



På oppdrag fra Energi21
desember, 2016

Gjennomgripende endringer i energisystemet – en omverdensanalyse

THEMA Rapport 2016- 27

Om prosjektet

Prosjektnummer:	E21-16-01
Prosjektnavn:	Omverdensanalyse Energi21
Oppdragsgiver:	Energi21
Prosjektleder:	Håkon Taule
Prosjektdeltakere:	Ingar Beck Landet, Therese Bakke Lossius

Om rapporten

Rapportnavn:	Gjennomgripende endringer i energisystemet – en omverdensanalyse
Rapportnummer:	2016-27
ISBN-nummer	978-82-8368-004-1
Tilgjengelighet:	Offentlig
Ferdigstilt:	03.01.2016

Brief summary in English

Energi21 is the Norwegian national strategy for research, development, demonstration and commercialisation of new energy technology. 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 climate-friendly and environment-friendly solutions for the energy system. The current strategy identifies six strategic areas: "Hydropower", "Flexible energy systems", "Solar power", "Offshore wind power", "Energy efficiency" and Carbon Capture and Storage". The Energi21 strategy is revised and updated every two to three years. This report represents the first step in revising the current Energi21 strategy (from 2014). By conducting an external analysis, we have identified key drivers and changes that are relevant to the Energi21 strategy, and that have emerged after 2014. Furthermore, 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.

Om THEMA Consulting Group

Øvre Vollgate 6
0158 Oslo, Norway
Foretaksnummer: NO 895 144 932
www.thema.no

THEMA Consulting Group tilbyr rådgivning og analyser for omstillingen av energisystemet basert på dybdekunnskap om energimarkedene, bred samfunnsforståelse, 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 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	8
1.1	Bakgrunn og formål	8
2	METODE OG ARBEIDSFORM	9
2.1	Omverdensanalysen tar utgangspunkt i et rammeverk for strategiutvikling ..	9
2.2	Vurdering av makro drivere og utviklingstrekk i energisystemet	10
2.3	Utviklingstrekkene prioriteres 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	15
3	ENERGISYSTEMET PÅVIRKES KRAFTIG AV VIKTIGE MAKROTRENDER ...	16
3.1	Ny giv i global energi- og klimapolitikk	16
3.2	Teknologiutvikling vekselvirker med politikken og støtter politiske mål	17
3.3	Økonomisk vekst og omstilling bidrar til økt energi- og elektrisitetsbruk	20
3.4	Forskningspolitikken følger opp overordnede politiske mål	22
3.5	Kundene kan ta en sterkere rolle i utviklingen av energisystemet	23
4	UTVIKLINGSTREKK I ENERGISYSTEMET	24
4.1	Produksjon av energi blir i større grad utslippsfri, men også uregulerbar ..	26
4.2	Overføringsnett og energilagring bidrar til å integrere uregulerbar produksjon	26
4.3	Elektrifisering og energieffektivisering reduserer totalt energibruk, men øker etterspørselen etter elektrisitet	27
4.4	Flere tverrgående temaer kan utnytte synergier i kompetanse og ressursutnyttelse	27
5	VURDERING AV UTVIKLINGSTREKK MOT ENERGI21S MÅLSETNINGER ...	29
5.1	Utviklingstrekkene bidrar i ulik grad til Energi 21s tre målsetninger	29
5.2	Mål 1: Utnyttelse av nasjonale energiresurser	31
5.3	Mål 2: Energiomlegging	33
5.4	Mål 3: utvikle konkurransedyktig næringsliv	35
6	VI SER ENKELTE BEHOV FOR REVIDERING AV ENERGI21S STRATEGI	38
6.1	Eksisterende strategi trekker frem seks satsingsområder	38
6.2	Energi21s mandat justeres i retning av transportsektoren og utslippsreduksjoner	40
6.3	Endringer i omverden tilsier enkelte endringer i strategien	40
6.4	Omverdensanalysen synliggjør nye områder som kandidater for satsingsområder	46
	REFERANSER	49
	VEDLEGG 1: OVERSIKT OVER RÅDATA	50

VEDLEGG 2: OVERSIKT OVER RAPPORTER.....	52
VEDLEGG 3: REFERANSEGRUPPEN	54

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

I denne rapporten vurderer vi revisjonsbehovet til Energi21s strategi ved å gjennomføre en omverdensanalyse. Vi analyserer endringer i energisystemets (Energi21s) omverden som har fremkommet etter at strategien ble utformet i 2014, for å vurdere behovet for en revidering av strategien. Resultatet fra omverdensanalysen kan brukes som utgangspunkt for det videre arbeidet med revisjonen av strategien.

Omverdensanalysen består av fem hoveddeler:

- Gjennomgang og beskrivelse av makrotrender som driver 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 nye, potensielle satsningsområder basert på funnene i omverdensanalysen.

Makrotrender

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

Energi- og klimapolitikk er en sentral driver for endringer i energisystemet. Parisavtalen bidro til en ny giv i den internasjonale klimapolitikken, og EU er en aktiv pådriver for en sterk klimapolitikk. Norden og Norge følger EUs klimapolitikk tett, og Norge har som mål å være klimanøytral i 2050.

Innen teknologiutvikling har fornybare produksjonsteknologier hatt en rask utvikling, og store kostnadsreduksjoner er realisert. Samtidig har den raske utviklingen innen digitalisering, automatisering og kunstig intelligens potensial til å drive fundamentale endringer i energisystemet. Utvikling av CCS (Carbon Capture and Storage) er avgjørende for å nå klimamål, men utviklingen går for sakte og innsatsen må økes for å kunne nå målene.

Økonomisk vekst vil føre til økt energietterspørsel i årene fremover, men det forventes at koblingen mellom økonomisk vekst og energibruk svekkes. Elektrisitetsforbruket forventes å øke som følge av velstandsvekst, samt at vi vil se en økende grad av elektrifisering som en del av omleggingen til et lavutslippssamfunn. Norge står overfor en omstilling vekk fra petroleumsnæringen, og vi blir mer avhengige av verdiskaping fra andre næringer for å opprettholde det nåværende velstandsnivået.

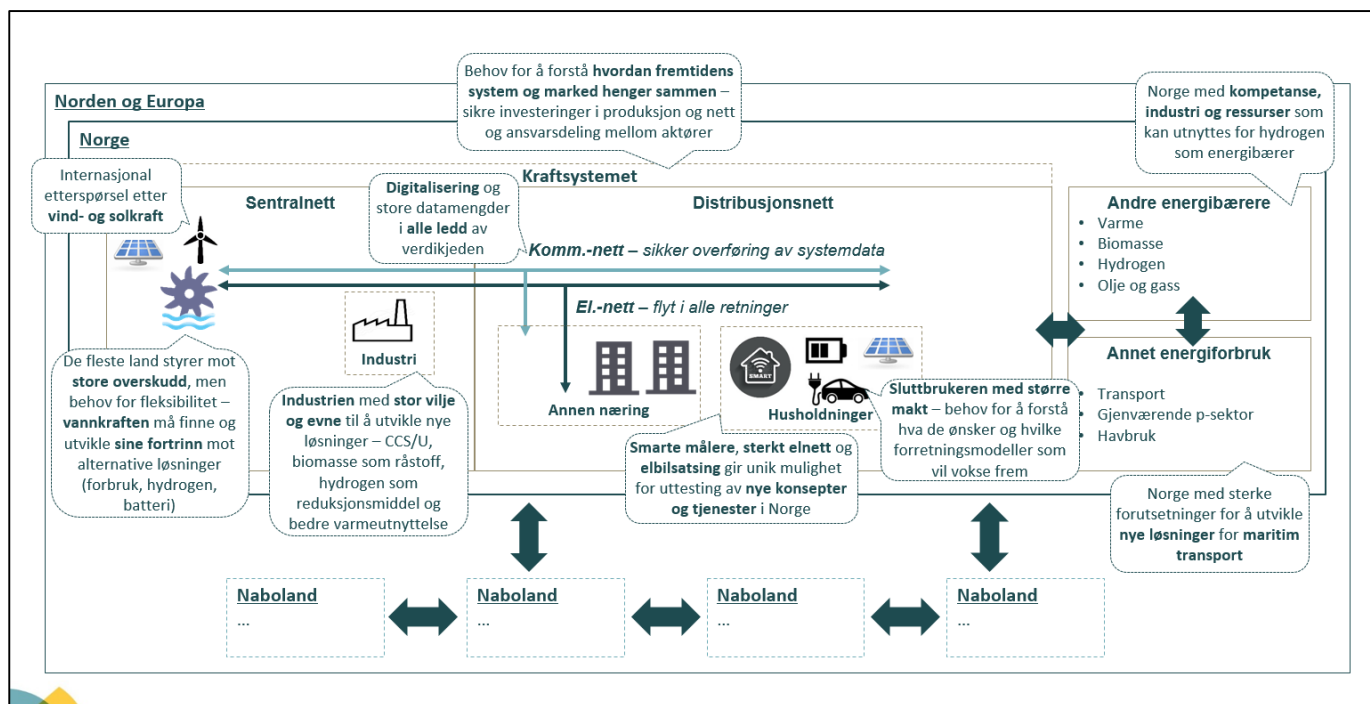
Utviklingstrekk i energisystemet

Makrotrendene driver frem en rekke utviklingstrekk i forskjellige deler av energisystemet. Innen tilbud av energi, innebærer utviklingstrekkene en storstilt utskiftning av energiproduksjon basert på fossile brensler til energiproduksjon basert på fornybare ressurser. Vann, sol, landbasert vind og biomasse blir særlig viktige for fremtidig tilbud av energi. Digitalisering av energiproduksjon muliggjør optimering av drift, vedlikehold og reinvesteringer.

Utviklingstrekkene innen overføring og lagring av energi innebærer relativt store investeringer for å håndtere økende mengder uregulerbar produksjon i kraftsystemet. Det inkluderer økt kapasitet på mellomlandsforbindelser, mer storskala og distribuert lagring og investeringer i smarte nett.

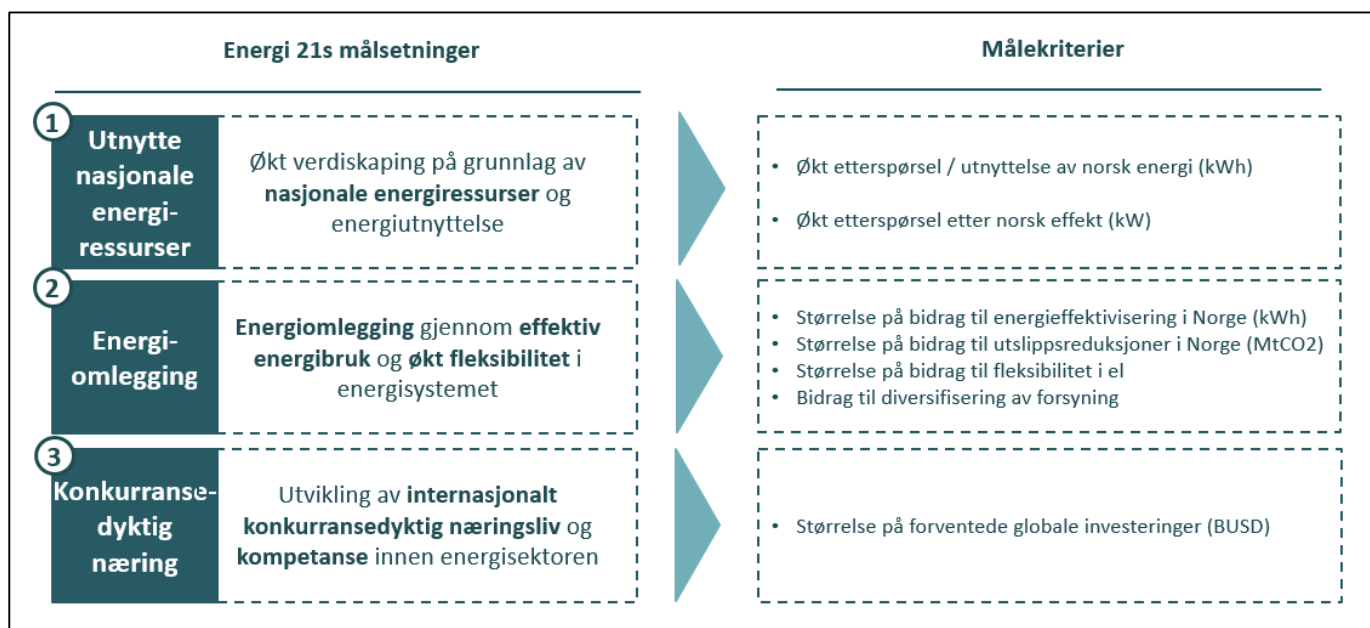
Utviklingstrekkene innen forbruk av energi innebærer en stor satsning på energieffektivisering, særlig i bygninger og industri, samt en økende grad av elektrifisering. For å oppnå utslippsskutt i industrien er CCS også en viktig komponent. Utslippsskutt i transportsektoren avhenger av en omstilling vekk fra fossile brensler, og en større bruk av elektrisitet, biodrivstoff og hydrogen. Det er fortsatt usikkert hvilke av de fornybare drivstoffene som vil vinne frem.

Utviklingstrekkene i de forskjellige delene av energisystemet er sammenstilt i figuren under.



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 nedenfor).



Utviklingstrekkene innen tilbud av energi treffer særlig Energi21s første og tredje målsetning. Utbygging av vann- og vindkraftkapasitet i Norge bidrar til økt utnyttelse av norske energiresurser, mens utbygging av uregulerbar kraft i Europa øker etterspørselen etter norsk effekt. I tillegg medfører utbygginger av ny fornybar produksjonskapasitet store globale investeringer, særlig innen vann, sol, landbasert vind og biomasse. Investeringene representerer store muligheter for norsk leverandørindustri, og treffer derfor mål tre.

Utviklingstrekkene innen overføring og lagring av energi treffer alle målene. De treffer mål to ved at smarte nett og energilagring bidrar til økt fleksibilitet i elektrisitetsforsyningen. Økt kapasitet på mellomlandsforbindelsene muliggjør økt eksport av norsk energi og effekt, og bidrar derfor til mål

en. Investeringer i smarte nett representerer store investeringer og muligheter for norske leverandører, og treffer derfor mål tre.

Utviklingstrekkene innen forbruk av energi treffer mål to gjennom energieffektivisering i bygninger og industri, og gjennom utslippsreduksjoner fra omleggingen av transportsektoren og CCS i industrien. Omlegging av transportsektoren treffer mål en ved at det øker etterspørselen etter elektrisitet og biomasse, samt at fremstilling av hydrogen fra norsk gass med CCS kan opprettholde verdien av norske gassressurser i fremtiden. Energieffektivisering og omlegging av transport medfører store globale investeringer, og treffer derfor mål tre. CCS kan potensielt utløse store internasjonale investeringer, men det er stor usikkerhet knyttet til om, og når, disse faktisk inntreffer.

Vurdering av eksisterende satsningsområder

For å vurdere de eksisterende satsningsområdene har vi sammenlignet begrunnelsen i foreliggende strategi med funnene fra omverdensanalysen, og vurdert i hvilken grad disse er forskjellige.

I hovedsak ser vi at satsningsområdene står seg, og at utviklingen som er beskrevet i foreliggende strategi fortsetter. For vann- og solkraft samsvarer begrunnelsen i foreliggende strategi i stor grad med funnene fra omverdensanalysen.

For havbasert vind vurderer vi potensialet for mål en likt som i foreliggende strategi, mens for mål tre vurderer vi potensialet for måloppnåelse lavere enn i foreliggende strategi. Den lavere vurderingen for mål tre baserer seg på at nyere estimerer tillegger havbasert vind en betydelig mindre del av globale investeringer enn andre produksjonsteknologier. Imidlertid viser den senere tids kostnadsutvikling havbasert vind at dette utviklingstrekket kan vende.

For CCS er vår vurdering lik som i foreliggende strategi for mål en og mål tre; avkarbonisering av norsk gass ved hjelp av CCS kan bidra til økt utnyttelse av norske energiresurser (mål en), mens store investeringer i CCS representerer et potensial for norsk leverandørindustri. For mål en er det også relevant at hydrogen kan fremstilles fra gass med CCS. I foreliggende strategi er CCS vurdert som ikke relevant for mål to. Vår vurdering i omverdensanalysen er at CCS også kan bidra til store utslippskutt i norsk industri, og således har stort potensial for måloppnåelse for mål to.

For energieffektivisering er funnene fra omverdensanalysen og foreliggende strategi i stor grad like for mål to og tre. Energieffektivisering er ikke vurdert som relevant for mål en i foreliggende strategi, mens i omverdensanalysen har vi avdekket to effekter på etterspørselen etter norsk energi og effekt. Energieffektivisering vil senke etterspørselen etter norsk energi, mens etterspørselen etter norsk effekt vil kunne øke som følge av at energieffektiviseringstiltak ofte er mer effektkrevende.

Fleksible energisystemer er det satsningsområdet hvor vi har avdekket flest endringer. Satsningsområdet er stort, og vi har i omverdensanalysen brutt satsningsområdet ned i flere delområder og vurdert disse enkeltvis. Vi har identifisert enkeltområder som har blitt mer fremtredende, dette gjelder særlig «markedsdesign», «interaktive kunder» og «digitalisering».

Vurdering av mulige nye satsningsområder

Omverdensanalysen har synliggjort flere nye områder som kan være aktuelle som nye satsningsområder i Energi21-strategien. Dette er områder som, basert på endringene i omverdenen, med fordel kan trekkes tydeligere frem enn i eksisterende strategi. De mulige nye satsningsområdene er «Digitalisering», «Bærekraftig transport», «Markedsdesign», «Interaktive kunder» og «Hydrogen som energibærer».

Digitalisering er et område som har blitt mer fremtredende siden forrige strategi, og som med fordel kan trekkes tydeligere frem. Området 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.

Markedsdesign er gjennom omverdensanalysen synliggjort som særlig viktig for å muliggjøre omleggingen til et lavutslippssamfunn og for å nå klimamål. Fagområdet berører mange utviklingstrekk på tvers av energisystemet, og dets hovedfunksjon er å skape gode rammevilkår for

klimatevennlige løsninger. Markedsdesign er således viktig for å utvikle et mest mulig effektivt fremtidig energisystem. Markedsdesign har et stort potensial for måloppnåelse for alle Energi21s målsetninger. *Bærekraftig transport* har et stort potensial for utslippskutt i Norge (mål to), og det investeres enorme summer globalt i omleggingen av transportsystemet (mål tre). I tillegg vil omleggingen av transportsektoren øke etterspørselen etter bærekraftige drivstoff som elektrisitet, biodrivstoff og hydrogen, og representerer således et potensiale for økt utnyttelse av norske energiresurser (mål en).

Interaktive kunder omfatter flere utviklingstrekk som bidrar til at kunden får 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.

Hydrogen som energibærer inkluderer bruk av hydrogen som bærekraftig drivstoff i transportsektoren, som reduksjonsmiddel i industrien og til distribuert og storskala lagring. Det 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 ved bruk av overskuddsproduksjon fra uregulerbar produksjon eller fra naturgass med CCS, og kan således bidra til økt utnyttelse av norske energiresurser (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. Arbeidet har skjedd i samarbeid med en bredt sammensatt referansegruppe som har bestått av aktører fra næringslivet, academia og myndigheter. Det er gjennomført to arbeidsmøter med referansegruppen hvor et bredt sett av tema knyttet til energisystemet er drøftet. Det ble også gjennomført to møter med Energi21s styre for å sette retning på arbeidet og drøfte resultatene. Underveis i arbeidet er det gjennomført en rekke møter med styreleder Sverre Aam og direktør Lene Mostue for å drøfte resultater og fremdrift.

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 ny 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 satsningsområder innenfor energiområdet, og at satsningsområdene skal støtte opp under nasjonale mål satt av myndighetene. Målene innebærer økt verdiskaping basert på nasjonale energiressurser, energiomlegging til et mer miljøvennlig energisystem og utvikling av et internasjonalt konkurransedyktig næringsliv. Ved at Energi21 utpeker områder som virker særlig lovende ut i fra nasjonale målsetninger, innebærer det at strategien nødvendigvis handler om anvendt forskning som kan bidra til disse relativt konkrete målene. Dette innebærer også 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 bransjeaktører er derfor 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.

Energiområdet preges av sterke internasjonale og nasjonale drivkrefter, som driver endringer med stor betydning for utviklingen av det norske energisystemet. Blant annet har COP21 i Paris resultert i en ny, global klimaavtale med ambisiøse mål for utslippsreduksjoner, utviklingen av fornybare produksjonsteknologier har gått raskere enn de fleste forhåndsanalyser hadde forutsett, og digitalisering gir muligheter for endringer i alle deler av energisystemet. Til sammen har drivkreftene i og rundt energisystemet potensial til å drive frem dyptgripende og hurtigere endringer enn vi har sett tidligere.

Formålet med denne rapporten er å analysere endringer i energisystemets (Energi21s) omverden som har fremkommet 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 strategi.

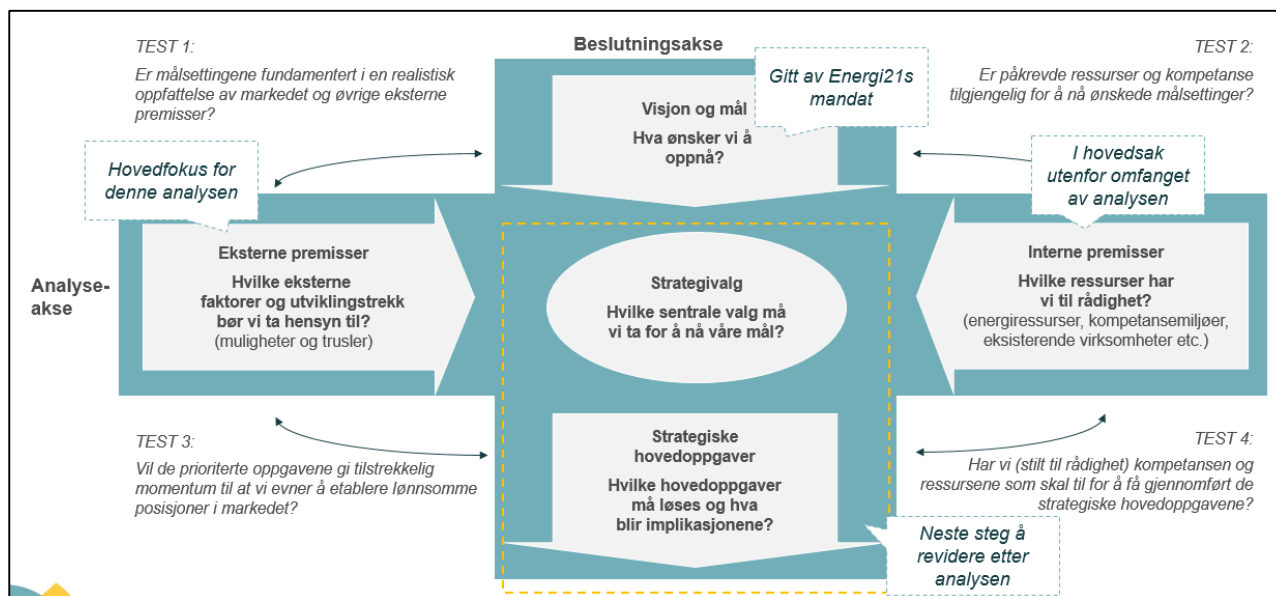
Denne rapporten dokumenterer arbeidet med omverdensanalysen. Vi begynner med en introduksjon til metoden som har vært brukt i kapittel 2. Deretter beskriver vi makrotrender og resulterende utviklingstrekk i energisystemet i kapittel 3 og 4. Kapittel 5 beskriver analysen av utviklingstrekkene sett opp mot Energi21s målsetning, før kapittel 6 gir en overordnet beskrivelse av mulige revisjonsbehov for Energi21s strategi. Administrasjonen i Energi21, ved direktør Lene Mostue og styreleder Sverre Aam, har fulgt arbeidet med omverdensanalysen tett gjennom hele prosessen.

2 METODE OG ARBEIDSFORM

2.1 Omverdensanalysen tar utgangspunkt i et rammeverk for strateg utvikling

Strategirammeverket er brukt som utgangspunkt for å gjennomføre omverdensanalysen (se Figur 1 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 1 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, en referansegruppe bestående av representanter fra næringsliv og forsknings- og utdanningsmiljøer, samt Energi21s styre og administrasjon (kapittel 2.5).

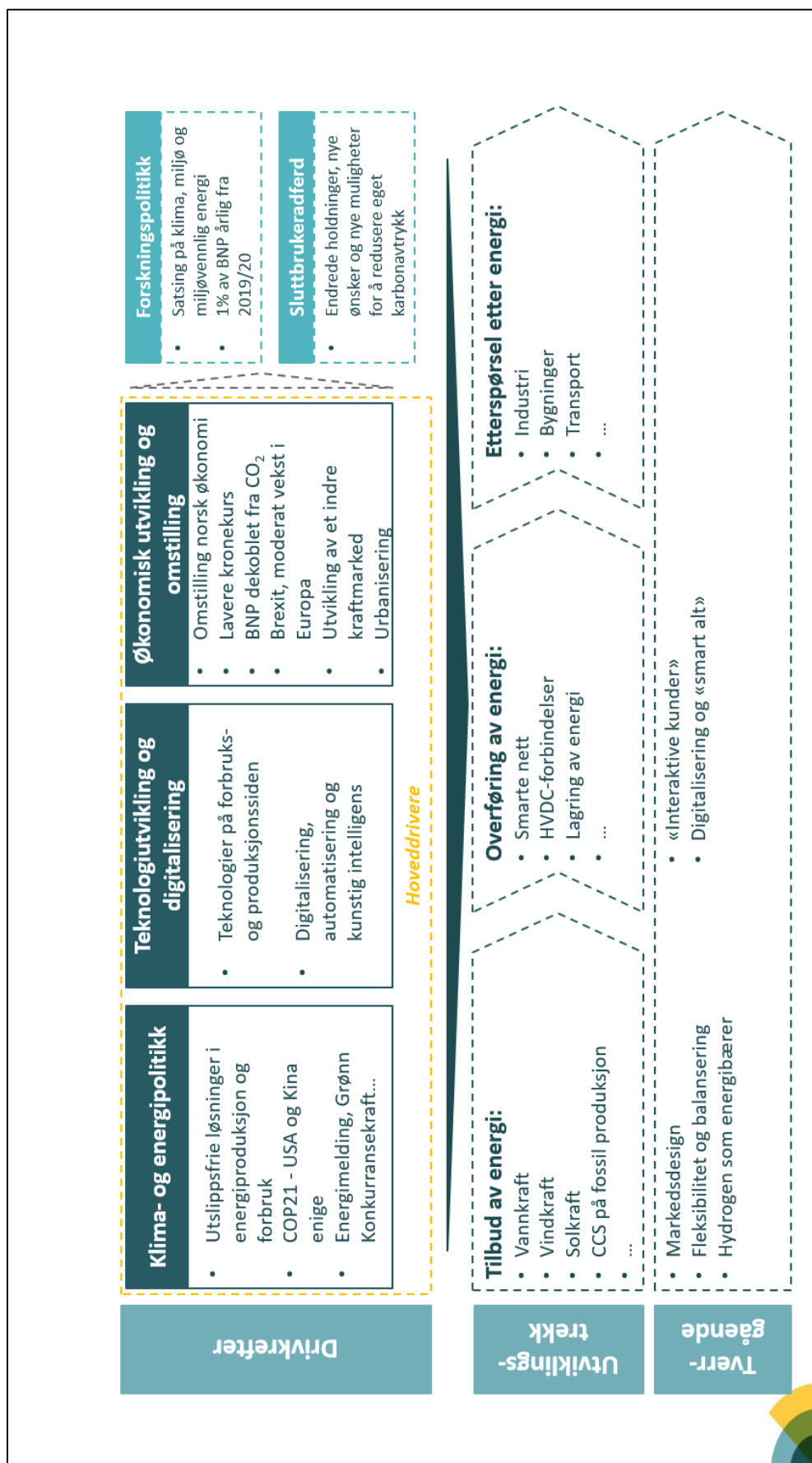
2.2 Vurdering av makrodrivere og utviklingstrekk i energisystemet

En lang rekke drivkrefter og utviklingstrekk er identifisert i omverdensanalysen. 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 således bør utgjøre sentrale byggeklosser i vår inndeling. Samtidig har vi vært oppmerksomme på nye og forskjellige 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 referansegruppen administrasjonen og styret til Energi21. Endelig inndeling er presentert i Figur 2.

Figur 2 Inndeling av drivkrefter og utviklingstrekk



Øverste del av figuren inneholder de overordnede makrotrendene som har kraft til å drive utviklingen av energisystemet. Med «energisystemet» mener vi her produksjon, overføring og forbruk av elektrisitet samt forbruk av annen energi i bygg, industri og transportsektoren. Makrotrendene inkluderer «Klima- og energipolitikk», «Teknologiutvikling og digitalisering» og «Økonomisk utvikling og omstilling». Disse overordnede drivkreftene påvirker også forskningspolitikken og sluttbrukeradferden i energisystemet. De overordnede drivkreftene diskuteres nærmere i kapittel 3.

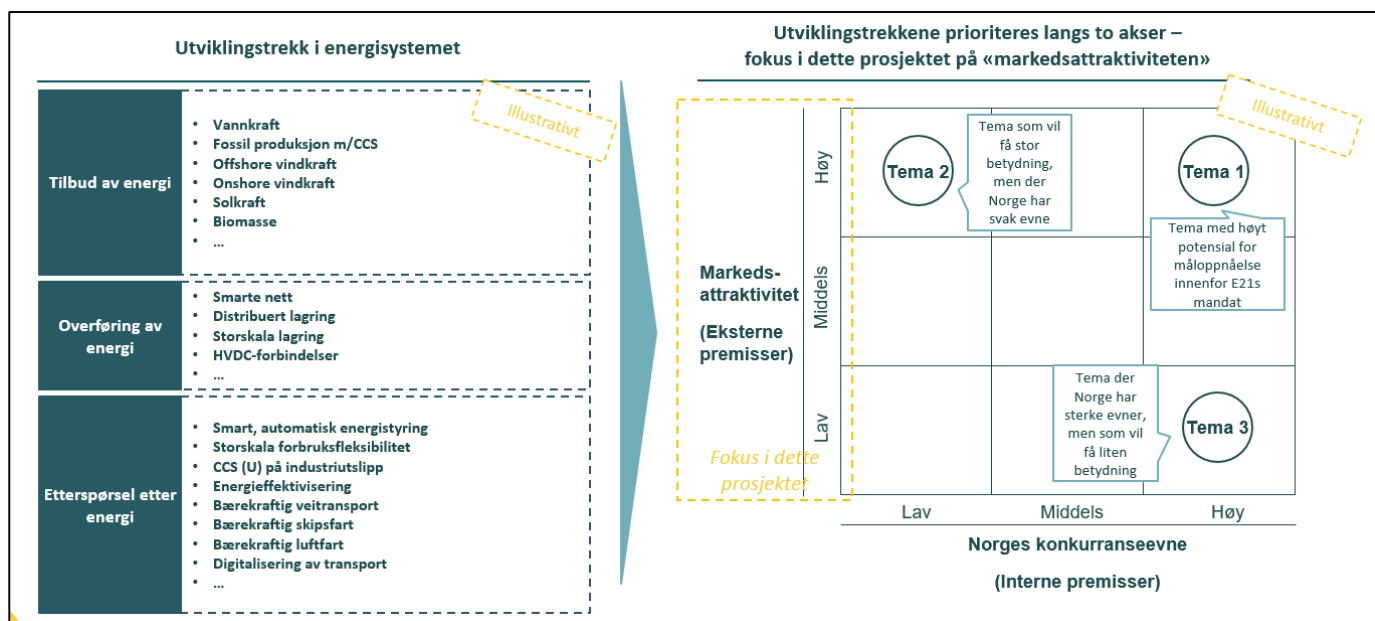
Neste nivå i inndelingen består av de konkrete utviklingstrekkene som finner sted innenfor forskjellige deler av energisystemet som følge av de overordnede drivkreftene. Dette er konkrete og observerbare utviklingstrekk innenfor produksjon, overføring og etterspørsel etter energi. Fordi utviklingstrekkene utgjør de konkrete og observerbare endringene i energisystemet, så danner de utgangspunktet for den videre analysen og behandles inngående i de påfølgende kapitlene. Utviklingstrekkene presenteres i kapittel 4, og vurderes opp mot Energi21s målsetninger i kapittel 5.

Det nederste nivået i inndelingen består av temaer som er identifisert på tvers av utviklingstrekkene i de forskjellige delene av energisystemet. Disse tverrgående temaene er modnet gjennom diskusjoner med referansegruppen og administrasjonen i Energi21. De tverrgående temaene synliggjør at enkelte temaer består av flere utviklingstrekk i forskjellige deler av energisystemet, og at disse med fordel bør diskuteres i sammenheng. De tverrgående temaene diskuteres nærmere i kapittel 4.4.

2.3 Utviklingstrekkene prioriteres etter potensial for bidrag til Energi21s målsetninger

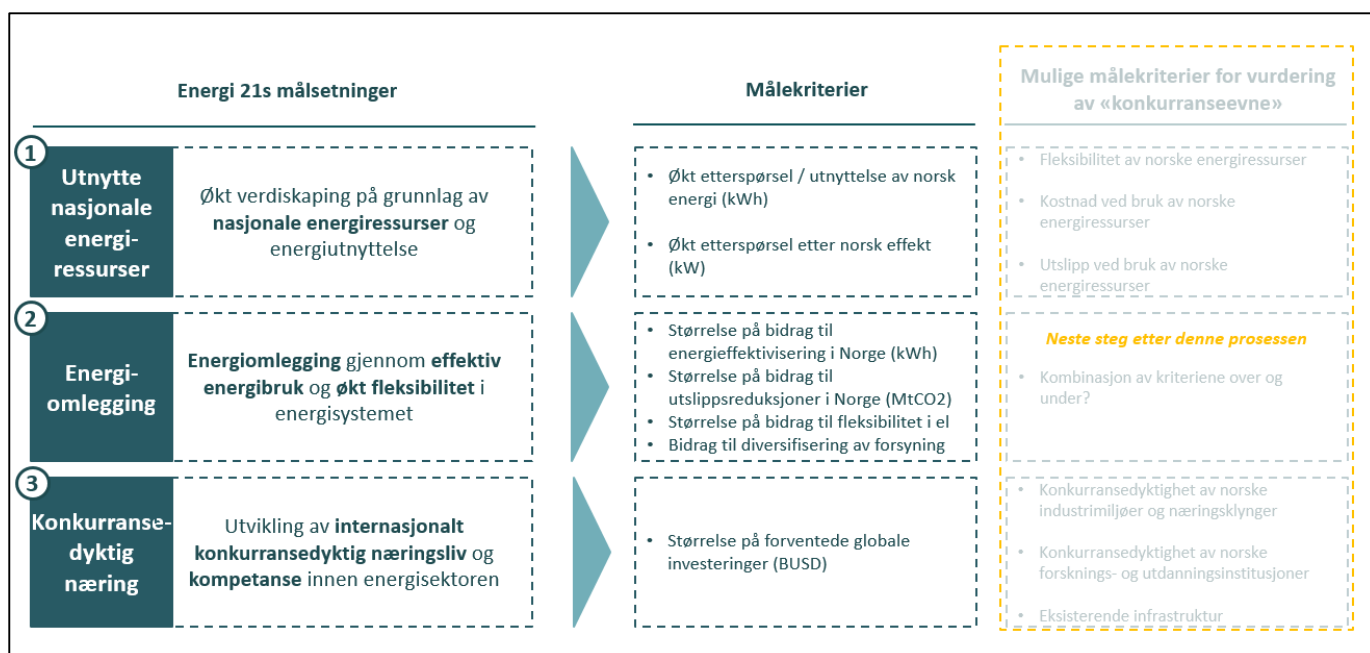
Figur 2 presenterer en lang liste av utviklingstrekk som vurderes og prioriteres opp mot deres relative viktighet for Energi21-strategien. En prioritering av utviklingstrekkene basert på deres potensial for bidrag til Energi21s mål er nødvendig for å si noe om revisjonsbehovet til foreliggende strategi. Men det er også nødvendig for å vurdere viktigheten av områder som faller utenfor eksisterende strategi.

Hvert utviklingstrekk prioriteres langs aksene «markedsattraktivitet» og «Norges konkurranseevne», som vist i Figur 3. Denne tilnærmingen tilsvarer en ofte brukt metode for utvikling av porteføljestrategi i konsern, der ressurser prioriteres til forretningsmuligheter der selskapet ser attraktive markedssegmenter samtidig som man har et godt grunnlag for å konkurrere og vinne markedsandeler.

Figur 3 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 konkurranseevne» 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 4 under.

Figur 4 Målekriterier for vurdering av markedsattraktivitet

Det første målet til Energi21 handler om å øke verdiskaping på grunnlag av nasjonale energiresurser og energiutnyttelse. For å vurdere markedsattraktivitet basert på dette målet, introduseres to målekriterier:

- *Økt etterspørsel/utnyttelse av norsk energi (kWh):* Utviklingstrekk som medfører en høyere etterspørsel etter norsk energi vil vurderes høyt på måloppnåelse.
- *Økt etterspørsel etter norsk effekt (kW):* Utviklingstrekk som medfører en høyere etterspørsel etter norsk effekt vil vurderes høyt på måloppnåelse.

Det andre målet handler om å omlegge energisystemet til et mer energieffektivt, fleksibelt og miljøvennlig system. For å vurdere markedsattraktivitet basert på dette målet, introduseres fire målekriterier:

- *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 (MtCO₂):* Utviklingstrekk som bidrar til utslippsreduksjoner i Norge vil vurderes høyt på måloppnåelse.
- *Størrelse på bidrag til fleksibilitet i elektrisitetsforsyningen:* Utviklingstrekk som bidrar til fleksibilitet i den norske elektrisitetsforsyningen vil 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 medfører at vi vurderer diversiteten i energisystemet i Norge som helhet, inkludert elektrisitetsforsyning, fjernvarmeforsyning og energi brukt i transportsektoren. Det tredje målekriteriet fokuserer kun på fleksibilitet innenfor elektrisitetsforsyningen, som blir nødvendig i den grad vi får mindre diversitet i den totale energiforsyningen.

Det tredje målet handler om å utvikle et internasjonale konkurransedyktig næringsliv og kompetanse innen energisektoren. For å vurdere markedsattraktivitet basert på dette målet, introduseres ett målekriterium:

- *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 6.3.

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 satsingsområde. Dette presenteres nærmere i kapittel 6.4.

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, en referansegruppe bestående av sentrale bransjeaktører og styret og administrasjonen i Energi21. Vi har i tillegg utnyttet intern kompetanse i THEMA etter behov.

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 og 3.

En referansegruppe bestående av sentrale bransjeaktører ble opprettet for å bidra med innspill og synspunkter til omverdensanalysen. Medlemmene av referansegruppen representerer næringsliv, og forsknings og utdanningsmiljøer, og deres innspill har bidratt til at omverdensanalysen er forankret mot aktørene i bransjen. Referansegruppen har bidratt med utdypinger, presiseringer og ny informasjon, og gitt innspill på hvilke utviklingstrekk som oppfattes som mer eller mindre tungtveiende. Oversikt over sammensetningen av referansegruppen finnes i Vedlegg 3.

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

THEMA Consulting Group står alene ansvarlig for rapportens konklusjoner.

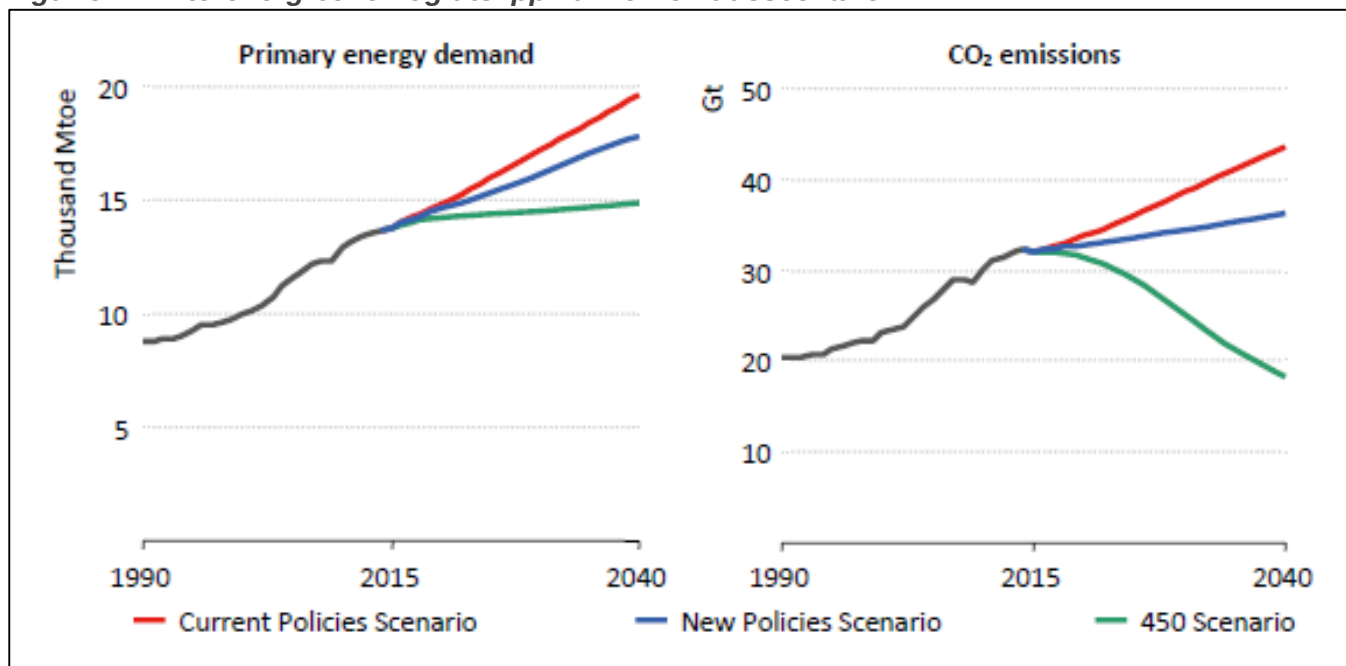
3 ENERGISYSTEMET PÅVIRKES KRAFTIG AV VIKTIGE MAKROTRENDER

Global energi og klimapolitikk er en den mest grunnleggende driveren for utviklingen av energisystemet, og målene om å begrense menneskeskapte klimaendringer påvirker alle deler av energisystemet. Klimapolitikken har en betydelig påvirkning på teknologiutviklingen, der politiske virkemidler har tilrettelagt for og muliggjort en rask utvikling av fornybare produksjonsteknologier. Internasjonale utslippsmål innebærer ofte betydelige bidrag fra CCS, men utviklingen går fortsatt for sakte i forhold til de målene som er satt. Teknologiutvikling innen digitalisering og kunstig intelligens har gått raskt de siste årene, og vil kunne drive fundamentale endringer i energisystemet. Økonomisk vekst vil drive etterspørselen etter energi opp frem mot 2040, og elektrisitetsbehovet vil øke betydelig. Stadig flere mennesker vil bo i byer, og utviklingen i byer vil ha stor betydning for fremtidig energibruk og utslippsnivåer. I Norge står vi overfor en omstilling vekk fra petroleumsnæringen, og andre næringer må vokse for å opprettholde verdiskapingen.

3.1 Ny giv i global energi- og klimapolitikk

Den mest grunnleggende drivkraften for endringer i energisystemet er de politiske beslutningene som har som mål å begrense effektene av menneskeskapte klimaendringer. Figur 5 under (IEA 2016b) viser historiske CO₂-utslipp og mulige fremtidige utslippsbaner i ulike scenarier – inkludert den veien vi er i ferd med å gå («Current policies») og hva som kreves for å begrense global temperaturstigning til to grader Celsius i 2100 sammenlignet med førindustriell tid («450 scenario»). Primærenergi behovet i verden er nødt til å flate ut, samtidig som globale utslipp må reduseres med over 30 prosent innen 2040.

Figur 5: Primærenergi behov og utslipp i ulike fremtidsscenarier.



Parisavtalen som ble resultatet av klimatoppmøtet COP21 har ført til en ny giv i klimapolitikken. Parisavtalen legger grunnlaget for et globalt samarbeid om å begrense temperaturstigningen til to grader, og samtidig jobbe videre mot ytterligere begrensninger av utslipp utover dette. Avtalen ble gyldig i løpet av høsten 2016 da store utslippsland som USA, Kina og India ratifiserte avtalen.

I Europa har EU lenge vært en pådriver for en sterk klimapolitikk, med særlig fokus på produksjon av fornybar energi, energieffektivisering, sammenkobling av energimarkeder og -systemer og

kvotemarked for CO₂-utslipp. EU-landene er på god vei mot å realisere målene satt for 2020, og har foreslått nye mål mot 2030.

De Nordiske landene har fulgt opp EUs målsetninger med ambisiøse, egne mål frem mot 2050. For eksempel har Norge og Sverige mål om å være klimanøytrale i 2050, inkludert null nettutslipp av klimagasser.

Globalt, og spesielt i Europa, fører denne politikken til store mengder ny fornybar energiproduksjon, utbygging av mellomlandsforbindelser for elektrisk kraft, stor innsats for å redusere energibruken i bygninger og industri, samt en rekke andre tiltak for å redusere utslipp i sluttbruk av energi (som for eksempel elektrifisering av nye sektorer og karbonfangst og lagring.)

3.2 Teknologit utvikling vekselvirker med politikken og støtter politiske mål

De siste årene har vi opplevd en hurtig utvikling innenfor fornybare produksjonsteknologier, og store kostnadsreduksjoner er realisert. Samtidig har utviklingen innen digitalisering, automatisering og kunstig intelligens potensial til å endre energisystemet fundamentalt. CCS er en annen avgjørende teknologi for å nå utslippsmål, men utviklingen går for sakte og innsatsen på området må økes for å kunne nå de fastsatte utslippsmålene.

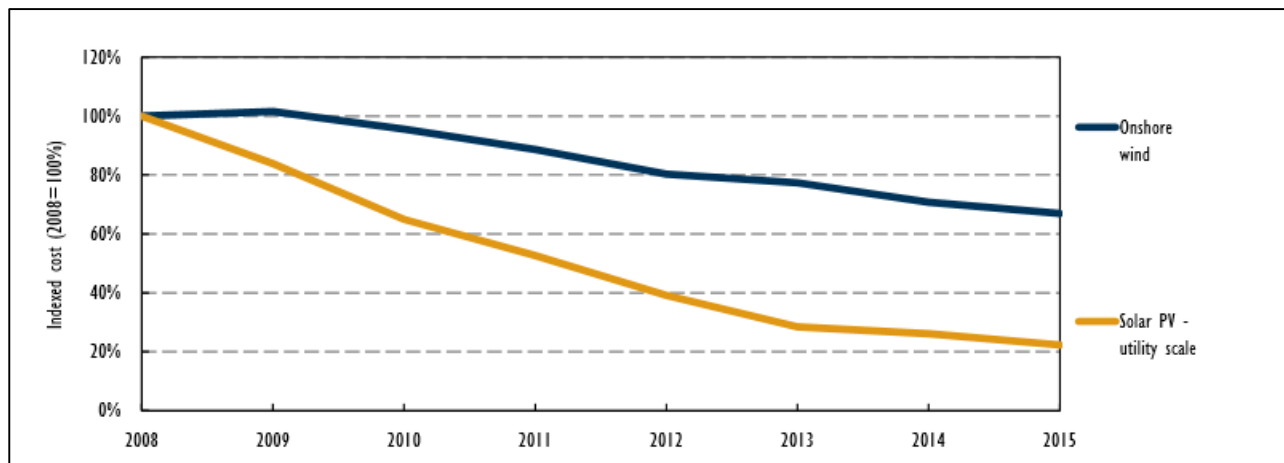
3.2.1 Store kostnadsreduksjoner for landbasert vind, solkraft og batteriteknologier

Landbasert vind- og solkraft

Landbasert vind og solkraft er for øyeblikket de raskest voksende fornybare produksjonsteknologiene globalt (IEA 2016a), og utgjør 5 prosent av global elektrisitetsproduksjon i 2015 (Bloomberg 2016). Siden 2000 er den globale elektrisitetsproduksjonen fra solkraft syvdoblet, og vindkraftproduksjonen har firedoblet seg i samme periode (Bloomberg 2016b).

Kostnadene for produksjon av elektrisitet fra solceller og vindturbiner har falt betydelig de seneste årene. Landbasert vind har hatt en kostnadsreduksjon på 35 prosent mellom 2008 og 2015, mens kostnadene for solkraft har falt med 80 prosent (Se Figur 6 under).

Figur 6 Kostnadsutvikling for landbasert vind og solkraft



IEA (2016a)

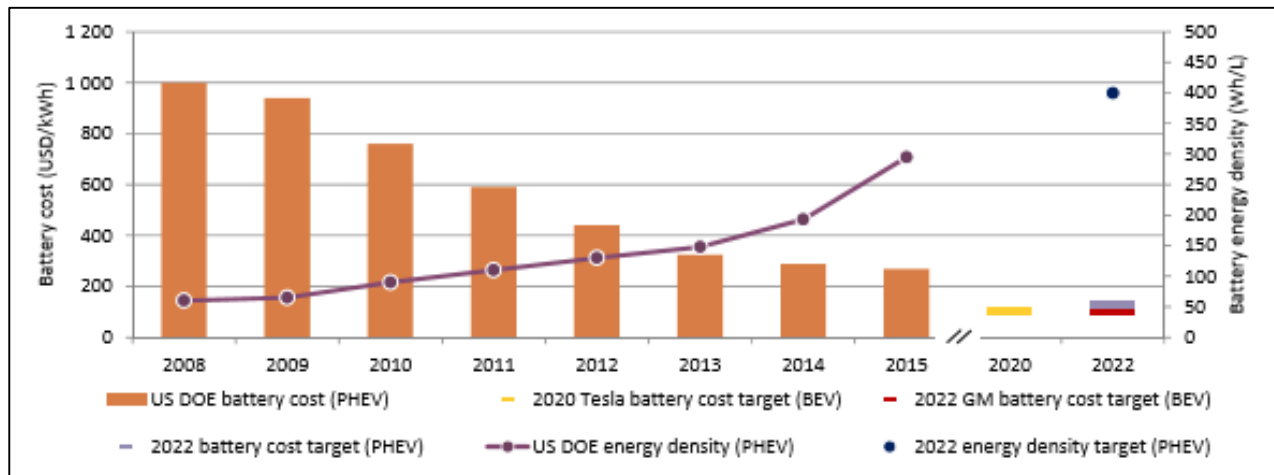
Det er forventet at kostnadene til landbasert vind- og solkraft vil fortsette å synke i årene fremover (se for eksempel Bloomberg 2016, IEA2016b). Det rapporteres stadig om nye kostnadsrekorder, og senest i august i år ble den til da laveste prisen på solkraft oppnådd med kun 29,1USD/MWh i Chile (Seenews Renewables 2016).

Denne utviklingen gjør at elektrisitetsproduksjon fra vind- og solenergi i økende grad blir konkurransedyktig i mange markeder, og vil i stor grad overta for produksjon basert på fossile kilder.

Batterier

Batteriteknologier utvikles hurtig, og over de siste årene har man oppnådd store forbedringer av lagringskapasitet og kostnadsnivå. Eksempelvis har batterier til elektriske kjøretøy oppnådd kostnadsreduksjoner på 75 % siden 2008, og betydelig forbedret energitetthet. (Se Figur 7 under.)

Figur 7 Kostnadsreduksjoner for batteriteknologier



IEA (2016d)

Kostnadsnivå er en viktig faktor for konkurranseevnen og utbredelsen av elektriske kjøretøy, og reduksjonen i batterikostnader over de senere årene har bidratt positivt i så måte. I tillegg er «rekkevidde-angst» identifisert som et betydelig hinder for utbredelse av elektriske kjøretøy, der redselen for å gå tom for energi hindrer folk fra å kjøpe elektriske kjøretøy. I midlertidig har en nyere studie ved MIT funnet at 87% av bilene på amerikanske veier kan klare seg med kun en oppladning per dag (Needell et al. 2016), og de nyeste bilmodellene har opp mot 500km rekkevidde (f.eks. Tesla, Opel Ampera).

Antallet hybrid- og el-biler er doblet fra 2014 til 2015, og nådde 1,26 millioner ved utgangen av 2015. For å nå togradersmålet estimerer IEA (2016c) at antallet elektriske kjøretøy må nå 20 millioner innen 2020 globalt, men at dette krever fortsatt støtte til forskning og utvikling, samt bruk av regulatoriske virkemidler.

Batterier vil også spille en viktig rolle i det økende behovet for energilagring, både distribuert i husholdninger og i større skala for bruk i nettet. Det økende behovet for energilagring er hovedsakelig et resultat av den sterke veksten innen fornybar kraftproduksjon, og markedet for energilagring er forventet å øke betraktelig frem til 2030. Bloomberg (2016c) anslår at 554GW batterikapasitet vil være installert i husholdninger og næringsliv innen 2040. Disse batteriene installeres i tilknytning til småskala solkraft, og bidrar til å øke graden av selvforsyning av elektrisitet.

3.2.2 Havbasert vind - mindre konkurransedyktig enn andre produksjonsteknologier

Bloomberg (2016a) forventer at havbasert vind forblir en relativt lite konkurransedyktig produksjonsteknologi frem mot 2040, og at den kun vil stå for 2 % av de globale investeringene i ny kraftproduksjonskapasitet. Til sammenligning vil landbasert vind stå for 25 % av de globale investeringene, mens sol vil stå for i underkant av 33 %.

Hoveddelen av ny havbasert vindkapasitet vil komme i Europa, som har tatt på seg en lederrolle i utviklingen av denne produksjonsteknologien. De hittil laveste prisene for havbasert vind er oppnådd i Europa; i juli i år vant Dong Energy en kontrakt i Nederland på 72,70EUR/MWh, mens Vattenfall i september vant en kontrakt i Danmark på 60 EUR/MWh (The Telegraph 2016).

3.2.3 Digitalisering

Med digitalisering mener vi en utvikling som innebærer at mange flere fysiske komponenter (i produksjon, nettet og sluttbruk av energi) styres med sensorer som måler fysiske parametere relatert til energibruk og tilstand på komponenten. Sensorene knyttes sammen i nettverk med toveis kommunikasjon som gjør at all data som produseres samles og analyseres, og kontrollsignaler sendes tilbake for å optimalisere bl.a. energibruk.

I tillegg blir dataprosessering- og lagring stadig billigere og mer tilgjengelig gjennom for eksempel skybaserte løsninger. Software og metodeverk for analyse av store datamengder (inkludert kunstig intelligens og maskinlæring) utvikles raskt og gjøres tilgjengelig for nye anvendelser.

I energisektoren innebærer dette store muligheter for produsenter, nettselskaper og sluttbrukere;

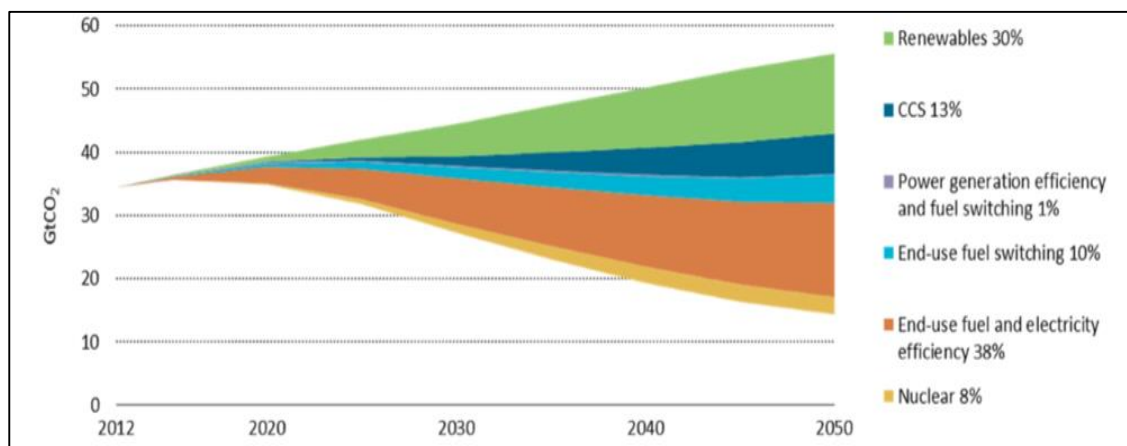
- For kraftprodusenter vil nye digitale hjelpemidler kunne bidra til mer effektivt drift av kraftverk, anlegg og utstyr og automatisering av flere back-office prosesser.
- For overføringsnettet vil digitalisering gi et smartere nett med økt fleksibilitet, sikkerhet og kostnadseffektivitet. Flere av teknologiene for digitalisering av nettet er allerede utviklet, som for eksempel smart måleteknologi, mens kunstig intelligens vil gjøre det mulig å utnytte informasjonen enda bedre fremover.
- For strømleverandører vil digitalisering kunne åpne muligheter for å bedre kundeopplevelsen til lavere kostnader. Samtidig får forbrukeren bedre informasjon og kontroll over eget forbruk, og kan styre forbruket i forskjellige apparater og optimere energibruket ved hjelp av programmer som anvender kunstig intelligens.

Digitalisering av transportsektoren skjer også i raskt tempo, og betydelige ressurser brukes på å utvikle smartere, førerløse kjøretøy. En digitalisering av transportsektoren kan føre til betydelig bedret utnyttelse av bilparken, ved at transport i fremtiden i større grad også kan kjøpes som en tjeneste (til forskjell fra å eie egne transportmidler).

3.2.4 Usikker utvikling for CCS (Carbon Capture and Storage)

Det fremgår av de fleste fremtidsscenarier at CCS må stå for en betydelig del av nødvendige utslippskutt for å nå internasjonale klimamål. (FNs klimapanel, IEA m.fl.). For eksempel anslår IEA (2015) at CCS må stå for 13 % av de nødvendige utslippskuttene innen 2050, se Figur 8 under.

Figur 8 CCS står for 13% av utslippskutt i IEAs togradersscenario



IEA (2015)

Teknologien for CCS er i bruk til både industrielle formål og for kraftproduksjon. Fremdeles er imidlertid til kostnadene for høye og barrierene for mange til at CCS er tatt i bruk i det omfang som var forventet bare få år tilbake. Hvis utviklingen forsetter i samme takt som den har gjort de siste årene, vil man ikke kunne realisere de nødvendige utslippsmålene i tide. Det har lenge vært et tegn

til endring, og størsteparten av eksisterende og planlagte CCS-prosjekter er innen økt oljeutvinning (IEA 2016c). Etter Parisavtalen ser det imidlertid ut til satsingen på CCS har fått en ny giv. Økt interesse for CCS til industrielle formål ses bl.a. i Frankrike (Lafarge, Air Liquide, Total), Storbritannia og på EU nivå. I Nederland er det støtte for ROAD-prosjektet som har til hensikt å rense CO₂ fra et gasskraftverk. Utenfor Europa satser det på CCS i Nord-Amerika og Kina.

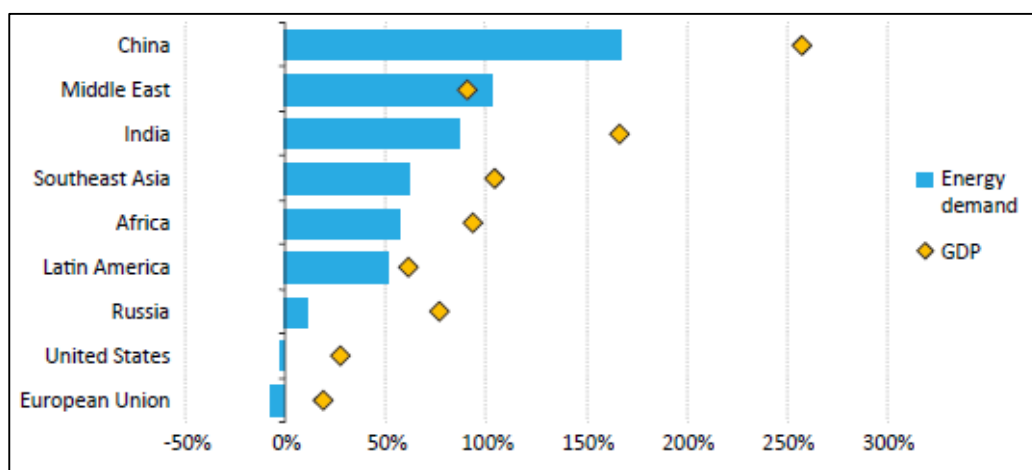
Norge har et uttalt mål om å utvikle CCS-teknologier (Regjeringen 2014), og ser på muligheten til å etablere opp til tre fullskala anlegg. Målet med satsningen er å bidra til at CCS blir kommersielt tilgjengelig for å bidra til å nå klimamålene. Videre ønsker regjeringen at Norge fortsatt skal spille en sentral rolle i lagring av CO₂, og således utnytte kompetanse og naturlige forutsetninger på norsk sokkel for lagring av CO₂ som bl.a. bygger på mange års erfaring fra lagring av CO₂ på Sleipnefeltet.

3.3 Økonomisk vekst og omstilling bidrar til økt energi- og elektrisitetsbruk

3.3.1 Vekst i global energietterspørsel frem til 2050 – svakere kobling mellom økonomisk vekst og energibruk

På verdensbasis forventes etterspørselen etter energi å øke frem mot 2050. Veksten i den globale energietterspørsel drives frem av økonomisk vekst og befolkningsvekst. Sammenhengen mellom økonomisk vekst og energibruk varierer på tvers av land som vist i Figur 9 under.

Figur 9 Sammenhengen mellom vekst i BNP og energibruk 2000-2014



IEA (2016b)

Av figuren fremgår en sterk kobling mellom vekst i energibruk og økonomisk vekst på global basis. Likevel har det i perioden 2000-2014 vært observert noe nytt, nemlig en dekobling av økonomisk vekst og energibruk i USA og EU. I disse årene har ikke den økonomiske veksten blitt fulgt av en tilsvarende vekst i energibruken.

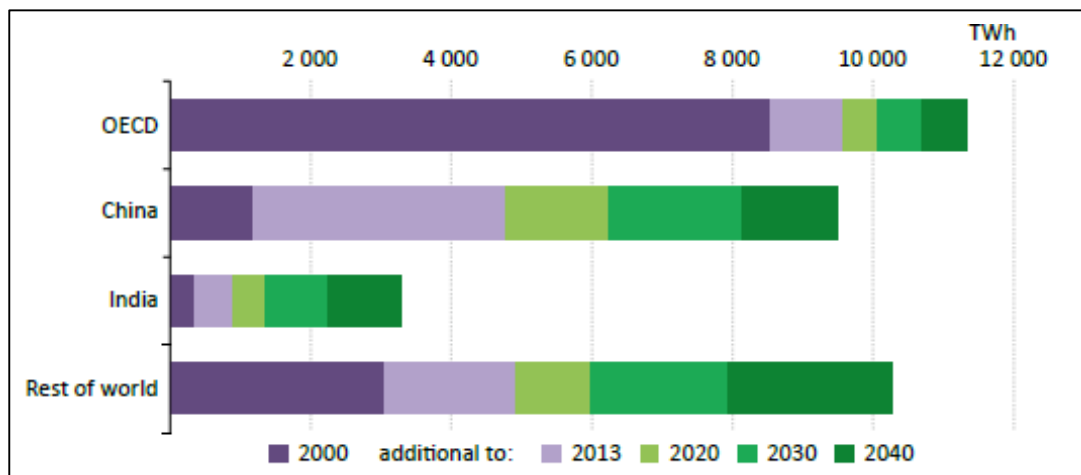
IEA (2016b) forventer at koblingen mellom økonomisk vekst og energibruk svekkes. Foreløpige estimater viser at den globale energiintensiteten sank med 1,8 % i 2015, som er over en dobling av gjennomsnittlig forbedring det siste tiåret. IEA (2016b) anslår at en global økonomisk vekst på 3,4 % frem til 2040, det vil si en dobling av verdensøkonomien fra i dag, kun vil medføre en 9% økning i primærenergieterspørselen i IEAs 450-scenari¹.

¹ 450-scenariet legger til grunn en utvikling som er konsistent med målet om å begrense global oppvarming til 2°C ved å begrense konsentrasjonen av drivhusgasser i atmosfæren til 450 parter per million av CO₂.

3.3.2 Økt elektrisitetsforbruk globalt

Omstillingen til et lavutslippssamfunn vil medføre et større elektrisitetsforbruk globalt, da elektrifisering av ulike former for energiforbruk kan medføre både energieffektivisering og utslippsreduksjoner (kombinert med utslippsfri kraftproduksjon). I tillegg er tilgang på elektrisk kraft tett knyttet til velstandsutvikling i fremvoksende økonomier. Utviklingen i elektrisitetsforbruket i forskjellige deler av verden frem mot 2040 er vist i Figur 10 under.

Figur 10 Global elektrisitetsforbruk til 2040



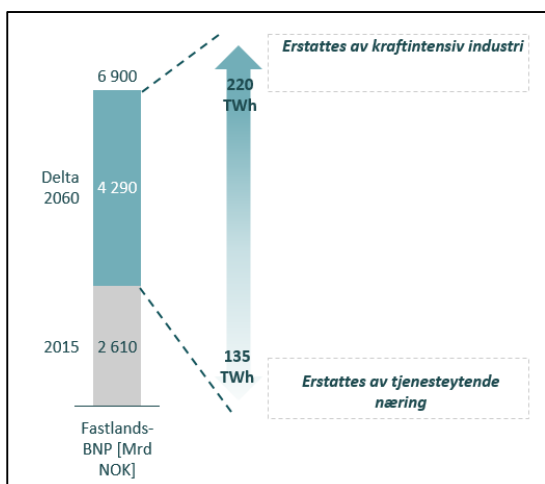
Kilde: IEA

3.3.3 Norge må omstilles vekk fra petroleumsnæringen

I Norge i 2016 står petroleumssektoren (inkludert leverandørindustrien) for 15 % av BNP (Norsk Petroleum 2016). Gitt internasjonale klimaforpliktelser er det sannsynlig at Norge i fremtiden ikke i like stor grad kan basere seg på inntekter fra denne næringen, og er nødt til å omstille seg til nye næringer.

Med utgangspunkt i vurderingene i «Perspektivmeldingen» (2013) om fremtidig næringssammensetting og økonomisk vekst i Norge, inkludert en utfasing av petroleumsnæringen, vil fastlands-BNP måtte øke med 164 % i 2060 sammenlignet med 2015 for å opprettholde velstandsnivået (THEMA 2016).

En omstilling vekk fra petroleumssektoren vil innebære en annen, fremtidig næringsstruktur enn vi har i dag. Avhengig av hvilken BNP vekst vi klarer å realisere, og avhengig av hvilke næringer som står for den fremtidige verdiskapingen, vil elektrisitetsbehovet øke i større eller mindre grad. Se figur Figur 11 under.

Figur 11 Vekst i fastlands-BNP vil øke el-behovet

THEMA (2016)

Figur 11 viser at Norge mest sannsynlig får økt elektrisitetsbehov i fremtiden, men at utfallsrommet er stort. Det ene ytterpunktet viser at hvis en stor del av veksten i fastlands-BNP skjer innen kraftintensiv industri vil elektrisitetsforbruket øke med 220TWh årlig, mens hvis veksten i fastlands-BNP i hovedsak skjer innen tjenesteytende næring vil ikke elektrisitetsforbruket øke nevneverdig. Mest sannsynlig vil flere næringer bidra til vekst i fastlands-BNP, og elektrisitetsforbruket vil være et sted imellom ytterpunktene.

3.3.4 Urbanisering

I 2013 bor over halvparten av verdens befolkning i byer, byer står for over 80 % av verdens BNP, to tredeler av verdens primærenergieterspørsel og 70% av alle energirelaterte utslipp (IEA 2016d). Urbaniseringen forventes å fortsette; i 2050 vil over to tredeler av verdens befolkning bo i byer, og byer vil stå for 85% av verdens BNP. Utfallsrommet for fremtidig energibruk og utslipp fra byer er stort, og en bærekraftig utvikling i byer vil være avgjørende for å kunne nå klimamål.

Hvis utviklingen for energisystemet i byer forsetter i samme retning som før, vil man se en betydelig økning i primærenergieterspørselen og utslipp fra byer. Derimot, hvis energisystemet utvikler seg i tråd med togradersscenariet vil utslippskuttene knyttet til energibruk i byer utgjøre 70 % av de totale utslippskuttene. Store deler av utslippskuttene vil oppnås gjennom økende grad av elektrifisering av flere forbruksområder, under forutsetning om en dekarbonisering av kraftsektoren.

3.4 Forskningspolitikken følger opp overordnede politiske mål

Internasjonalt forskningssamarbeid er viktig for å kunne utvikle nye og klimavennlige løsninger for energiområdet, og forskningsinnsatsen rettes mot å oppnå klimamål. Norsk deltagelse i internasjonale forskningssamarbeid bidrar til at våre nasjonale forsknings- og utdanningsmiljøer holder en høy internasjonal standard, noe som vil være viktig for å utvikle et internasjonalt konkurransedyktig næringsliv.

I foreliggende strategi utpekes EU som den viktigste internasjonale forskningsarenaen, og her har Norge hatt en aktiv rolle gjennom en rekke forskningsprosjekter og initiativer. Strategic Technology Plan er EUs samarbeidsarena for utvikling av strategisk viktige energiteknologier, der forskningsinnsats på tvers av land skal samkjøres.

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. I løpet av årene 2014 til 2020 vil 10 milliarder Euro tilføres forskning på «ren energi».

EUs vinterpakke peker på særlig fire områder som forskningsinnsatsen gjennom Horizon 2020 midlene satser på fremover. De fire områdene er dekarbonisering av bygningers energibruk mot

2050, styrke EUs lederskap gjennom å utvikle neste generasjon fornybare teknologier, utvikle energilagringssystemer til lavere kostnader og elektrifisere transportsektoren inkludert utvikling av mer urbane transportsystemer. Det understrekes videre at digitalisering er en viktig underliggende driver for alle endringene som skjer i energisystemet og de fire forskningsområdene.

I 2015 tilsluttet Norge seg Mission innovation, et internasjonalt initiativ som har som mål å *drive en dramatisk akselerasjon av global innovasjon innen ren energi* (Mission Innovation 2016). Gjennom Mission Innovation har Norge, og de andre medlemslandene, forpliktet seg til å doble forskningsbudsjettet for forskning på ren energi over de neste fem årene. I tillegg til statlig finansiering, har en rekke entreprenører og private investorer forpliktet seg til å bidra til forskning i «Mission Innovation»-landene, gjennom «The Breakthrough Energy Coalition».

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 forsterket 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 Google en lignende tilnærming.

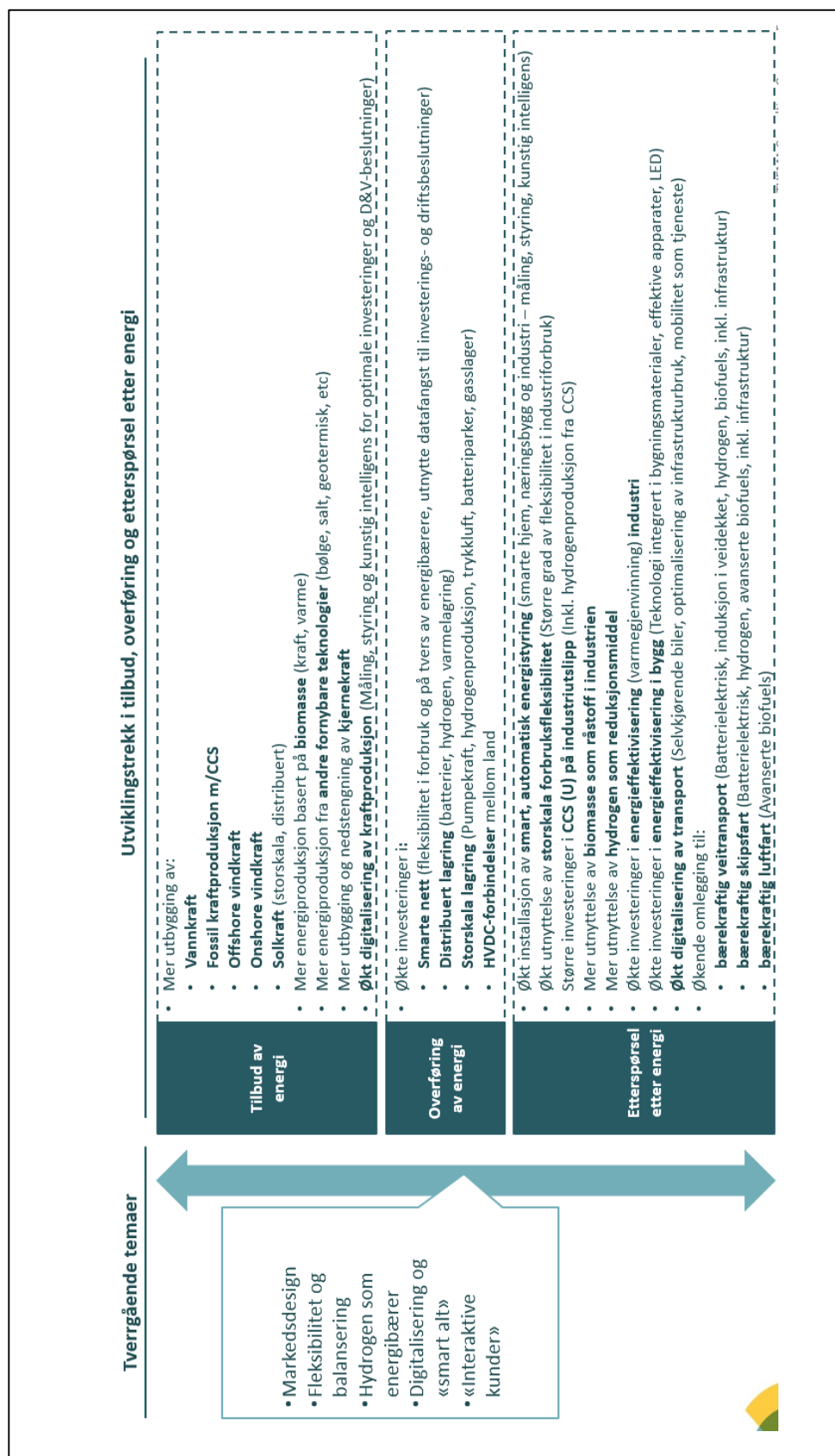
I deler av verden har utbredelsen av egenproduksjon av elektrisitet fra solceller opplevd sterk vekst, og enkelte steder utgjør dette i dag en betydelig del av den totale kraftproduksjonen. Koblet med muligheter for distribuert lagring av energi kan denne formen for energiproduksjon og -forbruk på sikt 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, mellomlandsforbindelser og energilagring. Innen forbruk av energi innebærer utviklingstrekkene energieffektivisering i industri og bygninger, samt en økende avhengighet av elektrisitet som følge av elektrifisering av nye forbruksområder. På tvers av energisystemet har vi identifisert fem tverrgående temaer som berører flere av utviklingstrekkene; «Markedsdesign», «Fleksibilitet og balansering», «Hydrogen som energibærer», «Digitalisering» og «Interaktive kunder».

Makrotrendene som er beskrevet i forrige kapittel driver frem en lang rekke utviklingstrekk innenfor produksjon, overføring og etterspørsel etter energi. Figur 12 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 kapittelet gir vi en overordnet innføring i hva de ulike utviklingstrekkene innebærer, før vi i det neste kapittelet viser resultatene fra analysen av utviklingstrekkene sett opp mot Energi 21s ulike målsettinger.

Figur 12: Lang bruttoliste av utviklingstrekk for vurdering i omverdensanalysen



4.1 Produksjon av energi blir i større grad utslippsfri, men også uregulerbar

Utviklingstrekkene innenfor tilbud av energi innebærer en storstilt utskiftning fra energiproduksjon basert på fossile brennstoff til energiproduksjon basert på fornybare og utslippsfrie energikilder. For elektrisitetsproduksjon innebærer dette i første rekke store utbygginger av vindkraft på land og havbasert; store mengder ny solkraft, både distribuert på hustak og i større, sentrale solkraftanlegg; og fortsatt utbygging av vannkraft der det er uutnyttede ressurser.

Utbygging av fornybar, uregulerbar kraftproduksjon er en global utvikling som merkes i alle verdensdeler, og påvirke kraftsystemet i Europa (sol og vind) og Norden (hovedsakelig vind). I Norge isolert sett vil det bygges ut noe mer vannkraft og vindkraft, og utviklingen i våre naboland kan føre til større etterspørsel etter fleksibiliteten fra den eksisterende norske vannkraften.

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.) Globalt skal det trolig være en nettoøkning i kjernekraftproduksjonen frem mot 2030.

I søken etter nye kilder til fornybar kraftproduksjon vil trolig andre produksjonsteknologier også videreutvikles og investeres i (som f.eks. geotermisk kraftproduksjon og bølgekraft), men disse står i de fleste fremtidsscenarier for en meget liten andel av ny kraftproduksjon.

De aller fleste fremtidsscenarier inkluderer også en viss utstrekning av karbonfangst og -lagring (CCS) på fossil kraftproduksjon, men det er fortsatt usikkert hvorvidt denne teknologien vil utvikles tilstrekkelig raskt til å kunne konkurrere med alternativ, utslippsfri kraftproduksjon.

Energiproduksjon basert på biomasse vil også få en viktigere rolle frem mot 2030. Eksisterende kullkraftverk kan konverteres til å bruke biomasse som brensel, og en større andel av varmen som produseres i fjernvarmeanlegg og distribuert i bygninger vil basere seg på biomasse som brensel.

Utviklingen av digital teknologi gjør seg gjeldende også innenfor kraftproduksjon, hvor det i økende grad blir mulig å måle fysiske parametere og anvende kunstig intelligens for å avdekke og prediktere feil for å optimalisere drift, vedlikehold og reinvesteringer. Denne teknologien har potensial til å betydelig redusere kostnadene til kraftproduksjon, og vil trolig tiltrekke seg investeringer globalt.

4.2 Overføringsnett og energilagring bidrar til å integrere uregulerbar produksjon

Utviklingstrekkene innenfor overføring og lagring av energi innebærer relativt store investeringer for å håndtere integrasjonen av fornybar og uregulerbar kraftproduksjon i kraftsystemet. Dette inkluderer mellomlandsforbindelser, distribuert og storskala energilagring, samt digitale og «smarte» nett.

Mellomlandsforbindelser er en viktig del av virkemidlene for å oppnå EUs mål om en høy andel fornybar kraftproduksjon, og bidrar til å utjevne variabilitet i produksjon og forbruk over større geografiske områder. Norge og Norden vil knyttes tettere til resten av Europa, noe som åpner for større muligheter for eksport av både energi og effekt fra norsk kraftproduksjon. Samtidig kan det reises spørsmål om hvilken betydning kabler får for prisnivået og norsk kraftintensiv industris konkurranseevne.

Energilagring blir en viktig kilde til fleksibilitet i fremtidens kraftsystemer globalt. Storskala teknologier som trykkluftslagring og pumpekraft er velegnet til å lagre store energimengder over lengre tidsperioder, for eksempel mellom sesonger. Kostnadene for batterilagring er under kraftig utvikling, og batterier tas i bruk til stadig nye bruksområder, som utjevning av effekttopper i nettet, rask frekvensregulering for systemoperatøren og for å øke eget forbruk av egenprodusert solelektrisitet.

Teknologien for digitalisering av overføringsnettet er i stor grad utviklet, og det investeres store summer globalt i måleteknologi for bedre oversikt over tilstanden i nettet, avanserte strømmålere og kunstig intelligens for å analysere bruksmønstre og optimalisere feilretting og investeringsbeslutninger.

4.3 Elektrifisering og energieffektivisering reduserer totalt energibruk, men øker etterspørselen etter elektrisitet

Utviklingstrekkene innenfor etterspørsel etter energi innebærer en storstilt omlegging av sluttbruk av energi fra fossile brenslers til fornybare kilder – i stor grad basert på elektrisitet som energibærer der det er et reelt alternativ. Samtidig brukes det store ressurser globalt på å redusere energiintensiteten i all aktivitet (bygninger, industri, transport osv.). Elektrifisering av nye forbruksområder gir generelt både utslippsreduksjoner (der elektrisitetsproduksjonen er utslippsfri) og redusert energiintensitet, men (selvsagt) økt etterspørsel etter elektrisitet.

To viktige utslippskilder globalt og i Norge er industriproduksjon og transportsektoren. Med «industriproduksjon» mener vi i denne rapporten landbasert prosessindustri, inkludert petrokjemi og produksjon av raffinerte petroleumprodukter. I industriproduksjonen arbeides det aktivt med flere tiltaksområder som vil redusere utslippene av klimagasser og samtidig påvirke etterspørselen etter energi, inkludert mer omfattende bruk av biomasse og hydrogen i produksjonsprosessene. Det er også avdekket et betydelig potensial for energieffektivisering i industriproduksjonsprosesser, og særlig gjenvinning av overskuddsvarme skaper interesse i industrien. Til slutt er CCS på industriutslipp et område der særlig Norge vurderer muligheten for å satse på etablering av opptil tre fullskala testanlegg ved Yaras anlegg på Herøya, Norcems sementfabrikk i Brevik og ved avfallsanlegget på Klemetsrud i Oslo.

I transportsektoren pågår det omfattende utvikling for å redusere utslippene, både innenfor veitransport, sjøfart og luftfart. Lavutslippsteknologiene i denne sektoren er relativt umodne, og det er foreløpig uklart hvilke teknologier som kommer til å oppleve den største veksten. Vi vil trolig se omlegging til batterielektriske biler, hybridbiler (batteri og bensin/diesel), hydrogenbiler og større bruk av biodrivstoff. Denne utviklingen vil kreve både en utskiftning av en stor del av fremkomstmidlene (personbiler, vare- og lastebiler, fiskebåter, ferjer osv.) og i tillegg store investeringer i infrastruktur (ladestasjoner, hydrogenfyllestasjoner og transport av hydrogen og biodrivstoff.)

Energibruket i bygninger er et prioritert område i store deler av verden, også i Norge gjennom utvikling av regulering i EU. Dette innebærer utvikling av materialer til isolasjon av bygninger og mer energieffektive apparater, men er også en driver for økt utbredelse av distribuert energiproduksjon i form av solceller, solfangere og annen el- og varmeproduksjon. Globalt kan denne utviklingen også innebære omlegging fra bruk av gass til oppvarming og matlaging til andre energibærere som elektrisitet eller hydrogen.

Utviklingen i digital teknologi vil også påvirke forbruket av energi i viktige forbruksklasser. Utviklingen av teknologi for å måle og styre energibruk i alle enkeltapparater, samt kunstig intelligens for å optimalisere energi- og effektforbruket har potensial til å betydelig redusere energibruken i bygg og industri. I tillegg kan digitalisering av transportsektoren føre til betydelig forbedret utnyttelse av bilparken, kollektivtransporten og infrastrukturen gjennom selvkjørende biler og «mobilitet som en tjeneste».

4.4 Flere tverrgående temaer kan utnytte synergier i kompetanse og ressursutnyttelse

Enkelte overordnede temaer berører flere av de underliggende utviklingstrekkene. Innenfor disse temaene kan det være mulig å bygge kompetanse og utnytte ressursgrunnlaget på en måte som ikke nødvendigvis virker attraktivt når man isolerer og ser på ett og ett utviklingstrekk. Flere av disse områdene kan sann sett også være kandidater til fremtidige satsingsområder for norsk forskning innenfor energiområdet. Vi har identifisert følgende tverrgående temaer:

- Markedsdesign
- Fleksibilitet og balansering
- Hydrogen som energibærer

- Digitalisering og «smart alt»
- «Interaktive kunder»

En mer detaljert beskrivelse av innholdet og vurdering av disse tverrgående temaene presenteres i kapittel 6.

5 VURDERING AV UTVIKLINGSTREKK MOT ENERGI21S MÅLSETNINGER

Vi har vurdert utviklingstrekkene opp mot Energi21s målsetninger. For mål en ser vi at utbygging av ny vind- og vannkraft i Norge øker utnyttelsen av nasjonale energiresurser, mens utbygging av uregulerbar kraft i Europa øker etterspørselen etter norsk effekt. Utbygginger av mellomlandsforbindelsene muliggjør en større eksport av både energi og effekt. For mål to har transport og industri størst potensial for utslippskutt, og energieffektivisering i bygninger og industri har et stort potensiale 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.

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 målsetningene 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 energiomlegging og redusert energibruk er et mål for Energi 21 i seg selv. Vi gjør ikke i dette arbeidet noe forsøk på å prioritere mellom de tre ulike målsetningene til Energi 21, 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 13 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; grått betyr ingen/beskjeden potensial; og oransje betyr negativt potensial.

Figur 13: Overordnet vurdering av utviklingstrekk mot Energi 21s målsetninger

Utviklingstrekk	Mål 1: Utnytte energiresurser*	Mål 2: Energiomlegging	Mål 3: Konkurransedyktig næringsliv
Vannkraft			
HVDC forbindelser			
Energiproduksjon biomasse (kraft, varme)			
Biomasse som råstoff i industrien			
Hydrogen som reduksjonsmiddel i industrien			
Bærekraftig landtransport			
Bærekraftig havtransport			
Bærekraftig lufttransport			
Onshore vind			
CCS/U på fossil kraftproduksjon			
Offshore vind			
Solkraft			
CCS/U på industriutslipp			
Digitalisering av kraftproduksjon			
Smart, automatisk energistyring			
Smarte nett			
Energieffektivisering i alm. forbruk			
Energieffektivisering i industrien			
Storskala forbruksfleksibilitet			
Småskala forbruksfleksibilitet			
Storskala lagring			
Distribuert lagring			
Kjernekraft			
Digitalisering av transport			
Andre fornybare teknologier			

Mål 1: Utnytte energiresurser*

- Investeringer i vannkraft og vindkraft i Norge (elsert)
- Utslippsfri kraftproduksjon i Europa gir etterspørsel etter effekt
- Betydelig utbygging av HVDC-kap. og Norden som nettoeksportør
- Bærekraftig transport gir redusert energibruk, men økt etterspørsel etter el. og biomasse

En rekke tiltak for energieffektivisering reduserer energibruken, men bidrar positivt til energiomlegging i Norge

Mål 2: Energiomlegging

Tiltak i industrien gir betydelig samlet bidrag til utslippsreduksjoner

Bærekraftig transport har størst potensial for både energieffektivisering og utslippsreduksjoner i Norge

Mål 3: Konkurransedyktig næringsliv

Svært store investeringer i transportsektoren

Svært store investeringer i fornybar produksjon (sol, vind, vannkraft)

Digitalisering og «smart alt» utgjør samlet et betydelig marked

Investeringer i lagring, men relativt små sammenlignet med produksjon

*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 2 og 3.

For mål 1, «Utnyttelse av norske energiresurser», er de viktigste utviklingsområdene knyttet til utbygging av mer vannkraft og vindkraft i Norge, samt utbygging av uregulerbar, fornybar kraft i våre naboland som isolert sett gir høyere etterspørsel etter effekt og fleksibilitet fra norsk vannkraft. Utbygging av mellomlandsforbindelser er en viktig utvikling som legger grunnlag for økt eksport av både energi og effekt, for økt utnyttelse av de norske, fornybare kraftressursene. I tillegg vil omlegging til mer bærekraftig transport og utslippsreduksjoner i industrien i Norge og våre naboland bidra til økt etterspørsel etter energiresurser i form av elektrisitet og biomasse.

For mål 2, «Energiomlegging», 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 innenfor smarte nett og energilagring vil også bidra til en større fleksibilitet i elektrisitetsforsyningen, men utviklingen vil i stor grad gjøre oss mer avhengig av elektrisitet som den dominerende energikilden.

For mål 3, «Konkurransedyktig næringsliv», ser vi behov for svært store investeringer innenfor utbygging av fornybar kraftproduksjon i hele verden. Disse investeringene fører med seg behov for økte investeringer i energilagring, men disse er likevel relativt små sammenlignet med ny kraftproduksjon. Selv om investeringene i fornybar kraftproduksjon er store, blekner de i forhold til de globale investeringene som skal gjøres for omlegging av transportsektoren, inkludert all nødvendig oppgradering av infrastruktur. Investeringer i digitalisering av kraftsektoren, transport og smarte hjem utgjør samlet sett et betydelig fremtidig marked.

5.2 Mål 1: Utnyttelse av nasjonale energiresurser

Figur 14 viser vår vurdering av de relevante utviklingstrekkene opp mot målsetningen om økt utnyttelse av nasjonale energiresurser, tolket som potensial for økt etterspørsel etter norsk energi og norsk effekt.

Figur 14: Vurdering av utviklingstrekk opp mot undermål for utnyttelse av nasjonale energiressurser

Utviklingstrekk – økt aktivitet innenfor:	Potensial for økt etterspørsel / utnyttelse av norske energiressurser	Potensial for økt etterspørsel etter norsk effekt
Høyere		
HVDC-forbindelser	Betydelige eksportmuligheter	Betydelige eksportmuligheter
Bærekraftig veitransport	Betydelig etterspørsel etter el og biomasse	Hvis elektrisk og hurtiglading
Vannkraft	Hoveddel av ny produksjon i Norge	Jevn andel i EU – lite påvirkning på effektbehov
Onshore vindkraft	Betydelig ny kapasitet i Norge	Betydelige mengder i EU – økt behov for effekt
Solkraft	Trolig små mengder i Norge	Betydelige mengder i EU – økt behov for effekt
Bærekraftig skipsfart	Økt etterspørsel etter el og biomasse	Hvis elektrisk og hurtiglading
Biomasse som råstoff i industrien	Betydelig etterspørsel etter biomasse	N.A.
Hydrogen som reduksjonsmiddel	Betydelig etterspørsel etter hydrogen (gass/el)	N.A.
Energiproduksjon fra biomasse	Betydelig etterspørsel etter biomasse	N.A.
Offshore vindkraft	Trolig små mengder i Norge	Moderate mengder i EU – økt behov for effekt
Bærekraftig luftfart	Økt etterspørsel etter biomasse	N.A.
Andre fornybare produksjonsteknologier	Trolig små mengder i Norge	Trolig små mengder i EU
Storskala forbruksfleksibilitet	N.A.	Mulig å utnytte andre kilder til fleksibilitet
Distribuert lagring	N.A.	Mulig å utnytte andre kilder til fleksibilitet
Energieffektivisering bygg	Betydelig redusert energibruk	Ofte mer effektkrevende
Smart, automatiske energistyring	Potensial for betydelig redusert energibruk	N.A.
Storskala lagring	N.A.	Utnytter andre kilder til fleksibilitet
Energieffektivisering i industrien	Betydelig redusert energibruk	N.A.
Smarte nett	Potensial for noe redusert tap i nettet	Utnytter andre kilder til fleksibilitet
Lavere		
> 5 TWh / betydelig effekterspørsel 1 – 5 TWh / noe effekterspørsel < 1 TWh / ingen effekterspørsel -1 – -5 TWh / redusert effekterspørsel < -5 TWh / redusert effekterspørsel		

Attraktivitet
for mål 1

De viktigste utviklingstrekkene for mål en er relatert til utbygging av fornybar kraftproduksjon, utslippsreduksjoner i transport og industri, samt energieffektivisering og tiltak for økt fleksibilitet i energisystemet.

I følge analyser gjort av IEA og Nordisk Energiforskning (2016), kan mellomlandskapasiteten fra Norden til Europa potensielt øke med 10 gigawatt frem til 2030. Sammen med fortsatt utbygging av mer fornybar kraftproduksjon i Norden kan dette gjøre Norden til nettoeksportør av 55 TWh elektrisitet per år i 2030. Denne kapasiteten legger også grunnlag for eksport av norsk effekt til Europa. Det er i imidlertid ikke helt åpenbart at det vil være mulig å bygge ut så mye større eksportkapasitet, gitt store driftsmessige utfordringer hos Statnett og motstand hos store forbrukere i for eksempel kraftintensiv industri.

Gjennom elsertifikatordningen bygges det mer vannkraft og landbasert vindkraft i Norge, noe som øker utnyttelsen av norske vann- og vindressurser. Samtidig skal det bygges flere hundre gigawatt ikke-regulerbar kraftproduksjon i Europa frem mot 2030. Det er relativt stor spredning i anslagene fra ulike analysebyråer, men det kan komme opp mot 200 gigawatt vindkraft og 300 gigawatt solkraft (Bloomberg 2016a, IEA 2016b). Andelen vannkraftproduksjon i Europa vil holde seg relativt jevnt på 11 prosent av produksjonen (IEA og NE 2016, EU 2016). I sum gir denne utviklingen et betydelig behov for fleksibilitet for å balansere den uregulerbare produksjonen, og kan isolert sett føre til betydelig økt etterspørsel etter norsk effekt. Utbredelse av alternative lagringsformer (storskala eller distribuerte) i Europa vil trekke i motsatt retning. Det samme vil mer utstrakt bruk av smarte nett for å utnytte fleksibilitet på forbrukssiden.

Omlegging til utslippsfri transport i Norge og våre naboland vil trolig føre til økt etterspørsel etter elektrisitet og energiressurser basert på biomasse. I analysene til IEA og Nordisk Energiforskning (2016) kommer omlegging til bærekraftig veitransport i Norden frem til 2050 til å føre til en økt bruk av elektrisitet i veitransporten tilsvarende 110 petajoule (eller ca 30 TWh), samt 70 petajoule i biodrivstoff. Også kystnær skipstransport har et potensial for å øke forbruket av elektrisitet, mens biodrivstoff og evt. hydrogenbasert fremdrift vil være alternativer for mer langdistanse skipstransport. I luftfarten er økt bruk av biodrivstoff det mest sannsynlige alternativet i perioden frem mot 2050. I den grad vi vil se batterielektrisk fremdrift i veitransport og skipsfart vil vi trolig også se en større etterspørsel etter effekt, da hurtiglading av batterier krever høyt effektuttak.

Flere av tiltakene for utslippsreduksjoner i industrien vil øke etterspørselen etter alternative energikilder. Økt bruk av biomasse som råstoff for å erstatte kull i industriproduksjon vil naturlig gi økt etterspørsel etter biomasse. Bruk av hydrogen som reduksjonsmiddel kan også gi økt etterspørsel etter elektrisitet eller naturgass, avhengig av om hydrogenet fremstilles ved hjelp av elektrolyse eller dampreforming av naturgass.

5.3 Mål 2: Energiomlegging

Figur 15 viser vår vurdering av relevante utviklingstrekk opp mot målsetningen om energiomlegging i Norge. Dette målet er tolket til å inkludere potensial for økt energieffektivisering, reduserte utslipp av klimagasser og bidrag til fleksibilitet både mellom ulike energibærere og i elektrisitetsforsyningen.

Figur 15: Vurdering av relevante utviklingstrekk opp mot mål om energiomlegging i Norge

Utviklingstrekk – økt aktivitet innenfor:	Potensial for bidrag til energieffektivisering i Norge		Potensial for bidrag til utslippsreduksjoner i Norge		Potensial for bidrag til fleks. i energisystemet i Norge	
	Betydelig potensial	Betydelig potensial	Betydelig potensial	Noe potensial	N.A.	Mer avhengig av el, men fleks. lagring
Bærekraftig veitransport	Betydelig potensial	Betydelig potensial	Betydelig potensial	Noe potensial	N.A.	N.A.
Energieffektivisering bygg	Betydelig potensial	Betydelig potensial	Betydelig potensial	Noe potensial	N.A.	Noe potensial
Smart, automatiske energistyring	Betydelig potensial	Betydelig potensial	Betydelig potensial	Noe potensial	N.A.	Noe potensial
Bærekraftig luftfart	Noe potensial	Noe potensial	Noe potensial	Noe potensial	N.A.	Noe potensial
Smarte nett	Noe potensial	Noe potensial	Noe potensial	Noe potensial	N.A.	Noe potensial
Energieffektivisering i industrien	Noe potensial	Noe potensial	Noe potensial	Noe potensial	N.A.	Noe potensial
Bærekraftig skipsfart	Noe potensial	Noe potensial	Noe potensial	Noe potensial	N.A.	Mer avhengig av el
CCS/U på industriutslipp	N.A.	N.A.	Betydelig potensial	Betydelig potensial	N.A.	N.A.
Biomasse som råstoff i industrien	N.A.	N.A.	Betydelig potensial	Betydelig potensial	N.A.	N.A.
Hydrogen som reduksjonsmiddel	N.A.	N.A.	Noe potensial	Noe potensial	N.A.	N.A.
Vannkraft	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	Betydelig potensial
Storskala lagring	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	Betydelig potensial
HVDC-forbindelser	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	Betydelig potensial
Energiproduksjon fra biomasse	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	Noe potensial
Distribuert lagring	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	Noe potensial
Storskala forbruksfleksibilitet	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	Noe potensial

Høyere

Attraktivitet for mål 2

Lavere

> 10 TWh / > 1,5 MtCO₂ / Betydelig fleks.

< 10 TWh / < 1,5 MtCO₂ / noe fleks.

~0 TWh / ~0 MtCO₂ / ingen fleks.

Betydelig økt avhengighet av el.

De viktigste utviklingstrekkene for mål to er relatert til omlegging til bærekraftig transport, utslippsreduksjoner i industrien, energieffektivisering og overføring og lagring av energi.

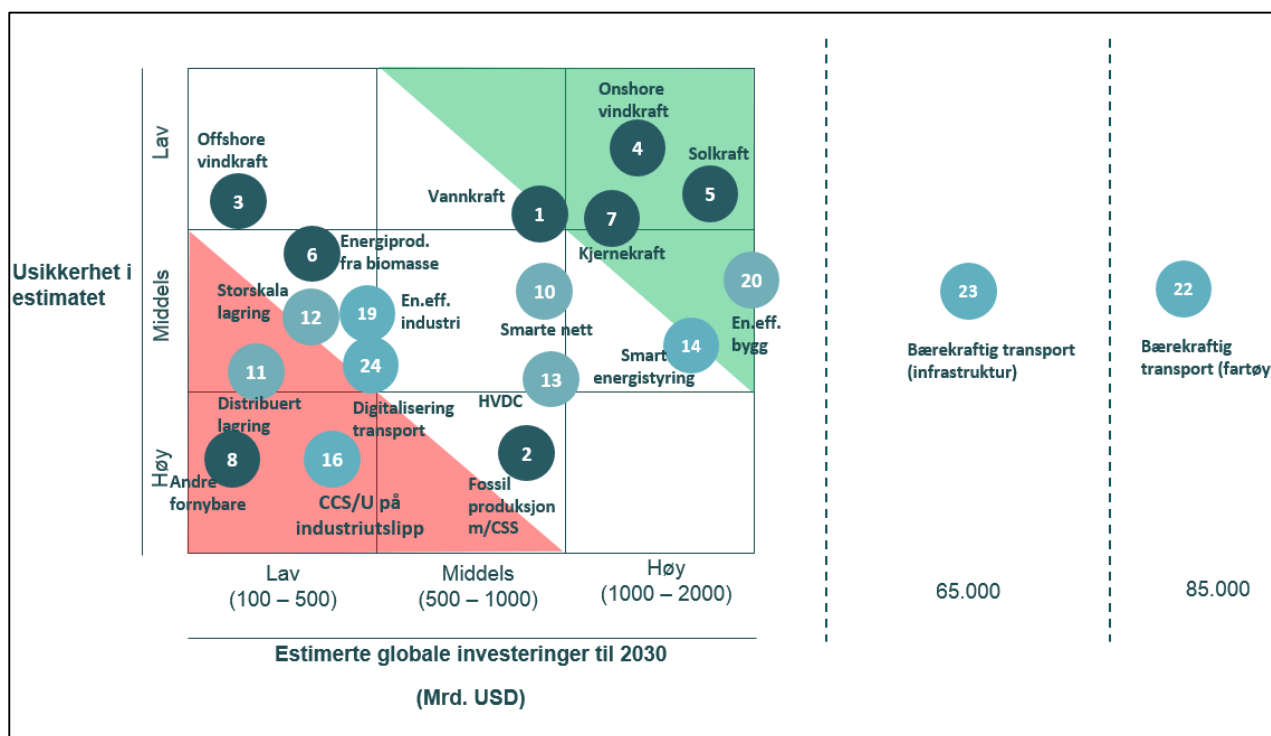
Det klart største potensialet for energieffektivisering og utslippsreduksjoner i Norge kommer gjennom omlegging av veitransport. IEA og Nordisk Energiforskning (2016) anslår en reduksjon i energibruken i veitransporten i Norden på 239 petajoule (eller ca. 66 TWh) innen 2050, og Miljødirektoratet (2015) anslår et bidrag på 8,2 millioner tonn reduserte utslipp av klimagasser i Norge. Tilsvarende tall for skipsfart er 74 petajoule (ca 20 TWh) og 1,1 millioner tonn, og for luftfart 54 petajoule (ca 15 TWh) og 0,1 millioner tonn. 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.

Energieffektivisering i bygninger har også et betydelig potensial for redusert energibruk, og IEA og Nordisk Energiforskning (2016) anslår en redusert energibruk på 100 petajoule (eller ca 28 TWh) innen 2050 i Norge. Dette vil kunne bidra med utslippsreduksjoner på rundt 1 millioner tonn. Industrien har et tilsvarende potensial på 12 TWh (Enova 2009), og energieffektivisering i industrien kan bidra med utslippsreduksjoner på rundt 0,5 millioner tonn (Norsk Industri 2016). Andre tiltak i industrien, som bruk av biomasse som råstoff og hydrogen som reduksjonsmiddel kan bidra med ytterligere 2,5 millioner tonn utslippsreduksjoner. Industrien anslår til slutt at CCS på industriutslipp i Norge kan bidra med 1,5 millioner tonn utslippsreduksjoner.

Tiltak innenfor overføring og lagring av energi bidrar i hovedsak med økt fleksibilitet i energisystemet. Økt utbygging av mellomlandsforbindelser bidrar til utjevning av uregulerbar produksjon over større geografiske områder, og gir større sikkerhet i elektrisitetsforsyningen i Norge i tørrår med lite vannkraftproduksjon. «Smart» styring av elnettet og energibruk i bygninger kan bidra til større fleksibilitet mellom energikilder (f.eks. mellom varme og elektrisitet) i bygninger, og samtidig redusere energibruket i bygninger og tap i nettet. Ulike lagringsteknologier kan bidra til å utjevne forskjeller mellom produksjonsprofiler fra uregulerbare kilder og forbruksprofiler, og slik øke fleksibiliteten og ressursutnyttelsen i energisystemet.

5.4 Mål 3: utvikle konkurransedyktig næringsliv

Figur 16 viser vår vurdering av relevante utviklingstrekk opp mot målsetningen om utvikling av konkurransedyktig næringsliv. Måltallet som brukes for å vurdere markedspotensialet per utviklingstrekk er her forventede globale investeringer frem mot 2030. Vi har også gjort en vurdering av usikkerheten i anslagene, basert på modenheten av ulike teknologier og utfallsrom i estimatene fra ulike analysebyråer.

Figur 16: Vurdering av utviklingstrekk for mål om utvikling av konkurransedyktig næringsliv

De viktigste utviklingstrekkene for mål tre er omlegging til bærekraftig transport, utbygging av utslippsfri kraftproduksjon, energieffektivisering og digitalisering.

De aller største globale investeringene er forventet innenfor transportsektoren. Det er krevende å finne analyser som fordeler investeringsbehovet på ulike transportteknologier, men IEA (2016b) anslår investeringer på totalt 200.000 milliarder dollar i fartøy (kjøretøy, skip osv.) og 150.000 milliarder dollar investeringer i infrastruktur frem mot 2050. Store deler av dette tilfaller vedlikehold av eksisterende infrastruktur, og det er som sagt uklart hvilken andel som tilfaller elbiler, hydrogenbiler, biodieselmotorer, batteriferjer osv., men tallene er illustrative for størrelsesordenen av investeringsbehovet.

Analysene viser relativt store og sikre investeringer i ny fornybar kraftproduksjon globalt i perioden frem mot 2030. IEA (2016b) og Bloomberg (2016a) anslår investeringer i solkraftproduksjon på 1200-1700 milliarder dollar frem mot 2030. Landbasert vindkraft estimeres til 1300-1400 milliarder dollar, tilsvarende nivå som kjernekraft. Det skal investeres noe mindre i vannkraft, men fortsatt betydelige 600-1000 milliarder dollar. Havbasert vindkraft anslås til rundt 100 milliarder dollar globalt i perioden frem til 2030. Behovet for investeringer i fossil kraftproduksjon med CCS anslås til rundt 600 milliarder dollar (IEA, 2016b) for å nå togradersmålet, men det er usikkert i hvilken grad CCS på kraftproduksjon kommer til å spille en stor rolle frem mot 2030.

Som en følge av de store investeringene i ny fornybar kraftproduksjon er markedet for energilagring også forventet å vokse kraftig frem til 2030, men fra en relativt liten base i dag. BCG (2013) anslår totale investeringer på rundt 270 milliarder euro frem til 2030, med omtrent to tredjedeler i storskala lagring og en tredjedel i distribuert lagring. Bloomberg (2016a) anslår et globalt marked for energilagring på rundt 250 milliarder dollar per år i 2040, men dette skal altså vokse fra en beskjeden størrelse i dag. Som batteriproducent må man imidlertid forvente at også en betydelig andel av investeringene fra transportsektoren vil innebære etterspørsel etter batterier.

Behovet for globale investeringer i energieffektive bygg frem til 2030 er svært stort, og estimeres av IEA (2016b) til godt over 2000 milliarder dollar. Tilsvarende tall for industrien estimeres til rundt 300 milliarder dollar.

Markedet for smarte nett og smarte hjem dekkes ikke like godt av de tradisjonelle analysebyråene for energibransjen, men estimeres av andre markedsanalysebyråer. Størrelsene i disse markedene frem mot 2030 anslås til å være rundt 800 milliarder dollar (smarte nett, MarketsAndMarkets 2016a) og 1600 milliarder dollar (smarte hjem, MarketsAndMarkets 2016b.) Sistnevnte inkluderer også en del markedssegmenter som ikke er direkte energirelaterte, som digitale helsetjenester osv.

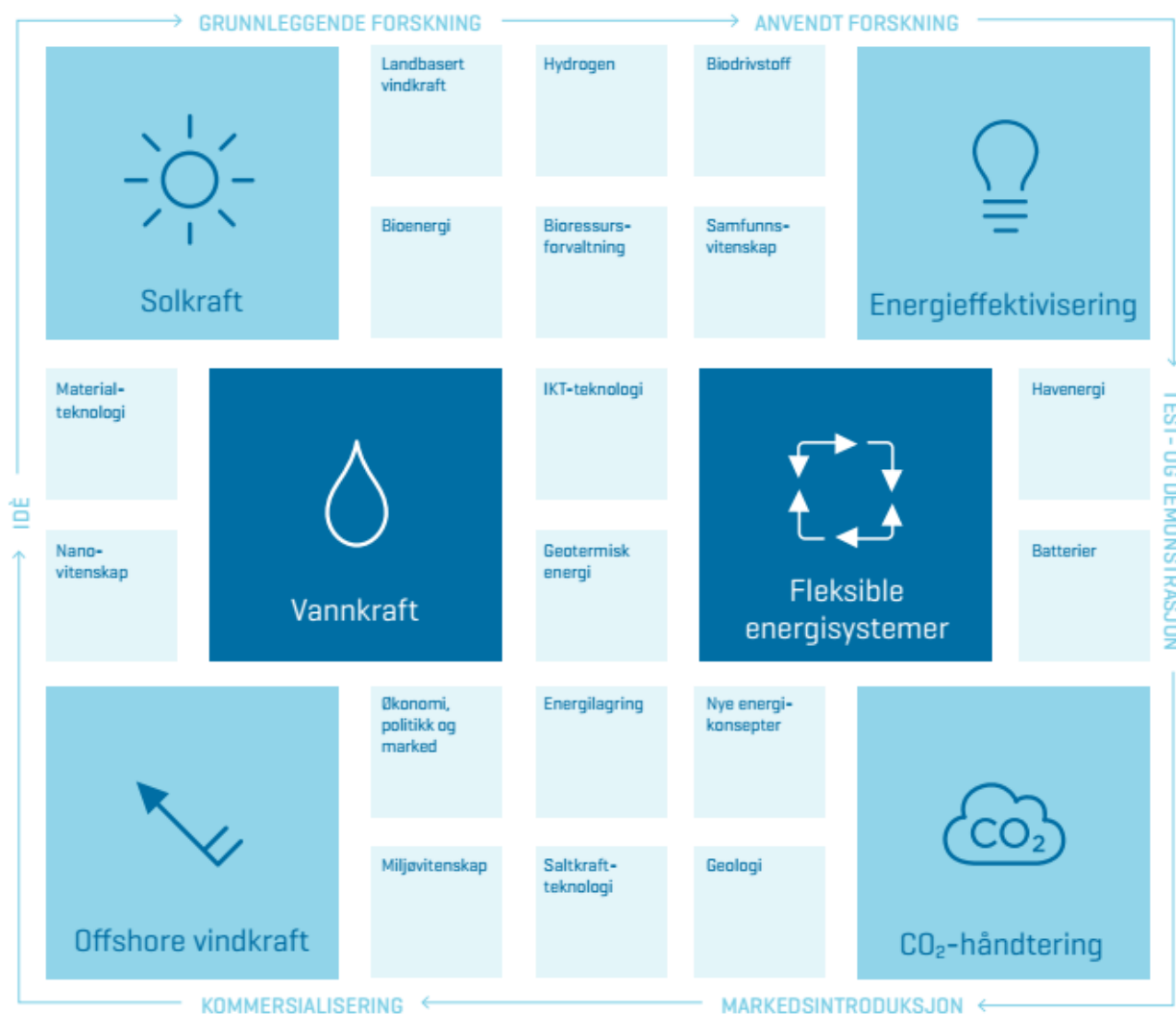
6 VI SER ENKELTE BEHOV FOR REVIDERING AV ENERGI21S STRATEGI

Omverdensanalysen viser at satsningsområdene i den foreliggende strategien til Energi21 i hovedsak står seg, men peker også på enkelte revisjonsbehov. Det er identifisert størst revisjonsbehov innen satsningsområdet «Fleksible energisystemer». Satsningsområdet består av flere fagområder, som har endret seg mye og blitt mer fremtredende de siste årene. «Markedsdesign», «Digitalisering» og «Interaktive kunder» er i foreliggende strategi underområder av «Fleksible energisystemer», mens våre funn tilsier at de bør få en større plass i Energi21s strategi. I tillegg ser vi at «Bærekraftig transport» og «Hydrogen» er kandidater til å utgjøre nye satsningsområder.

6.1 Eksisterende strategi trekker frem seks satsingsområder

Den foreliggende strategien til Energi21 vektlegger seks strategiske fagområder, som er vist i Figur 17 under. Utav de seks satsningsområdene er Vannkraft og Fleksible energisystemer fremhevet og prioriteres spesielt.

Figur 17: Eksisterende satsingsområder i Energi 21-strategien



Vannkraft og Fleksible energisystemer fremheves i foreliggende strategi som bærebjelken i vårt nasjonale energisystem. Vannkraft er utpekt som et spesielt viktig satsningsområde på bakgrunn av potensial for høy måloppnåelse for mål en (utnytte energiresurser) og mål tre (utvikling av

næring). Potensial for mål en begrunnes med at vannkraft er en sentral kilde til verdiskaping basert på nasjonale energiressurser, og at verdien av vannkraften har potensial til å øke betydelig i de kommende årene. Økt verdiskaping fra vannkraft skal oppnås ved å ta i bruk ny teknologi og nye løsninger ved opprusting og utvidelse av gamle kraftverk. I tillegg vil vannkraftens rolle i Europas energisystem bli stadig viktigere ved å tilby balansekraft og fleksibilitetstjenester. Potensial for mål tre begrunnes med at det foreligger store utbyggingsplaner internasjonalt, hvor norske aktører kan ta posisjoner og utnytte eksisterende kunnskapsbase.

Fleksible energisystemer er utpekt som det andre spesielt viktige satsningsområdet på bakgrunn av høyt potensial for måloppnåelse for mål to (energiomlegging) og mål tre (utvikling av næring). Fleksible energisystemer beskrives ved at det «*omfatter alle energirelaterte infrastrukturer og samspillet mellom disse*», og således utgjør det et stort satsningsområde med flere underområder. Et fleksibelt energisystem er tilpasset forskjellig type produksjon (sentral / desentral / regulerbar / uregulerbar), lagring av energi, endret energibruk og bruksmønstre (inkludert omlegging av transportsektoren). I tillegg optimeres de forskjellige delene av energisystemet ved hjelp av automatisering, IKT-systemer (smart-grids) og nye markedsmekanismer.

Potensial for mål to begrunnes med at et fleksibelt energisystem er avgjørende for å realisere energi- og klimapolitiske mål samtidig som god forsyningssikkerhet ivaretas, og er slik sett avgjørende for å oppnå energiomlegging.. Potensial for mål tre begrunnes med at det vil åpne seg store muligheter for norsk næringsliv når energisystemer verden over blir mer fleksible. Særlig fremheves det at norske aktører kan utnytte eksisterende kunnskap innen systemteknisk drift og kontroll, samt kraftsystemanalyser.

Solkraft er valgt som satsningsområde på bakgrunn av høy måloppnåelse for mål tre (utvikling av næring). Solkraft representerer en av de raskest voksende fornybare energiteknologiene, og utgjør et stort potensial for norsk leverandørindustri. Det påpekes at norske aktører vil kunne ta posisjoner langs hele solkraftverdikjeden, både oppstrøms ved lavutslippsutvinning av silisium og nedstrøms med utvikling av større solkraftverk og installasjon og logistikk rundt disse.

Energieffektivisering er valgt som satsningsområde på bakgrunn av stort potensial for måloppnåelse for mål to (energiomlegging) og tre (utvikling av næring). Energieffektivisering er delt opp i to underkategorier; energieffektivisering i bygg og energieffektivisering i industrien. For bygg er de viktigste kildene til energieffektivisering identifisert som ny teknologi som omstiller fremtidig bygningsmasse til lav-, null- og pluss-hus, samt at utviklingen av smarte hus og smarte byer må sees i sammenheng med energisystemet for øvrig. For energieffektivisering i industrien er viktige tiltak knyttet til utnyttelse av spillvarme samt teknologi som senker energibruken i industriproduksjon.

Potensial for mål to er begrunnet med at målet handler om effektiv energibruk, og således er energieffektivisering en viktig del av dette målet. For mål tre fremheves det at det på bakgrunn av internasjonale mål vil måtte investeres betydelig i energieffektiviseringstiltak, og at norske aktører innen industrien er godt posisjonert til å utnytte disse mulighetene. Norsk industri er spesielt konkurransedyktige hva gjelder energieffektiv og lavutslippsproduksjonsteknologi.

Havbasert vind er valgt som satsningsområde på bakgrunn av stort potensial for måloppnåelse for mål tre (utvikle næring), samt noen grad av måloppnåelse for mål en (utnytte energiressurser). Potensial for mål tre knyttes til sterk vekst internasjonalt i installert effekt, samt en forventet fortsettelse av denne veksten. Med norsk erfaring fra havbasert-næringen kan kompetanse overføres til havbasert vind, og representere store muligheter for norske aktører. Det er særlig innen fundamentdesign, subsea-infrastruktur og logistikk og vedlikehold norske aktører kan ta posisjoner. Potensial for mål en er begrunnet med at Norge har et enormt teoretisk vindpotensial, men at utnyttelsen av dette ligger lengre frem i tid.

CO₂-fangst, -transport og -lagring er valgt som satsningsområde på bakgrunn av stort potensial for måloppnåelse for mål en (utnytte energiressurser), og noen potensial for måloppnåelse for mål tre (utvikle næring). Potensial for mål en begrunnes ved at CO₂-fangst kan sikre fremtidig verdiskaping fra norske naturgassressurser. Avkarbonisert naturgass kan eksporteres og brukes i gasskraftverk og kan brukes til hydrogenproduksjon. CO₂-fangst er i noen grad knyttet til mål tre, og det fremheves

særlig at kompetanse innen området kan bli avgjørende for fremtidig konkurransekraft, samt at Norges lagringskapasitet utgjør et nasjonalt fortrinn som kan utnyttes i fremtiden.

6.2 Energi21s mandat justeres i retning av transportsektoren og utslippsreduksjoner

Energi21s mandat har, etter at foreliggende strategi ble utformet, blitt endret og oppdatert. Mandatet er retningsgivende for Energi21s arbeid og strategi, og endringer kan utløse endringer i strategien. To endringer er vedtatt etter at foreliggende strategi ble utformet; transport er underlagt Energi21s ansvarsområde og utslippsreduksjoner er eksplisitt lagt til som en del av mål to.

I omverdensanalysen har utslippsreduksjoner blitt vurdert for hvert utviklingstrekk, ved at et av målekriteriene for mål to er utslippsreduksjoner i Norge (Se også kapittel 2.3). Målekriteriet ble valgt basert på nåværende formulering av mål to i Energi21-strategien, der vi har tolket at *klimaeffektivitet* kan måles ved utslippsreduksjoner.

Transport er også vurdert som en del av omverdensanalysen, med fokus på grensesnittet mot energisystemet. Herunder er særlig elektrifisering og andre bærekraftige drivstoff vurdert.

6.3 Endringer i omverden tilsier enkelte endringer i strategien

Vi har vurdert hvert satsningsområdes revisjonsbehov ved å sammenligne begrunnelsen i foreliggende strategi med funnene fra omverdensanalysen per satsningsområde og per mål, som vist i Figur 18, Figur 19 og Figur 20.

Foreliggende strategi vurderer potensialet for måloppnåelse for hvert satsningsområde og per mål, og vurderingen «stort potensial for måloppnåelse» er markert ved mørkegrønn farge i figurene, mens «noe potensial for måloppnåelse» er markert med lysegrønt fyll. For funnene i omverdensanalysen representerer fargene en samlet vurdering av potensialet for måloppnåelse per målekriterium (se kapittel 5). Hvis det samlet sett er et høyt potensiale for måloppnåelse er satsningsområdet markert i mørkegrønt, mens et middels potensiale er markert i lysegrønt.

Figur 18: Oppsummering av satsingsområdene vannkraft og solkraft mot utviklingen omverdenen.

Mål 1: Utnytte energiresurser		Mål 2: Energiomlegging		Mål 3: Konkurransedyktig næringsliv	
Vannkraft	Foreliggende strategi	Omverdensanalyse	Foreliggende strategi	Omverdensanalyse	Foreliggende strategi
	- Økt verdiskaping gjennom nye teknologier og løsninger - Verdien av regulerbar vannkraft kan økes ved bedre utnyttelse av dens unike fleksibilitet	- Utgjør størstedelen av planlagt ny kapasitet i Norge - Økt uregulerbar produksjon i Europa – verdien av fleksibilitet øker	• N.A.	• N.A.	Store utbyggingsplaner internasjonalt
Solkraft	Foreliggende strategi	Omverdensanalyse	Foreliggende strategi	Omverdensanalyse	Foreliggende strategi
	• N.A.	Økende installert kapasitet i Europa – øker etterspørsel etter norsk fleksibel produksjon	• N.A.	• N.A.	Rask vekst i installert effekt – store muligheter for norsk leverandørindustri
		Omverdensanalyse			Omverdensanalyse
		- Økt verdiskaping gjennom nye teknologier og løsninger - Verdien av regulerbar vannkraft kan økes ved bedre utnyttelse av dens unike fleksibilitet			Betydelige internasjonale investeringer i vannkraft
		• N.A.			Store internasjonale utbyggingsplaner og investeringer

For satsingsområdene vannkraft og solkraft ser vi i hovedsak at utviklingen fra foreliggende strategi har fortsatt. Vannkraft utgjør det største bidraget til utnyttelse av norske energiresurser, og dens unike fleksibilitet blir stadig viktigere i et europeisk kraftmarked med stort innslag av uregulerbar produksjon. For solkraft fortsetter den raske veksten i installert effekt, med tilhørende store internasjonale investeringsplaner og muligheter for norsk leverandørindustri.

For mål en har vi i omverdensanalysen vurdert at økt installert solkraftkapasitet i Europa vil bidra til en økt etterspørsel etter norsk fleksibel effekt (kapittel 5.2). I foreliggende strategi er den økte etterspørselen etter norsk fleksibel effekt tilegnet Vannkraft, og bidrar til positiv måloppnåelse på mål en kun for dette satsningsområdet. Det er altså ikke vurdert dithen at solkraft i Europa bidrar til økt etterspørsel etter norsk fleksibel effekt i foreliggende strategi (og ingen måloppnåelse for mål en), selv om utviklingen med økt installert solkraftkapasitet er observert og presentert.

Figur 19: Vurdering av satsingsområdene havbasert vind og energieffektivisering opp mot utviklingen i omverdenen.

Mål 1: Utnytte energiresurser		Mål 2: Energiomlegging		Mål 3: Konkurransedyktig næringsliv	
Foreliggende strategi	Omverdensanalyse	Foreliggende strategi	Omverdensanalyse	Foreliggende strategi	Omverdensanalyse
Offshore vind	Enormt energipotensiale for offshore vind, realiserbart på lang sikt	Lite planlagt kapasitet i Norge – men utbygging i Europa øker etterterspørselen etter norsk effekt	N.A.	Store utbyggingsplaner internasjonalt – muligheter for norsk leverandørindustri	Moderate utbyggingsplaner internasjonalt (sammenlignet med andre teknologier)
Energi-effektivisering	N.A.	Stort potensiale for effektivisering i bygg og industri	- Stort potensial for energieffektivitet i industri og bygg - Noe potensial for utslippskutt fra industri (lite fra bygg)	Energieffektiv industri er viktig konkurransefortrinn for Norge	Store internasjonale investeringer i energieffektivisering (bygg og industri)

For satsningsområdet havbasert vind har utviklingen fortsatt i samme retning, men investeringsnivået er betydelig lavere enn for andre produksjonsteknologier og er i omverdensanalysen kun i noen grad knyttet til mål tre (representert ved lysegrønn rute i Figur 19). Det er fortsatt lite planlagt kapasitet i Norge, men økt kapasitet i Europa bidrar til økt etterspørsel etter norsk effekt. På samme måte som for solkraft, slår dette ut på mål en.

Satsningsområdet energieffektivisering samsvarer i stor grad med foreliggende strategi når det gjelder potensial for oppnåelse av mål 2 og 3. For mål en virker energieffektivisering imidlertid noe negativt ved at det senker energietterspørselen i Norge. Samtidig vil energieffektivisering kunne bidra til høyere etterspørsel etter effekt i den grad energieffektiviseringstiltak ofte er mer effektkrevende. Samlet har energieffektivisering både positivt og negativt bidrag til mål en, og er markert med skravert fyll i Figur 19.

Figur 20: Vurdering av satsingsområdene CO₂-håndtering og fleksible energisystemer mot utviklingen i omverdenen.

Mål 1: Utnytte energiresurser		Mål 2: Energiomlegging		Mål 3: Konkurransedyktig næringsliv	
Foreliggende strategi	Omverdensanalyse	Foreliggende strategi	Omverdensanalyse	Foreliggende strategi	Omverdensanalyse
CO ₂ -håndtering	• Avkarbonisering av norsk naturgass - sikrer verdiskaping	• Mulig tiltak for bruk av norsk naturgass i kraftproduksjon og hydrogenproduksjon	• Betydelig potensial for utslippskutt i industrien	• Store internasjonale investeringer for å nå klimamål, men stor usikkerhet	• Store internasjonale investeringer for å nå klimamål, men stor usikkerhet
	• N.A.	• N.A.	• N.A.	• Store internasjonale investeringer for å nå klimamål, men stor usikkerhet	• Store internasjonale investeringer for å nå klimamål, men stor usikkerhet
Fleksible energisystemer	• N.A.	• Energisystem tilpasset sentral, desentral og uforutsigbar produksjon, lagring av energi, endret energibruk etc.	• Økte investeringer i smarte nett	• Økte investeringer i smarte nett	• Økte investeringer i smarte nett
	• N.A.	• N.A.	• Økt utnyttelse av forbruksfleksibilitet	• Økt utnyttelse av forbruksfleksibilitet	• Økt utnyttelse av forbruksfleksibilitet
			• Økte investeringer i fornybar kraftprod.	• Økte investeringer i fornybar kraftprod.	• Økte investeringer i fornybar kraftprod.
			Digitalisering av transport og annet forbruk	Digitalisering av transport og annet forbruk	Digitalisering av transport og annet forbruk
			Distribuert og storskala energilagring	Distribuert og storskala energilagring	Distribuert og storskala energilagring

For satsningsområdet CO₂-håndtering er det i foreliggende strategi hovedfokus på bruk av CCS på norske naturgassressurser for å sikre verdien av disse energiressursene i fremtiden. Bidrag fra CCS for å kutte utslipp i industrien er i omverdensanalysen avdekket som et betydelig bidrag til utslippskutt, og knyttes således til mål to. For mål tre er bildet relativt uendret; store internasjonale investeringer i CCS må til for å nå klimamål, men det er stor usikkerhet knyttet til den faktiske utviklingen av teknologien og CCS er fortsatt på etterskudd i forhold til nødvendig bidrag for å nå togradersmålet (IEA 2015).

Fleksible energisystemer er i foreliggende strategi et stort satsningsområde, med flere delområder. I omverdensanalysen har vi vurdert flere av disse delområdene enkeltvis, og det har blitt tydelig at flere av delområdene har blitt mer fremtredende siden foreliggende strategi ble utformet. For å synliggjøre enkeltområdenes bidrag, har vi derfor presentert disse adskilt i Figur 20.

For mål en er det flere av delområdene som slår ut. Smarte nett, digitalisering av forbruk og energilagring er markert i oransje for å markere at disse kan bidra til betydelig redusert etterspørsel etter norske energiressurser. Økte investeringer i fornybar kraftproduksjon vil ha positiv effekt på mål en. For mål to og mål tre er hovedbildet at vurderingen i omverdensanalysen samsvarer med foreliggende strategi, med noen småforskjeller mellom delområdene.

Ved å dele opp satsningsområdet i flere underområder, har tre nye områder markert seg som viktigere enn før: «Digitalisering», «Markedsdesign» og «interaktive kunder» inngår i foreliggende strategi i satsningsområdet fleksible energisystemer, men da disse områdene er blitt forsterket gjennom de senere årene kan det tyde på et behov for tydeliggjøring i neste revisjon av strategien. Dette diskuteres nærmere i påfølgende kapittel.

6.4 Omverdensanalysen synliggjør nye områder som kandidater for satsingsområder

Gitt endringene i Energi 21s mandat og endringene i omverdenen, som beskrevet over, ser det ut til at det kan være et behov for å tydeligere trekke frem enkelte områder som ikke er vektlagt sterkt i eksisterende strategi. Vi gir her et forslag til temaer som potensielt kan trekkes frem sterkere i neste Energi 21-strategi. I figurene i dette kapitlet, som i foregående, indikerer mørkegrønn farge et oppsummert stort potensial for måloppnåelse; lysegrønn indikerer moderat potensial; og grått indikerer beskjedent / ingen potensial.

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.

6.4.1 Digitalisering i kraftsektoren og viktige forbruksgrupper

Figur 21: Innhold i det potensielle satsingsområdet "digitalisering av kraftsektoren".

Utviklingstrekk som berøres		Potensial mål 1	Potensial mål 2	Potensial mål 3
Digitalisering	Smarte nett og smart energistyring			
	Digitalisering av transport			
	Digitalisering av kraftproduksjon			

«Digitalisering i kraftsektoren» berører underliggende temaer som smarte nett, smart automatisk energistyring, digitalisering av transport og digitalisering av kraftproduksjon. (Se også beskrivelse av utviklingstrekkene kapittel 4.) Figur 21 viser nedbrytingen av de underliggende utviklingstrekkene,

og oppsummert potensial for måloppnåelse for Energi 21s tre målsetninger, som beskrevet i kapittel 5. Utviklingstrekkene innenfor digitalisering av kraftsektoren ser ut til å ha noe potensial for energiomlegging i Norge, i den grad de kan bidra til redusert energibruk og fleksibilitet i energiforsyningen. Det ser også ut til å kunne utvikles betydelige globale markeder for leverandører av digital teknologi til kraft- og transportsektoren.

6.4.2 Bærekraftig transport

Figur 22: Innhold i det potensielle satsingsområdet "bærekraftig transport".

Bærekraftig transport	Bærekraftig vei-, luft- og skipstransport			
-----------------------	---	--	--	--

«Bærekraftig transport» berører i hovedsak de underliggende temaene bærekraftig veitransport, skipsfart og luftfart. (Se også beskrivelse av utviklingstrekkene i kapittel 4). Figur 22 viser nedbrytingen av de underliggende utviklingstrekkene, og oppsummert potensial for måloppnåelse for Energi 21s tre målsetninger, som beskrevet i kapittel 5. Utviklingstrekkene ser ut til å ha stort potensial for økt utnyttelse av norske energiresurser i form av elektrisitetsproduksjon og biomasse, i tillegg til stort potensial for bidrag til reduserte utslipp og energieffektivisering i Norge. Det skal også investeres enorme summer globalt i omleggingen til bærekraftige transportsystemer.

6.4.3 Markedsdesign

Figur 23: Innhold i det potensielle satsingsområdet "markedsdesign".

Utviklingstrekk som berøres		Potensial mål 1	Potensial mål 2	Potensial mål 3
Markeds-design	CCS/U (produksjon og industri): • Sikre incentiver for investeringer			
	Fornybar transport: • Sikre incentiver for investeringer			
	Fornybar kraftproduksjon: • Sikre investeringer i ny produksjon			
	HVDC-forbindelser: • Sikre løsninger for utveksling av effekt			
	Små-/storskala forbruksfleksibilitet: • Sikre betaling og regler for utnyttelse			

«Markedsdesign» berører mange ulike utviklingstrekk som berører hele verdikjeden til energisystemet, på tvers av tilbud, overføring og etterspørsel etter energi. Det er behov for rammevilkår som sikrer investeringer i løsninger innenfor karbonfangst og -lagring, overføringsnett, bærekraftig transport, fornybar kraftproduksjon og fleksibilitetsløsninger. I tillegg er det behov for markedsdesigner som legger til rette for utnyttelse av mellomlandsforbindelser og utnyttelse av forbruksfleksibilitet.

Figur 23 viser en nedbryting av de underliggende utviklingstrekkene, og oppsummert potensial for måloppnåelse for Energi 21s tre målsetninger, som beskrevet i kapittel 5. Utviklingstrekkene i seg selv har potensial for å bidra til alle Energi 21s målsetninger, men hovedpoenget med satsingsområdet markedsdesign er å sikre et rammeverk som legger til rette for at vi klarer å utnytte potensialet i de ulike utviklingstrekkene.

6.4.4 Interaktive kunder

Figur 24: Innhold i det potensielle satsingsområdet "interaktive kunder"

Utviklingstrekk som berøres		Potensial mål 1	Potensial mål 2	Potensial mål 3
«Inter-aktive kunder»	Smart, automatiske energistyring			
	Distribuert kraftproduksjon			
	Distribuert lagring			

«Interaktive kunder» peker på et utvalg utviklingstrekk som bringer sluttbrukeren (kunden) av energi mer i førersetet for utviklingen av energisystemet og fører til at kunden i større grad tar egne valg om produksjon og forbruk av energi. Dette inkluderer distribuert (egen)produksjon av elektrisitet, distribuert lagring og smart, automatisk energistyring i bygninger. (Se også beskrivelse av utviklingstrekkene i kapittel 4.)

Figur 24 viser nedbrytingen av de underliggende utviklingstrekkene, og oppsummert potensial for måloppnåelse for Energi 21s tre målsetninger, som beskrevet i kapittel 5. Utviklingstrekkene kan i noen grad medvirke til utnyttelse av norske energiresurser gjennom økt produksjon av fornybar energi og gjennom større etterspørsel etter fleksibilitet fra sentral produksjon. Utviklingen kan også bidra til energiomlegging gjennom redusert energibruk og nye kilder til fleksibilitet i energiforsyningen. I tillegg vil utviklingstrekkene trolig utgjøre relativt store markeder for teknologileverandører.

6.4.5 Hydrogen som energibærer

Figur 25: Innhold i det potensielle satsingsområdet "hydrogen som energibærer".

Utviklingstrekk som berøres		Potensial mål 1	Potensial mål 2	Potensial mål 3
Hydrogen som energibærer	Ikke-regulerbar produksjon (sol, vind) Hydrogenproduksjon fra overskudd			
	Hydrogen som reduksjonsmiddel i industrien			?
	Bærekraftig vei- og skipstransport			
	Distribuert og storskala lagring			
	CCS Hydrogenproduksjon fra gass m/CCS			?

«Hydrogen som energibærer» peker på et utvalg utviklingstrekk på tvers av produksjon, overføring og forbruk av energi. Dette inkluderer ikke-regulerbar fornybar elektrisitetsproduksjon som solkraft og vindkraft, energilagring basert på hydrogen og sluttbruk av hydrogen i industrien og transportsektoren. (Se også beskrivelse av utviklingstrekkene i kapittel 4.)

Figur 25 viser nedbrytingen av de underliggende utviklingstrekkene, og oppsummert potensial for måloppnåelse for Energi 21s tre målsetninger, som beskrevet i kapittel 5. Utviklingstrekkene kan bidra til økt utnyttelse av norske energiresurser i den grad man kan produsere hydrogen fra overskuddsproduksjon av elektrisitet i timer der denne produksjonen ellers har lav verdi, eller man kan produsere hydrogen fra naturgass inkludert karbonfangst og -lagring. Hydrogen som sluttbruk i industrien og i transportsektoren kan også bidra til betydelige reduksjoner av utslipp av klimagasser i Norge. I tillegg kan utviklingen føre til betydelige internasjonale markeder for teknologileverandører i den grad hydrogen som energibærer blir en betydelig del av energisystemene i andre land.

REFERANSER

- Bloomberg (2016a) New Energy Outlook 2016, Global Overview
- Bloomberg (2016b) Wind and Solar Are Crushing Fossil Fuels, Hentet fra:
<https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-04-06/wind-and-solar-are-crushing-fossil-fuels>
- Bloomberg (2016c) New Energy Outlook 2016, Solar
- IEA, Nordisk Energiforskning (2016) Nordic Energy Technology Perspectives 2016
- IEA (2016a) Next generation wind and solar power
- IEA (2016b) World Energy Outlook 2016
- IEA (2016c) Global EV-outlook
- IEA (2016d) Energy Technology Perspectives
- IEA (2015) Carbon Capture and Storage: The solution for deep emissions reductions
- EU (2016) EU Reference Scenario 2050
- Miljødirektoratet (2015) Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030
- Norsk Industri (2016) Veikart for prosessindustrien
- Mission Innovation (2016) Baseline, Doubling and Narrative Information Submitted by Mission Innovation Countries and The European Union
- BCG (2013) Solar PV plus battery storage: Poised for takeoff
- Enova (2009) Potensial for energieffektivisering i norsk landbasert industri
- Needle et. Al (2016) *Potential for widespread electrification of personal vehicle travel in the United States*
- MarketsAndMarkets (2016a) Global Smart Grid Market Forecasts
- MarketsAndMarkets (2016b) Global Smart Home Market Forecasts
- Norsk Petroleum (2016) Hentet fra:
<http://www.norskpetroleum.no/okonomi/statens-inntekter/>
- (2013) *Perspektivmeldingen*
- Regjeringen (2014) Regjeringa sin strategi for CO2-handtering, hentet fra
<https://www.regjeringen.no/no/tema/energi/co2-handtering/Regjeringa-sin-strategi-for-CO2-handtering/id765961/>
- SeeNews Renewables (2016), hentet fra:
<http://renewables.seenews.com/news/update-2-solarpack-bid-of-usd-29-1-mwh-received-in-chilean-tender-537111>
- THEMA (2016) *Energisystemet i et langsiktig perspektiv*
- The Telegraph (2016), New record for cheapest offshore wind farm, hentet fra:
<http://www.telegraph.co.uk/business/2016/09/14/new-record-for-cheapest-offshore-wind-farm/>

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.

PRODUKSJON AV ENERGI							
Mål 1: Økt verdiskaping på grunnlag av nasjonale energiresurser og utnyttelse		Mål 2: Energiomlegging gjennom effektiv energibruk og økt fleksibilitet i energisystemet				Mål 3: Utvikle internasjonalt konkurransedyktig næringsliv og kompetanse for energisektoren	
	Økt etterspørsel og utnyttelse av norsk energi (kWh)	Økt etterspørsel etter norsk effekt (kW)	Bidrag til energieffektivisering i Norge (kWh)	Størrelse på bidrag til fleksibilitet i el (+/-)	Utslippsreduksjoner i Norge (MtCO ₂ -ekv)	Bidrag til diversifisering av forsyning (+/-)	Størrelse på forventede investeringer (USD)
Vannkraft	Norge: 6,3 TWh ny kapasitet i 2030	Økt vannkraftkapasitet i Europa til 2030: +6 GW (11% av miks) - minker etterspørselen etter norsk effekt	N.A.	++	N.A.	N.A.	Verden: 600 – 1000 mrd. USD til 2030
Offshore vindkraft	~0	Økt offshore-vindkapasitet i Europa til 2030: +33-58GW – øker etterspørsel etter norsk effekt	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	Verden: 110 mrd. USD til 2030 Europa: 131 mrd. EUR (kun offshore, frem til 2030)
Onshore vindkraft	Norge: 3,2 TWh ny kapasitet i 2030	Økt onshore-vindkapasitet i Europa til 2030: +100-150GW (14% av miks) – øker etterspørsel etter norsk effekt	N.A.	-	N.A.	N.A.	Verden: 1400 – 1500 mrd. USD (inkludert offshore, frem til 2030) Europa: 343 mrd. EUR (kun onshore, frem til 2030)
Solkraft	Norge: 0,2 TWh ny kapasitet i 2030	Økt solkraftkapasitet i Europa til 2030: +147-300GW (7-19% av miks) – øker etterspørsel etter norsk effekt	N.A.	(-)	N.A.	N.A.	Verden: 1200 -1700 mrd. USD (til 2030)
Biomasse	Norge: produksjon av bioenergi, +10 TWh frem til 2020	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	+	Verden: Investeringer i kraftverk med biomasse, 290 mrd. USD frem til 2030.
Kjernerkt	87 000t Thorium, men ikke utvinnbar per dags dato	N.A.	N.A.	+	N.A.	N.A.	Verden: 1300-1400 mrd. USD (frem til 2030)
Fossil kraft med CCS	Økning i gasskraft i verden til 2040: +1000 GW Øker etterspørselen etter norsk gass	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	Verden: 630 mrd. USD (til 2030) (for å nå 2DS)
Digitalisert produksjon	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	Uklart
Andre fornybare teknologier	Norge: ~0	Økt kapasitet i Europa til 2040: +10GW – øker etterspørsel etter norsk effekt	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	Verden: 10 mrd. USD (frem til 2030)

OVERFØRING AV ENERGI							
Mål 1: Økt verdiskaping på grunnlag av nasjonale energiresurser og utnyttelse		Mål 2: Energiomlegging gjennom effektiv energibruk og økt fleksibilitet i energisystemet				Mål 3: Utvikle internasjonalt konkurransedyktig næringsliv og kompetanse for energisektoren	
	Økt etterspørsel og utnyttelse av norsk energi (kWh)	Økt etterspørsel etter norsk effekt (kW)	Bidrag til energieffektivisering i Norge (kWh)	Størrelse på bidrag til fleksibilitet i el (+/-)	Utslippsreduksjoner i Norge (MtCO ₂ -ekv)	Bidrag til diversifisering av forsyning (+/-)	Størrelse på forventede investeringer (USD)
Smarte nett	- (Noe potensiale for mindre tap i nettet)	--	(Noe potensiale for mindre tap i nettet)	+	N.A.	+	Verden: 800 mrd. USD (til 2030)
Distribuert lagring	N.A.	-	N.A.	+	N.A.	N.A.	Verden: 90 mrd. EUR (til 2030)
Storskala lagring	N.A.	(Opp til 8% av all prod.kapasitet innen 2050 - reduserer etterspørsel etter effekt fra Norge)	N.A.	++	N.A.	N.A.	Verden: 180 mrd. EUR (til 2030)
HVDC-forbindelser	55 TWh nettoeksport fra Norden til UK og kontinentet i 2030	+~10 GW fra Norden til Europa innen 2030	N.A.	++	N.A.	++	Norden: 19 mrd. EUR (til 2030)

FORBRUK / TRANSPORT (I/II)

	Mål 1: Økt verdiskaping på grunnlag av nasjonale energiresurser og utnyttelse		Mål 2: Energiomlegging gjennom effektiv energibruk og økt fleksibilitet i energisystemet				Mål 3: Utvikle internasjonalt konkurransedyktig næringsliv og kompetanse for energisektoren
	Økt etterspørsel og utnyttelse av norsk energi (kWh)	Økt etterspørsel etter norsk effekt (kW)	Bidrag til energieffektivisering i Norge (kWh)	Størrelse på bidrag til fleksibilitet i el (+/-)	Utslippsreduksjoner i Norge (MtCO ₂ -ekv)	Bidrag til diversifisering av forsyning (+/-)	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	Uklart	-	N.A.	+	N.A.	N.A.	Uklart
CCS (U) på industriutslipp	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1,5 Mt	N.A.	Verden: 420 mrd. USD (til 2030) for å nå 2DS
Biomasse som råstoff i industrien	++	N.A.	N.A.	N.A.	1,5 Mt	N.A.	Uklart
Hydrogen, reduksjonsmiddel	++	N.A.	N.A.	N.A.	1 Mt	N.A.	Uklart
Energieffektivisering industri	--	N.A.	12 TWh potensial	N.A.	0,5 Mt	N.A.	Verden: 300 mrd. USD (til 2030)
Energieffektivisering i bygg	--	+	100 PJ (til 2050 i Norge)	N.A.	1Mt	N.A.	Verden: 2750 mrd. USD (til 2030)

FORBRUK / TRANSPORT (II/II)

	Mål 1: Økt verdiskaping på grunnlag av nasjonale energiresurser og utnyttelse		Mål 2: Energiomlegging gjennom effektiv energibruk og økt fleksibilitet i energisystemet				Mål 3: Utvikle internasjonalt konkurransedyktig næringsliv og kompetanse for energisektoren
	Økt etterspørsel og utnyttelse av norsk energi (kWh)	Økt etterspørsel etter norsk effekt (kW)	Bidrag til energieffektivisering i Norge (kWh)	Størrelse på bidrag til fleksibilitet i el (+/-)	Utslippsreduksjoner i Norge (MtCO ₂ -ekv)	Bidrag til diversifisering av forsyning (+/-)	Størrelse på forventede investeringer (USD)
Bærekraftig vei-transport	Økt etterspørsel etter elektrisitet (+110 PJ i Norden i 2050) og biofuels (+70 PJ i Norden i 2050)	++ (hvis hurtiglading)	239 PJ Norden frem til 2050 (relativt til dagens)	+/- avhengig av utnyttelse av batterier	8,2 Mt	--	Verden: 4000 mrd. USD (El-kjøretøy til 2050) 5000 mrd. USD (alle biler til 2030)
Bærekraftig skipsfart	Økt etterspørsel etter elektrisitet og biofuels	++ (hvis hurtiglading)	74 PJ Norden frem til 2050 (relativt til dagens)	-	1,1 Mt	--	Verden: 200.000 mrd. USD i fartøy og 150.000 mrd. USD i infrastruktur til 2050
Bærekraftig luftfart	Økt etterspørsel etter biofuels	N.A.	54 PJ Norden frem til 2050 (relativt til dagens)	N.A.	0,1 Mt	N.A.	
Digitalisering av transport	--	-	N.A.	+	Uklart	N.A.	Uklart

VEDLEGG 2: OVERSIKT OVER RAPPORTER

- World Energy Outlook, IEA 2016
- EU Reference Scenario 2050, 2016
- Nordic Energy Technology Perspectives 2016, IEA/Nordic Energy Research 2016
- Energy Perspectives 2016, Statoil
- Key World Energy Trends, IEA 2016
- Tracking Clean Energy Progress, IEA 2016
- Energimeldingen
- Energy Technology Perspectives 2016, IEA 2016
- Carbon Capture and Storage: The Solution for deep emission reductions, IEA 2015
- Global EV Outlook 2016, IEA 2016
- Next Generation Wind and Solar Power, IEA 2016
- The Low Carbon Economy, Goldman Sachs 2015
- Veikart for Prosessindustrien
- SJØKART FOR GRØNN KYSTFART
- GRØNT SKIFTE -byggenæringens bidrag til løsning
- Veikart for næringslivets transporter – med høy mobilitet mot null utslipp i 2050
- Technology Outlook 2025, DNV GL 2016
- The Digital Utility, McKinsey & Company 2016
- Energibruk i industrien, Enova 2009
- Wind energy scenarios for 2030, EWEA 2015
- New Energy Outlook, Global, Bloomberg 2016
- New Energy Outlook, Solar, Bloomberg 2016
- Letting in the light, IRENA 2016*
- Global Smart Grid Market forecasts, MarketsAndMarkets 2016*
- Smart Home Market forecasts, MarketsAndMarkets 2016*
- Solar PV Plus Battery Storage: Poised for Takeoff, BCG 2013
- Automotive revolution – perspectives towards 2030, McKinsey 2016
- Delivering change – The transformation of commercial transport by 2025, McKinsey 2016
- Bioenergi i Norge, NVE 2014
- Baseline, Doubling and Narrative Information Submitted by Mission Innovation Countries and the European Union, Mission Innovation 2016
- Rethinking Energy 2015, IRENA
- The Sustainable infrastructure imperative, The New Climate Economy 2016
- World Energy Scenarios 2016, World Energy Council
- Parisavtalen, COP21

- The European Union leading in renewables, EU2015
- An EU Strategy on Heating and Cooling, Kommunikasjon fra kommisjon til parlament i EU
- Diverse publikasjoner fra «world energy perspectives»
- Revidert OG21 strategi
- A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030, EU Commission 2014
- European Energy Security Strategy, EU Commission 2014
- Energy Roadmap 2050, EU Commission 2012
- IPCC Working group III, Mitigation on Climate Change
- IEEE, May2016, Jul2016, Sep2016
- Fyra Framtider, Energisystemet etter 2020. Energimyndigheten Sverige
- Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030, Miljødirektoratet 2015
- Forskning for innovasjon og bærekraft, strategi for Norges forskningsråd 2015–2020
- Ved et vendepunkt: Fra ressursøkonomi til kunnskapsøkonomi Produktivitetskomisjonens andre rapport, Norges offentlige utredninger 2016: 3
- OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016
- Towards an Integrated Strategic Energy Technology (SET) Plan: Accelerating the European Energy System Transformation, Communication from the Commission 2015
- Transforming the European Energy System through INNOVATION, Integrated Strategic Energy Technology (SET) Plan Progress in 2016
- Maritim21. En helhetlig maritim strategi for forskning, utvikling og innovasjon
- Smarte Samfunn, Drømmeløftet, Innovasjon Norge

VEDLEGG 3: REFERANSEGRUPPEN

Navn	Tittel/stilling	Selskap
Jon Brandsar	Rådgiver for konsernsjefen	Statkraft
Ole Theodor Dønnestad	Direktør for forretningsutvikling	Agder Energi
Bente Monica Haaland	Konserndirektør strategi og kommunikasjon	Statnett
Eirik Gundegjerde	Konserndirektør forretningsutvikling og smart utility	Lyse
Kristin Lian	Konserndirektør nett	Hafslund
Unni Larsen	Daglig leder	Smartcity Bærum
Marie Thuestad	COO	Nord Pool
Jørgen Kildahl	Tidligere konsernsjef i EON, Statkraft	
Trude Sundset	Administrerende direktør	Gassnova
Hans Erik Vatne	Teknologidirektør	Hydro
Anne Lise Aukner	Konsernsjef	Nexans
Knut E. Gustavsen	Chief Operation Officer	eSmart Systems
John Andersen Jr.	CEO	Scatec
Per Lillebø	CEO	Cambi
Andreas Thorsheim	Daglig leder	Otovo
David Brunt	CEO	Fred Olsen Renewables
Henriette Undrum	VP New Energy Solutions	Statoil
Inge Gran	Konserndirektør energi	SINTEF
Svein Stølen	Prodekan forskning, professor	UiO
Marius Holm	Daglig Leder	Zero

