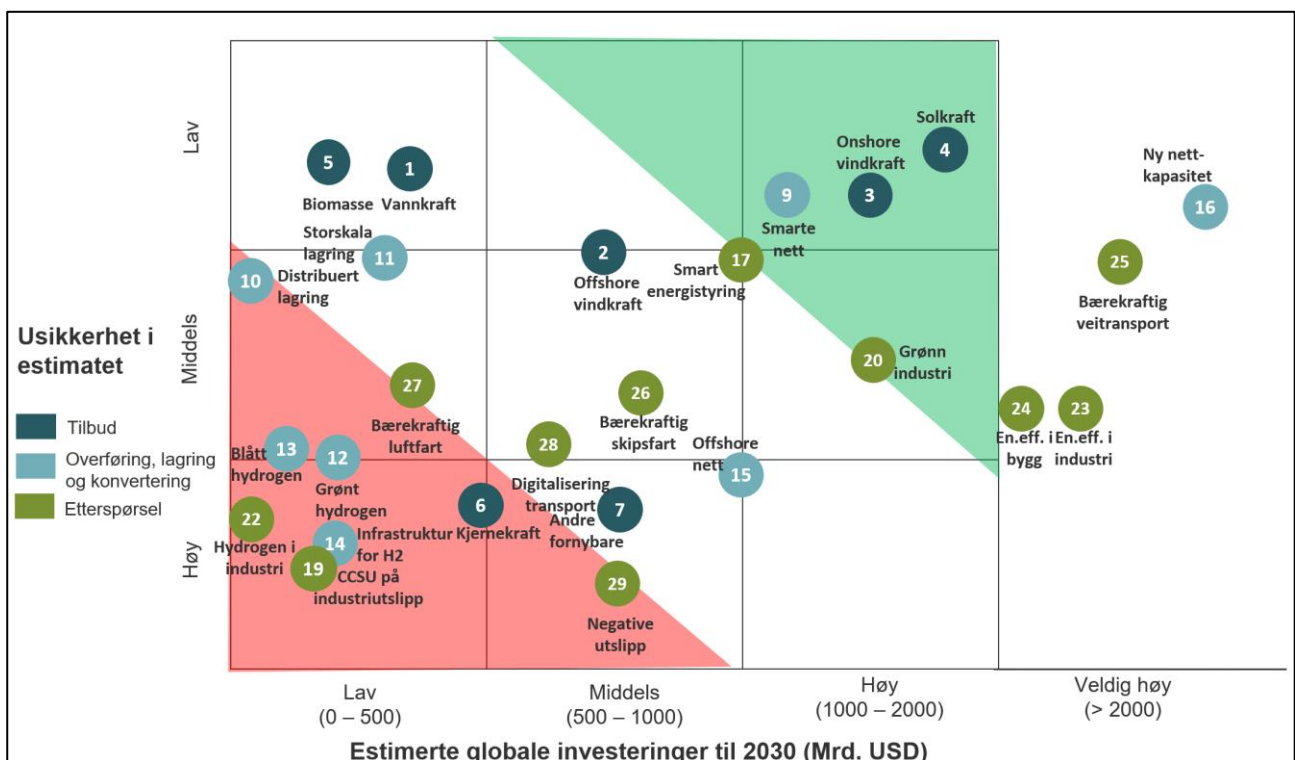


markedspotensialet per utviklingstrekk er forventede globale investeringer frem mot 2030. I tillegg har vi vurdert usikkerheten i anslagene, basert på modenheten av ulike teknologier og utfallsrom i forskjellige estimater, den samlede vurderingen er illustrert i Figur 35. Vurderingen avhenger også av investeringstallene i tilgjengelige analyser og er til dels skjønnsmessig.

De ovennevnte utviklingstrekkene forutsetter en storstilt utbygging og oppgradering av kraftnettet, dette er også reflektert i de enorme anslagene for investeringer i nettinfrastruktur på globalt nivå illustrert i Figur 35. IEA (2020b) estimerer at rundt 2500 milliarder dollar skal investeres i ny nettkapasitet og omkring 1300 milliarder i smarte nett globalt frem mot 2030. Innenfor nye produksjonsområder som havvind har EU har planer om å investere omkring 530 milliarder euro i nettinfrastruktur for fornybar offshore energi frem til 2050 (European Commission, 2020).

Videre er det med utbredelsen av «nye» energibærere behov for utbygging av infrastruktur for hydrogen. Frem mot 2030 foreligger det konkrete prosjekter hvor omkring 50-100 milliarder dollar skal investeres i distribusjon og sluttbrukerløsninger (Hydrogen Council og McKinsey, 2021). Inkludert produksjon av blått og grønt hydrogen ligger totale investeringer i pipeline på omkring 300 milliarder dollar (Hydrogen Council og McKinsey, 2021). Tar man høyde for prosjekter som er tidligere i utviklingsfasen og prosjekter som må utvikles for å nå målsetninger om ønsket bruk, vil investeringspotensialet være større. Ifølge IFP Énergies Nouvelles et al. (2021) skal det anslagsvis bare i EU investeres 904 – 930 milliarder euro i infrastruktur til 2050. Innenfor blått og grønt hydrogen skal det henholdsvis investeres mellom 147 – 248 og 562 – 1537 milliarder euro avhengig av scenario.

**Figur 35: Vurdering av utviklingstrekk for mål om utvikling av konkurransedyktig næringsliv**



Analysene viser store og sikre investeringer i ny fornybar kraftproduksjon globalt i perioden frem mot 2030, da spesielt for sol – og landbasert vindkraft. Anslagene for investeringer i solkraft frem mot 2030 ligger mellom 754 og 2400 milliarder dollar, da er flytende solkraft ikke tatt høyde for (NHO, 2020). Investeringer i landbasert vindkraft mot 2030 er estimert til 1460 milliarder dollar av IRENA (2019). NORWEP (n.d.) anslår per våren 2021 foreløpig at kumulative investeringer i havvind mellom 2016 og 2025 tilsvarer i overkant av 400 milliarder. Frem mot 2040 anslår IEA (2019) investeringer på 840 – 1300 milliarder dollar i havvind. I omtrentlig samme størrelsesorden anslås investeringer i

andre fornybare teknologier frem mot 2030 for å nå 1.5 °C-målet i 2050, men det er vurdert noe mer usikkert (IRENA, 2021). Investeringene i vannkraft er forholdsvis lave sammenlignet med andre teknologier, anslagene ligger mellom 350 – 470 milliarder dollar frem mot 2030 (NHO, 2020).

Med de store investeringene i ny fornybar kraftproduksjon er markedet for energilagring også forventet å vokse betydelig frem mot 2030, både storskala og distribuerte løsninger. For batterier som lagringsløsning og til støtte for strømmettet med fornybar kraftutbygging anslår IEA (2020b) investeringer mellom 139-235 milliarder dollar avhengig av Stated Policy eller Sustainable Development Scenario. Mordor Intelligence (n.d.) har estimert at det globale markedet for distribuerte energilagre vil vokse med 19 prosent årlig i perioden 2021-2026 og det globale markedet vil i 2026 ha en størrelse på 8,5 milliarder dollar. Dersom man tar utgangspunkt i at markedsstørrelsen videre er konstant mot 2030 vil totale kumulative investeringer tilsvare omkring 70 milliarder dollar. Anslag for globale investeringer i termiske og trykkluftlagre har vært vanskelig å oppdrive, men det antas at investeringene er betraktelig mindre enn for batterier.

På etterspørselssiden er det også ventet store globale investeringer, spesielt innenfor transportsektoren. IEA (2020b) anslår ytterligere investeringer i infrastruktur til transport (vei, luft, maritim og bane) på totalt 21 000 milliarder dollar frem mot 2070 for å nå netto nullutslipp utover for det som er gitt av nåværende politiske forpliktelser. For veitransport er det anslått investeringer på 130 milliarder i ladeinfrastruktur for biler innen 2030 for å nå 1.5 °C-målet (IRENA, 2021), i tillegg til investeringer i kjøretøy og infrastruktur for andre energibærere. Innenfor skipsfart skal 1 000 milliarder dollar investeres i maritim shipping for å nå IMO mål om 50% utslippskutt i 2050 (Global Maritime Forum, 2020). Det skal også investeres i digitalisering av transport, og Catapult (2017) har anslått marked for automatiserte og autonome kjøretøy til rundt 1 250 milliarder dollar i 2035.

Investeringene i elektrisk transport fører med seg store investeringer i nye grønne industrier som for eksempel batterier. EU Battery Alliance anslår at det europeiske markedet for batterier til elbiler i 2025 vil ligge på omkring 250 milliarder euro årlig. For industri med prosessutslipp av CO<sub>2</sub> som ikke lar seg avkarbonisere ved å erstatte med lavutslipps-råstoff vil karbonfangst være nødvendig for avkarbonisering. IEA (2020b) anslår at investeringer for relativt modne planlagte storskala prosjekter for CCS til industri tilsvarer omkring 8 milliarder dollar i perioden 2020 - 2030. Totale investeringer, inkludert prosjekter for kraftsektoren, hydrogen og annen energiforsyning forventes på 27 milliarder dollar totalt i samme periode. Overordnet er det ifølge IRENA (2021) behov for investeringer på rundt 700 milliarder dollar i karbonfangst til industriutslipp og blå hydrogenproduksjon frem mot 2050, deriblant til BECCS og DACCS for å nå 1.5 °C-målet.

Behovet for globale investeringer i energieffektivisering vil også være betydelig. Det er krevende å finne analyser som fordeler det globale investeringsbehovet på ulike kilder, men samlet sett er investeringer i energieffektivisering i bygg, transport og industri for perioden 2020-2030 anslått til 4000 – 5279 milliarder dollar, avhengig av om man tar utgangspunkt i IEAs Stated Policy eller Sustainable Development Scenario (2020b).

## 6 VI SER ENKELTE BEHOV FOR REVIDERING AV ENERGI21S STRATEGI

*Omverdensanalysen viser at satsningsområdene i Energi21 strategien i hovedsak står seg, men peker også på enkelte revisjonsbehov. Det er identifisert størst revisjonsbehov innenfor satsningsområdene for vannkraft og solkraft. Disse områdene har endrede utsikter for norske leverandører. Våre funn tilsier også at batterier er en kandidat til et nytt satsningsområde på grunn av endrede markedsutsikter og norske konkurransefortrinn. Dette satsningsområdet kan trekkes ut fra det eksisterende satsningsområdet som omhandler klimavennlig industri. Til slutt ser vi at innenfor temaene i kunnskapsplattformen i forrige strategi har det skjedd en betydelig konkretisering av markedsutsikter knyttet til hydrogen, og vi foreslår dermed å vurdere dette som et eget satsningsområde.*

### 6.1 Endringer i omverden tilsier enkelte endringer i strategien

Vi har vurdert de seks satsningsområdenes og kunnskaps- og teknologiplattformens revisjonsbehov ved å sammenligne begrunnelsen i foreliggende strategi med funnene fra omverdensanalysen. Funnene i omverdensanalysen antyder at satsingsområdene vannkraft og solkraft bør revideres. I tillegg bør batteriproduksjon, som inngår i klimavennlig industri, vurderes som en kandidat til nytt satsingsområde. Vurderingen av kunnskaps- og teknologiplattformen tilsier at hydrogen bør revideres og er en kandidat til nytt satsingsområde, mens de andre områdene kan behandles likt. Selv om analysen tilsier at områdene i kunnskaps- og teknologiplattformen skal behandles likt, ser vi likevel et temposkifte i omstillingen på flere av dem, med raskere kostnadsfall for flere teknologier og stadig høyere investeringsnivå.

Sammenligningen av foreliggende strategi og funnene fra omverdensanalysen er gjennomført per satsningsområde og per mål, se underkapittel 6.1.1. I tillegg har vi gjennomført en mer overordnet vurdering av revisjonsbehovet for områdene i kunnskaps- og teknologiplattformen, se underkapittel 6.1.2. Figurer med fargelegging er brukt til å illustrere vurderingen av foreliggende strategi opp mot funnene i analysen. Grønn fargelegging betyr at funnene i omverdensanalysen sammenfaller med foreliggende strategi og kan behandles likt. Gul fargelegging betyr at omverdensanalysen har avdekket endringer i omverden siden forrige strategi og revisjon av områdenes innhold eller satsingsnivå bør vurderes i kommende strategiprosess.

#### 6.1.1 Vannkraft og solkraft bør revideres, og batterier bør vurderes som et eget satsningsområde

Vurderingen av Energi21s satsningsområder er illustrert parvis, Figur 36 viser *Vannkraft som ryggraden i norsk energiforsyning og Solkraft for et internasjonalt marked*, Figur 37 viser områdene *Havvind for et internasjonalt marked og Klimavennlige energiteknologier til maritim transport* og til slutt tar Figur 38 for seg *Klimavennlig og energieffektiv industri inklusive CO2 håndtering og Digitaliserte og integrerte energi-systemer*.

**Figur 36: Vurdering av utvikling innenfor forrige strategis satsingsområder «vannkraft som ryggraden i norsk energiforsyning» og «solkraft for et internasjonalt marked»**

Fargekode		Mål 1: Utnytte energiresurser		Mål 2: Lavutslippssamfunn		Mål 3: Konkurransedyktig næringsliv	
• Behandles likt		Foreliggende strategi	Omverdensanalyse	Foreliggende strategi	Omverdensanalyse	Foreliggende strategi	Omverdensanalyse
• Kandidat for revisjon							
Vannkraft som ryggraden i norsk energi - forsyning		<ul style="list-style-type: none"> <li>Økt verdiskaping gjennom nye teknologier og løsninger.</li> <li>Verdien av regulerbar vannkraft kan økes ved bedre fleksibilitets-utnyttelse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utgjør en betydelig del av planlagt ny kapasitet i Norge.</li> <li>Økt uregulerbar produksjon i Europa – verdien av norsk fleksibilitet øker.</li> </ul>	• N.A	• N.A	<ul style="list-style-type: none"> <li>Betydelige investeringer og utbyggingsplaner internasjonalt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relativt lave (&lt; 500 mrd. USD) internasjonale investeringer i vannkraft.</li> <li>Moden teknologi.</li> </ul>
Solkraft for et internasjonalt marked		<ul style="list-style-type: none"> <li>Økende installert kapasitet i Europa, øker etterspørsel etter norsk regulerbar produksjon.</li> <li>Norsk potensial: distribuert kraft, bygningsintegrerte løsninger.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Økende installert kapasitet i Europa – øker etterspørsel etter norsk regulerbar produksjon.</li> <li>Utbygging av solkraft i Norge vokser.</li> </ul>	• N.A	• N.A	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rask vekst i installert effekt internasjonalt – store muligheter for norsk leverandør-industri-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Store Internasjonale utbyggingsplaner og investeringer</li> <li>Norske leverandører mindre konkurransedyktig internasjonalt.</li> <li>Fokus på utvikling av hjemmemarkedet.</li> </ul>

Vannkraft utgjør det største sikre bidraget til utnyttelse av norske energiresurser, og dens unike fleksibilitet blir viktigere i et europeisk kraftmarked med stort innslag av uregulerbar kraft. Anslagene for internasjonale investeringer er bortimot halvert sammenlignet med sist analyse, og dette påvirker potensialet for norsk konkurransedyktig næringsliv innenfor en moden teknologi. Vannkraftens rolle i et kraftsystem som er preget av stadig større andeler uregulerbar kraftproduksjon blir viktigere. Det kan bety et behov for økt satsing på forskning som bør undersøkes nærmere i strategiprosessen.

For solkraft fortsetter den raske veksten i installert effekt og det er store internasjonale investeringsplaner, men analysen har avdekket endringer i mulighetene for norsk solkraftproduksjon og leverandørindustri. For mål en har vi vurdert at europeisk solkraftutbygging fortsatt vil bidra til en økt etterspørsel etter norsk fleksibel effekt, da fra vannkraft. I tillegg ser vi et voksende solkraftpotensial i Norge, spesielt i form av bygningsintegrerte og distribuerte løsninger med tilhørende potensial for norsk leverandørindustri. For mål tre ser vi at potensialet for norsk leverandørindustri for et internasjonalt solkraftmarked er begrenset sammenlignet med forrige strategi.

For satsningsområdene *Havvind for et internasjonalt marked* og *Klimavennlige energiteknologier til maritim transport* ser vi i hovedsak at trenden fra foreliggende strategi/analyse har fortsatt, se følgende Figur 37.

**Figur 37: Vurdering av utvikling innenfor forrige strategis satsingsområder «Havvind for et internasjonalt marked» og «Klimavennlige energiteknologier til maritim transport»**

Fargekode	Mål 1: Utnytte energiresurser		Mål 2: Lavutslippssamfunn		Mål 3: Konkurransedyktig næringsliv	
	Foreliggende strategi	Omverdensanalyse	Foreliggende strategi	Omverdensanalyse	Foreliggende strategi	Omverdensanalyse
• Behandles likt • Kandidat for revisjon						
<b>Havvind for et internasjonalt marked</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Store havvindressurser med betydelig kraftproduksjons-potensial realiserbart på lang sikt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Betydelig planlagt kapasitet i Norge.</li> <li>• Fortsatt dyr teknologi med potensielle miljøutfordringer.</li> <li>• <i>Storstilt utbygging i Nordsjøen planlagt, øker etterspørselen etter norsk effekt.</i></li> </ul>	• N.A	• N.A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Store utbyggingsplaner internasjonalt – muligheter for norsk teknologi – og tjenesteleveranse.</li> <li>• Potensial for norsk offshore leverandør-industri.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Store, konkrete utbyggingsplaner internasjonalt og nasjonalt.</li> <li>• Potensial for norsk offshore leverandør-industri.</li> </ul>
<b>Klima-vennlige energiteknologier til maritim transport</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodrivstoff som viktig energibærer til maritim transport. Økt etterspørsel etter elektrisitet til batteridreven transport.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodrivstoff som viktig energibærer til maritim transport. Økt etterspørsel etter elektrisitet til batteridreven transport.</li> <li>• Hydrogen og ammoniakk får større betydning på sikt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Betydelig potensial for utslippskutt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Betydelig potensial for utslippskutt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Store internasjonale investeringer for å nå klimamål.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Store internasjonale investeringer.</li> <li>• Store muligheter for norsk leverandørindustri (maritim + batteri)</li> </ul>

For havvind har utviklingen fra foreliggende strategi fortsatt, om noe er det et større temposkifte som bidrar til høyere måloppnåelse for mål en og tre. Det foreligger konkrete planer for utbygging av store prosjekter med bunnfaste og flytende teknologier som bidrar til mål en. Det er åpnet for havvindprosjekter i Norge, nye områder utredes og det er også ventet økt utbygging i Europa, noe som vil medføre økt etterspørsel etter norsk effekt fra vannkraft. Begge trendene bidrar til utnyttelse av norske energiresurser. Fremover er muligheten for konkurransedyktig norsk næringsliv og offshore leverandørindustri fortsatt vurdert betydelig, nå også med potensial for leveranse til et voksende hjemmemarked.

Klimavennlige energiteknologier til maritim transport var et nytt satsingsområde i foreliggende strategi, og analysen peker på at utviklingen går raskt og fortsatt treffer alle tre målområder. For mål en trekkes nå hydrogen og ammoniakk frem som alternativer på lengre sikt, mens elektrisitet og biodrivstoff fortsatt er viktige energibærere på kortere sikt. For mål to er fortsatt mulighetene for store utslippskutt betydelige. Videre er det for mål 3 vurdert at potensialet for norske aktører fortsatt er betydelig i en stor internasjonal næring som investerer i nye teknologier og løsninger for å kutte klimagassutslipp. Norge er godt posisjonert med lang historikk i skipsbygging og flere pilotprosjekter for marine, lavutslipp fremdriftsteknologier. I tillegg vil det for leverandører i batteriverdikjeden være tydeligere markedsmuligheter innenfor batterielektriske fremdriftssystemer.

*Klimavennlig og energieffektiv industri inklusive CO<sub>2</sub>-håndtering* er et omfattende satsingsområde. I forrige strategi ble satsingsområdene CO<sub>2</sub>-håndtering og energieffektivisering innlemmet i et felles satsingsområde for klimavennlig industri. Det foreliggende satsingsområdet inkluderer mange energibærere og -løsninger som siden forrige strategi har sett store teknologiske fremskritt og nye bruksområder slik at de nå kan vurderes som egne områder.

**Figur 38: Vurdering av utvikling innenfor forrige strategis satsingsområder «Klimavennlig og energieffektiv industri inklusive CO<sub>2</sub> håndtering» og «Digitaliserte og integrerte energisystemer»**

Fargekode	Mål 1: Utnytte energiresurser		Mål 2: Lavutslippssamfunn		Mål 3: Konkurransedyktig næringsliv	
	Foreliggende strategi	Omverdensanalyse	Foreliggende strategi	Omverdensanalyse	Foreliggende strategi	Omverdensanalyse
<ul style="list-style-type: none"> <li>Behandles likt</li> <li>Kandidat for revisjon</li> </ul>	<p><b>Klimavennlig og energieffektiv industri inklusive CO<sub>2</sub>-håndtering</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bedre utnyttelse med energieffektivisering.</li> <li>Mulig tiltak for bruk av norsk naturgass i kraft- og hydrogenproduksjon.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Betydelig kraftetterspørsel med elektrifisering av eksisterende industri og ny grønn industri.</li> <li>Utvikling av verdikjeder for H<sub>2</sub>, og økt kraftetterspørsel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Betydelig potensial for utslippskutt i industrien.</li> <li>Ambisjoner om prosjekter for CO<sub>2</sub>-håndtering og hydrogen som innsatsfaktor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Betydelig potensial for utslippskutt i industrien.</li> <li>Bedre utnyttelse med energieff.</li> <li>Konkrete planer for CO<sub>2</sub>-håndtering og hydrogen som innsatsfaktor.</li> <li>Negative utslipp viktig for å nå mål.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Store internasjonale investeringer for å nå klimamål, men stor usikkerhet.</li> <li>Norge har global lederrolle i CO<sub>2</sub>-håndtering.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Store internasjonale investeringer i batteri, hydrogen og CO<sub>2</sub>-verdikjede.</li> <li>Store muligheter norsk industri, spesielt i batteri.</li> </ul>
	<p><b>Digitaliserte og integrerte energisystemer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Økte investeringer i fornybar kraftproduksjon.</li> <li>Bedre utnyttelse av forbrukerfleksibilitet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Videre utbredelse og utvikling av teknologi og smarte løsninger for optimal produksjon og forbruk av energiresurser.</li> </ul>	<p>N.A.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indirekte utslippskutt med økt integrasjon av energisystem i ulike sektorer, sektorkobling.</li> <li>Økt betydning av energisektoren for omstilling i andre sektorer.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Store nettinvesteringer internasjonalt, muligheter for norsk leverandøriindustri for kraftsystemkomponenter og digitalisering.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enorme nettinvesteringer, muligheter for norsk leverandøriindustri.</li> <li>Økt behov for nye system for analyse og drift – robuste norske aktører m/ teknologierfaring på KI, IoT etc.</li> </ul>

For mål en finner omverdensanalysen at det er betydelig økt kraftetterspørsel fra elektrifisering av eksisterende og ny grønn industri, mens naturgass til kraftproduksjon er mindre fremtredende. Utviklingen innenfor energieffektivisering samsvarer i stor grad med foreliggende strategi og det er fortsatt stort potensial for utslippskutt. Utviklingen av verdikjeder for hydrogen med anvendelse som energibærer og innsatsfaktor i industrien vil medføre økt kraft- og naturgassetterspørsel. For mål to har CO<sub>2</sub>-håndtering i industrien beveget seg fra ambisjoner til konkrete prosjekter som Langskip. Denne analysen peker også tydeligere på utviklingen av og behovet for negative utslippsteknologier. Etableringen av verdikjeder for CO<sub>2</sub> bidrar også til utbredelse av teknologien til applikasjonsområder utenfor industrien. Teknologier for karbonfangst og lagring er i tidlig fase og foreløpig dyre, men er nødvendige for å nå klimamålene, og utviklingen av en norsk verdikjede gir muligheter for tidlig etablering av konkurransedyktig næring som er etterspurt utover landegrensene. For mål 3 tyder gjennomgangen også på at det kan være behov for å trekke frem produksjon av, og etablering av en leverandøriindustri, for batterier som en mulighet for norsk næringsliv og potensielt som et eget satsingsområde. Batterier har et enormt utbredelsespotensial, da spesielt innenfor transportsektoren og små- og storskala lagring av uregulerbar fornybar kraft.

Digitaliserte og integrerte energisystemer er i foreliggende strategi et stort satsingsområde som treffer alle målområdene. Utviklingen følger i stor grad trenden som ble skissert i siste strategi, men investeringsnivået er hevet for smarte nett og integrasjonen blir mer omfattende med økt sektorkobling. For mål en vil videre utbredelse av smarte nett, og digitalisering av produksjon og forbruk bidra til mer kostnadseffektiv og bærekraftig utnyttelse av tilgjengelige energiresurser. For mål to er det i denne analysen poengtert omfattende potensial for indirekte utslippskutt ved hjelp av sektorkobling. For mål 3 viser funnene i omverdensanalysen at det samlet sett er ventet enorme internasjonale investeringene i nye nett, smarte nett og smart energistyring. Markedet er anslått større enn ved siste analyse og norske teknologiaktører har dermed et stort internasjonalt marked for fysiske komponenter og digitale analyseverktøy til energisystemet.

### 6.1.2 Betydelige endringer i omverden knyttet til hydrogen

Omverdensanalysen avdekker begrenset revisjonsbehov for de seks områdene i kunnskaps- og teknologiplattformen, se Figur 39. Hydrogen er det ene området vi vurderer bør revideres på bakgrunn av endringer i omverden.

**Figur 39: Vurdering av utvikling innenfor forrige strategis områder i kunnskaps – og teknologiplattform.**

Målområde	Energieffektive og smarte bygninger	Hydrogen	Dyp geotermisk energi	Klimavennlige energiteknologier til landbasert transport	Klimavennlige energiteknologier til lufttransport	Landbasert vindkraft
Relevante utviklingstrekk	24, 17 + Digitalisering og Kundeorientering	12, 13, 14, 22, (11) + Avkarbonisering	7	25 + Avkarbonisering	27 + Avkarbonisering	3
Mål 1: Utnytte energiresurser	Reduserer etterspørsel, økt effektbehov og kan bidra til fleksibilitet	Øker etterspørsel etter el og effekt, bidrar til diversifisering	N.A.	Øker etterspørsel etter norske energiresurser og effekt	Noe økt etterspørsel etter biodrivstoff	Begrenset ny landbasert vindkraft i Norge etter 2021
Mål 2: Lavutslippssamfunn	Betydelig energi-effektivisering og noe potensial for utslippsreduksjon	Bidrar indirekte til utslipp i mange andre sektorer	Bidrar til energi-effektivisering ved overgang fra fossile kilder	Betydelig utslippsskutt, energi-effektivisering hvis elektrisk	Noe potensial for utslippsskutt på kort sikt (bio). På lang sikt betydelig potensial (H2)	N.A.
Mål 3: Konkurransedyktig næringsliv	Betydelig markedspotensial for smarte bygg og energi-effektivisering	Samlet sett store investeringer, og betydelig mer konkret nå enn sist	N.A.	Betydelig globalt marked, men begrenset norsk konkurransevne	Fortsatt relativt lave investeringer fram mot 2030	Betydelig globalt marked, men begrenset norsk konkurransevne
Vurdering	●	●	●	●	●	●
	● Bør revideres	● Behandles likt				

Analysen har avdekket et temposkifte i utviklingen av et marked for hydrogen, og man ser nå et mye større anvendelsespotensial, spesielt der elektrifisering er utfordrende. Den økte etterspørselen etter naturgass og fornybar kraft til hydrogenproduksjon vil bidra til mål en. Hydrogen bidrar indirekte til mål to ved å kutte utslipp der elektrifisering ikke er mulig. For mål tre, konkurransedyktig næringsliv, har utviklingen omfattet lanseringen av en rekke konkrete prosjekter som gir tydeligere kundepotensial og muligheter for leverandørindustri. Med store internasjonale ambisjoner for satsing på hydrogen bør området vurderes som kandidat for et eget satsningsområde, se ytterligere begrunnelse i kapittel 6.2.

Innenfor området energieffektive og smarte bygninger er det fortsatt stort potensial for bedre ressursutnyttelse ved hjelp av energieffektivisering, og en betydelig andel er lønnsomt potensial. Fleksibilitetsløsninger fra smarte bygninger og styringssystemer er viktige fleksibilitetskilder med muligheter for norsk næringsliv. For dyp geotermisk energi avdekker ikke analysen store endringer i omverden fra foreliggende strategi. Innenfor klimavennlige energiteknologier til landbasert transport er etterspørselen etter norsk energi og effekt høyere, det samme gjelder utslippspotensialet. Globalt er markedet for landbasert transport fortsatt stort, men norsk konkurransevne er nå vurdert begrenset. For klimavennlige energiteknologier til lufttransport er utbredelsen av lavutslipp energiløsninger fortsatt vurdert å ha en lengre tidshorison. Til slutt vurderer vi at landbasert vindkraft fortsatt har et betydelig potensial i Norge, men at det er begrenset med nye prosjekter. De norske næringsmulighetene i et etablert globalt marked anses som begrenset.

## 6.2 Batterier og hydrogen trekkes fram som kandidater for nye satsingsområder

Gitt endringene i omverdenen kan det være behov for å tydeligere trekke frem enkelte områder som ikke vektlegges like mye i eksisterende strategi. Vi gir her et forslag til temaer som kan trekkes mer frem i neste Energi21-strategi.

Det kan være mange ulike måter å sette sammen de ulike utviklingstrekkene til temaer som har riktig abstraksjonsnivå og samtidig kommuniserer på en god måte hva en ønsker å satse på, men vi gir her et forslag til noen overskrifter samt hvilke utviklingstrekk disse berører. Det gjenstår også å gjennomføre en analyse av Norges konkurransekraft for å verifisere at disse temaene kan være attraktive å fokusere norsk forskningsinnsats mot, i tillegg til en vurdering av forskningsbehovet.

### 6.2.1 Batterimarkedet vokser raskt og Norge har stort potensial som vertsnaasjon for batteriproduksjon

Batterier bør være et eget satsningsområde på grunn av massiv vekst i global batterietterspørsel, en sterk industriell satsning i EU og norske konkurransefortrinn innenfor batteriproduksjon. En stor del av transportsektoren vil kreve batterier for å bli utslippsfri, og dette vil bidra til en massiv økning i global etterspørsel etter batterier. Fram mot 2030 forventes det at etterspørselen omtrent tidobles (NHO, 2020).

Per i dag er den europeiske bilindustrien avhengig av batteriprodusenter i Asia, hovedsakelig i Kina. EU forventer at det europeiske markedet vil være verdt 250 milliarder euro årlig innen 2025, og lanserte derfor European Battery Alliance i 2017 med mål om å bygge en sterk europeisk verdikjede for å fange deler av dette markedet og bli mindre importavhengig. I 2018 lanserte EU også en «Strategic Action Plan on Batteries» hvor de ser for seg etableringen av minst 10-20 gigafabrikker. Med denne planen ønsker EU å gjøre Europa til en verdensledende produsent av bærekraftige batterier etter prinsipper knyttet til sirkulær økonomi. Ambisjonene har også ført til opprettelsen av EUs langsiktige forskningsprogram BATTERY 2030+ og et nytt Important Projects of Common Interest (IPCEI) rettet mot batterier. BATTERY 2030+ er et tiårig forskningsprogram med mål om å utvikle fremtidens batteriteknologi. IPCEIen rettet mot batterier kalles «*European Battery Innovation*» og ble lansert i januar 2021 med 2.9 milliarder euro i offentlig støtte som skal gå til forskning og innovasjon i alle deler av batteriverdikjeden.

Norge seiler opp som en sterk kandidat for å ta deler av det europeiske batterimarkedet på grunn av konkurransedyktige kraftpriser, geografisk nærhet til markedet, en høyt utdannet arbeidsstyrke og god tilgang på viktige råvarer. Kraftprisene i Norge er ikke bare lavere enn på kontinentet, de er også mer stabile som følge av tilgangen på fleksibel vannkraft. Dette gjør Norge til et særdeles egnet sted for å etablere ny grønn og kraftintensiv industri som batterifabrikker. Norge har også geografisk nærhet til hele det europeiske hydrogenmarkedet via sjøveien. Videre har vi en høyt utdannet arbeidsstyrke med eksisterende kompetanse innenfor prosessindustri, og god tilgang på viktige råvarer som nikkel, kobolt, mangan, grafitt og aluminium. Norge har spesielt gode forutsetninger for å videreutvikle kompetansen innenfor prosessindustri ved å påta seg rollen som leverandør av disse råvarene til europeiske batterifabrikker, og innenfor nedstrøms segmenter rettet mot maritim sektor. Totalt sett gjør konkurransefortrinnene at også norsk battericelleproduksjon kan bli konkurransedyktig til tross for høyere logistikk- og byggekostnader.

Batteri som eget satsningsområde treffer flere utviklingstrekk i alle deler av verdikjeden. På tilbudssiden bidrar det til å integrere mer fornybar kraftproduksjon, innenfor lagring bidrar batterier på distribuert lagring, og på etterspørselssiden er det nødvendig innenfor bærekraftig transport. Det er også en viktig komponent av utviklingstrekket grønn industri. Alle disse utviklingstrekkene bidrar i større grad til målsetningene til Energi21 i denne omverdensanalysen enn de gjorde ved forrige strategi.

### 6.2.2 Hydrogen er en essensiell del av langsiktige klimamål og markedet er betydelig konkretisert de siste årene

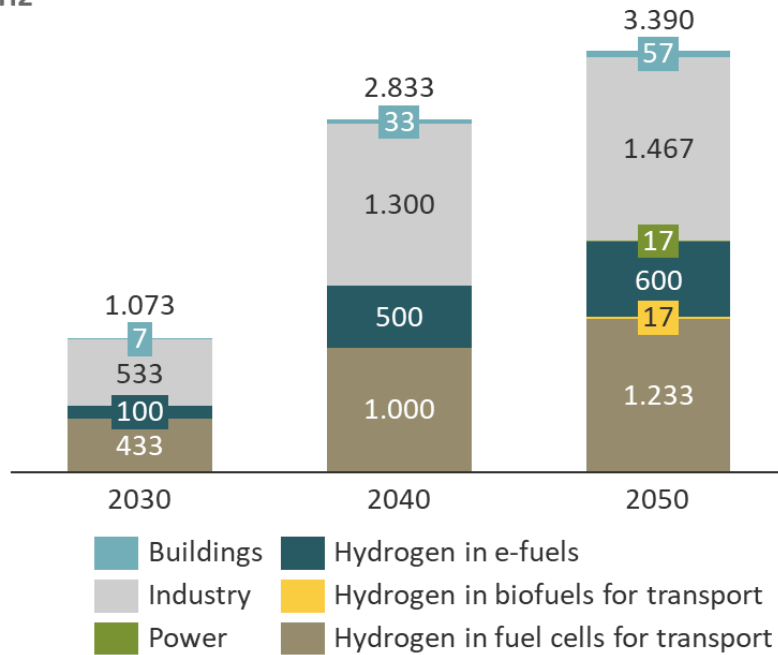
Hydrogen bør være et eget satsningsområde fordi energibæreren er en essensiell del av avkarboniseringen av energisystemet og det forventes dermed betydelig vekst i etterspørselen etter hydrogen. I tillegg har det siste året sett en konkretisering av planene for lansering av et hydrogenmarked og utbygging av verdikjeder i Europa. For Norges del innebærer hydrogen en verdisikring av norsk naturgass og en mulighet til å bygge på eksisterende kompetanse innenfor hydrogen.



Det finnes en rekke rapporter som estimerer forbruksutviklingen for hydrogen, og felles for disse er at man forventer økt forbruk. Figur 40 viser estimert hydrogenforbruk i Sintefs Hydrogen 4EU-rapport publisert i mai 2021, og det forventes en betydelig økning i hydrogenforbruk spesielt mellom 2030 og 2040 fordelt nesten likt mellom transport og industri. Etterspørselen i disse sektorene kommer som følge av avkarbonisering i deler av sektorene hvor elektrifisering er uegnet. Dette viser at satsningsområdet hydrogen kan forvente et stort og voksende marked i årene framover.

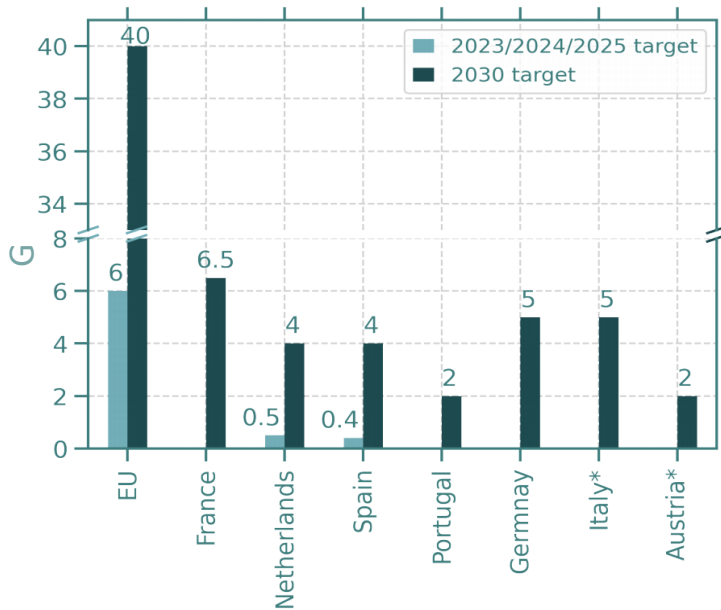
**Figur 40: Estimert hydrogenetterspørsel i Europa i Technology Diversification Pathway**

TWh H2



Kilde: Hydrogen 4EU, Sintef (2021).

Konkretiseringen av verdikjeden og markedsutsiktene vi har sett det siste året kommer som følge av en betydelig strategisk satsning. Så langt har 31 land verden over lansert en hydrogenstrategi og disse legger tydelige føringer for ambisjonsnivået. Figur 41 viser en gjennomgang av europeiske lands målsetninger for elektrolysekapasitet innen tidlig 2020-tallet og 2030. Blant annet ser vi EUs mål om 40 GW elektrolysekapasitet innen 2030, men også betydelige mål i flere andre europeiske land. Nasjonale støtteordninger lansert sammen med hydrogenstrategier, EUs Innovation Fund og lanseringen av IPCEI for hydrogen har vært viktige bidragsytere for konkretiseringen av markedsutsiktene. I tillegg til dette er ytterligere støtteordninger for etableringen av et hydrogenmarked under planlegging både i EU og på nasjonalt nivå i Europa. Dette vil sannsynligvis bidra til å akselerere utviklingen, og det vil være viktig for norske aktører å henge med på utviklingen.

**Figur 41: Mål for elektrolysekapasitet i europeiske land med hydrogenstrategi**

Kilde: THEMA Technology Outlook (2021). \*Tall hentet fra utkast til hydrogenstrategi, ikke endelig vedtatt.

Produksjon av blått hydrogen innebærer en mulighet for langsiktig verdisikring av norsk naturgass, ved at man sikrer forbruk av gass også i lavutslippssamfunnet. Denne produksjonen kan skje med norsk gass på kontinentet eller i Norge med transport til kontinentet. Planer er lansert for begge mulighetene.

Videre har Norge ledende kompetansemiljø både innenfor produksjon av lagringstanker og elektrolysører. I tillegg finnes betydelig kompetanse på gassprosessering generelt og ammoniakk. Sistnevnte kan bli et viktig drivstoff for maritim sektor. Kombinert med tilgang på billig fornybar kraft og store gassressurser er Norge dermed godt posisjonert for å ta en rolle innenfor både produksjon av hydrogen og nødvendig utstyr.

Hydrogen som eget satsningsområde treffer alle delene av verdikjeden. På tilbudssiden treffer det utviklingstrekkene som omhandler fornybar kraftproduksjon ved at produksjon av grønt hydrogen kan bidra med sesonglagring av uregulerbar kraft. Innenfor overføring, konvertering og lagring treffer det alle utviklingstrekkene som omhandler hydrogen, i tillegg til potensielle samspill med energiyer og storskala lagring. På etterspørselssiden treffer hydrogen bærekraftig transport og økt forbruk av hydrogen i industrien. I tillegg treffer det de tverrgående utviklingstrekk avkarbonisering og sektorkobling. Alle disse utviklingstrekkene bidrar i større grad til målsetningene til Energi21 i denne omverdensanalysen enn de gjorde ved forrige strategi.

## REFERANSELISTE

- Biden (2021), THE BIDEN PLAN FOR A CLEAN ENERGY REVOLUTION AND ENVIRONMENTAL JUSTICE. URL: <https://joebiden.com/climate-plan/>
- BNEF (2020), New Energy Outlook 2020, Bloomberg New Energy Finance 2020
- Catapult (2017), Market Forecast for connected and autonomous vehicles.
- Cicero (n.d.), IPCC SPESIALRAPPORT OM 1.5°C - Sentrale begreper innenfor klimaforskningen. URL: <https://www.cicero.oslo.no/no/sentrale-begreper-innenfor-klimaforskningen> (14.06.2021)
- Deloitte (2020), Kunnskapsgrunnlag for nasjonal strategi for sirkulær økonomi.
- DNV GL (2020), Energy Transition Norway 2020.
- Energi Norge (2019), Samarbeider for å hente gevinstene fra digitalisering. URL: <https://www.energinorge.no/fagomrader/stromnett/nyheter/2019/samarbeider-for-a-hente-gevinstene-fra-digitalisering/>
- Enova (n.d.), PILOT-E. URL: <https://www.enova.no/pilot-e/> (01.06.2021)
- European Commission (2019), The European Green Deal, COM/2019/640 final.
- European Commission (2020a), A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe, COM(2020)301 final.
- European Commission (2020b), An EU Strategy to harness the potential of offshore renewable energy for a climate neutral future, COM(2020)/741 final.
- European Commission (2021a), Recovery plan for Europe. URL: [https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe\\_en/](https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_en/)
- European Commission (2021b), Horizon Europe Investing to shape our future. URL: [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/research\\_and\\_innovation/funding/presentations/ec\\_rtd\\_he-investing-to-shape-our-future.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/research_and_innovation/funding/presentations/ec_rtd_he-investing-to-shape-our-future.pdf)
- European Environment Agency, EEA (2020), Greenhouse gas emission trends, 2020, URL: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/greenhouse-gas-emission-trends-7/assessment>
- Global Maritime Forum (2020), The scale of investment needed to decarbonize international shipping. Insight Brief. URL: [https://www.globalmaritimeforum.org/content/2020/01/Getting-to-Zero-Coalition\\_Insight-brief\\_Scale-of-investment.pdf](https://www.globalmaritimeforum.org/content/2020/01/Getting-to-Zero-Coalition_Insight-brief_Scale-of-investment.pdf)
- Global Recovery Observatory (2021). URL: <https://recovery.smithschool.ox.ac.uk/tracking/> (27.05.2021)
- Forskningsrådet (2020), Fakta om Horisont Europa. URL: <https://www.forskningsradet.no/eus-rammeprogram/horisont-europa/fakta-om-horisont-europa/>
- Hydrogen Council og McKinsey (2021), Hydrogen Insights Report 2021.
- IFP Énergies Nouvelles, SINTEF og Deloitte (2021), Hydrogen4EU Charting pathways to enable net zero.
- IEA (2019), Offshore Wind Outlook 2019. World Energy Outlook Special Report.
- IEA (2020a), Energy Technology Perspectives 2020, IEA, Paris.
- IEA (2020b), World Energy Outlook 2020.

- IEA (2021), Net Zero by 2050 – A Roadmap for the Global Energy Sector.
- IMF (2021), World Economic Outlook Update, January 2021. URL: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2021/01/26/2021-world-economic-outlook-update>
- International Association of Oil & Gas Producers (2021), CCUS projects in Europe. URL: <https://www.oilandgaseurope.org/wp-content/uploads/2020/06/Map-of-EU-CCS-Projects.pdf>
- IPCC (2018), Special Report on Global Warming of 1.5 °C.
- IPBES (2019), Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services.
- IRENA (2019), Future of wind: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects (A Global Energy Transformation paper), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2020), Green Hydrogen Cost Reduction: Scaling up Electrolysers to Meet the 1.5°C Climate Goal, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2021), World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- Kommunal- og moderniseringsdepartementet (2020), Nasjonal strategi for kunstig intelligens.
- Klimaplan for 2021-2030 (Meld. St. 13 (2020–2021)).
- KonKraft (2021), Framtidens energinæring på norsk sokkel – statusrapport 2021.
- NHO (2020), Norske muligheter i grønne elektriske verdikjeder.
- NORWEP (n.d.), Market Forecast.
- Noussan, M. et.al. (2021), The Role of Green and Blue Hydrogen in the Energy Transition: A Technological and Geopolitical Perspective. Sustainability 2021, 13, 298. URL: <https://doi.org/10.3390/su13010298>
- NVE (2020a), Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2020-2040.
- NVE (2020b), Elektrifiseringstiltak i Norge - Hva er konsekvensene for kraftsystemet?
- NVE (2020c), NVE Fakta nr 7/2020: Norge har et betydelig potensial for forbrukerfleksibilitet i sektorene bygg, transport og industri. URL: [https://publikasjoner.nve.no/faktaark/2020/faktaark2020\\_07.pdf](https://publikasjoner.nve.no/faktaark/2020/faktaark2020_07.pdf)
- NVE (2021a), Synliggjøring av energieffektivisering - Energieffektiviseringspotensiale i norske bygg. URL: <https://www.nve.no/media/11824/synliggj%C3%B8ring-av-energieffektivisering.pdf>
- NVE (2021b), Energieffektivisering. URL: <https://www.nve.no/energibruk-effektivisering-og-teknologier/energibruk/energieffektivisering/?ref=mainmenu>
- Mangas (2021), The ‘Second’ Reconciliation Bill? President Biden’s ‘Build Back Better’ Plan and the Agenda After COVID Legislation, Robert Mangas (Greenberg Traurig), Washington DC. URL: <https://www.gtlaw.com/en/insights/2021/2/the-second-reconciliation-bill-president-bidens-build-back-better-plan-agenda-covid-legislation>
- Meld. St. 13 (2020–2021), Melding til Stortinget *Klimaplan for 2021–2030*.
- Meld. St. 14 (2020 –2021), Melding til Stortinget *Perspektivmeldingen 2021*.
- Meld. St. 22 (2020–2021), Melding til Stortinget *Data som ressurs — Datadrevet økonomi og innovasjon*.

- Mordor Intelligence (2021), Residential energy storage systems market – growth, trends covid-19 impact, and forecasts (2021-2026) URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/residential-energy-storage-system-market>
- Oslo Economics (2020), Kartlegging og vurdering av potensial for effektivisering av oppvarming og kjøling i Norge/ 2019-42, Oslo Economics og Asplan Viak. URL: [http://publikasjoner.nve.no/eksternrapport/2020/eksternrapport2020\\_08.pdf](http://publikasjoner.nve.no/eksternrapport/2020/eksternrapport2020_08.pdf)
- Prosess21(2020), Kraftmarkedet - Prosess21 Ekspertgrupperapport.
- PwC (2019), Energibruk i transportsektoren i Norge, PwC. URL: [https://www.pwc.no/no/publikasjoner/energibruk\\_i\\_transportsektoren\\_i\\_Norge.pdf](https://www.pwc.no/no/publikasjoner/energibruk_i_transportsektoren_i_Norge.pdf)
- Regjeringen (2016), Programområder 2014-2021. URL: <https://www.regjeringen.no/no/tema/europapolitikk/eos-midlene/sector-og-programomrader/id2501309/>
- Regjeringen (2020a), En pakke for grønn omstilling. URL: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/ny-side5/id2704503/>
- Regjeringen (2020b), Hva er sirkulær økonomi? URL: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klimatekno/forurensning/sirkular-okonomi/hva-er-sirkular-okonomi/id2701032/>
- Regjeringen (2020c), Slutter seg til europeisk satsing på hydrogen. URL: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/slutter-seg-til-europeisk-satsing-pa-hydrogen/id2790732/>
- Regjeringen (2021), Regjeringen sier ja til norsk deltakelse i Horisont Europa og Erasmus+. URL: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/regjeringen-sier-ja-til-norsk-deltakelse-i-horisont-europa-og-erasmus/id2843930/>
- Rystad Energy (2020), Offshore Wind Report 2Q 2020.
- Solenergiklyngen (2020), Veikart for den norske solkraftbransjen mot 2030, Susoltech/Solenergiklyngen.
- Statnett (2020), Langsiktig markedsanalyse - Norden og Europa 2020-2050.
- Söder et. al. (2018), A review of demand side flexibility potential in Northern Europe. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 91, 2018, Pages 654-664. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032118302053>
- THEMA (2021a), Technology Outlook - Spring Edition 2021, THEMA Consulting Group.
- THEMA (2021b), Continental Market Outlook - Spring Edition 2021, THEMA Consulting Group.

# VEDLEGG 1: OVERSIKT OVER RÅDATA

Matrisene under er en sammenstilling av rådataen vi har lagt til grunn for våre vurderinger i omverdensanalysen. Rådataene er hentet fra det totale underlaget listet i neste vedlegg.

### Tilbud av energi

	Mål 1: Bidra til økt verdiskaping og sikker, kostnadseffektiv og bærekraftig utnyttelse av energiresursene				Mål 2: Bidra med løsninger som legger til rette for et lavutslippssamfunn		Mål 3: Fremme konk.dyktighet og økt verdiskaping i energinæringen i Norge
	Økt etterspørsel og utnyttelse av norsk energi (kWh)	Økt etterspørsel etter norsk effekt (kW)	Størrelse på bidrag til fleksibilitet i el (+/-)	Bidrag til diversifisering av forsyning (+/-)	Utslippsreduksjoner i Norge (MtCO <sub>2</sub> -ekv)	Bidrag til energieffektivisering i Norge (kWh)	Størrelse på forventede investeringer (USD)
<b>1 Vannkraft</b>	Norge: 6-14 TWh ny kapasitet i 2030	Økt vannkraftkapasitet i Europa til 2030: +15 GW (Mest PHS i AT, ES, PT) - minker etterspørselen etter norsk effekt.	++	N.A.	N.A.	N.A.	Verden: 350 - 470 mrd. USD til 2030
<b>2 Offshore vindkraft</b>	Norge: Potensielt >17 TWh ny kapasitet i 2030-2040	Økt offshore-vindkapasitet i Europa til 2030: +67-90 GW - øker etterspørsel etter norsk effekt	-	+	N.A.	N.A.	Europa: 372 mrd EUR til 2025 (NORWEP), 336 - 500 mrd. USD til 2040 (IEA, 2019) Verden: 404 mrd EUR til 2025 (NORWEP, 2020), 609 mrd. USD til 2035 (IPWE 2020), 845 - 1300 mrd USD til 2040 (IEA 2019)
<b>3 Onshore vindkraft</b>	Norge: 4-10 TWh ny kapasitet i 2030	Økt onshore-vindkapasitet i Europa til 2030: +100-135 GW - øker etterspørsel etter norsk effekt	-	N.A.	N.A.	N.A.	Europa: 60 mrd USD til 2030 (IRENA) Verden: 1460 mrd USD til 2030 (IRENA)
<b>4 Solkraft</b>	Norge: 1-4 TWh ny kapasitet i 2030	Økt solkraftkapasitet i Europa til 2030: +345 GW - øker etterspørsel etter norsk effekt	(-)	N.A.	N.A.	N.A.	Verden: markedsverdi installert kapasitet (20754 - 2400 mrd USD (GEV) - ikke vurdert flytende solkraft)
<b>5 Biomasse</b>	Norge: +1,5-2,7 TWh til 2030 (+1/+1,3/+0,4 TWh drivstoff/gass/fast)	N.A.	N.A.	+	N.A.	N.A.	Verden: 2040 årlig gjennomsnitt for biogass + biomethan = 14 mrd - 35 mrd USD (IEA, 2020)
<b>6 Kjernekraft</b>	87 000t Thorium, men ikke utvinbar per dags dato	N.A.	+	N.A.	N.A.	N.A.	Verden: 520 - 530 mrd USD til 2030 (IEA)
<b>7 Andre fornybare teknologier</b>	Norge: ~0	Økt kapasitet i Europa til 2040: +1GW bølge, tidevann og noe geotermisk - nøytral etterspørsel etter norsk effekt	(-)	N.A.	N.A.	+	Verden: geotermisk 24 mrd.USD/år og marine 59 mrd.USD/år (2021-2050) for å nå 1,5 C.
<b>8 Digitalisering</b>	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	Uklart

### Overføring, lagring og konvertering av energi

	Mål 1: Bidra til økt verdiskaping og sikker, kostnadseffektiv og bærekraftig utnyttelse av energiresursene				Mål 2: Bidra med løsninger som legger til rette for et lavutslippssamfunn		Mål 3: Fremme konk.dyktighet og økt verdiskaping i energinæringen i Norge
	Økt etterspørsel og utnyttelse av norsk energi (kWh)	Økt etterspørsel etter norsk effekt (kW)	Størrelse på bidrag til fleksibilitet i el (+/-)	Bidrag til diversifisering av forsyning (+/-)	Utslippsreduksjoner i Norge (MtCO <sub>2</sub> -ekv)	Bidrag til energieffektivisering i Norge (kWh)	Størrelse på forventede investeringer (USD)
<b>9 Smarte nett</b>	(Noe potensiale for mindre tap i nettet)	-	+	(Noe potensiale for mindre tap i nettet)	N.A.	+	Verden: ~1300 mrd. USD til 2030
<b>10 Distribuert lagring</b>	N.A.	-	+	N.A.	N.A.	N.A.	Europa: 5 - 10 mrd EUR til 2030 Verden: ~70 mrd. USD til 2030
<b>11 Storskala lagring</b>	N.A.	Reduserer etterspørsel etter effekt fra Norge	++	N.A.	N.A.	N.A.	Verden: 139-235 mrd. USD 2020-2030, 353 -506 mrd. USD 2031-2040 (kun batteri)
<b>12 Grønt hydrogen</b>	Norge: 3-6 TWh økt kraftforbruk i 2030	Økt etterspørsel etter norsk effekt, men den vil være fleksibel	+	++	indirekte	N.A.	Europa: 562 - 1537 mrd EUR til 2054 (+1335-2865 mrd. til offgrid fornybar kraft) Verden: ~100 mrd USD til 2030
<b>13 Blått hydrogen</b>	Betydelig potensiale for økt utnyttelse av norske gassressuser	N.A.	N.A.	++	Pipeline til 2030 på 300 mrd USD globalt		Europa: 147 - 248 mrd EUR til 2054 Verden: ~50 mrd USD til 2030
<b>14 Infrastruktur for H2</b>	Muliggjørende teknologi	(Ammoniakisk og flytende gjøring krever ny effekt)	N.A.	++	Indirekte	N.A.	Europa: 904 - 930 mrd EUR til 2054 Verden: ~50 + 100 mrd USD til 2030 til distribusjon og end-use applications
<b>15 Offshore nett</b>	Dobling utvekslingskapasitet Norden og Europa 2020 til 2030. Fra 7000 til 13 800 MW. Norge 3000 MW i 2030.	+7 GW fra Norden til Europa innen 2030	(+)	++	N.A.	++	EU: ~50 mrd. EUR i nettinfrastruktur for fornybar offshore energi (til 2050)
<b>16 Nettutbygging</b>	++ (Ny produksjon og forbruk muliggjøres av ny nettkapasitet)	Indirekte	N.A.	N.A.	Forutsetning for utslippsreduksjoner	N.A.	Verden: ~2500 mrd. USD til 2030

## Etterspørsel etter energi (I/II)

Mål 1: Bidra til økt verdiskaping og sikker, kostnadseffektiv og bærekraftig utnyttelse av energiresursene

Mål 2: Bidra med løsninger som legger til rette for et lavutslippssamfunn

Mål 3: Fremme konk.dyktighet og økt verdiskaping i energinæringen i Norge

	Økt etterspørsel og utnyttelse av norsk energi (kWh)	Økt etterspørsel etter norsk effekt (kW)	Størrelse på bidrag til fleksibilitet i el (TWh)	Bidrag til diversifisering av forsyning (TWh)	Utslippsreduksjoner i Norge (MtCO <sub>2</sub> -ekv)	Bidrag til energieffektivisering i Norge (kWh)	Størrelse på forventede investeringer (USD)
Smart energistyring	-10-40% energibruk fra husholdninger	-	-10-40% energibruk fra husholdninger	+	N.A.	+	Verden: 1600 mrd. USD (til 2030)
Storskala forbruksfleksibilitet	N.A.	--	1-2.5 GW	N.A.	N.A.	N.A.	Uklart
CCS på industriutslipp	Karbonfangst kan føre til noe økt etterspørsel	N.A.	N.A.	N.A.	Kvotepiktig: 5 Mt Ikke-kvotepiktig: 0,8 Mt	N.A.	Verden: CCSU investeringer nær 47 mrd. USD i 2030. Industri en andel, utgjør 30% storskala prosjekter av modne prosjekter 2020-2030. Verden: 2025 marked for Li-batterier til el-biler 40-55 mrd. EUR/år og ~200 mrd./år i 2040. 2025-2040: 1.7 trillioner EUR/år
Grønn industri	Industri: 3-10 TWh 2030, + 10-26 TWh 2050 Datacenter: + 3-10 TWh 2030, + 8-11 TWh 2050	++	+	+	> 2,3 Mt for elektrifiseringstiltak	N.A.	Uklart
Biomasse som råstoff i industrien	+	N.A.	N.A.	+	Bioetanol: 0,15 Mt Fast biomasse asfalt: 0,52 Mt (til 2030, Klimakur)	N.A.	Uklart
Hydrogen i industrien	Økt etterspørsel til hydrogenproduksjon	Hydrogen fra elektrolyse øker etterspørsel	N.A.	N.A.	0,01 Mt (til 2030 Klimakur), 0,8 Mt Herøya i 2026	N.A.	EU: 60 mrd. EUR til produksjon, infrastruktur, transport, varme, industri
Energieffektivisering industri	--	N.A.	N.A.	N.A.	0,3 Mt (til 2030, Klimakur)	1 TWh avfallsforbrenning, spillvarme < 380 GWh, varmepumper 8 TWh	Verden: 277 mrd. USD/år (2021-2030) for EU: 275 mrd. EUR/år (2021-2030) Verden: 4000-5279 mrd. USD = 2020-2030, 5373-9086 mrd. USD = 2031-2040 for industri, bygg, transport (2021-2030) for å nå 1,5 C.
Energieffektivisering i bygg	--	+	N.A.	N.A.	0,2 Mt (Indirekte fra elmix)	13 TWh lønnsomt potensial	

THEMA Consulting Group

## Etterspørsel etter energi (I/II)

Mål 1: Bidra til økt verdiskaping og sikker, kostnadseffektiv og bærekraftig utnyttelse av energiresursene

Mål 2: Bidra med løsninger som legger til rette for et lavutslippssamfunn

Mål 3: Fremme konk.dyktighet og økt verdiskaping i energinæringen i Norge

	Økt etterspørsel og utnyttelse av norsk energi (kWh)	Økt etterspørsel etter norsk effekt (kW)	Størrelse på bidrag til fleksibilitet i el (TWh)	Bidrag til diversifisering av forsyning (TWh)	Utslippsreduksjoner i Norge (MtCO <sub>2</sub> -ekv)	Bidrag til energieffektivisering i Norge (kWh)	Størrelse på forventede investeringer (USD)
Bærekraftig vei-transport	2030: +13 TWh, 5 TWh fra bio og 8 TWh fra el	++ (hvis hurtiglading)	+/- avhengig av utnyttelse av batterier	N.A.	9,7 Mt (til 2030, Klimakur)	239 PJ Norden frem til 2050 (relativt til dagens)	Verden: 1300 mrd USD til ladeinfrastruktur for elbiler innen 2030. I tillegg kommer hydrogennet infrastruktur for tungtransport
Bærekraftig skipsfart	2030: +5 TWh fra bio, el og hydrogen	++ (hvis hurtiglading)	-	N.A.	6,6 Mt (til 2030, Klimakur)	74 PJ Norden frem til 2050 (relativt til dagens)	Verden: +21.000 mrd USD/ til transportinfrastruktur for å nå netto null i 2070 sammenlignet med eksisterende målsetninger
Bærekraftig luftfart	2030: +4 TWh biodrivstoff, ekstremt marginal el 2050: halvparten fornybart - 5,3 TWh bio og 3 TWh el	+ (direkte elektrifisering)	N.A.	N.A.	1 Mt/år i 2030 hvis 30% avansert biodrivstoff	54 PJ Norden frem til 2050 (relativt til dagens)	Verden: 96 mrd USD til bærekraftig bensel til 2030 (Sustainable Aviation Fuels: SAF)
Digitalisering av transport	N.A.	N.A.	+	N.A.	1,6 Mt (en rekke tiltak til 2030 hvor deler er knyttet til digitalisering, Klimakur)	N.A.	Verden: 907 mrd. GBP marked for connected and autonomous vehicles (CAVs) i 2035.
Negative utslipp	BECCS vil gi noe økt etterspørsel. DACCS kan bety økt etterspørsel, men dataene er uklare før 2030	(+)- selve karbonfangsten krever noe effekt	N.A.	N.A.	BECCS: 2,2 Mt (til 2030, Klimakur), DACCS: ubegrenset	N.A.	Verden: ~700 mrd USD totalt til 2030 til karbonfangst for å nå 1,5C (en andel av dette er BECCS og DACCS)

## VEDLEGG 2: OVERSIKT OVER RAPPORTER

- Grønne elektriske verdikjeder, NHO 2020
- Clean Energy Competitiveness, EU 2020
- Accelerating Decarbonization of the U.S. Energy System, National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2021
- The Green Giant: New Industrial Strategy for Norway, IIPP policy report (PR 21/01) 2021
- World Energy Outlook, IEA 2020
- Towards net-zero emissions in the EU energy system by 2050, 2020
- Communication from the Commission: The European Green Deal, 2019
- Hydrogenstrategi, EU 2020
- National Energy and Climate Plans, Member State contributions to the EU's 2030 climate ambition, EU 2020
- Offshore Renewable Energy Strategy, EU 2020
- System Integration Strategy, EU 2020
- Taxonomy Report: Technical Annex, EU 2020
- Impact Assessment for Stepping up Europe's 2030 climate ambition (konsekvensutredning av 55% utslippskutt), EU 2020
- A new Circular Economy Action Plan, EU 2020
- A new Industrial Strategy for a green and digital Europe, EU 2020
- Recovery Plan Europe, EU 2020
- TEN-E Revision, EU 2020
- Energy Perspectives 2020, Equinor
- Energy Technology Perspectives 2020, IEA 2020
- Prosess 21
- Energy Transition Outlook 2020, DNV GL 2020
- Tracking Nordic Clean Energy Progress 2020, Nordic Energy Research 2020
- ETIP SNET Vision 2050, 2020
- Global Renewables Outlook: Energy Transformation 2050, IRENA 2020
- Reaching zero with renewables, IRENA 2020
- Green Hydrogen Cost Scaling Up Electrolysers To Meet The 1.5 C Climate Goal, IRENA 2020
- World Energy Transition Outlook: 1.5 C pathway, IRENA 2021
- Hydrogen Strategy, US DOE 2020
- New Energy Outlook, BloombergNEF 2020
- Veikart for fremtidens næringsliv, NHO 2020
- Diverse rapporter fra Zero Emission Platform, 2020
- Veikart for energi i Norge mot 2050, Sintef 2020



- KPN CleanExport - Planning Clean Energy Export from Norway to Europe, Sintef 2020
- Hydrogen for Europe, Sintef 2019
- Driving forces for intelligent electricity distribution system innovation, CINELDI 2019
- Scenarier for fremtidens elektriske distribusjonsnett anno 2030-2040, CINELDI 2020
- Digitalisering av energisektoren, Digital 21 – Energi 21 2020
- Annual Energy Outlook 2021, US Energy Information Administration (EIA)
- Future Energy Scenarios 2020 (FES), UK National Grid 2020
- Energy outlook 2020, BP 2020
- Energy transition report, Rystad Energy 2020
- Klimakur 2030, Miljødirektoratet 2020
- Global Warming of 1.5 C, IPCC 2018
- Nasjonale hydrogenstrategier
- 20-tallets nettstrategi, THEMA 2020
- Teknologi for å fremme en sikker kraftforsyning, THEMA 2019
- Technology Outlook 2021, THEMA 2021
- Framtidens energinæring på norsk sokkel, klimastrategi mot 2030 og 2050, Konkraft (2021)
- Veikart for den norske solkraftbransjen mot 2030, Susoltech, Solenergiklyngen (2020)
- Offshore Wind – Opportunities for the Norwegian Industry, THEMA (2020)
- Offshore Wind Outlook 2019: World Energy Outlook Special Report, IEA 2019
- Decarbonisation of the Nordics, Copenhagen Economics 2020
- Hydrogen in the energy system of the future: Focus on heat in buildings, Fraunhofer Institute 2021
- Future Fuels in the Maritime Sector – Building the Bridge to Hydrogen, Holland & Knight 2021
- Hydrogen 4EU, Sintef 2021
- Hydrogen Insights, Hydrogen Council og McKinsey 2021
- Klimaplan 2021-2030, Regjeringen 2021
- Global Offshore Wind 2020 Annual Market Report, NORWEP 2020
- Energibruk i transportsektoren i Norge Perspektiv for 2030, PwC 2019
- Kartlegging og vurdering av potensial for effektivisering av oppvarming og kjøling i Norge, Oslo Economics og Asplan Viak 2020
- The promise of seasonal storage, DNV 2020
- 1,5°C – Hvordan Norge kan gjøre sin del av jobben, DNV GL 2019
- Synliggjøring av energieffektivisering Energieffektiviseringspotensiale i norske bygg, NVE 2021
- Karbonfangst Prosess21 CO<sub>2</sub>-håndteringsrapport, Prosess21 2020
- Hydrogen Roadmap Europe, Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking 2019
- Industrial investment for battery cell manufacturing in Europe, Recharge 2019
- Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector, IEA 2021

- Market Forecast for connected and autonomus vehicles, Catapult 2017
- Hydrogen in North Western Europe, IEA 2021
- The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions, IEA 2021
- Felles energi- og industripolitisk plattform, NHO & LO 2021
- BNEF Executive Factbook, BNEF 2021