
Globale energitrender og norske muligheter

Statkrafts Lavutslippsscenario
2018



Globale energitrender

– Statkrafts Lavutslippsscenario 2018

Verden blir mer kompleks, og den endrer seg stadig raskere. Energisektoren står midt i denne utviklingen, med gjennomgripende teknologiske, politiske og markedsmessige endringer.

For bedre å forstå utviklingen, har Statkraft siden tidlig på 2000-tallet utarbeidet langsiktige markedsanalyser. For tredje år på rad presenterer vi et globalt scenario fram mot 2040 der vi analyserer globale og regionale drivkrefter i energimarkedene: «Statkrafts Lavutslippsscenario 2018».

Teknologi- og markedsutviklingen de siste årene har forsterket seg slik at investeringer i fornybar energi er i ferd med å bli billigere enn andre teknologier. Lavutslippsscenarioet viser en verden hvor investeringer i sol- og vindkraft utkonkurrerer investeringer i kull- og gasskraft. Scenarioet viser en sterk elektrifiseringstrend globalt, særlig knyttet til transportsektoren. Sol- og vindkraft endrer spillereglene i kraftmarkedet og setter i økende grad premissene for resten av kraftsektoren.

Scenarioet tar utgangspunkt i kjente teknologier og bygger på Statkrafts egne globale og regionale analyser og modeller, samt dybdestudier av flere eksterne kilder. Dette er ett av flere scenarier Statkraft baserer sine strategiske beslutninger på. Hensikten er å få analysert hva som er et mulig og realistisk utfallsrom for energimarkedene. Lavutslippsscenarioet skiller seg fra de fleste andre scenarier ved at det ikke er en lineær framskrivning av dagens trender. Det er heller ikke et scenario som tar utgangspunkt i 2-gradersmålet og analyserer seg bakover for å se hva som vil kreves for å nå det.

Lavutslippsscenarioet er et optimistisk, men fortsatt realistisk scenario ved at det først og fremst forutsetter at stadig lavere fornybar- og batterikostnader driver den voldsomme økningen innen fornybar energi framover.

Med den globale endringstakten innen teknologi og marked som legges til grunn i Lavutslippsscenarioet, vil de energi-relaterte klimagassutslippene følge en bane som er i tråd med 2-gradersmålet. Nivåer i tråd med 1,5-gradersscenariene vil, i henhold til IPCC, kreve ytterligere tiltak¹.

Scenarioet forutsetter at det fortsatt vil være nødvendig med politiske virkemidler i energisektoren. Klima- og energipolitiske virkemidler kan delvis komme som følge av multilateralt samarbeid og forpliktelser mellom landene, men også som følge av nasjonale klimaambisjoner, ønsker om å omstille energisektoren, behovet for forsyningssikkerhet og lokal luftforurensning. Selv hvis vi får en verden med svakere multilateralt samarbeid, vil trolig trenden innen fornybar energi vedvare, men da med lavere fart enn dette scenarioet anslår.

En utvikling med en svært mye renere kraftsektor globalt virker nå overveiende sannsynlig – det gjenstående spørsmålet er hvor raskt denne utviklingen vil gå. For at denne overgangen skal gå så raskt og effektivt som mulig er det nødvendig med velfungerende og integrerte kraftmarkeder, tilrettelegging for elektrifisering og en pris på klimagassutslipp. Overgangen vil derimot gjøres mindre kostnadseffektiv dersom hvert enkelt land skal drive omstillingen alene basert på reguleringer og støttesystemer. Dersom man ikke har gode energi- og klimapolitiske tiltak vil overgangen forsinkes. Dette vil kunne hindre en nødvendig grønn omlegging.

Et mulig hinder i utviklingen av en fornybar kraftsektor, er at variabel sol- og vindkraft øker behovet for fleksibilitet i kraftsystemene. Klarer vi ikke å løse fleksibilitetsutfordringen på en god og klimavennlig måte, vil veksten i fornybar kraft bremses. Dette vil gjøre det vanskeligere for verden å nå klimamålene. Rapporten belyser ulike former for fleksibilitet og hvordan fleksibilitetsutfordringen i kraftsektoren kan løses, med fokus på Europa.

¹ Sammenlignet med IPCC scenariene, RCP 3.4 og RCP 2.6 (<http://www.ipcc.ch>).



Sol- og vindkraft endrer spillereglene i kraftmarkedet og setter i økende grad premissene for resten av kraftsektoren. Foto: Getty Images/deliormanli

Oppsummering av Statkrafts Lavutslippsscenario 2018:

Globalt Lavutslippsscenario: En ny energiverden

- Vi anslår at 70 prosent av verdens elektrisitet i 2040 dekkes av fornybare energikilder.
- I 2040 vil solkraft bli den største kilden til kraftproduksjon globalt og dekke nesten 30 prosent av produksjonen. Vindkraft vil dekke i overkant av 20 prosent.
- Sol- og vindkraft blir billigere enn annen ny produksjon globalt. I områder med gode vind- og solforhold vil ny sol- og vindkraft også bli billigere enn eksisterende kull- og gasskraftproduksjon.
- Rimelig og ren kraft gir flere tilgang til strøm og elektrifisering blir en viktig klimaløsning.
- De energirelaterte klimagassutslippene i 2040 blir rundt 30 prosent lavere enn i dag og energisektoren globalt vil da følge en utslippsbane i tråd med 2-gradersmålet.
- I 2040 vil elektrisitet dekke mer enn 30 prosent av energiforbruket i bygnings-, industri- og transportsektorene. Vi anslår at 77% av alle nye personbiler i verden vil være fullelektriske i 2040.

Kraft til en grønn fremtid: Behovet for fleksibilitet øker i alle markeder

- Karbonintensiteten i kraftsektoren faller med 80% fram mot 2040 når sol- og vindkraft utkonkurrerer kull- og gasskraft.
- Med variabel fornybar kraft, som sol og vind, øker behovet for fleksible løsninger på produksjons- og forbrukssiden betydelig, og det vil være store nasjonale forskjeller.
- I land med mye solkraft, som India, vil over 80% av fleksibilitetsbehovet i kraftsektoren være knyttet til *kortsiktig* fleksibilitet innenfor ett døgn. Mange ulike løsninger kan tas i bruk, og det forventes høy konkurranse mellom disse.
- I land med mye vindkraft, som Tyskland og UK, vil behovet for *langsiktig* fleksibilitet som kan vare over uker, stå for rundt to tredjedeler av det totale fleksibilitetsbehovet i 2040. For å løse det langsiktige fleksibilitetsbehovet finnes det begrensede muligheter.

Bakgrunn: Nye rekorder settes i klimaendringer og grønn teknologi

Tross store endringer i energimarkedene ser vi at enkelte trender innen teknologi og klima har blitt tydeligere og mer sikre med årene. I 2017 ble det satt en rekke nye rekorder som er med på å underbygge dette.

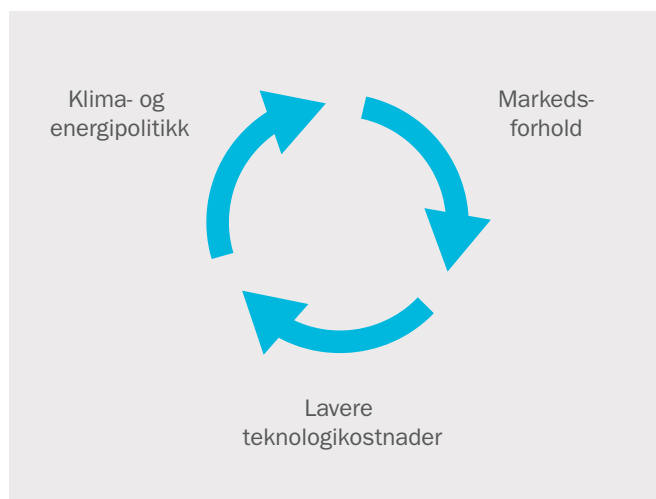
2017 - året for varmere rekorder

Fjoråret var ett av de tre varmeste årene som man noensinne har målt, der temperaturen økte til 1,1 grader over preindustrielle nivåer. Siste femårsperiode er den varmeste siden temperaturmålingene startet. 2017 var også et rekordår med høyeste dokumenterte kostnader forbundet med ekstremværhendelser. I løpet av året ble 30% av verdensbefolkningen eksponert for ekstreme hetebølger, og 41 millioner mennesker ble berørt av flom i Sør-Asia². De globale energirelaterte utslippene økte for første gang på tre år til nye rekorder. Utslippene økte i Asia og EU, men falt blant annet i USA og Mexico. CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren har siden 2015 vært over 400ppm i årsgjennomsnitt. Kun halvparten av alle CO₂-utslipp fra menneskeskapt aktivitet går til atmosfæren, resten absorberes omtrent likt i havet eller på land og bremser dermed de synlige klimaendringene.

Fornybarinvesteringer overgår investeringer i kull- og gasskraft

I 2017 kom en fjerdedel av kraftproduksjonen fra fornybare kilder. Dette er ny rekord. Det ble også satt rekord i ny fornybar kraftkapasitet i 2017 med 167 GW, en vekst på 8% fra året før. Kina og USA sto for rundt halvparten av veksten i fornybar kraftproduksjon, etterfulgt av EU, India og Japan. Og som i de foregående årene, overgikk investeringene i fornybar kraftproduksjon investeringer i kull- og gasskraft. Sol- og vindkraft er i raskt tempo i ferd med å bli de billigste teknologiene i flere regioner. Kina slo alle rekorder med over 50 GW ny solkraftkapasitet i 2017. Dette oversteg den økte kinesiske kapasiteten i gass-, kull- og kjernekraft til sammen³.

Sol- og vindkraft har historisk hatt så høye kostnader at investorer i stor grad har basert seg på støtte fra myndighetene i form av fastpris. Etter hvert som kostnadene har falt, har støtteordningene blitt redusert, og sol- og vindkraftinvestorene eksponeres i økende grad for kraftpris og en mer kompleks inntektsrisiko. Særlig er myndighetsstyrte auksjoner med en form for prisgulv et utbredt virkemiddel i land som tidligere tilbød subsidier i form av fastpris. Stadig flere sol- og vindkraftprosjekter bygges også helt uavhengig av støtteregimer.



Figur 1: Lavutslippsscenarioet forutsetter en positiv spinn mellom marked, politikk og teknologi

Krevende framtidutsikter for kullindustrien

Det blir stadig vanskeligere å finansiere nye kullprosjekter. Bankene har redusert sine lån til kullindustrien med 44% siden 2015. De 15 største bankene i verden, deriblant JPMorgan, Societe Generale, Deutsche Bank, har innført restriksjoner mot å finansiere kullprosjekter. De store investorene går i økende grad vekk fra fossilt og over til fornybare investeringer. Dette henger også sammen med trenden av banker, forsikringselskap og investorer som systematisk tar inn klimarisiko i sine beslutninger.

I følge World Health Organisation (WHO) dør rundt 7 millioner mennesker årlig pga. forurenset luft. For å bedre de enorme luftkvalitetsproblemene i byene, besluttet kinesiske myndigheter å redusere nasjonal kullproduksjon i 2016, noe som førte til en dobling av de globale kullprisene. Kina brenner fem ganger mer kull enn USA, og handler mer kull enn noe annet land i verden. Selv små endringer i kinesisk kullforbruk kan derfor få store konsekvenser for det globale kullmarkedet.

Klimagassutslippene følger ikke veksten i økonomien

En positiv utvikling de siste årene har vært at klimagassutslippene ikke har fulgt veksten i den globale økonomien. Denne trenden, der veksten i økonomien, energibruk, elektrisitetsbruk og globale utslipp skiller lag, fortsatte i 2017. Fra 2010 til i dag har den globale økonomien i gjennomsnitt økt med 2,8% per år og

² World Meteorological Organization (<https://public.wmo.int>)

³ Frankfurt School UNEP (<http://fs-uneep-centre.org>) og Irena (www.irena.org)

elektrisitetsbruken med 2,4%. Til sammenligning har den årlige primærenergibruken i samme periode bare steget med 1,6% og globale utslipp med 1,1%. Mye avgjøres i Kina og India, som stod for rundt 70% av økningen i elektrisitetsbruken og 40% av økningen i energibruken i 2017. På tross av rekordhøy vekst i fornybar energi, fortsetter fossil energi å stå for rundt 80% av energibruken globalt. Dette forklarer de rekordhøye CO₂-utslippene i 2017.

Global elektrifiseringstrend

Økende elektrifisering er en global trend, særlig knyttet til transport. Elbilsalget økte med 70% første kvartal i 2018 i forhold til tilsvarende periode året før. Kina fortsetter å være ledende med 43% av elbilmarkedet. I Europa vokste elbilsalget med 37% i samme periode. I 2017 var det nær 400 000 elektriske busser på veiene, i hovedsak i Kina⁴. Til tross for denne trenden, økte den totale oljeetterspørselen i 2017, blant annet på grunn av vekst i petrokjemisk industri og høyere etterspørsel etter store diesel- og bensinbiler i USA.

Usikkerhet i klimapolitikken

2018 er et viktig år for internasjonal klimapolitikk. I år tas det første skrittet i den femårige innstrammingszyklusen i henhold til Parisavtalen. Den første internasjonale optellingsdialogen («global stocktake») gjennomføres i høst. Denne skal gjøre opp status og tilrettelegge for nye nasjonale bidrag. Samtidig kommer FNs klimapanel med en ny rapport om hva som skal til for å ikke overstige 1,5 graders oppvarming⁵. De nye nasjonale bidragene til Parisavtalen skal leveres i løpet av 2020, og vil vise om landene sammen klarer å drive det globale klimaarbeidet framover gjennom å gradvis øke ambisjonene. Dette blir særlig spennende i en tid der de internasjonale forhandlingene preges av fravær av amerikansk lederskap. USA valgte som det eneste landet å gå ut av Parisavtalen i fjor, og foreslår videre en plan for å subsidiere ulønnsomme amerikanske kullkraftverk. Det er usikkert hvem som vil fylle lederskapet etter USA. Både Kina, EU og India har ambisiøse klimamål som kan tyde på at de vil drive internasjonalt klimaarbeid i riktig retning.

Til tross for usikkerheten har det også vært framgang internasjonalt. Maritim sektor, ledet av FN-organisasjonen IMO⁶, ble enige om en global avtale for å halvere sektorens klimagassutslipp innen 2050 og med ambisjon om å gå mot nullutslipp. Avtalen kom etter flere år med krevende forhandlinger og var en betydelig milepæl.

Videre skjer det flere fremskritt i klimapolitikken på nasjonalt og regionalt nivå. Det finnes i dag 47 karbonprismekanismer i verden. Nå som Kina innfører et nasjonalt karbonmarked, dekkes over 20% av globale utslipp av karbonpriser⁷. Andre positive politiske trekk i klimasammenheng er at over 20 land, deriblant UK, Canada, Frankrike, Finland og Mexico har gått sammen om å fase ut kullkraft⁸. Videre har flere land, inkludert India og Kina, annonsert at de vil forby salg av fossile biler. I EU skjer det også store fremskritt i energi- og klimapolitikken. I fellesskap har EU blitt enige om nye mål for 2030 med 40% klimamål, 32% fornybarmål og 32,5% energieffektiviseringsmål. De er nå på god vei til å bli enige om felles virkemidler og regelverk for å nå disse målene, deriblant å styrke kvotesystemet (EU ETS), sette nasjonale klimamål for sektorene utenfor EU ETS, samt ha felles regelverk for mer integrerte energimarkeder

Ikke bare land, men også selskaper og byer, er med på å drive verden i en mer klimavennlig retning. For eksempel får private selskaper en gradvis større rolle i å mobilisere investeringer i fornybar kraft. Selskaper som Ikea, Apple og Facebook har erklært at de kun vil kjøpe fornybar kraft. Sammen med over 130 andre selskaper har de knyttet seg til initiativet RE100.org med mål om å bli 100% fornybare. I følge analyser vil disse selskapene til sammen trenge rundt 170 TWh med fornybar kraft fram til 2030⁹. Deres kraftbehov forventes dermed å bli høyere enn norsk årlig kraftetterspørsel på rundt 130 TWh.



Figur 2: I 2017 kjørte 99% av alle elektriske busser globalt på kinesiske veier. Foto: Getty Images/winhorse

⁴ Kilde: Bloomberg

⁵ Intergovernmental Panel for Climate Change (www.ipcc.ch)

⁶ International Maritime Organisation: <http://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/06GHGinitialstrategy.aspx>

⁷ World Bank: State and trends of carbon pricing 2017

⁸ "Powering Past Coal Alliance": <https://unfccc.int/news/more-than-20-countries-launch-global-alliance-to-phase-out-coal>

⁹ International Renewable Energy Agency (www.irena.org)

Globalt Lavutslippsscenario: En ny energiverden

I områder med mye sol eller vind er det allerede slik at fornybare teknologier gir den billigste energien i dag. I Lavutslippsscenarioet forventer vi at kostnadene knyttet til utbygging av både sol- og vindkraft vil falle både raskt og mye fram mot 2040. Dette fører til at disse teknologiene vil gi den billigste energien i mer eller mindre hele verden allerede på 2020-tallet. Ikke nok med at sol- og vindkraft vil bli førstevalget for ny kraftproduksjon - nå ser vi at disse teknologiene i noen områder med gode sol- og vindressurser raskt vil være konkurransedyktige, også målt mot eksisterende kraftproduksjon som kull- og gasskraft.

Den årlige veksten i vindkraftutbygging ligger på 8% og veksten i solkraftutbygging ligger på 15% fram mot 2040 i Lavutslippsscenarioet. Denne sterke veksten vil kreve omfattende investeringer og oppskaleringer i produksjonskjeden. Dette får store konsekvenser ikke bare for kraftsektoren og dynamikken i kraftmarkedene, de vil påvirke hele energinæringen, samt inntektsstrømmer og maktforhold mellom land.

Global energibalanse: Energietterspørsel vokser svakt og klimautslipp følger en 2-gradersbane

Mot 2040 vil befolkningsvekst og økt levestandard bidra til høyere energibruk globalt enn i dag. Samtidig forventer Lavutslippsscenarioet

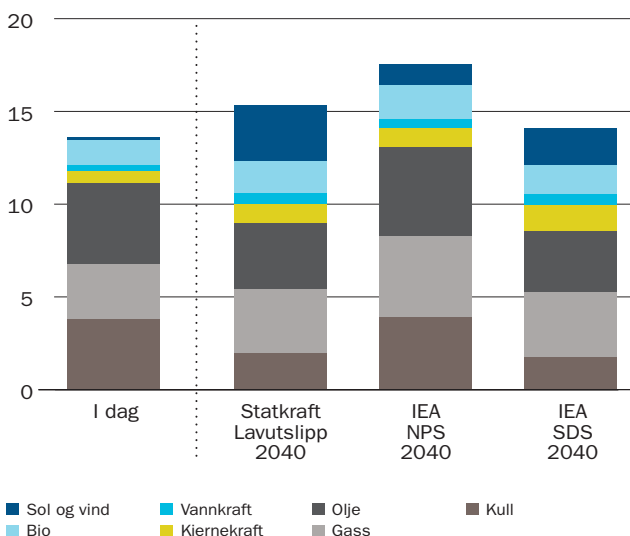
betydelig energieffektivisering i alle sektorer og en akselererende vekst i elektrisitetsbruk innen bygnings-, transport- og industri-sektorene. Dette gjør at veksten i energibruk fortsetter å dekoples fra økonomisk vekst. Vi ser en gjennomsnittlig økning i primær-energi bruk på 0,5% per år fra i dag som flates ut mot 0,1% etter 2035. På grunn av elektrifisering vil veksten i kraftforbruket øke over fire ganger mer enn energibruken i samme periode. Her sammenligner vi energibruk i form av sluttforbruk av energi, dvs. etter konvertering og foredling fra primærenergikilde slik den finnes i naturen og til energien er klar til bruk¹⁰.

Elektrifisering er et viktig energieffektiviserings- og klimatiltak

I Lavutslippsscenarioet vil kraftforbruket ha en gjennomsnittlig årlig vekst på 2,4% fra i dag til 2040. Elektrifisering vil være et viktig energieffektiviseringstiltak. Dette skyldes at elektrisitet er en høyverdig form for energi med stor utnyttelsesgrad. Mens bare 30% av energien i bensin går til fremdrift i en konvensjonell bil, går nesten 100% av elektrisiteten i en elbil til det samme. På samme måte sparer man over 60% energi når man går over fra fossil oppvarming til elektrisk oppvarming ved hjelp av varmepumper.

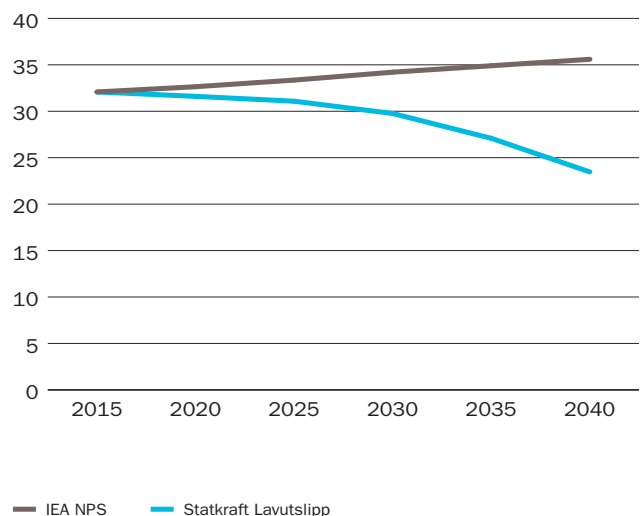
Grønnere energiproduksjon og forbruk...

Global primær energietterspørsel (Mrd toe)



...gjør at utslippskurven faller tidligere

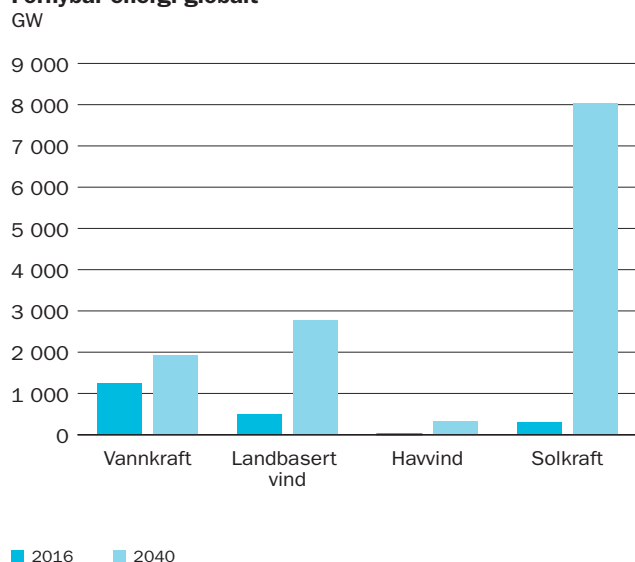
Globale energirelaterte klimagassutslipp (GtCO₂e)



Figur 3: Global primærenergibalanse i dag og i 2040 og utviklingen i globale energirelaterte klimagassutslipp. IEA17 og Statkraft Lavutslipp.

IEA lager flere scenarier: IEA New Policies Scenario (NPS) er deres hovedscenario, mens i IEA Sustainable Development Scenario (SDS) går energirelaterte utslipp mot en 2-gradersbane.

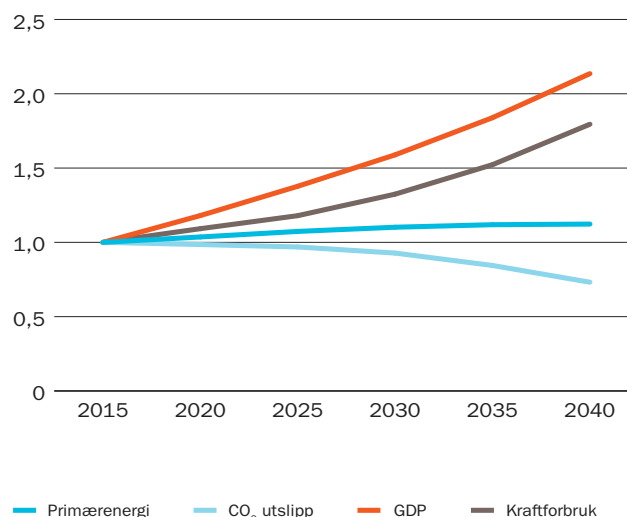
Fornybar energi globalt



Figur 4: Vekst i ulike former for fornybar kraftproduksjon (i GW). IEA (i 2016) og Statkraft Lavutslipp (i 2040).

Årlig gjennomsnittlig vekst

Prosent, indeksert fra 2015



Figur 5: Mens BNP mer enn doubler seg mot 2040, øker primærenergibruken med 12% i Lavutslippsscenarioet.

Gjennom elektrifisering av transportsektoren vil en betydelig mengde olje erstattes av kraft. Det resulterer i at oljeetterspørselen i Lavutslippsscenarioet når toppen på midten av 2020-tallet og faller med 18% fra i dag og fram mot 2040. I tillegg halveres den globale kulletterspørselen. Dette skyldes både CO₂-prising, direkte reguleringer der kullkraftverk blir pålagt å legges ned, men også at det blir stadig billigere å produsere fornybar kraft sammenlignet med kullkraft. I tillegg er det som nevnt innledningsvis vanskelig å få på plass finansiering i kullindustrien. Gassforbruket øker svakt over perioden og blir en viktig energikilde i både varmesektoren, transportsektoren og som en av flere fleksible løsninger i kraftsektoren. Samtidig ser vi at gasskraft som fleksibilitetsløsning i kraftsektoren vil møte betydelig konkurranse.

Implikasjoner for de globale klimagassutslippene

Trendene diskutert over har store implikasjoner for de globale klimagassutslippene, som vil falle med 30% over perioden. Litt forenklet kan vi si at dekarbonisering av energisektorene skjer på to områder. For det første blir kraftsektoren mer fornybar,

som den allerede er i Norge. Derneft handler klimaarbeidet i stor grad om elektrifisering. Elektrifiseringen av både transport- og bygningssektorene bidrar signifikant til reduksjonen i utslipp. Dette gir nesten 5 Gt lavere utslipp i 2040 i forhold til IEAs referansescenario¹¹. Som illustrasjon vil elektrifisering av tungtransport utgjøre 6% reduksjon i oljeetterspørselen og 1 Gt lavere utslipp, enn et scenario uten elektrifisering av tungtransport. Tilsvarende vil elektrifiseringen innen industrisektoren føre til en reduksjon i utslipp på 1,6 Gt. Når rundt 70% av kraftproduksjonen dekkes av fornybare kilder i 2040, reduseres utslippintensiteten i kraftsektoren med 80% i våre analyser. I dag slipper kraftsektoren globalt ut rundt 0,5 tCO₂ per MWh i gjennomsnitt, mens i 2040 vil dette reduseres til 0,13 tCO₂ per MWh. Dette er en dramatisk nedgang. Med denne endringstakten vil de energirelaterte klimagassutslippene følge en bane i tråd med 2-gradersmålet mot 2040. Med en gradvis mer avbøyd kurve fra 2030 og utover, kommer vi også nærmere en 1,5-gradersbane mot slutten av perioden. Her vil tiltak i andre sektorer og tiltak etter 2040 spille en avgjørende rolle¹².

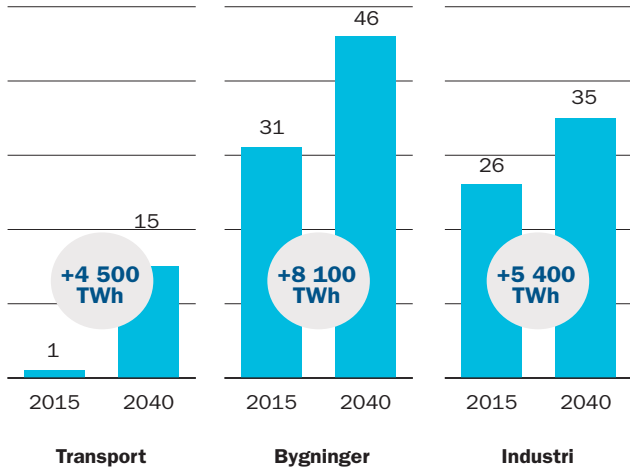
¹⁰ I konvertering mellom primærenergiforbruk og sluttforbruk (final energy) brukes IEAs tilnærming. IEAs definisjon på primærenergi egner seg best for fossile energikilder. For fornybare kilder antar IEA 100% effektivitet, dvs energien ut i form av fornybar kraft tilsvarer energien inn uten noe energitap i konverteringen. Det pågår diskusjoner rundt at IEA underrapporterer fornybar andelen i primærenergimiksen. Kilder: IEA/OECD Statistical Manual (2005), BP Energy Outlook (2018).

¹¹ IEA World Energy Outlook 2017, New Policies Scenario (NPS).

¹² Sammenlignet med de siste IPCC scenariene, RCP 3.4 og RCP 2.6.

Elektrisitetsandel

I sluttbruk (%) og absolutt økning (TWh)



Figur 6: Oversikt over endringer i elektrisitetsbruk i transport, bygninger og industri globalt. IEA (2015) og Statkraft Lavutslipp (i 2040).

Elektrisitetsandelen øker i alle sektorer

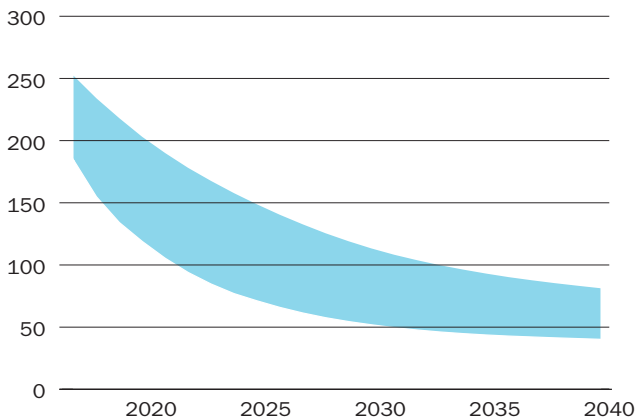
I transportsektoren ser vi at den økende andelen fornybar kraft sammen med et massivt kostnadsfall på batterisiden, gjør elektrifisering til et attraktivt dekarboniseringstiltak.

Kostnaden til batterier utgjør den største delen av elbilkostnaden. Den raske teknologiutviklingen på batterisiden gjør elbiler konkurransedyktige i forhold til konvensjonelle biler de neste årene, og dette vil raskt gjelde for de fleste personbiler i de fleste regionene. I tillegg har flere land, inkludert India og Kina, ambisiøse mål for elektrifisering av bilparken. Dette har ført til at bilprodusentene i stadig økende grad skifter fokus fra fossile biler til elbiler. Over 340 elbil-modeller er planlagt fram mot 2025, ifølge Bloomberg. De mest ambisiøse, VW gruppen og BMW, planlegger lansering av hele 127 modeller til sammen. En økt utbredelse av bildelingstjenester flytter også oppmerksomheten ytterligere mot elbiler, i tillegg til at fremveksten av selvkjørende biler legger til rette for en høyere andel og endret kjøremønster for både for både person- og tungtransport.

Markedsutviklingen vil gi en eksponensiell økning av antall elbiler framover i dette scenariet, selv om spredningen av slike biler kan begrenses av oppgraderingsbehov i strømmettet og landenes rammebetingelser. I Lavutslippsscenarioet anslår vi at det legges til rette for en betydelig utbygging av ladeinfrastruktur. Vi får en kraftig økning i elbilsalg fra 2030 og utover, som resulterer i at 77% av alle nye personbiler er fullelektriske i 2040. I tillegg legger vi til grunn at rundt 40% av nybilsalget innen tungtransport er elektrifisert (inkludert hydrogen). Dette er i hovedsak busser og lokal varetransport i byer, der lokal luftforurensning vil være en ytterligere driver for elektrifisering. Også for korte båt- og flystrekninger ser vi noe potensiale, men påvirkningen i 2040 er mye mindre enn for landtransport.

Batterikostnadsutvikling

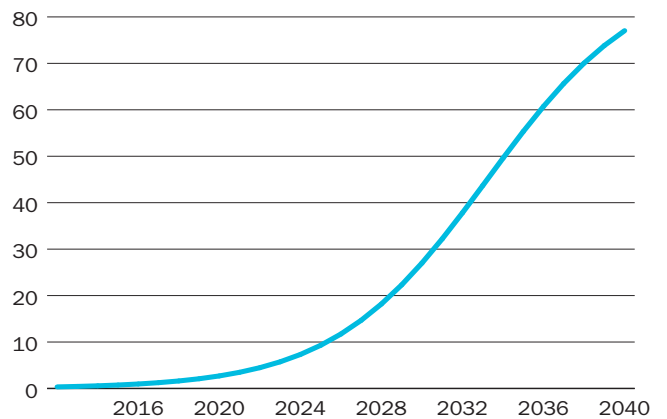
USD/kWh lagringskapasitet



Figur 7: Rask kostnadsreduksjon for batterier gjør at elbiler innen de neste fem år vil være billigere enn konvensjonelle biler i de fleste land (USD/kWh). Statkraft Lavutslipp.

Elbilsalg

i %



Figur 8: Andel elbiler av det totale nybilsalget globalt (personbiler og mindre varebiler). Statkraft Lavutslipp.



Flere land, inkludert India og Kina, setter ambisiøse mål for elektrifisering av bilparken. Foto: Getty Images/wellphoto

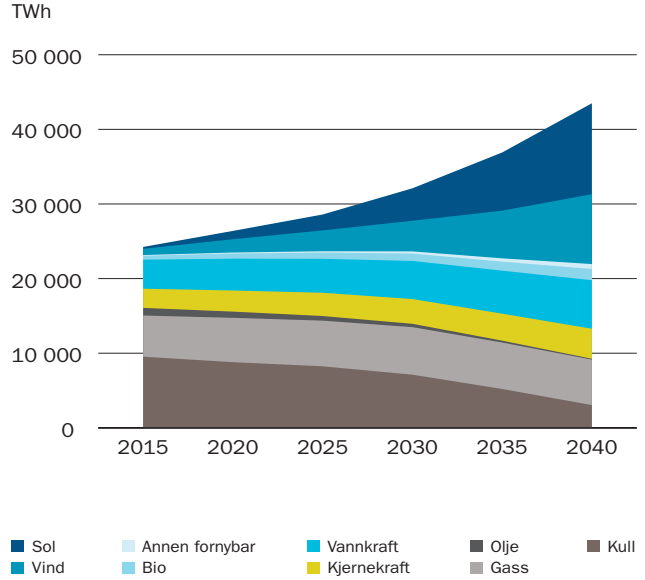
Vi legger til grunn at vi kommer til å få en substansiell elektrifisering i *industriektoren*. Utslippene fra denne sektoren er svært diversifiserte og knyttet til mange ulike prosesser. Noen av disse kan lettere og billigere elektrifiseres enn andre. Fram mot 2040 anslår vi at energibehovet til prosesser som krever lav til medium varme, i stor grad vil dekkes av elektrisitet heller enn fossile energikilder. I varmeprosesser med høy temperatur ser vi at hydrogen fra elektrolyse eller naturgass med karbonfangst og lagring (CCS) kan komme til å spille en sentral rolle. Hydrogen omtales videre i neste kapittel. Totalt sett ser vi for oss at 35% av det industrielle energibehovet vil dekkes av elektrisitet i 2040.

Innenfor *bygninger* vil elektrisitetsbruk øke i både oppvarming, kjøling og elektriske apparater. Totalt gir dette en økning i elektrisitetsandel fra 31% i dag til 46% av energibehovet fram mot 2040.

Veksten globalt skjer i fornybar kraft

Kraftsystemene vil gjennomgå svært omfattende endringer i tiårene vi har foran oss. Veksten i fornybar kraft vil overstige veksten i global kraftetterspørsel i denne perioden. Rundt 70% av kraftproduksjonen dekkes av fornybare kilder i 2040 i Lavutslippsscenarioet. Sol- og vindkraft står for 50% av produksjonen. I 2040 vil solkraft generere mer elektrisitet enn vind og være den største kilden til kraftproduksjon. I 2040 vil nesten 30% av kraftproduksjonen genereres fra sol, mens i overkant av 20% genereres fra vind. Dette har tre hovedforklaringer: først og fremst er sol en enkel teknologi som kan monteres mer eller mindre overalt, mens vindmøller

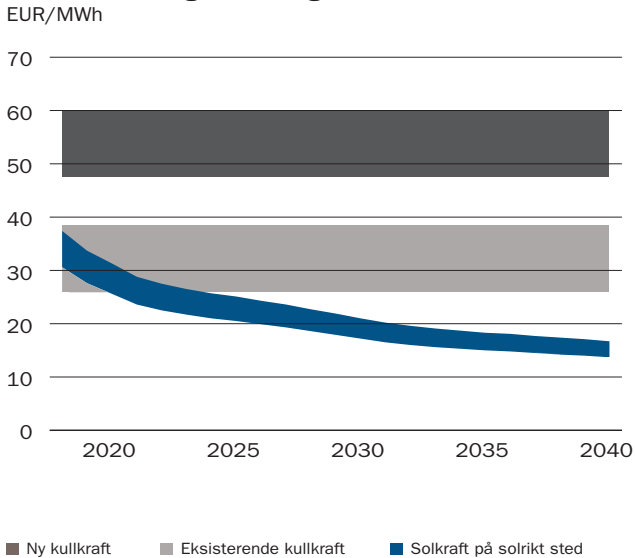
Global kraftproduksjon mot 2040



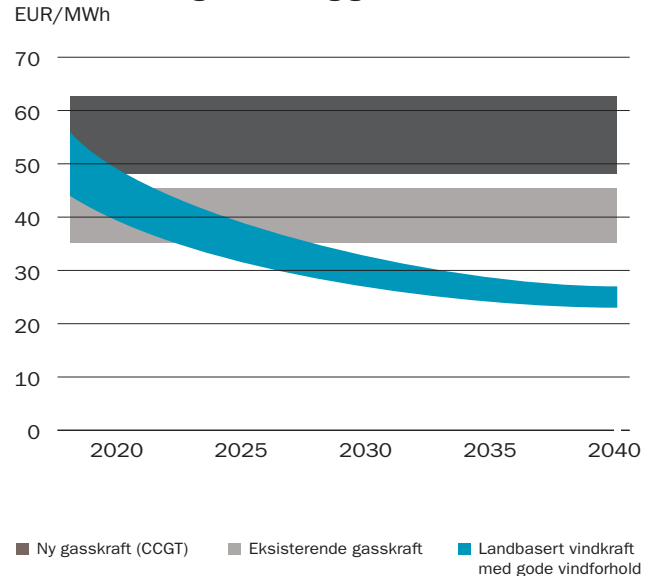
Figur 9: Vekst i kraftetterspørsel mot 2040 i Lavutslippsscenarioet fordelt på kilde (TWh)

i langt større grad begrenses av tilgjengelige landarealer, samt reguleringer om størrelse. I tillegg kan solceller gjøres til en del av bygninger og således i prinsippet bli nesten gratis sammenlignet med alternative bygningmaterialer, mens

Kostnadsutvikling solkraft og kullkraft



Kostnadsutvikling vindkraft og gasskraft



Figur 10: Illustrasjon av kostnadsutvikling for solkraft på solrikt sted til venstre, og for landbasert vindkraft på sted med gode vindressurser til høyre (EUR/MWh). Sol blir billigere enn eksisterende kull på relativt kort sikt. Grafene illustrerer utfallsrom rundt kostnader.

vindmøllene alltid vil ha en kostnad knyttet til råmaterialer. Til sist kan sol, i kombinasjon med batterier i solrike områder, gi en produksjonsprofil som er tilnærmet jevn over hele døgnet. Likevel antar vi at begge teknologier vil være viktige framover. Noen steder vil det fremdeles være bedre vindressurser, og de to teknologiene vil også levere ulike profiler inn på kraftnettet avhengig av når sola skinner og når det blåser.

Fram mot 2040 vil en stor del av kraftproduksjonen foregå mer desentralisert enn den gjør i dag. Særlig solkraftproduksjon kan bygges langt mer desentralt enn tradisjonelle kraftverk. På global basis er dette særlig viktig i avsidesliggende områder, som kan elektrifiseres takket være distribuerte løsninger. I tillegg gir kostnadsfallet på batterier muligheter for økt grad av selvforsyning av elektrisitet for både husholdninger og industri. Ny teknologi tilrettelegger for mer bevisst og fleksibel etterspørsel fra forbrukerne, og smarte kraftnett vil kunne håndtere denne fragmenterte produksjonen. Dette påvirker også den tradisjonelle dynamikken i kraftmarkedet.

Selv med store omveltninger får vi fortsatt ikke en 100% fornybar kraftsektor

Som vi har sett ovenfor blir det store globale omveltninger i energisektoren, noe som vil få konsekvenser for både olje-, gass- og kraftindustrien mot 2040. Vi går mot en verden med mindre fossil og mer fornybar kraft, med smarte energisektorer og med nye aktører og tilhørende høy konkurranse.

Kostnadene knyttet til utbygging av fornybar kraft framover blir så lave at man i utgangspunktet kunne forvente en 100% fornybar kraftsektor mot 2040. Hovedårsaken til at dette likevel ikke forventes å skje, er at sol- og vindkraftproduksjon er variabel.

Klarer vi ikke å løse fleksibilitetsutfordringen på en god måte, vil veksten innen fornybar energi bremses. Dette vil gjøre det vanskeligere for verden å nå 2-gradersmålet, for ikke å snakke om å holde den globale temperaturøkningen under 1,5 grader. Vi vil se nærmere på behovet for fleksibilitet i kraftmarkedet og hva som kan tilby denne fleksibiliteten i neste kapittel.



Figur 11: Solkraft er enkel teknologi som kan monteres mer eller mindre overalt, også som en del av bygninger. Både vind- og særlig solkraftproduksjon kan bygges langt mer desentralt enn tradisjonelle kraftverk. Foto: Getty Images/DutchScenery

Kraft til en grønn fremtid: Behovet for fleksibilitet øker i alle markeder

Sol- og vindkraft vil i økende grad endre spillereglene for kraftmarkedene. De avviker fra tradisjonell kraftproduksjon som kull- og gasskraft på to viktige områder. For det første er både vind- og solkraft variable, og man trenger derfor andre fleksible løsninger når sola ikke skinner og vinden ikke blåser. For det andre er den marginale kostnaden ved å produsere kraften veldig lav, noe som presser kraftprisene ned. Fleksibilitetsbehovet øker i alle markeder vi analyserer og mange ulike teknologier konkurrerer om å være løsningen. Våre analyser viser at det både vil være økende behov for fleksibilitet som varer veldig kort, fra sekunder til noen få timer, og fleksibilitet for flere dager og uker. Fleksibilitetsløsninger som dekker korte tidsperioder vil møte høy konkurranse og vi forventer at batterier vil sette et pristak for denne typen fleksibilitet. Det er imidlertid færre løsninger som vil kunne dekke fleksibilitetsbehovet over dager og uker.

HVA ER FLEKSIBILITET I ET KRAFTSYSTEM:

Fleksibilitet er evnen til å gjøre raske endringer i produksjon eller forbruk for til en hver tid å sikre balanse i kraftsystemene. Dette kan være alt fra momentan endring i effekt over sekunder og minutter (lastregulering) til balansering av kraftsystemet i lengre perioder, dager eller uker, f.eks. i perioder med lite vind.

Dynamikken i kraftmarkedene endres fundamentalt med økningen av fornybar energi

Med variabel kraftproduksjon vil mye av kraften selges i timer med mye sol og vind og dertil lavere priser. Inntektene for sol- og vindkraft blir da lavere enn gjennomsnittlig kraftpris. Hvis mer variabel kapasitet installeres, blir prisene enda lavere. Denne effekten refereres gjerne til som kannibaliseringseffekten.

Tradisjonelt har investorer i kraftproduksjon hatt en forventning om å få dekket kostnadene sine gjennom kraftmarkedet. Med en 70% fornybarandel i 2040 trengs store investeringer, og man er nødt til å mobilisere privat kapital. For å få til dette må markedene fungere sånn at investeringene kommer der

det faktisk er behov for kraften og sånn at investorene kan forvente å få en rimelig avkastning. Et kraftmarked koplet med en økende karbonpris vil gjøre det stadig dyrere å forurense og mer lønnsomt å produsere utslippsfri kraft, både fra nye og eksisterende kraftverk. Karbonprisen vil i tillegg løfte kraftprisen i perioder hvor de mest forurensende kraftverkene må kjøre for å dekke kraftbehovet.

Med en høy andel variabel produksjon kan kraftprisene både gå veldig lavt og veldig høyt. De ulike fleksibilitetsløsningene vil både bidra til å løfte de lave prisene og dempe de høye prisene. For at både forbruker og produsent skal motiveres til å respondere på fleksibilitetsbehov, er det viktig å kunne selge og kjøpe kraft i markedet så nær nåtid (sanntid) som mulig, og at variasjonene i kraftprisen blir synlig. Det er i sanntid at det faktiske fleksibilitetsbehovet og verdien av fleksibilitet bestemmes. I motsatt fall vil eksempelvis en fast strømpris over døgnet ikke motivere forbruker til å tilpasse strømforbruket ved f.eks. å lade elbilen sin på natten når den totale krafttterspørselen er lavere.

Det er ikke mulig å si allerede nå hva som vil være den optimale sammensetningen av de ulike fleksibilitetsløsningene i framtiden. Da blir det viktig at disse løsningene får konkurrere i markedet på lik linje, uten at enkeltløsninger reguleres inn særskilt. Likevel ser vi i dag at mange land velger å regulere inn enkelte typer fleksibilitetsløsninger.

Verdien av fleksible løsninger øker i alle kraftmarkeder. Ulike behov i ulike land

Behovet for fleksible løsninger anslås å dobles for landene i Nordvest Europa fram mot 2040¹³. Samtidig er de nasjonale behovene for fleksibilitet svært ulike i omfang og type. De europeiske landene står overfor helt ulike utfordringer og vil derfor trenge ulike løsninger (figur 12). Mens Norge scorer høyest både på fornybarandel i kraftsektoren og grad av elektrifisering og har tilnærmet null i CO₂-intensitet i kraftmiksen, har Polen, UK og Tyskland store utfordringer når de nå skal omlagges til lavutslippssamfunn. Også når det gjelder sol- og vindressurser er det store ulikheter. Mens Norge har særdeles gode vindressurser som i gjennomsnitt er betydelig bedre enn de fleste andre land i Europa og ellers i verden, er norske solressurser lavere enn for de fleste andre land i Europa.

¹³ Følgende europeiske land; UK, Tyskland, Polen, Frankrike, Østerrike, Tsjekkia, Nederland, Belgia, Sveits

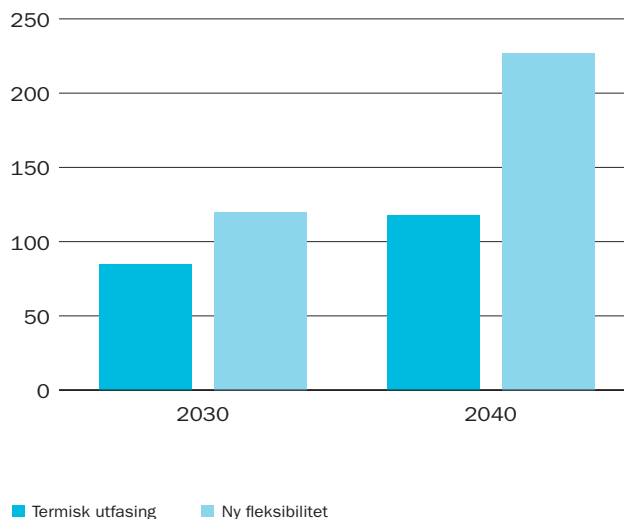
	Andel elektrifisering (MWh per capita)	Fornybarandel i kraft (%, 2016)	CO ₂ intensitet (tCO ₂ /MWh, 2016)
Norge	25	105	0
Sverige	14	65	0,1
UK	5	25	0,3
Tyskland	7	32	0,4
Polen	4	13	0,7
Frankrike	8	19	0,1
Spania	6	37	0,3

Figur 12: Utgangspunktet og utfordringene er unike for hvert av de Europeiske landene. (Blå farge viser et positivt utgangspunkt relativt til de andre landene, oransje farge viser et svakere utgangspunkt relativt til de andre landene). Kilde:Eurostat, EEA

Fram mot 2040 forventer vi at mesteparten av eksisterende kullkraft vil stenge ned i Nordvest Europa på grunn av en kombinasjon av karbonpris, alder og regulering (fig. 13).

I UK viser våre analyser at andelen fornybar, variabel kraftproduksjon vil øke fra rundt 20% i dag til rundt 70% i 2040. I samme periode legger vi til grunn at behovet for fleksible løsninger tredobles. I Tyskland anslår vi også at vind og sol vil stå for rundt 70% av den årlige kraftproduksjonen i 2040, mens behovet for fleksible løsninger øker med en fjerdedel fra i dag. Det blir da betydelig færre timer igjen for all kraftproduksjon som ikke er sol- og vindkraft, noe som vil gå ut over lønnsomheten til disse kraftverkene. Den store forskjellen mellom UK og Tyskland skyldes hovedsakelig ulikt utgangspunkt. Norden skiller seg også fra andre land og regioner. Med regulerbar, fornybar vannkraft som basis og 74% andel fornybar kraftproduksjon allerede i dag (rundt 100% i Norge), vil behovet for ny fleksibilitet i Norden øke betydelig mindre.

Teknologimiksen i kraftproduksjonen endres i Nordvest Europa GW



Figur 13: Utfasing av fossil kraftproduksjon og økning i ny fleksibilitet (som forbruksrespons, batterier, kabler og nett) i Nordvest Europa (GW). Kilde: Statkraft analyser

ET KRAFTMARKEDET ER IKKE SOM ALLE ANDRE MARKEDER

Elektrisitet ligner på andre produkter som handles i markedet, som metaller, olje og korn. Imidlertid skiller kraftmarkedet seg fra andre produkter, spesielt på grunn av følgende egenskaper:

- Elektrisitet er ferskvare og kan ikke kontrolleres på en enkel og effektiv måte. Store volum av elektrisitet kan ikke lagres økonomisk (i dag) og overføring av elektrisitet må driftes med tanke på sikker flyt i systemet. Derfor varierer både kostnader og verdien av elektrisitet avhengig av *lokasjon* og *tid*.
- Behov for elektrisitet kan variere brått over tid. Noen kraftverk kan bare endre sin produksjon gradvis og kan bruke flere timer på å starte igjen, mens andre kraftverk kan måtte stenge seg brått av ulike årsaker. Forbruk og produksjon av elektrisitet må være i balanse kontinuerlig, ellers er det risiko for blackout. Derfor har evnen til å endre produksjon eller etterspørsel på kort varsel, dvs *fleksible egenskaper*, en egen verdi.

Når det gjelder elektrisitet, har både effekt (MW), energi (MWh), overføringskapasitet og fleksibilitet en verdi og kan derfor handles og prises i de ulike kraftmarkedene, fra måneder og år i forkant og helt fram til leveranse av kraften i nåtid (nær sanntid)¹⁴.

¹⁴ Energi er summen av effekt over en relevant tidsperiode.

Ulike fleksibilitetsbehov krever ulike løsninger

	Endring i behov	Gass	Kull	Vannkraft	Forbruks-respons	Lagring (batterier)	Kabler/nett	Kjerne-kraft
Balansering (0-1 time)	↗	✓		✓	✓	✓	✓	
Intradag (1 - 24 timer)	↗	✓	⋯	✓	✓	✓	✓	
Intrauke (1 - 7 dager)	↗	✓	✓	✓			✓	⋯
Grunnlast (>1 uke)	↘	⋯	✓	✓				✓

Figur 14: Alle typer fleksibilitet vil øke, mens behovet for grunnlast reduseres i de markedene vi analyserer. Kilde: Statkraft.

Vi deler behovet for fleksibilitet inn i tre typer løsninger basert på tidsperiode (figur 14);

1. Kortsiktig fleksibilitet innenfor timen(e) («balansering»),
2. Kortsiktig fleksibilitet innenfor et døgn («intradag») og
3. Langsiktig fleksibilitet innenfor flere dager og av og til uker («intrauke»).



Figur 15: Solressurser rundt ekvator gjør at vi ser høy vekst i variabel solkraft sammen med kortsiktige fleksibilitetsløsninger i dette området. Lenger nord og sør er solressursene dårligere, men generelt er vind- og vannressursene bedre. Kombinasjonen av disse teknologiene vil gi fleksibel, fornybar kraft.

Behovet for kortsiktig fleksibilitet innenfor et døgn (intradag) vil øke mest i land med mye solkraft, mens langsiktig fleksibilitet øker mest i land med mye vind. Det er flere viktige forskjeller når det gjelder sol og vind. Mens solkraften varierer ganske forutsigbart over døgnet og over sesongene, er vindkraften mer uforutsigbar. Perioder med mye vind vil bygges opp over flere timer og kan vare i flere dager og til og med uker. Solsyklusene er derimot korte, med raske overganger fra null til full produksjon. I land som Tyskland og UK, med mye vind, vil fleksibilitet over uker være viktigst. Våre analyser tilsier at i disse landene kan dette omfatte rundt to tredjedeler av det totale fleksibilitetsbehovet i 2040. I land med mye solkraft, som India, viser våre analyser at over 80% av fleksibilitetsbehovet i 2040 vil være kortsiktig fleksibilitet innenfor en dag.

Når ulike typer fleksibilitet konkurrerer med hverandre bidrar dette til å dempe prisvariasjonen. Isolert sett vil økt tilbud av fleksibilitet bidra til å senke de høyeste kraftprisene. Dette fører til en reduksjon av lønnsomheten for alle fleksibilitetstilbydere. Jo flere aktører som entrer markedet, jo mindre blir den marginale inntekten isolert sett.

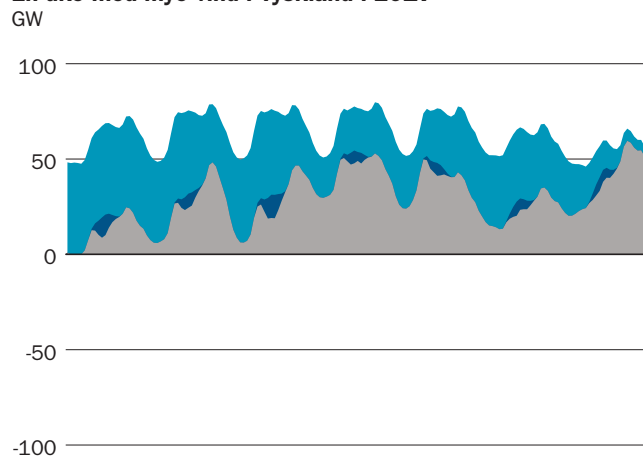
Innenfor kortsiktig fleksibilitet er det mange løsninger som kan bidra, og det forventes høy konkurranse mellom disse. Både vannkraft, kullkraft, gasskraft, batterilagring, fleksibel elbil-lading og andre typer forbruksrespons, samt kabler og nett, vil kunne dekke intradagbehovet for fleksibilitet. Vi forventer at alle kortsiktige fleksibilitetsløsninger vil måtte konkurrere med batterier som vil sette et pristak for kortsiktig fleksibilitet.

I dag leveres langsiktig fleksibilitet hovedsakelig fra kull og gass, og i noen heldige land fra vannkraft, mens andre kilder ennå er små, slik som kabler, forbruksrespons i industrien og hydrogen.

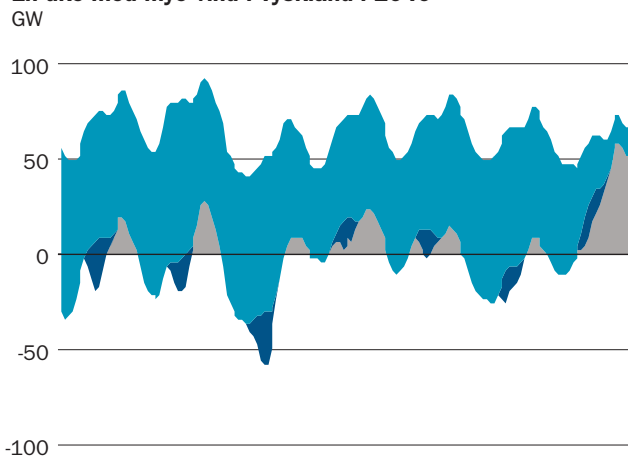
Det grå feltet i figur 16 viser at jo mer variabel kraft man får inn i systemet, jo færre timer vil måtte dekkes opp av grunnlast fra tradisjonelle kraftverk som kull-, gass- og vannkraft mens behovet for tilgjengelig fleksibel kapasitet i de mest anstrengte timene opprettholdes. Effektutvidelse i vannkraft vil være et av de økonomisk sett mest attraktive alternativene for å dekke de langsiktig fleksibilitetsbehovene.

Som figur 16 viser, vil det i 2040 være hele uker i Tyskland der all etterspørsel dekkes kun av variabel fornybar kraft. Samtidig vil det være andre hele uker med lite vind, der rundt 70% av etterspørselen må dekkes av andre og mer fleksible kilder. På grunn av det store behovet for langvarig fleksibilitet i Tyskland tilsier våre analyser at kabler, kull- og gasskraftverk fortsatt vil stå for en betydelig andel av fleksibilitetsløsningene i 2040. Det er likevel verdt å merke seg at med relativt begrenset kjøretid blir kraftproduksjon og utslipp betydelig lavere enn i dag.

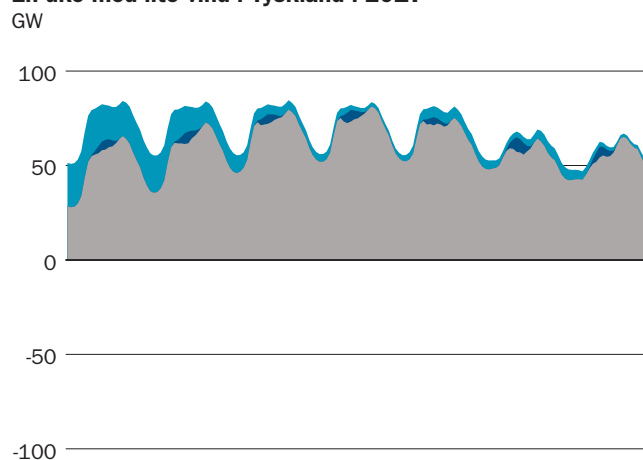
En uke med mye vind i Tyskland i 2017



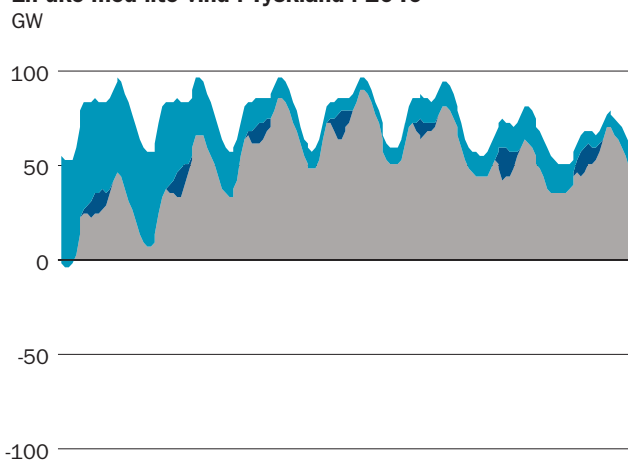
En uke med mye vind i Tyskland i 2040



En uke med lite vind i Tyskland i 2017



En uke med lite vind i Tyskland i 2040



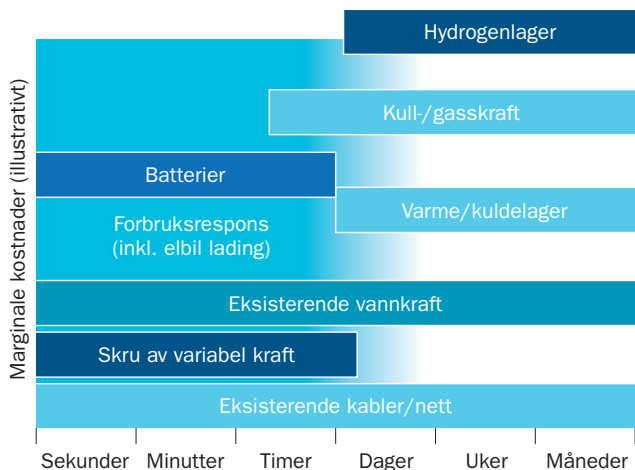
■ Vindkraft ■ Solkraft ■ Resterende etterspørsel

Figur 16: Illustrasjon av hvordan økt andel fornybar i kraftmiksen endrer behov for annen produksjon fra i dag til 2040 i Tyskland (timesfrekvens). Kilde: Statkraft analyser.

Ulike teknologier og løsninger vil bidra med kortsiktig og langsiktig fleksibilitet

Fleksibilitetsbehov

varighet på ubalanse



Figur 17: Illustrasjon av marginale kostnader for ulike fleksibilitetsløsninger som dekker ulike fleksibilitetsbehov. Statkraft analyse.

Vannkraft tilbyr både kortsiktig og langsiktig fleksibilitet

Regulerbar vannkraft kan raskt endre produksjonen og har samtidig lave start- og stoppkostnader. Dette gjør vannkraften godt egnet for et framtidig kraftsystem med mer variabel kraft. Vannkraften med magasin bidrar både med kortsiktig regulering

innenfor en time, fleksibilitet over døgnet og uken, sesonglagring og sikring mot tørrår. Vannkraftverk med godt regulerte magasiner og høy kapasitet vil bli viktige for å dekke det økte fleksibilitetsbehovet framover.

Et vannkraftverk har lang levetid. Vi er nå inne i en fase der de store norske vannkraftverkene har behov for store vedlikeholds- og reinvesteringer de nærmeste årene. Som en del av de nødvendige oppgraderingene er det et betydelig potensial for å tilpasse effekten i anleggene slik at man bedre utnytter fleksibiliteten i vannkraften. Vannkraftens evne til å tilby fleksibilitet bestemmes primært av myndighetene gjennom konsesjonssystemet. Vilårene for de enkelte vassdragene skal sikre nasjonale behov ved både å ivareta miljøet og bevare vannkraftens evne til å produsere kraft, tilby fleksibilitet og flomdemping.

Et kraftsystem som i Norden, basert på fornybar, regulerbar vannkraft, har en unik evne til å håndtere store variasjoner i andre fornybare kraftkilder som vind- og solkraft. Vannkraften har hatt og har en viktig rolle i å holde prisvariasjonene i Norge og Sverige lave. Om våren og sommeren er tilsiget til vannkraftverkene størst som følge av snøsmelting, og tilsiget er lavest om vinteren når mye av vannet fryser til snø og is. Vinden blåser derimot mer om vinteren når etterspørselen etter kraft er høy og mindre om sommeren. De komplementære syklusene for tilsig og vind gjør at vannkraft og vindkraft er en god miks for det nordiske kraftsystemet. Med gode mellomlandsforbindelser vil det nordiske kraftsystemet kunne bidra med langsiktige fleksibilitetsløsninger for UK og Tyskland slik det har gjort for Danmark. Disse landene kan dermed få inn mer variabel fornybar kraft i sine kraftsystemer. I perioder med mye vind vil kraften gå fra land i Europa til Norden og i perioder med lite vind vil kraften gå fra Norden tilbake til Europa.



Figur 18: Fornybar og regulerbar vannkraft er viktig både for å dekke behovet for kortsiktig og langsiktig fleksibilitet.



Figur 19: Kabler og nett er viktige fleksibilitetsløsninger. Foto: Getty Images/RuudMorijn

Kabler og nett øker tilgangen på fleksible løsninger

Kabler og nett har en viktig rolle i å utjevne ubalanser mellom områder og land. Her har Norge og Norden vært en foregangsregion med et felles kraftmarked siden midt på 1990-tallet. Vannkraftmagasinene sammen med nettforbindelsene i og mellom landene i Norden har bidratt til å beskytte norske forbrukere mot konsekvensene av store variasjoner i nedbør.

Økt mengde sol- og vindkraft gir mer væravhengig kraftproduksjon. Det blir da viktigere med et sterkt nett og et godt samarbeid mellom landene. Tett integrerte markeder kan bedre utnytte ulikhetene i kraftsystemene og øke tilgangen på fleksible løsninger. Hvis man har et område med god tilgang på vindkraft og et område med store vannkraftmagasiner, vil de to områdene fungere mer optimalt hvis de er koblet sammen i et felles sterkt nett. Kabler og nett kan dekke behovet for både kortvarig og langvarig fleksibilitet. Man kan dermed dra nytte av hverandres ulikheter og sammen klare overgangen til en fullt fornybar kraftsektor på en mer kostnadseffektiv måte enn om landene kun iverksetter nasjonale tiltak. Integrerte kraftmarkeder kan redusere behovet for bruk av fossil energi når vinden ikke blåser og solen ikke skinner. Fysisk infrastruktur og tett samarbeid mellom landene er derfor høyt på agendaen i Europa. Dette ansees som avgjørende for å klare å avkarbonisere samfunnet, og å oppfylle felles klimamål og forpliktelsene i Parisavtalen.

Batterier og annen energilagringsteknologi

Teknologier som lagrer energi består av ulike typer batterier, termisk lagring, pumpekraftverk og hydrogenlagring. Som vi diskuterte i forrige kapittel blir *batteriteknologi* stadig billigere. Vi anslår et fall i Li-Ion battericellekostnader på 75% mot 2040, drevet fram av bilindustrien (se figur 7). Kostnadsutviklingen varierer for ulike typer batteri. Batterier kan tilby kortsiktig

fleksibilitet for å balansere kraftmarkedene og kan i noen tilfeller redusere behov for nye investeringer i strømmettet. Som eksempel kan batterier brukes som frekvensstøtte for nettoperatører, til hurtiglading for biler der det er svakt nett, til å jevne ut variabel sol- og vindproduksjon og til å flytte solenergi til kveldstimen.

I dag er batterier lite egnet for større ubalanser som varer i mer enn fire timer. Samtidig skjer det svært mye forskning og utvikling på batterier for å forbedre energitetthet, levetid, virkningsgrad og for å redusere kost og materialbruk.

Hydrogen kan ta en stor rolle i fremtidens energisystem og koble kraftsektoren enda sterkere med transport og industri. En fordel med hydrogen er at lagringskapasiteten er betydelig høyere enn i batterier. Det finnes to alternativer for produksjon av hydrogen uten klimagassutslipp: Fra strøm ved hjelp av elektrolyse, og fra naturgass med CCS. I Europa kalles førstnevnte «grønn hydrogen» og sistnevnte «blå hydrogen». Mest sannsynlig vil de fremtidige energisystemene ha en blanding av de to kildene, avhengig av tilgjengelige naturressurser, infrastruktur og forbruk i området.

Hydrogen har mange bruksområder på tvers av energisektorene, f.eks. i tungtransport, busser, sjøtransport, tog og i industri som reduksjonsmiddel, brenngass eller kjemisk byggekloss. Konverteringen fra elektrisitet til hydrogen, og tilbake til elektrisitet igjen, gir imidlertid 60-70% energitap sammenlignet med om lag 15% tap i et batteri. I noen tilfeller kan strømhydrogen-strøm være aktuelt på tross av det store energitapet, for eksempel ved lave strømpriser og mindre anlegg, og spesielt på isolerte steder og små øyer uten nettkapasitet. Vi anslår at den beste bruken av hydrogen vil være i transport- og industrisektorene. Spesielt i industrisektoren er det for en del prosesser få andre alternativer enn å bruke grønn eller blå hydrogen hvis produksjonen skal dekarboniseres.

Stort potensiale i forbrukerfleksibilitet

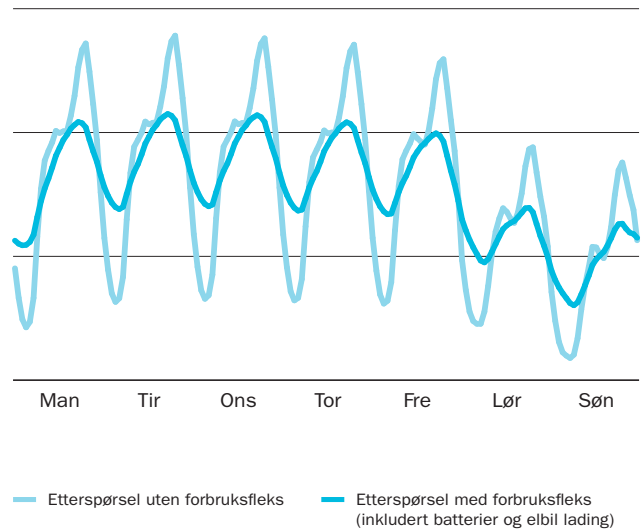
Forbrukere kan redusere forbruket sitt i perioder med høy etterspørsel og øke forbruket sitt i perioder med lav etterspørsel. Å redusere og flytte forbruk omtales som forbrukerfleksibilitet, noe som bidrar til en jevnere belastning i systemet. Ettersom den maksimale lasten (dvs perioden med høyest etterspørsel) bestemmer dimensjonen til hele det fysiske kraftnettet, vil man utnytte nettet bedre ved en jevnere belastning og i enkelte tilfeller redusere behovet for oppgradering i nettet. Med mer distribuert produksjon og forbruk og økende digitalisering, vil også lokale fleksibilitetsløsninger bli viktig.

Det finnes ulike former for forbrukerfleksibilitet. Med smarte teknologier kan forbrukere styre bruk av strøm til oppvarming, kjøling, ventilasjon og elektriske apparater i bygninger. Framover vil flere forbrukere bli både produsenter og konsumenter av strøm. Innen varmforsyning er det et stort potensiale for fleksibilitet, og vi vil se økende grad av bytte fra gass til elektrisitet og tilbake når prisene varierer. Elkjeler kan løfte lave priser ved å øke strømforbruket sitt i perioder med mye variabel kraftproduksjon. Kraftvarmeverk kan slutte å produsere strøm som biprodukt når kraftprisen blir lavere enn merkostnaden. Innen transport kan lading av elbiler flyttes til perioder med lave kraftpriser så lenge den er fulladet når bilen trengs neste gang. Den forventede veksten i elbiler gjør at elbillading aggregert sett har et stort og økende potensiale som fleksibilitetsløsning.

FLEKSIBILITETSLØSNINGER MULIGGJØRES AV DIGITAL TEKNOLOGI OG SMARTE SYSTEMER

Digitale løsninger med sanntid kommunikasjon, sensorer og styringsmuligheter muliggjør og forenkler fleksibilitet hos både forbruker og produsent. Digitale løsninger vil bidra til å optimere alle deler av kraftsystemet og samspillet mellom disse. Dette inkludert blant annet drift og vedlikehold av kraftverk, nett og kabler, krafthandel og forbruk. Innen forbruk vil digitale løsninger eksempelvis bidra til at elbiler lades automatisk når dette er mest gunstig for kraftsystemet så lenge bilen er klar neste gang den skal kjøres. Bedre samspill mellom varme- og kraftsektor vil muliggjøres gjennom smarte løsninger. For eksempel kan et hus varmes opp fra elektrisitet når det blåser mye, og fra gass når det er vindstille. Ventilasjons- og oppvarmingsystemer i bygninger vil automatisk kunne respondere på strømpriser. Både forbruks- og produksjonsfleksibilitet kan bestå av mange små enheter. Mange vil ønske å slå seg sammen til en større enhet, for eksempel ved hjelp av en aggregator som kan delta i markedene og bedre styre og optimere større systemer.

2040 Tyskland GW



Figur 20: Forbruksfleksibilitet bidrar til jevnere belastning av kraftsystemene ved å øke forbruket i perioder med lav last og reduserer forbruk i perioder med høy last over et døgn (GW). Smart elbil-lading utgjør et stort potensiale for utjevning av forbruket. Kilde: Statkraft analyser

Elektrifisering kan dermed bli en viktig fleksibilitetsløsning for kraftsektoren, i tillegg til å være en viktig klimaløsning for transport-, bygnings- og industrisektorene. Ved å tilby fleksibilitet til kraftsystemet vil det legges til rette for økt andel variabel fornybar kraft og en raskere dekarbonisering av kraftsektoren.

Fleksibilitet i annen kraftproduksjon

Teknologiforbedringer og optimalisering av kjøremønstre gjør at fleksibilitetspotensialet i eksisterende kraftproduksjon blir gradvis mer utnyttet. Eksisterende kull- og gasskraftverk kjører mer og mer fleksibelt, og til og med kjernekraften kan respondere på variasjoner i større grad en tidligere antatt. Etter hvert som flere og flere land stenger ned kull- og kjernekraftverk ville disse utgjøre en synkende andel av produksjonsmiksen. Nye, svært fleksible kraftverk som gassmotorer vil kunne sørge for forsyningsikkerhet i de mest anstrengte timene. Med gradvis færre kjøretimer og mer fleksibilitet fra andre konkurrerende løsninger, forventes det at inntjeningen fra kraftmarkedet for kull- og gasskraftverkene reduseres betydelig.

Vind- og solkraft varierer med vind- og solforholdene. Likevel kan også de tilby noe fleksibilitet, bl.a. ved å produsere mindre i perioder med mye vind eller sol hvis dette lønner seg

økonomisk. Selv om det er lave variable driftskostnader for disse produsentene, så er de ikke null. Den viktigste grunnen til at vi får nullpris og til og med negative priser i noen timer i dagens markeder, er dagens støtteordning for fornybar energi hvor produsentene i mange land ikke er eksponert for markedsprisene. For gamle vindkraftverk som ikke lenger får subsidier vil det ofte være mer lønnsomt å stoppe turbinene når prisene blir veldig lave. Dette reduserer vedlikeholdskostnader og nettkostnader og øker levetiden på turbinene.

En verden med ren og billig energi

Med utviklingen i vind- og solkostnadene entrer vi en verden der energi blir renere og billigere. Dette får globale konsekvenser. Først og fremst vil en stadig større andel av den globale energietterspørselen dekkers av fornybar kraft, og energirelaterte klimagassutslipp begrenses. I tillegg vil mange land bli mer selvforsynte med energi, i og med at sol- og vindkraft er lokalt produsert, men også mer avhengig av naboland for forsyningsikkerhet. Utviklingen får også konsekvenser for industrien i det vi ser at elektrifisering i mange tilfeller blir et kostnadseffektivt tiltak. De fundamentale endringene påvirker også de tradisjonelle brenslene. Oljeetterspørselen vil falle og kulllets rolle blir sterkt redusert. I Lavutslippsscenarioet faller gassetterspørselen i Europa over perioden, men øker noe globalt.

Samtidig leveres ikke den fornybare kraften nødvendigvis på det tidspunktet den trengs aller mest, og fleksibilitet i kraftmarkedet blir langt viktigere enn det har vært til nå. Våre analyser viser at det vil være behov for mange forskjellige fleksibilitetsløsninger og det vil være svært ulike behov i de ulike landene. Det er ikke én klar vinner, og ulike teknologier vil kunne bidra i ulike situasjoner.

Teknologier og løsninger som kan dekke langsiktig fleksibilitet er imidlertid begrenset. Her står vannkraft i en særposisjon som en av få fornybare teknologier som tilbyr langsiktig fleksibilitet. Ettersom gass- og kullkraft slipper ut klimagasser, forventes det at disse fases ut over tid. Gasskraft vil være en del av løsningen i en overgangsfase, og som vi har sett, kan utslippsfri hydrogen bli en del av løsningen på lenger sikt, men potensialet her er litt for tidlig å si. Ettersom det er umulig å si allerede nå hva som vil være den optimale sammensetningen av teknologier og løsninger i kraftsektoren framover, vil kraftpriser som gjenspeiler utslippskostnader og det faktiske behovet i kraftsystemet til enhver tid, være viktige for å drive fram en fornuftig og kostnadseffektiv utbygging. Slik vil utviklingen tilrettelegge for en verden der energibehovet i stadig økende grad dekkes gjennom fornybar energi.

Sektorer	Statkraft Lavutslipp-scenario (2018)	IEA New Policies scenario (2017)	IRENA REmap (2018) ¹⁶	DNV GL Energy Transition Outlook (2017)
Årlig vekst i primær energietterspørsel 2015-40 (primær)	0,5%	1,0%	-0,1% (til 2050)	-0.1% (til 2050)
<i>Transportsektor</i>				
Oljeandel (final, Mtoe, 2040)	70%	81%	33% (2050)	n/a
% Elbil (LCV, EV+PHEV) av nybilsalg	77% i 2040	13% i 2030	n/a	100% (i 2050)
<i>Kraftsektor (Årlig vekst, TWh, 2015-2040):</i>				
Etterspørsel	2,4%	1,9%	2,0%	2,5% ¹⁶
Vindkraft	8%	6,7%	9,0%	10% ¹⁶
Solkraft	15%	10,7%	11,3%	14% ¹⁶
Vannkraft	2,1%	1,9%	1,1%	2% ¹⁶
Fossilandel i kraftsektor (TWh, 2040)	21%	50%	18%	9% (i 2050)
Oljeforbruk: årlig vekst 2015-40	-0,8%	0,4%	n/a	0% (til 2050)
Gassforbruk: årlig vekst 2015-40	0,6%	1,5%	n/a	-1,4% (til 2050)
Kullforbruk: årlig vekst 2015-40	-2,6%	0,1%	n/a	-3,7% (til 2050)
Globale energirelaterte CO ₂ -utslipp (GtCO ₂) i 2040	23,4	35,6	15,0	16,9 (i 2050)

Tabell 1. Forutsetningene i Statkraft scenariet, sammenlignet med IEA, DNV GL og IRENA¹⁵

¹⁵ Scenariene er bygget opp på ulike forutsetninger og er derfor ikke direkte sammenlignbare. Både IEA og DNV GL scenariene er deres referansescenario. Statkraft Lavutslipp er et teknologioptimistisk-realistisk scenario.

¹⁶ Kraftsektor årlig vekst for IRENA og DNV GL prognose er til 2050.



Statkraft AS
Postboks 200 Lilleaker
0216 Oslo
Tel: +47 24 06 70 00
Fax: +47 24 06 70 01
Besøksadresse:
Lilleakerveien 6

Organisasjonsnummer:
Statkraft AS: 987 059 699

www.statkraft.com

For mer informasjon:
Pressetalsmann Knut Fjerdingsstad
knut.fjerdingsstad@statkraft.com