



Overganger til lavkarbon-elektrisitetsystemer: Viktige økonomiske og investeringstrender

Endring av kurs i en post-pandemisk verden

Juni 2021

Overgangen til ren energi har vært for langsam og fremgangen for ujevn til å forhindre de alvorligste konsekvensene av klimaendringene. Men COVID-19-pandemien tvinger beslutningstakere til å endre handlingsplan og prioritere grønne gjenoppbygginger fremfor uholdbare strat

Land, finansfolk, innovatører og sivilsamfunnet samles i økende grad rundt mål om karbonnøytralitet rundt midten av århundret. De kommende årene vil være avgjørende for klimahandlinger. Bærekraftige livsstiler er innen rekkevidde hvis utfordringene som ligger i overgangen til ren energi blir forutsett på en passende måte.



Fra en global krise til en global mulighet

s. 2

- Klimavitsenskap underbygger de betydelige fysiske, sosiale og økonomiske fordelene ved å oppnå karbonnøytralitet innen 2050.
- Overgangen til ren og sikker elektrisitet vil legge grunnlaget for elektrifisering av sluttbrukere. Kullfortrengning er nå en politisk prioritet.



Ikke lenger én størrelse som passer alle i et atomlandskap i utvikling

s. 8

- Kjernekraft gir forutsigbar og pålitelig elektrisitet i 32 land og er et direkte alternativ til kull.
- Med en utjevnet kostnad på 30–35 dollar per MWh er det å forlenge driften av eksisterende kjernekraftverk med 10 til 20 år et av de mest kostnadseffektive lavkarbonalternativene.



Virkingen av COVID-19-utbruddet på elektrisitetssektoren s. 12

- COVID-19-pandemien forvandlet driften av kraftsystemer over hele verden og ga et glimt av en fremtidig elektrisitetsmiks dominert av lavkarbonkilder.
- Konkurranseevnen og robustheten til lavkarbontechnologier har ofte resultert i høyere markedsandeler for kjernekraft, vannkraft, solkraft og vindkraft.



Setter i gang den globale dekarboniseringen: Alle veier fører til karbonnøytralitet

s. 18

- Elektrisitetsproduksjon og sluttbruk av energi
Forbruk krever en rask erstatning av uforminsket fossilt brensel og en konvergens mot rene energiteknologier.
- Innen 2040 skal over 80 % av elektrisiteten være lavkarbon, mer enn dobbelt så mye som i dag.



Kobler sammen lokal forurensning og klimaendringsagendaer

s. 23

- Lokal luftforurensning og klimaendringer har felles opphav: uholdbar urban infrastruktur. Ren energi, ren mobilitet og effektiv energi brukt i produksjon forbedrer luftkvaliteten og reduserer samfunnskostnader.
- CO₂- utslippene synker i høyinntektsland, men fortsetter ofte å øke andre steder. Befolkninger som bor i lavinntektsland er spesielt utsatt for utendørs (og innendørs) forurensning.



Samordne handlinger for å bygge opp igjen bedre

s. 26

- Myndighetenes lederskap og institusjonelle initiativer, inkludert etablering av bærekraftige finansstaksonomier basert på objektive, transparente og vitenskapsbaserte kriterier, er avgjørende for å fremme lavkarboninvesteringer.



Utrulling av ren strøm: Fra maratontempo til sprinttempo s. 4

- Overgangen til ren elektrisitet manifesterer seg i mange markeder, men er fortsatt for langsom til at målene om netto nullutslipp kan nås i tide.
- Trettifem prosent av den globale elektrisiteten ble levert av lavkarbonkilder i 2018. Denne andelen har knapt utviklet seg de siste tretti årene.



Å vokse mer med mindre: En nøktern elektrifisering

s. 10

- Tilgjengeligheten av ren elektrisitet alene garanterer ikke bærekraftig omstilling av energisektoren.
- Energisparende tiltak er avgjørende for å omgå den økte økningen i strømforbruket som er forventet i mange land, og som ofte overgår den økonomiske aktiviteten. Uovervåket strømforbruk vil føre til overinvesteringer og høyere energiregninger.



Mer fleksible systemer for å muliggjøre overgangen

s. 14

- Fleksibel elektrisitetsinfrastruktur dreier seg om regionale sammenkoblingslinjer, regulerbare kraftproduksjonsenheter, inkludert naturgassanlegg, pumpekraftverk og kjernekraftverk som drives fleksibelt.
- Energilagring og alternativer for etterspørselsrespons er også uunnværlige for å oppnå karbonnøytralitet.



Fra gjenoppbyggingspakker til lavkarbonfinansiering

s. 20

- De foreslåtte energiplanene som svar på Pandemien er fortsatt i stor grad i strid med klimamålene.
- Mer enn 600 milliarder dollar investeres årlig i renere elektrisitetsinfrastruktur. Investeringer i ren energi må dobles umiddelbart for å bane vei for karbonnøytralitet.



Faktorisering av det skiftende naturmiljøet inn i investeringsbeslutninger

s. 25

- Alvorlige miljøforhold påvirker infrastruktur over hele verden periodevis, med store økonomiske og sosiale kostnader for eiere av eiendom, forsikringsselskaper og lokalsamfunn.
- Investering i innebygd robusthet for fremtidens energi
Systemer for å håndtere et bredere spekter av eksterne sjokk vil i stor grad oppveie kostnadene for risikoredusering.

- Grønne gjenoppbyggingstiltak forventes å stimulere sysselsetting og økonomisk aktivitet. Sosiale bekymringer og ulikhetsproblemer som er forbundet med overgangen, må håndteres for å sikre vellykkede og rettferdige resultater.

Overganger til lavkarbonelektrisitetsystemer: Viktige økonomiske og investeringstrender

Endring av kurs i en verden etter pandemien

Elektrisitetssektoren fungerer som en katalysator for en økonomisk omfattende overgang til en lavkarbon-, klimarobust og bærekraftig fremtid. Dette dokumentet belyser arten og tempoet i den pågående overgangen til lavkarbon-elektrisitetsystemer, gjør en oppsummering av den umiddelbare virkningen av COVID-19-pandemien og veier utsiktene for å akselerere overgangen etter pandemien. Vil 2021 bli et avgjørende år for energiomstillingen?



FRA EN GLOBAL KRISE TIL EN GLOBAL MULIGHET

Et år inn i pandemien og en gradvis gjenoppretting i sikte.

De sosiale og økonomiske sjokkbølgene generert av COVID-19-utbruddet avslørte sårbarheten til samfunnene våre og skapte en av de dypeste økonomiske resesjonene på generasjoner. Myndigheter og helsesektoren vendte seg til vitenskapelige bevis for å utforme og koordinere sine tiltak. Verdensbanken og IMF forutser en ujevn og usikker gjenoppretting for 2021 og utover, og advarer om at krisen rammet de fattigste nasjonene hardest (Gopinath, 2021; Malpass, 2021), noe som påvirker deres evne til å reagere på en annen truende utfordring: klimakrisen.

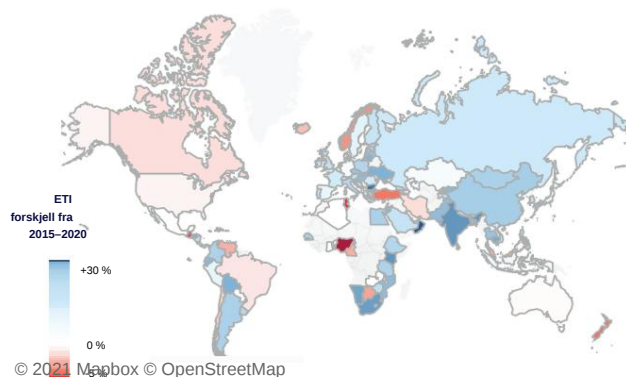
Et år for avgjørende klimahandling. Foreløpige data for 2020 peker på en midlertidig nedgang i globale CO₂-utslipp, men også en netto økning i de totale klimagassutslippene til tross for den økonomiske nedgangen (WMO, 2020). En bred mobilisering av vitenskapelige og økonomiske ressurser er dermed så presserende som nødvendig dersom verden skal avverge de mest alvorlige konsekvensene av klimaendringer på våre livsmiljøer. Med skjerpede politiske ambisjoner, fremveksten av integrerte lavkarbonløsninger og harmoniserte bedriftsstrategier, kan år 2021 kulminere på FNs klimakonferanse i Glasgow med milepælsresultater.

Offentlige og private ledere i energiomstillingen samles rundt viktige muligheter for å akselerere gjenopprettingen gjennom bruk av ren energi og bane vei for karbonnøytralitet. Men landenes fremgang og tilgang til disse mulighetene er fortsatt i kontrast. Bevisene som er samlet i dette dokumentet peker på en gradvis og delvis transformasjon av det globale energilandskapet, noe som er bekreftet av World Economic Forum (WEF): *Transition Readiness* -indeksen viser trinnvis fremgang i 94 av de 115 landene som er overvåket de siste seks årene (fig. 1). Høyinntektsland ser ut til å være best forberedt på å forfølge den innenlandske utrulling av ren energi, slik de er på å takle konsekvensene av pandemien. Men rask fremgang observeres også i Sør-Asia, Sør-Afrika og Latin-Amerika, om enn med start fra et lavere grunnlag. Pandemien endret ikke de grunnleggende forholdene som ligger til grunn for WEFs landspoengsummer. Suksessen til en grønn gjenoppretting, som muligens gir ny drivkraft til energiomstillingen, vil i stor grad avhenge av myndighetenes evne til å sette radikale mål, implementere politiske omorienteringer og velge bærekraftige forsyningskjeder på tvers av hele energisektoren.

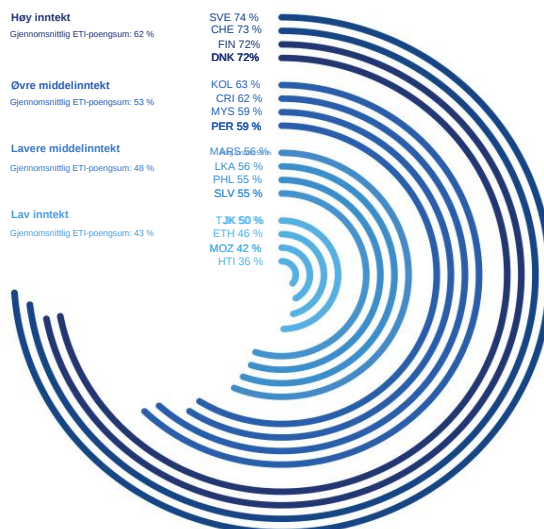
sektor.

Figur 1 – Energiomstillingsindeksen fra Verdens økonomiske forum²

Endring i ETI-landspoengsum fra 2015 til 2020



Topp 5 ETI-poengsummer i 2020 etter inntektsgruppe



Merk: Energiomstillingsindeksen sammenligner land med tanke på ytelsen til energisystemet deres, som så vel som deres beredskap for overgangen til et sikkert, bærekraftig, rimelig og pålitelig fremtidig energisystem.

Nyere funn fra klimavitenskapen underbygger de betydelige fysiske, sosiale og økonomiske fordelene ved å begrense den globale temperaturøkningen godt under 2 °C. En streng styring av karbonbudsjettet vårt er avgjørende. Pågående trender tyder på en temperaturøkning på over 3 °C før slutten av århundret. Med dagens nivåer av globale klimagassutslipp vil karbonbudsjettet vårt være oppbrukt i løpet av omtrent et tiår, noe som vil utløse en uopprettelig oppvarming utover 1,5 °C (med én av to sjanser) (IPCC, 2018). Våre energisystemer hviler på regelmessige grensebetingelser for vanntilgjengelighet og temperatur. Høyere atmosfæriske temperaturer vil øke sannsynligheten for ekstrem nedbør, flom og tørke, noe som til slutt vil hindre påliteligheten til energitjenester. Etterspørselen etter kjøling i byer vil øke kraftig, blant andre og en rekke andre konsekvenser. Nullkappløpet, initiert av UNFCCC, må derfor få fart. En fjerdedel av klimagassutslippene som forventes innen 2030, kan unngås med utelukkende implementering av ubetingede nasjonalt bestemte bidrag kunngjort før pandemien (UNEP, 2020a).

Politikere tar gradvis i bruk helhetlige tilnærminger til dekarbonisering, som tar for seg all energiproduserende og -forbrukende aktivitet, men også myndighetenes ambisjoner om en rettferdig overgang.

Klimatiltakene som ble initiert av

individuelle land er mer og mer integrert

i inkluderende strategier som tar sikte på å generere inntekt og sysselsetting, i tråd med andre industrialiseringsmål. Omfattende politiske rammeverk, basert på finanspolitiske, finansielle og andre sosiale beskyttelsestiltak, samt atferdsmessig og sektorbasert koblingspolitikk, er nødvendige for å skape forutsetninger for en rettferdig og kostnadseffektiv overgang (IRENA, 2020a). Tidlig vedtakelse av lavkarbontiltak og et gradvis skifte bort fra fossilt brensel forventes i høyinntektsland.

Andre jurisdiksjoner med mer begrenset økonomisk og

midler til menneskelige ressurser vil bli gjennomført mer progressivt. Nylige løfter fra landene tyder på at de rikeste nasjonene kan oppnå karbonnøytralitet rundt midten av århundret og et tiår senere andre steder gjennom stykkevis tilnærminger som er forenlige med økonomisk utvikling.

Innføringen av lavkarbonteknologier vil materialisere seg etter hvert som løsningene gradvis når markedsmodning. Overgangen til ren og sikker elektrisitet vil legge grunnlaget for elektrifisering av sluttbrukere.

Kullerstatning har blitt en politisk prioritet.

Ren elektrisitet er en uunnværlig forløper for karbonnøytralitet i andre sektorer (fig. 2). Elektrisitetsrelaterte utslipp, som har hatt en oppadgående trend i flere tiår, må nå falle med minst 6 % hvert år frem til 2030. I tillegg til kjernekraft og vannkraft har ulike rene elektrisitetsalternativer nådd massemarkedet de siste årene; utrulling av disse kan umiddelbart akselereres for å erstatte ukonkurranseedyktige kullressurser, som står for to tredjedeler av kraftrelaterte utslipp (SystemIQ, 2020).

En overgang fra kull til ren energi kan generere over 100 milliarder dollar i netto økonomiske besparelser allerede i 2025.

Men det mangler en klar vei til utfasing, inkludert refinansiering av eksisterende eiendeler (RMI, 2020).

Resten av dokumentet skildrer pågående trender og initiativer til støtte for energiomstillingen, inkludert den samlede virkningen av COVID-19-utbruddet på elektrisitetssystemer. Det legges vekt på umiddelbare muligheter for renere elektrisitet i ulike økonomiske sammenhenger og i et økonomisk landskap i utvikling. Noen av de viktigste faktorene som muliggjør omstillingen, inkludert ulike alternativer for fleksibel drift, illustreres gjennom utvalgte eksempler. Bredere politiske drivere diskuteres også, som luftforurensning og sårbarheten til energiinfrastrukturer som er utsatt for skadelige klimaforhold.

Figur 2 – Illustrativ overgang til lavkarbonkraftsystemer i tråd med Parisavtalen; 2019 fungerer som referanseår³





Ren elektrisitet er på vei til å erstatte fossilt brensel og bli den viktigste drivkraften for økonomisk, sosial og miljømessig fremgang. Overgangen til ren elektrisitet er tydelig i mange markeder, men er fortsatt for langsam til at målene om netto nullutslipp kan nås i tide.

Blant de viktigste energibærerne vokser elektrisitet raskest, noe som bekrefter en generell trend mot elektrifisering av energibruken. En femtedel av energiforbruket er elektrisk, noe som gir store muligheter for fortrenkning av fossilt brensel i sluttforbrukssektorer (figur 3, øverste panel).

Elektrisitetsforbruket har flatet ut i Nord-Amerika, Europa og andre høyinntektsregioner takket være effektive energisparetiltak og moderat økonomisk vekst. Derimot vokser forbruket raskt i raskt voksende økonomier, noe som resulterer i en akselerasjon av det globale strømbehovet (i gjennomsnitt +2,7 % hvert år siden 2010). Trettifem prosent av den globale elektrisiteten ble levert fra lavkarbonkilder i 2018 (figur 3, midtre panel). Denne andelen har knapt utviklet seg på mer enn tretti år. Med en gjennomsnittlig vekst på 3,8 % hvert år det siste tiåret, og 5 % bare de siste fem årene, kompenseres utvidelsen av lavkarbonelektrisitet bare for det økende strømbehovet, men er fortsatt ikke tilstrekkelig til å endre sektorens utslipp.

merkbar. Elektrisitetsproduksjon er ansvarlig for 42 % av de globale CO₂-utslippene, et annet stabilt tall i mer enn to tiår (fig. 3, nederste panel).

Fremgangen er ujevnt fordelt på tvers av inntektsgrupper. Kontrastfulle realiteter og utsikter for rask utvikling stammer fra nåværende markedsdrivere og andre eldre aktiva, der ineffektive kullkraftverk er de viktigste. Høyinntektsland har en tendens til å ha relativt lavere karbonavtrykk av elektrisitet, hovedsakelig som et resultat av tidligere investeringer i vann- og kjernekraftkapasitet. Karbonintensiteten i høyinntektsland som driver kjernekraftkapasitet er generelt blant de laveste, med et gjennomsnitt på 300 gram CO₂ per kWh, og så lav som 50 gram i Sverige (fig. 4). Gjennomsnittlig intensitet i andre inntektsgrupper er nærmere 500 gram. I 2018 ble halvparten av lavkarbonelektrisiteten i land med kjernekraftanlegg produsert fra kjernekraftverk. Imidlertid utvikler ren kraft seg halvparten så raskt i høyinntektsland som i lavinntektsgrupper (henholdsvis 3 % og 7 % i gjennomsnitt siden 2015). Raske forbedringer i karbonintensiteter ble realisert i øvre middel- til nedre middelland, takket være høyere miljøstandarder og politiske reformer som fjerning av subsidier til fossilt brensel, direkte offentlig støtte til lavkarbonprogrammer og bølger av ineffektive nedstengninger av kullverk. Sterk politikk, utvikling av lokale forsyningskjeder og nok

produksjonskapasiteten til å dekke både innenlandske behov og markeder i utlandet har etablert Kina som

global leder innen produksjon av ren kraft. Den årlige endringen i lavkarbonkraft nærmer seg 11 % i Kina, mens strømforbruket øker med mer enn 7 %. Med dagens markedspenetrasjonstakt vil det ta omtrent tretti år å nå 100 % lavkarbonkraft i Kina og nesten femti år globalt, altfor sent til å unngå alvorlige vanskeligheter som følge av klimaendringer (IPCC, 2018).

Ikke-regulerbare strømkilder er nå på nivå med de fleste konvensjonelle kilder i mange markeder, stimulert av store teknologiske fremskritt og kostnadsreduksjoner samt robuste

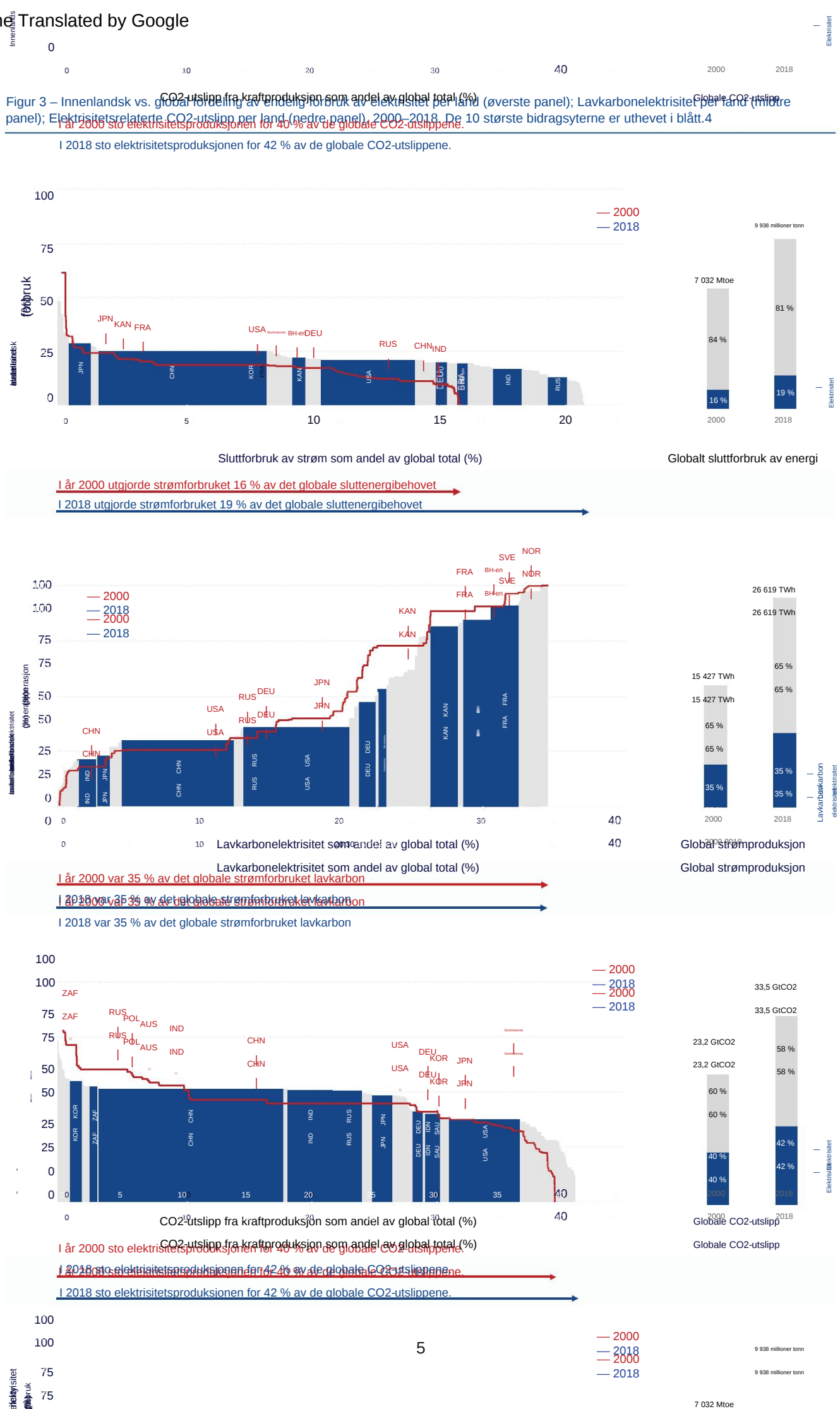
regelverk. Omfattende politiske og regelverk, som er uunnværlige for å akselerere overgangen til ren energi, er nå på plass i et flertall av land (Verdensbanken, 2020b). Direkte mekanismer til støtte for utvidelse av fornybar energi er utbredt, inkludert skattefritak (f.eks. produksjonsskattefradrag eller investeringsskattefradrag), og ulike mekanismer for å garantere operatørenes inntekter uavhengig av markedsforhold. Auksjoner er ofte foretrukne alternativer for å identifisere de mest konkurransedyktige leverandørene. Håndhevingen av slike tiltak har skapt gunstige

betingelser for opptak av moderne fornybar energi i en rekke land på tvers av alle inntektssegmenter. Økningen i lavkarbonelektrisitet fra landbasert vindkraft og solcellepaneler, men også små og mellomstore vannkraftprosjekter, har resultert i en dobling av fornybar kapasitet siden 2010. I gjennomsnitt installeres 200 GW fornybar kapasitet årlig, inkludert 100 GW solenergi, 50 GW vindkraft og ytterligere 20 GW vannkraft (IRENA, 2020b). Sol- og vindkraftkilder leverer nå 7 % av den globale elektrisiteten. I 2018 leverte solenergi og vindkraft halvparten av den rene elektrisiteten i 27 land. Til sammenligning står vannkraft og kjernekraft for henholdsvis 16 % og 10 % (IEA, 2020b).

Ren energi har i økende grad blitt et sprang innen rekkevidde for lavinntektsland takket være

tilpassede løsninger og innovativ finansiering. Men det gjenstår noen flaskehalser for at overgangen skal kunne gjennomføres

fullt inkluderende. Tilgang til distribuert og fornybar elektrisitet og mobilbetalinger er tilgjengelige for de mest sårbare befolkningsgruppene. Men det er fortsatt store regulatoriske forskjeller mellom de rikeste og de fattigste nasjonene. Økonomisk usunne kraftselskaper, «de viktigste forbrukerne av fornybar energi og de viktigste implementørene av energieffektivitetsprogrammer», bør være i sentrum for myndighetenes oppmerksomhet (Verdensbanken, 2020b).



Integreringen av store mengder ikke-distribuerbar elektrisitet skaper et utfordrende miljø for investorer og operatører. Lave driftskostnader som kjennetegner vind- og solenergi, fører til økende volatilitet i markedspriser og utgjør betydelig risiko for investeringer i kapitalintensive teknologier. Kjernekraftoperatører er direkte eksponert, men store havvind- og solvarmeutviklere er ikke unntatt og kan også ha risikable profiler for private investorer.

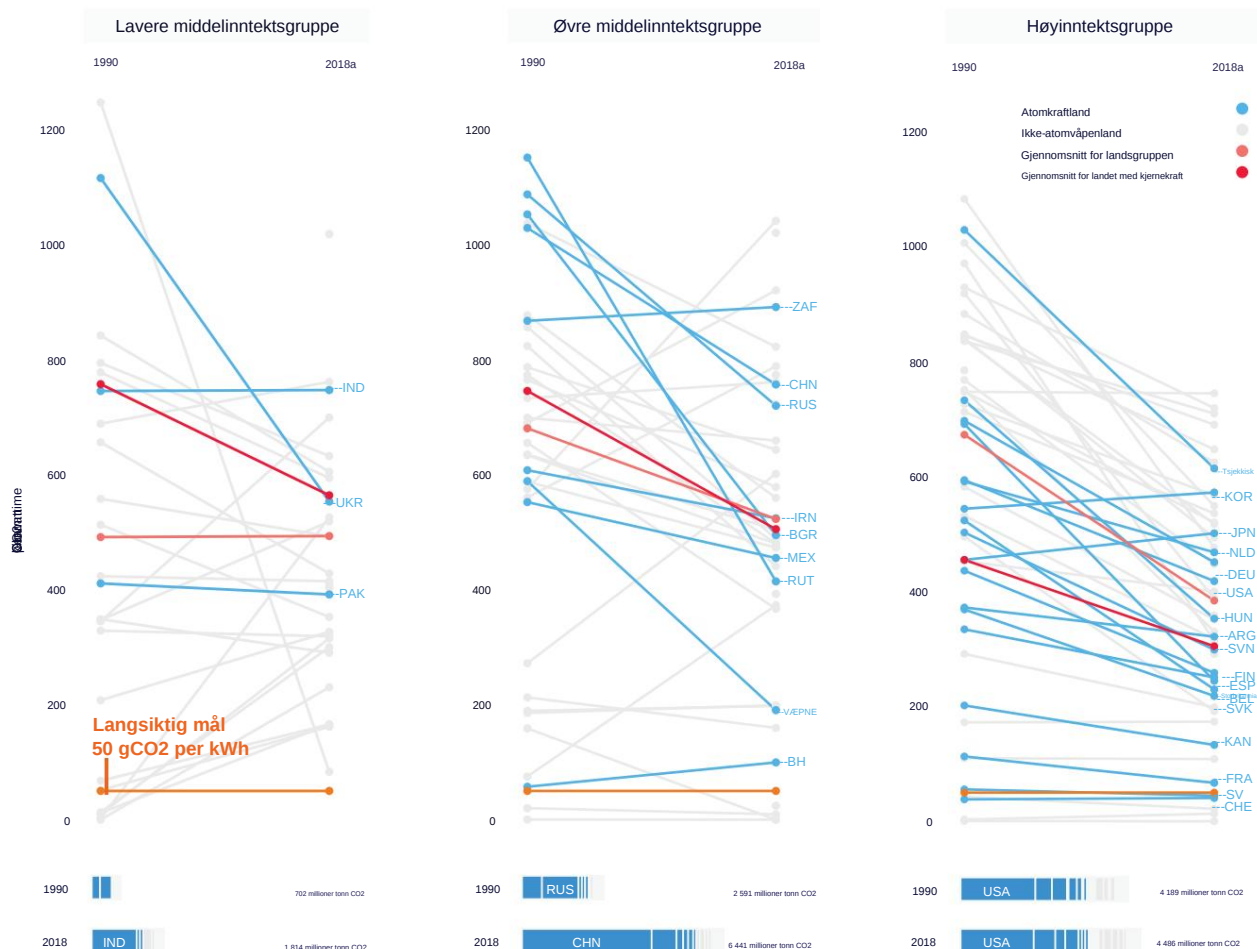
Den observerte nedgangen i produksjon av fossilt brensel i tidlige stadier av COVID-19-pandemien, samt frekvensavvik observert tidlig i 2021 i synkronområdet i Kontinentaleuropa, trakk oppmerksomheten til ytterligere utfordringer med nettstabilitet som sannsynligvis vil dukke opp senere i energiomstillingen. Å erstatte tunge roterende damp- og gassturbiner med variabel fornybar energi fører til tap av tregheit i elektrisitetssystemet, og kan føre til større ustabilitet, dårligere strømkvalitet og økt forekomst av strømbrydd. Store kjernekraftverk kan redusere risikoen for forsyningsforstyrrelser i fullstendig dekarboniserte elektrisitetssystemer. Nettforvaltere uten tilgjengelig kjernekraft- eller naturgasskapasitet vender seg gradvis til synkrone kondensatorer og lagringsløsninger for å integrere ikke-regulerbar fornybar energi. Nye forretningsmodeller og reviderte prisregler er planlagt for å støtte dette.

trend.

En bredere bruk av karbonprisordninger og reformer av subsidier for fossilt brensel kan være transformerende for kraftsektoren. Men det er fortsatt bekymringer angående valg av instrumenter, sektoromfang, deres praktiske implementering og de økonomiske og sosiale konsekvensene. 46 nasjonale og 35 subnasjonale jurisdiksjoner, som representerer 22,3 % av globale klimagassutslipp, har allerede integrert karbonprising i sine porteføljer, enten gjennom direkte beskatning eller omsettelige utslippsrettigheter og andre implisitte avgifter som stammer fra regulatoriske standarder (Verdensbanken, 2020c). For eksempel har svenske forsyningsselskaper og sluttbrukere i årevis møtt en kombinasjon av markeds- og finanspolitiske instrumenter. Med disse instrumentene på plass, og store vann- og kjernekraftkapasiteter, er svensk elektrisitet blant de mest karbonnøytrale i verden.

Nasjonale utslipp falt med 25 % og økonomien vokste med 60 % siden innføringen av karbonavgift i 1991, noe som demonstrerer den miljømessige og økonomiske effektiviteten av karbonstraffer. Bedriftsbeslutninger styres også i økende grad av interne klimamål og karbonpriser. Til slutt ble reformer av fossile brenselssubsidier gjennomført med suksess i mange land på tvers av alle inntektsnivåer, f.eks. i Norden, men også i Argentina, Costa Rica, Etiopia, India, Indonesia og Zambia.

Figur 4 – Karbonintensiteten til elektrisitet etter inntektsnivå, 1990–2018

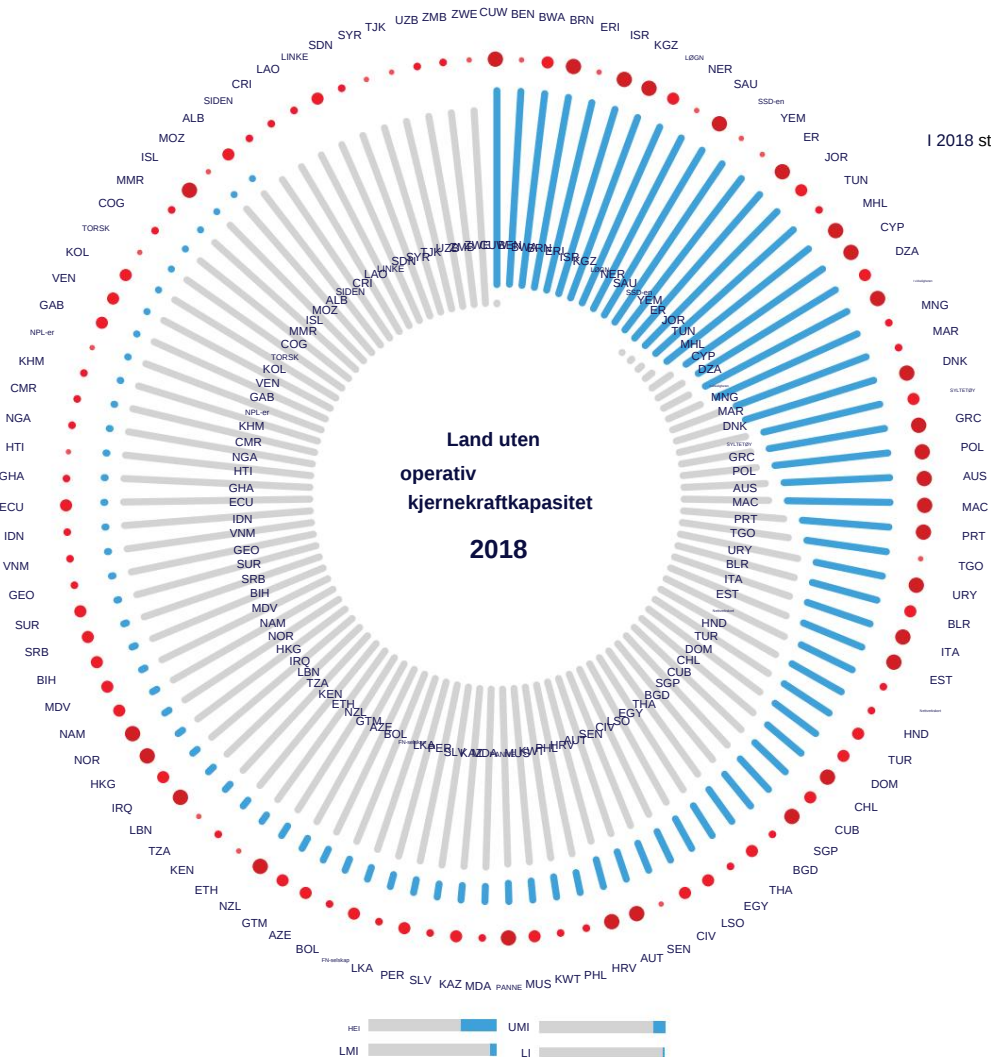
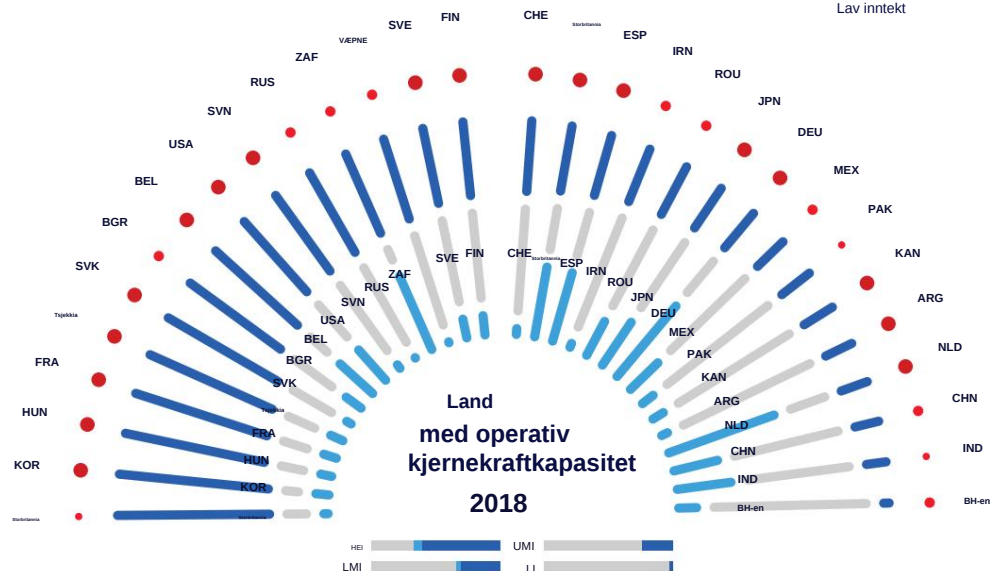


Figur 5 – Fordeling av lavkarbonelektrisitet per land, 2018

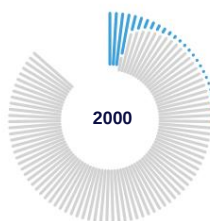
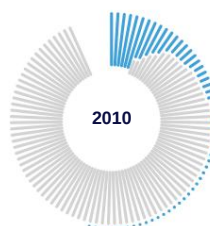
I 2018 sto **kjernekraft** for minst halvparten av lavkarbonelektrisiteten i 11 av 30 land.

Høy inntekt
Øvre middelinntekt
Lavere middelinntekt
Lav inntekt

Atomkraft
Sendbar fornybar
Ikke-sendbar fornybar



I 2018 sto **ikke-regulerbar energi** for minst halvparten av fornybar elektrisitet i 27 land.



Merk: Høy inntekt = høy, øvre middelinntekt = UMI, nedre middelinntekt = LMI, lav inntekt = LI



Fordelene med kjernekraft og dens plass i oppnåelsen av karbonnøytralitet er generelt anerkjent. I hvilken grad kjernekraft kan fremme overgangen vil avhenge av industriens evne til å redusere kostnadene, akselerere innovasjon og få nok offentlig støtte. I 2019 opplevde den globalt installerte kjernekraftkapasiteten en netto nedgang på 4,5 gigawatt ettersom de permanente nedstengningene som ble bekreftet i Japan, oppveide nye nettforbindelser andre steder (IAEA, 2020a). Men økte kapasitetsfaktorer, særlig i USA, bidro til å opprettholde globale kraftproduksjonsnivåer. Utvidelser av kjernekraftflåten er på ulike stadier av utvikling i 16 land, mens 5 nye kjernekraftverk

programmene er i byggefasen (fig. 6). Tyngdepunktet for kjernekraftoperasjoner beveger seg raskt mot Sentral- og Øst-Europa og Asia generelt.

Den tradisjonelle økonomiske modellen for kjernekraft utfordres av liberaliserte kraftmarkeder der mange anlegg opererer, av diversifiseringen av kraftmiks samt det raskt utviklende politiske, regulatoriske og teknologiske landskapet.

Kjernekraft gir forutsigbar og pålitelig elektrisitet, og gir 32 operative land en sikker strømforsyning. Behovet for fleksibilitet i kraftproduksjon og systemforvaltning – en trend akselerert av pandemien – vil i økende grad prege fremtidige energisystemer på mellomlang til lang sikt. Forbedrede rammeverk for godtgjørelse av pålitelighet, fleksibilitet og andre tjenester vil favorisere kjernekraftoperatører.

Klimaimperativet og et bredere verdiforslag for bedre markedstilrettelegghet kan styrke kjernekraftutviklingen på mellomlang sikt. Kjernekraftens historiske bidrag til lavkarbonelektrisitet er bredt anerkjent, og kjernekraft er fortsatt den nest største kilden til ren elektrisitet globalt. Et enkelt kjernekraftprosjekt på gigawattskala kan dramatisk forbedre klimasamsvaret i mellomstore land, noe som vises av den nylige starten på De forente arabiske emiraters atomprogram, som til slutt vil dekke en fjerdedel av nasjonale behov med ren kraft.

Likevel hindrer en viss mangel på statlig og politisk støtte kjernekraft i å nå sitt fulle potensial for utslippsreduksjoner. Inkludering av kjernekraft i taksonomier for å kanalisere bærekraftige investeringer kan oppmuntre potensielle investorer (OECD, 2020).

Små modulære reaktordesign vekker oppmerksomhet i mange land som ønsker en rask overgang til lavkarbonkraft, men med begrenset økonomisk og fysisk kapasitet til å absorbere større prosjekter. Rask produksjon, frakt og installasjon av moduler forventes å akselerere kommersialiseringen.

Byggerisiko og kapitalkostnader kan undergrave finansieringsmuligheten til kjernekraftprosjekter i liberaliserte markeder. Skreddersydd finanspolitisk støtte og risikooverføringsordninger for å gjenopprette konkurranseevnen er under vurdering. Finansiell innovasjon vil være avgjørende for

overvinne prosjektrisiko og finanspolitisk byrde forbundet med forsinkelser i prosjektlevering og kostnadsoverskridelser (NEA, 2020a). Risikopremiene kan være betydelige. Når det gjelder Storbritannias Hinkley Point, hvor en differansekontrakt garanterer operatørens inntekter uavhengig av forholdene i engrosmarkedet, utgjør risikopremiene mer enn en tredjedel av innløsningsprisen som er godkjent av myndighetene (£36 per MWh) (NSD, 2020). Den foreslåtte modellen for regulert aktivabase tar sikte på å overføre risiko til forbrukere med forbedret statlig beskyttelse i byggefasen og kan tjene som en modell for andre prosjekter over hele verden (UK BEIS, 2020).

Å opprettholde og utvide sikker drift av eksisterende anlegg bevarer kapasiteten for ren kraft, er økonomisk forsvarlig og kan derfor innlemmes i COVID-19-gjenopprettingspakker for å styrke lokale økonomier og fremme overgangen.

Forsyningskjeder for kjernekraft anses generelt som verdifulle vektorer for lokal økonomisk utvikling og jobbskaping: Hver million dollar investert i kjernekraft skaper fire jobber (IEA, 2020d). Med et støttende investeringsmiljø kan en 10–20-årig lisensfornyelse realiseres til en utjevnet kostnad på rundt 30–

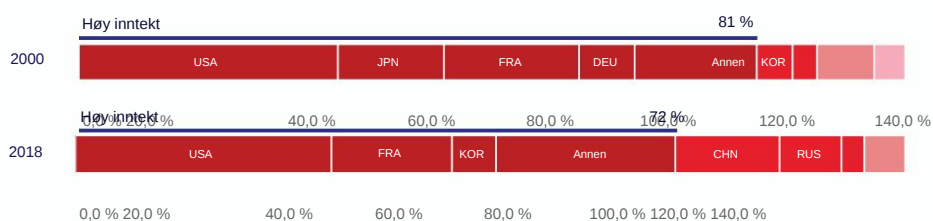
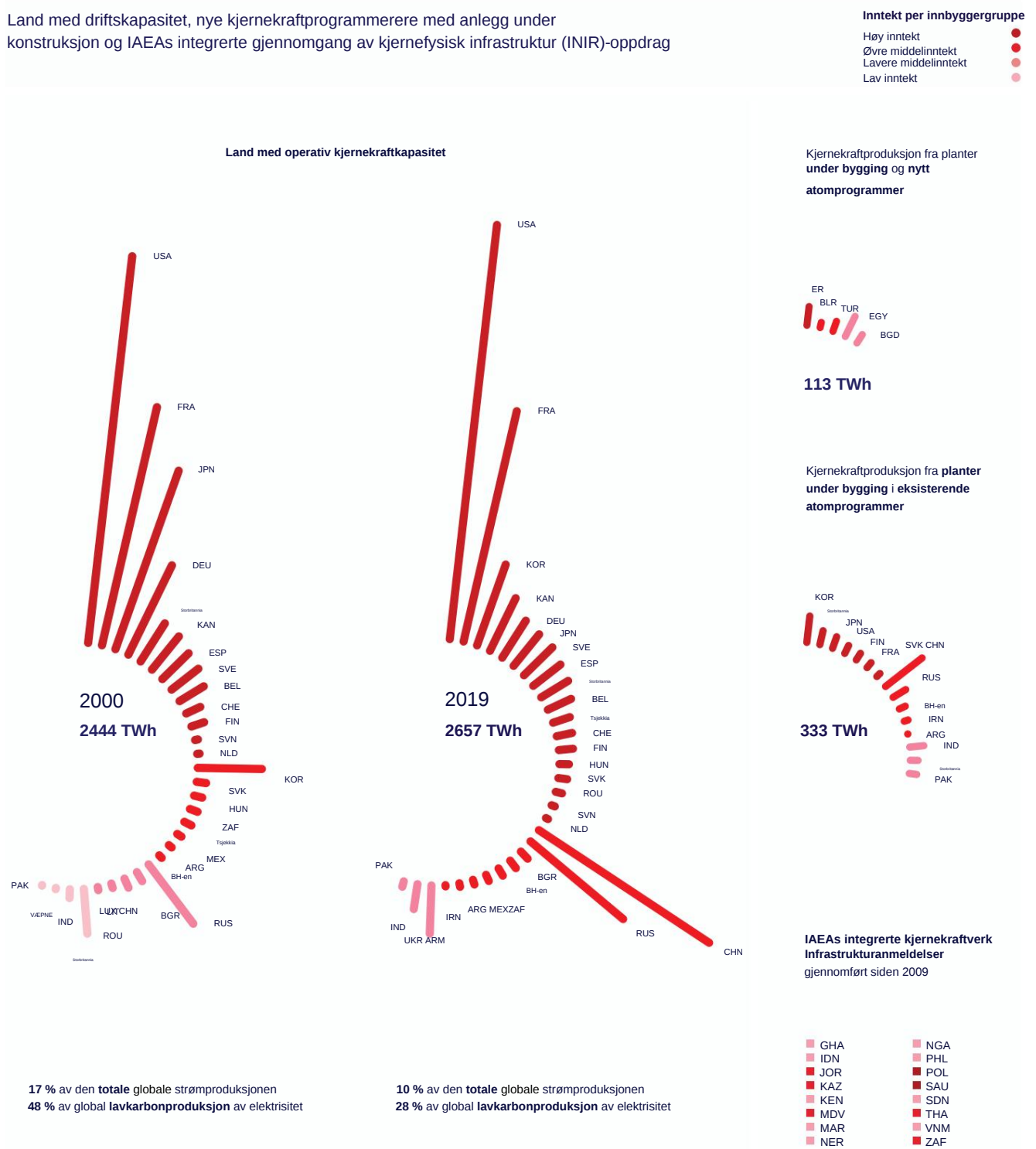
35 per megawatttime, noe som plasserer det blant de mest kostnadseffektive lavkarbonalternativene, samtidig som den disponerbare kapasiteten opprettholdes (NEA, 2020b). Uten slike utvidelser kan 40 % av atomflåten i utviklede økonomier bli pensjonert innen et tiår, noe som vil øke strømgningene med rundt 80 milliarder dollar per år (IEA, 2019).

Langtidsdrift er vanlig i USA, med de fleste lisenser fornyet for 60 år, fire reaktorisenser deretter fornyet til 80 år, og andre skal følge. Frankrikes Grand Carenage-program tar sikte på forlengelser på 10 til 20 år til en estimert kostnad på 45–50 milliarder euro.

Atomindustrien har ennå ikke funnet sin nisje innen levering av nye tjenester, inkludert muligheter i en gryende hydrogenøkonomi. Flere forretningsmodeller er under utforming. Arizonas offentlige kraftselskap ønsker å produsere hydrogen fra sitt kjernekraftverk, blande det med naturgass for å drive et annet av sine anlegg, og dermed optimalisere produksjonen og redusere sitt totale karbonavtrykk. Alternativt er de britiske Clean Energy Hubs i Sizewell og Moorside fullintegreerte forslag, unnfanget i samarbeid med lokale energibrukere, som kobler sammen nye teknologier som lavkarbonhydrogen og energilagring.

Figur 6 – Produksjon av kjernekraft etter inntektsgruppe, 2000 og 2019. Anslått årlig kraftproduksjon fra kjernekraftverk under bygging⁷

Land med driftskapasitet, nye kjernekraftprogrammerere med anlegg under konstruksjon og IAEAs integrerte gjennomgang av kjernefysisk infrastruktur (INIR)-oppdrag



Merk: Forventet kjernekraftproduksjon fra reaktorer under bygging



Etterspørselen etter elektrisitet er ventet å bli en av de viktigste indikatorene på energiomstilling. I motsetning til de fleste modne økonomier, der forbruksveksten har stoppet opp, er elektrisitet fortsatt en viktig drivkraft for utvikling i raskt voksende økonomier.

I høyinntektsland ligger det årlige strømforbruket per innbygger nå over 9000 kWh-merket, en liten nedgang siden 2010, men også en økning på 12 % sammenlignet med nivåene observert i 2000 (fig. 7, øvre panel). Å sette mål for karbonnøytralitet kan forsinke metningen i forbruket på tvers av alle inntektssegmenter. Til sammenligning fortsetter forbruket å vokse i lavinntektsland, noe som ansporer til industrialisering og fremveksten av middelklassebefolkninger med økt eierskap av elektriske apparater og andre elektroniske enheter. Hvert år øker det gjennomsnittlige individuelle strømforbruket med rundt 3 % (resp. 4 %) i øvre middelinntektsland (resp. lavere middelinntektsland).

Strømforbruket per innbygger i Kina og India har nådd henholdsvis 5000 kWh og 1200 kWh per år, men vokser betydelig raskere enn i sine respektive inntektsgrupper. Den årlige vekstraten har vært nærmere 2 % i landene med lavest inntekt, hvor store elektrifiseringsgap – og mangelfull eksisterende infrastruktur – bare lukkes gradvis.

Tilgang til pålitelig elektrisitet gjør at økonomier kan blomstre og levestandarden kan forbedres. Innføring av høytytende elektrisk utstyr anses også som god valuta for pengene. Rask tilgang til strømtjenester, forenklete administrative prosedyrer, moderate og transparente tariffer er avgjørende for at bedrifter skal trives (Verdensbanken, 2020d). Hyppige strømbrydd og ikke-kostnadsreflekterende tariffer, ofte et resultat av kroniske underinvesteringer, er vanlige i lavinntektsøkonomier og kan være spesielt skadelige for lokal entreprenørvirksomhet.

Strømforbruket akselererer i mange land, og overgår ofte den økonomiske aktiviteten (fig. 7, nederste panel). Hver dollar som genereres globalt, innebærer omtrent 23 kWh elektrisitet. Frakoblingen mellom elektrisitet og BNP var betydelig for to tiår siden, men har avtatt i det siste. Siden 2010 har elektrisitetsintensiteten i den globale økonomien vokst med 1 % per år (1,8 % i land i øvre middelklasse). Generalisering av elektrifisering av sluttbrukere, enten direkte (potensielt 65 % til 70 % av den endelige etterspørselen ifølge ETC, 2020) eller indirekte gjennom f.eks. vannelektrolyse for hydrogenproduksjon (potensielt 15–20 % av energibehovet), vil sannsynligvis øke

strømforbruk over hele verden. Politikk, finanspolitiske insentiver og bredere verdiforslag fra bilprodusenter øker elektrifiseringen av bakketransport, som nå anses som en viktig kilde til verdiskaping på kort sikt. Lavkarbonbaserte strømbaserte løsninger har også potensial til å eliminere utslipp fra sement-, stål-, plast- og aluminiumsproduksjon og øke industriens lønnsomhet. Denne trenden kan gjøre forbrukerne bedre stilt gitt den lille andelen strøm i den totale kostnaden for ferdige produkter. Forbruket fra plugg til hjul for batteridrevne elbiler kan være 73 % lavere enn forbruket fra tank til hjul for en typisk bensinbil. Tilsvarende kan tonnet med grønt stål øke med 20 %, men bare legge til 180 dollar til prisen på en bil (ETC, 2020).

Imidlertid garanterer ikke bare tilgangen på ren elektrisitet en bærekraftig transformasjon av energisektoren. Uovervåket strømforbruk vil føre til overinvesteringer og høyere energiregninger, noe som til slutt vil endre de økonomiske fordelene ved energiomstillingen. Å forutse realistiske fremtidige behov er avgjørende for å planlegge en kostnadseffektiv oppgradering av energiinfrastruktur. EUs *strategi for energisystemintegrasjon* tar opp problemet ved å legge vekt på mer sirkulære energisystemer med et «energieffektivitet først»-prinsipp (EC, 2020).

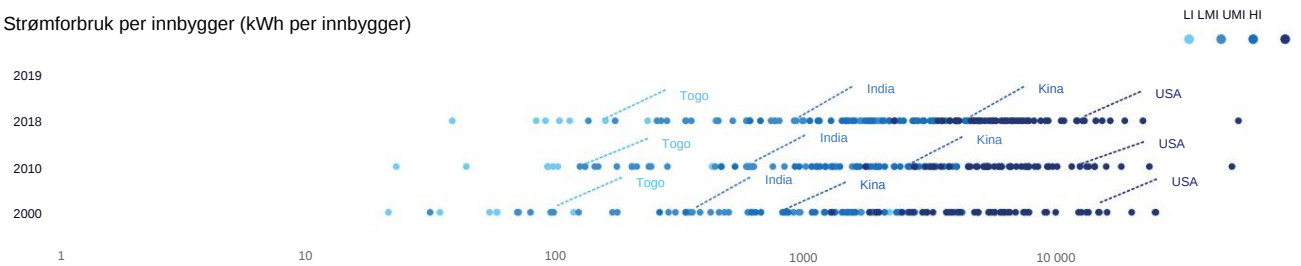
Skreddersydde insentiver og mandater, som er nødvendige for å optimalisere strømproduksjon og moderere forbruk, er fortsatt blindsonene i eksisterende politiske rammeverk. Insentiver og mandater er avgjørende for kraft- og nettselskaper som søker effektivitetsgevinster og håndterer tiltak på etterspørselssiden.

Men fremgangen innen regelverk er angivelig langsom, og straffer ved manglende overholdelse mangler ofte, inkludert i høyinntektsland (Verdensbanken, 2020b). Offentlig budsjettfinansiering, forbrukertillegg, kombinert med optimaliserte bruksstrukturer, kan brukes til å kompensere for inntektstap forårsaket av obligatoriske energieffektivitetsaktiviteter, men implementeres for sporadisk. Insentiver og pålegg kan også være gunstige for store industrielle og kommersielle forbrukere. Men mangel på bevissthet og

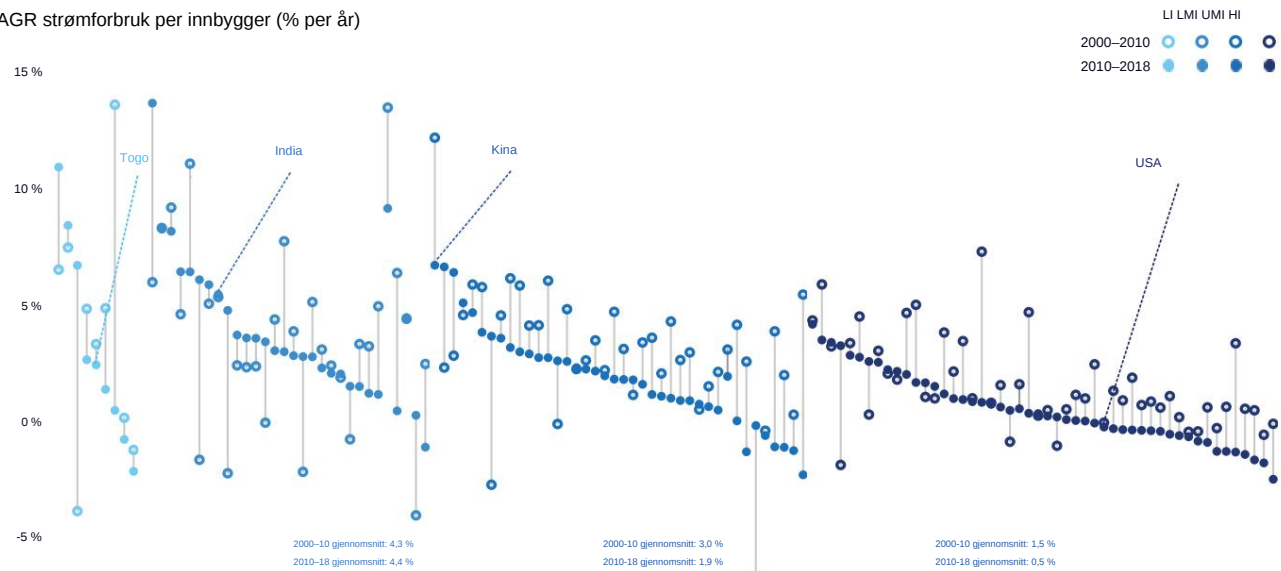
Utilstrekkelige energistyringsprogrammer hindrer full optimalisering av strømforbruket. Andre insentiver for ytterligere energieffektivitetsgevinster kan anvendes på regler for offentlige anskaffelser med en bindende forpliktelse til å spore realiserede besparelser i offentlig forvaltning og andre typer institusjonell infrastruktur.

Figur 7 – Elektrisitetsforbruk per innbygger og elektrisitetsintensitet av BNP etter inntektsgruppe, 2000–2018

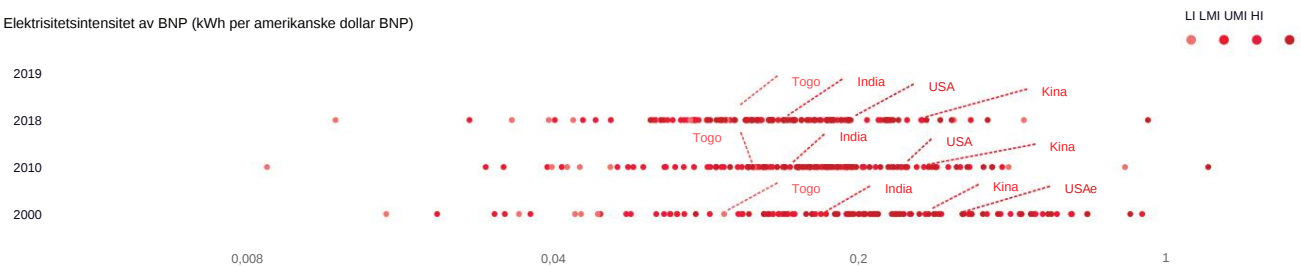
Strømforbruk per innbygger (kWh per innbygger)



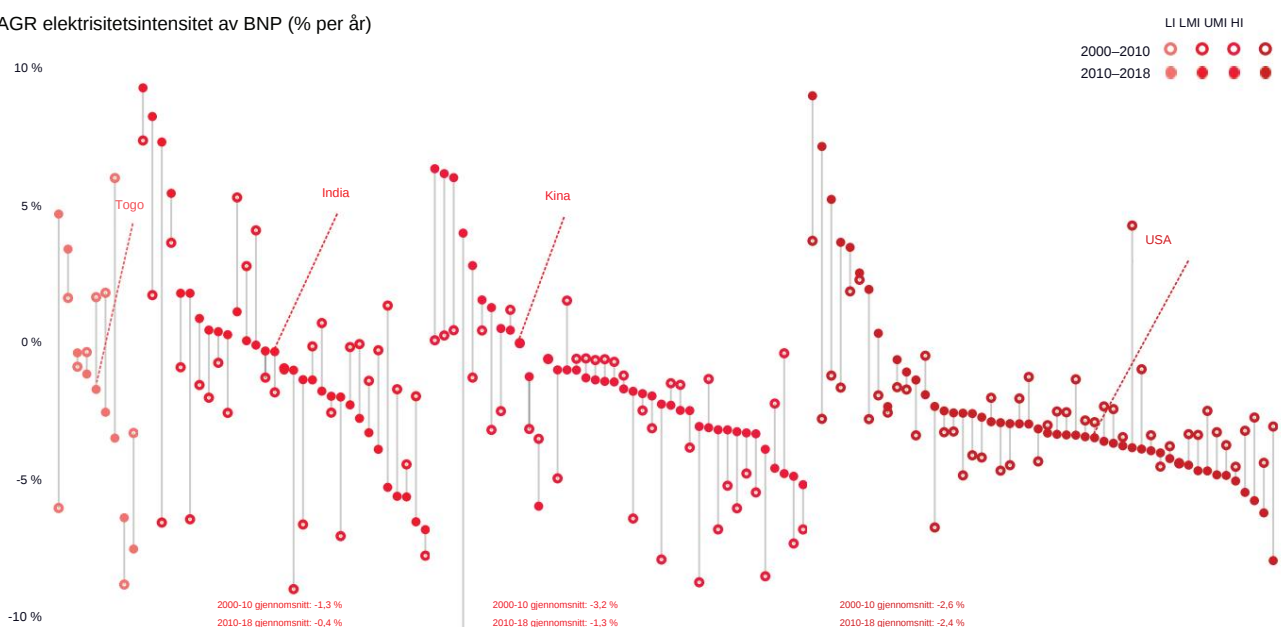
CAGR strømforbruk per innbygger (% per år)



Elektrisitetsintensitet av BNP (kWh per amerikanske dollar BNP)



CAGR elektrisitetsintensitet av BNP (% per år)



Merk: Høy inntekt = høy inntekt, øvre middel = UMI, nedre middel = LMI, lav inntekt = LI; CAGR = sammensatt årlig vekstrate.



VIRKNINGEN AV COVID-19-UTBRUDET PÅ ELEKTRISITETSSEKTOREN

COVID-19-pandemien forvandlet driften av kraftsystemer over hele verden og ga et glimt av en fremtidig elektrisitetsmiks dominert av lavkarbonkilder. Den systemiske økonomiske og sosiale virkningen av COVID-19-utbruddet, og de medfølgende tiltakene, har ført til en enestående og vedvarende nedgang i etterspørselen etter elektrisitet i mange land, i størrelsesorden 10 % eller mer i forhold til 2019-nivåene over en periode på noen få måneder, og dermed skapt utfordrende forhold for både strømprodusenter og systemoperatører (fig. 8, venstre panel). Tidlige IEA-prognoser forutså en reduksjon på 2 % i global strømforbruk for hele året 2020, med en rekordhøy nedgang på 5,7 % forutsett bare i USA (IEA, 2020d).

Elektrisitetsproduksjon fra fossilt brensel har blitt spesielt hardt rammet på grunn av relativt høye driftskostnader sammenlignet med kjernekraft og fornybar energi, samt enkle merittordenseffekter. Til sammenligning var det lavkarbonelektrisitet som var dominerende under disse ekstraordinære omstendighetene. I de første ukene av nedstengningene økte bidraget fra fornybar elektrisitet i mange land takket være lave driftskostnader, prioritert forsendelse og gunstige værforhold (fig. 8).

Sammen med andre tiltak, inkludert begrensning av fornybar produksjon i noen tilfeller, har dette gjort det mulig for nettoperatører å opprettholde et pålitelig system og i stor grad unngå forsyningsforstyrrelser til tross for de utfordrende forholdene, samtidig som det har gitt plass til økte andeler av lavkostnads, variabel fornybar produksjon.

Nedgangen i etterspørselen etter elektrisitet under den første nedstengningen akselererte de nylige reduksjonene i strømprisene, under allerede økonomisk uholdbare nivåer. De mest merkbare konsekvensene av pandemien på kraftsektoren skjedde under

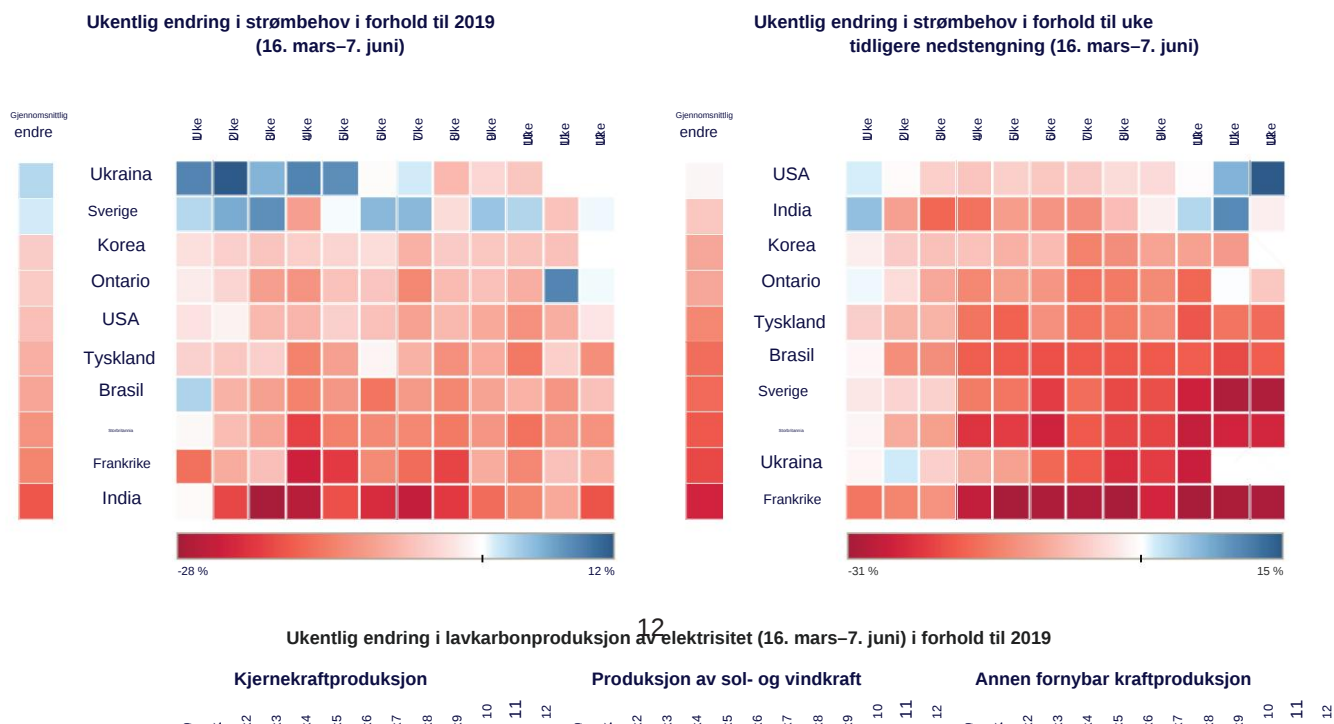
den første perioden med globale nedstengninger. Deretter gjenopptok den økonomiske aktiviteten – og strømmarkedene – mer normale forhold. De store prisfallene i Europa skyldtes ikke bare COVID-19-nedstengningstiltakene fra mars til juni 2020, men også fallende etterspørsel på grunn av en uvanlig varm vinter, økt tilbud fra fornybar energi og et fall i råvareprisene (S&P, 2020). Slike lave priser skaper et utfordrende miljø for mange strømprodusenter, inkludert kjernekraftverk. Frankrikes EDF opplevde en nedgang på 1 % i inntektene i første kvartal. Tilsvarende opplevde Russlands Rosatom en betydelig nedgang i etterspørselen i april og mai 2020, noe som bidro til en nedgang i inntektene på 11 % for årets første fem måneder (Russlands president, 2020).

Konkurrenseevnen og robustheten til lavkarbontechnologier har resultert i høyere markedsandeler for kjernekraft, solkraft og vindkraft i mange land i løpet av de første tre månedene med nedstengninger.

Markedsforholdene i USA, India, Brasil eller Ukraina var merkbart gunstige for sol- og vindkraftproduksjon (fig. 9, øverste panel). Alvorlige bevegelsesrestriksjoner i Kina i begynnelsen av februar førte til en samlet nedgang i aktiviteten på 6,8 % i løpet av første kvartal, noe som tvang kraftproduksjonen til å falle med mer enn 8 % fra år til år: kullkraft gikk ned med nesten 9 % og vannkraft med 12 % på grunn av en tørr sesong (Tan og Cheng, 2020).

Kjernekraftproduksjon viste seg også å være robust, pålitelig og tilpasningsdyktig. Atomindustrien implementerte raskt spesielle tiltak for å håndtere pandemien, og unngikk nedstengning av anlegg på grunn av COVID-19, til tross for konsekvenser for arbeidsstyrken og andre utfordringer i forsyningskjeden. Med en gjennomsnittlig reduksjon på bare 2 % under nedstengningen har kjernekraft vist seg

Figur 8 – Ukentlig endring i etterspørsel etter elektrisitet i forhold til 2019 (venstre panel) og i forhold til uken før nedstengningen (høyre panel) i utvalgte jurisdiksjoner (15. mars–6. juni)⁹



pålitelig globalt. Likevel tilpasset kjernekraftprodusenter seg raskt til de endrede markedsforholdene. Stilt overfor betydelig nedgang i etterspørselen reduserte kjernekraftprodusentene produksjonen for å opprettholde nettstabiliteten. Sammen med andre tiltak har dette gjort det mulig for nettoperatører å opprettholde et pålitelig system og i stor grad unngå forsyningsforstyrrelser til tross for de utfordrende forholdene, samtidig som de kunne holde nettskadekostnader for holdningsvariabel fornybar produksjon. I Frankrike økte EDF periodisiteten til lasten etter drift for å møte kommende variabel fornybar produksjon (EDF, 2020). Storbritannia spilte kjernekraft en stor rolle i nesten å eliminere kullproduksjonen over 10 måneder (fig. 9, midtpanel) (Cockburn, 2020). EDF Energy var forstand til å

svare på nettoperatorens behov ved å begrense sporadisk genereringen av Sizewell B-reaktoren til sikre stabilitet i strømmettet. I Republikken Korea, andelen av kjernekraftproduksjon økte med nesten 9 prosentpoeng under pandemien. For hele

I den amerikanske EIAs *kortsiktige energirapport* i 2020 økte andelen kjernekraftproduksjon med mer enn ett prosentpoeng sammenlignet med 2019, til tross for de generelle forstyrrelsene som følge av krisen. Kjernekraftens ytelse viser hvordan den kan støtte overgangen til et robust, rent energisystem langt utover COVID-19-gjenopprettelsesfasen.

Ukentlig endring i strømbehov i forhold til uke tidligere nedstengning (16. mars–7. juni)

Til tross for den demonstrerte ytelsen til et renere energisystem gjennom krisen for å søge for å konkurransedyktig, pålitelig og lavkarbonbasert elektrisitet når det trengs, gjenstår utfordringer både på mellomlang og lang sikt.

Kombinert med de bredere økonomiske konsekvensene

Som følge av krisen på nasjonale og bedriftsbudsjetter, samt latente risikoer knyttet til omorganiseringer av forsyningskjeden, kan nåværende forhold hindre de nødvendige investeringene i overgangen til ren energi, med langsiktige konsekvenser for oppnåelsen av klimamålene.

Figur 9 – Ukentlig endring i lavkarbonproduksjon av elektrisitet (15. mars–6. juni) i forhold til 2019 i utvalgte jurisdiksjoner (øverste panel); Endring i markedsandeler for kjernekraft, solkraft og vindkraft siden starten av nedstengningene (midtpanel); Gjennomsnittlig innvirkning på strømpriser i 2020 vs. 2019 før og etter at nedstengningen startet¹⁰





Morgendagens strømsystemer, ryggraden i bredere energinettverk, vil kreve fleksibel tilsyn for å opprettholde pålitelige og rene strømforsyninger. Strømsystemer vil iboende være mer distribuerte, og inneholde både store og mindre produksjonsenheter som utnytter det fulle potensialet til lokale og rene energikilder – Innen 2070 kan 3600 GW solcellepaneler på taket integreres i bygningskonvolutter (IEA, 2020e) – og bruke langdistanse overføringsnettverk for å overvåke ubalanser i systemet (Oudalov, 2020). Digital teknologi vil bli stadig viktigere for å overvåke systemkompleksiteten, inkludert forbrukeratferd i sanntid og fleksibel lagring.

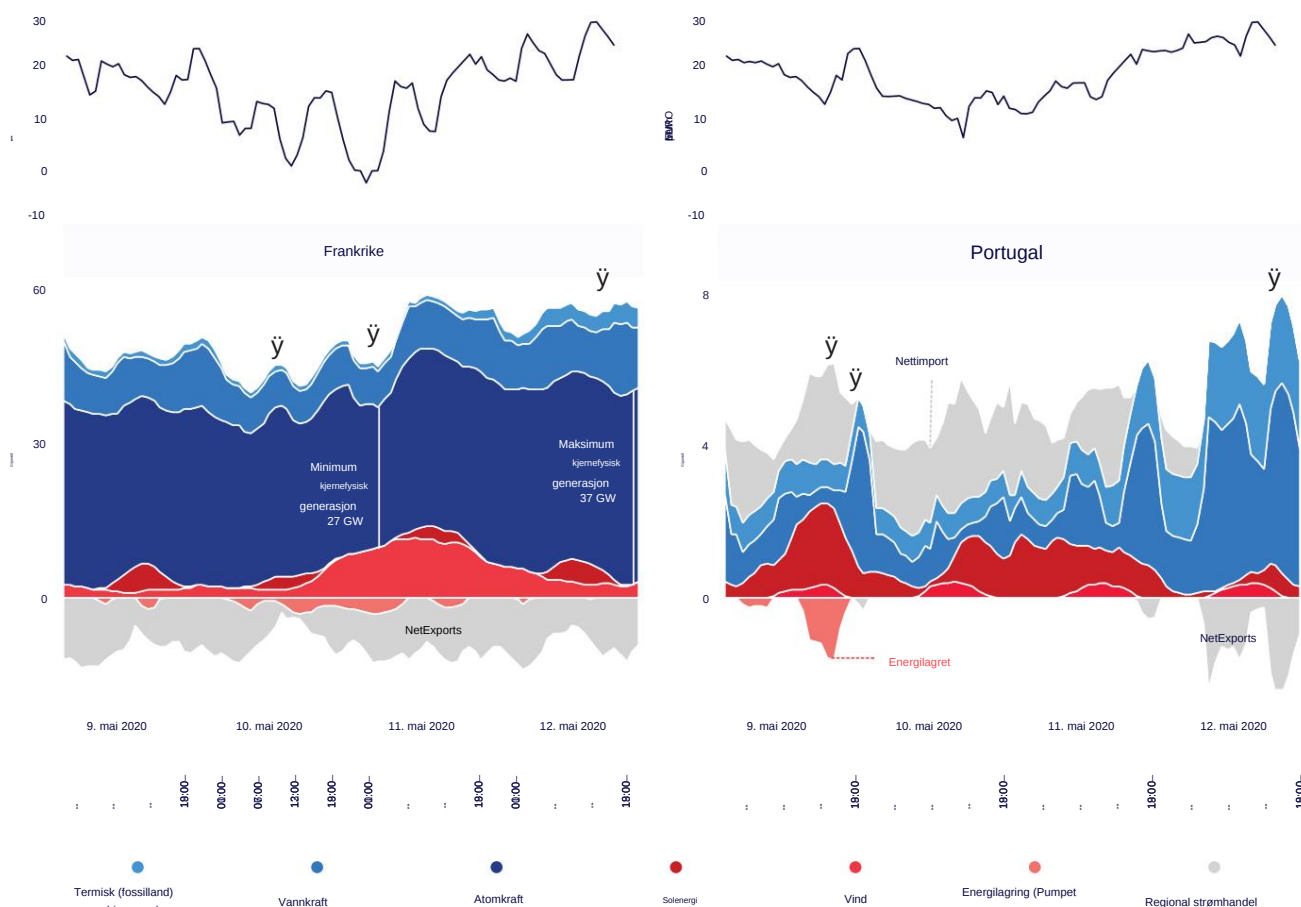
En nærmere titt på elektrisitetsmiks i Frankrike og Portugal belyser to polære tilnærminger til systemfleksibilitet. Mikssammensetningene er forskjellige, men begge landene har allerede store andeler av regulerbare lavkarbon-elektrisitetskilder. Begge landene sikter også mot ytterligere integrering av variable elektrisitetskilder. Frankrikes karbonintensitet fra elektrisitet er under 50 gCO₂ per kWh, dvs. ti ganger mindre enn G20-gjennomsnittet, mens Portugals ligger på rundt 250 gCO₂ per kWh, nær gjennomsnittet for EU (ICTP, 2018; EDP, 2018).

I Frankrike tilpasser den fleksible driften av den omfattende atomflåten seg variasjonen i andre strømkilder, en økende trend blant atomkraftnasjoner (Patel, 2019). Mellom 9. og 12. mai 2020 varierte kjernekraftproduksjonen med 10 GW, noe som mobiliserte 44 % til 60 % av den installerte kapasiteten, langt fra nominell effekt (fig. 10, $\ddot{y}$). Lignende mønstre, om enn med mindre amplitude, dukker opp fra kjernekraftverk i f.eks. Tyskland, Slovakia, Tsjekkia, Belgia, Finland, Sveits, Ungarn og USA. Eksporten minimeres når spotprisene på elektrisitet er lavest (fig. 10, $\ddot{y}$).

Gasstoppenheter mobiliseres sporadisk når høyere etterspørsel setter inn (fig. 10, $\ddot{y}$).

Portugals systemfleksibilitet og forsyningssikkerhet avhenger av store pumpekraftlagringskapasiteter og integrering med det spanske strømnettet. 9. mai 2020 dekket en bølge av vind- og solkraftproduksjon og billig import store strømbehov (fig. 10, $\ddot{y}$). Etter hvert som vinden avtok, solenergien stupte og handelen ble avskåret av høye importpriser, tok vannkraft over med full kapasitet (fig. 10, $\ddot{y}$). 12. mai ble en ny topp i etterspørselen møtt med vannkraft- og fossilbrenselenheter i drift med full kapasitet (fig. 10, $\ddot{y}$).

Figur 10 – Kraftproduksjonsmiks og spotpriser for elektrisitet Frankrike (venstre panel) og Portugal (høyre panel), 9.–12. mai 2020



Strømnettet på den iberiske halvøy opererer relativt isolert på grunn av mangel på sammenkoblinger med

resten av det kontinentale Europa. Den foreslåtte sammenkoblingen i Biscayabukta forventes å fylle dette gapet, til en estimert kostnad på 1,9 milliarder euro og årlige fordeler

i størrelsesorden 250–290 millioner euro (EC, 2016). Det innovative pumpekraftverket Frades II spiller også en nøkkelrolle i systemstabiliteten: Turbiner med variabel hastighet muliggjør frekvensregulering (Larson, 2018).

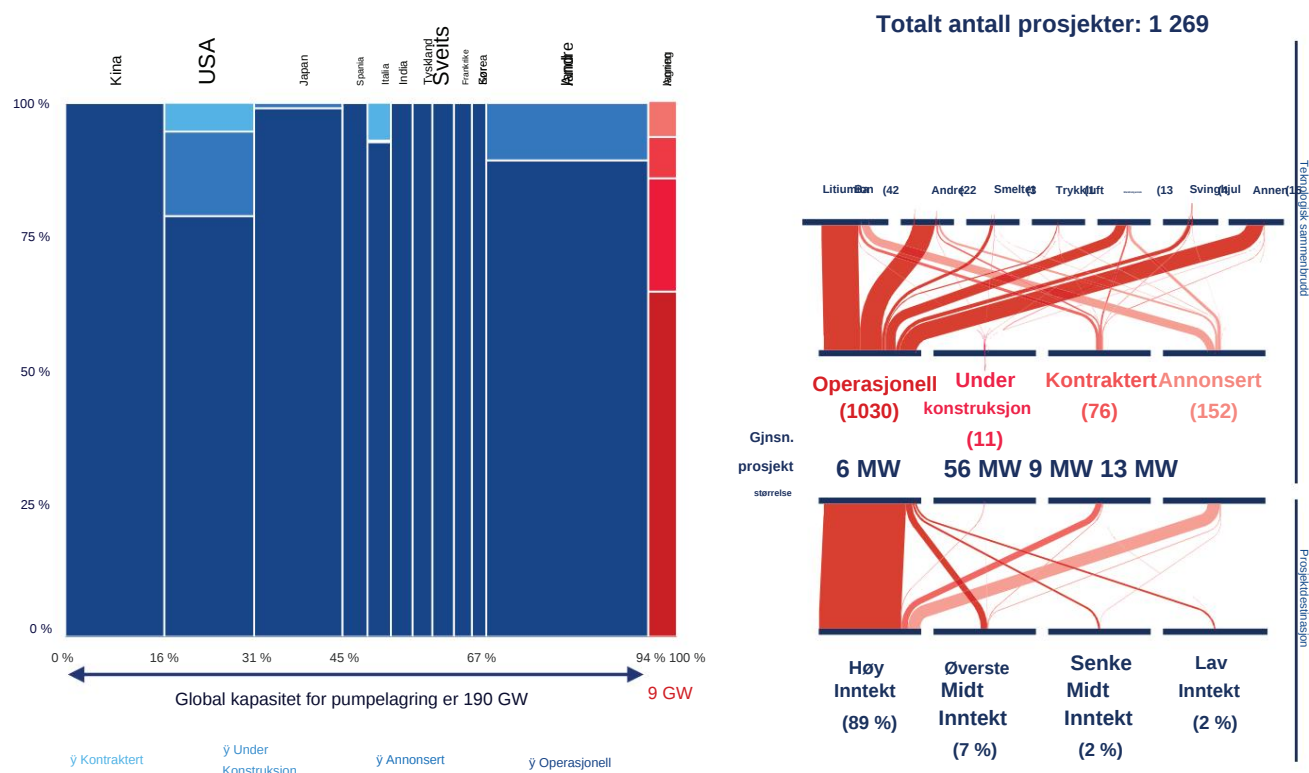
Et stort pumpekraftprosjekt under bygging ved Tâmega-elven vil redusere avhengigheten av kull innen 2023 og bidra til rask dekarbonisering av den portugisiske elektrisitetssektoren.

Som vist i de foregående eksemplene har nettoperatører historisk sett sikret markedsklarering takket være regionale sammenkoblinger, regulerbare kraftproduksjonsenheter, inkludert naturgassanlegg, men også pumpekraftverk. Vannkraftverk utstyrt med pumpekraftverk har lenge vært avgjørende for å matche tilgjengelige strømforsyningskilder med kundenes behov. Nesten 170 GW pumpekraftkapasitet drives over hele verden, og lagrer opptil 9000 gigawattimer strøm hvert år, tilsvarende en tredjedel av den globale produksjonen (fig. 11, venstre panel). Nesten halvparten av disse kraftverkene ligger i Kina, USA og Japan. Mindre, men betydelige kapasiteter er

også operert i det kontinentale Europa. Den internasjonale vannkraftforeningen ser potensial for en 50 % økning i pumpekraftkapasiteten innen ti år. Slike prosjektutviklinger og deres ujevne geografiske fordeling er fortsatt utilstrekkelige til å absorbere fremtidige etterspørselssjokk, unngå begrensninger og imøtekomme systemintegrasjonen av raskt voksende ikke-regulerbar kapasitet.

De pågående fysiske og digitale transformasjonene krever utvikling av ytterligere fleksibilitetsalternativer. Løsningsutviklere vender seg nå til innovative energilagringssystemer. Det amerikanske energidepartementet registrerte nesten 1300 prosjekter over hele verden som dekker et bredt spekter av teknologiske alternativer, hvorav 80 % er i drift (fig. 11, høyre panel). Med mer enn 40 % av tellingene har litiumionbatteridesign blitt den vanligste kilden til lagringskapasitet. De tilbyr nå et komplett spekter av tjenester på tvers av ulike tidsskalaer. Deres fleksibilitet og evne til rask utjevning og sikring av strømprduksjonen har vekket interessen blant operatører av variable fornybare kilder. Litiumionbatterier blir også stadig mer i stand til å utføre planlagt tidsforskyvning av fornybar energi over lengre varigheter, avhengig av økonomiske forhold og lokale forskrifter.

Figur 11 – Global kartlegging av energilagringssystemer (venstre panel); Prosjektutvikling av nye lagringsteknologier (høyre panel)¹²



Det raskt utviklende energilagrandskapet antyder et betydelig potensial for skalerbarhet. Den gjennomsnittlige prosjektstørrelsen for litiumionbatteriprojekter (6 MW) er fortsatt liten sammenlignet med andre typer lagringsteknologier. Men litiumionsystemer i stor skala med kapasiteter større enn 10 MW og økende lagringsvarighet har blitt satt i drift over hele verden de siste årene. Noen anlegg i California kan kjøre i opptil fire timer (Research Interfaces, 2018).

Trykkløstløsninger og termisk lagring av smeltet salt, en svært effektiv prosess for lagring i 10 timer eller mer, og best kombinert med store solcelleparker, er færre, men mye større i skala, i størrelsesorden 60–70 MW (Dieterich, 2018). Totalt sett er den gjennomsnittlige kapasiteten til de annonserte lagringsprosjektene mer enn 50 % større enn de i drift.

Energilagring er avgjørende for en kostnadseffektiv overgang til avkarboniserte strømsystemer. Batterilagringssystemer forventes å bli standardkomponenter i energiinfrastrukturer. Som illustrert i tidligere avsnitt, har ren og ikke-fordelingsbar elektrisitet vunnet mye terreng globalt på ti år, drevet av sterk innovasjon og ulike ordninger for å garantere operatørens inntekter.

Ett tusen gigawatt med ny kapasitet har blitt koblet til nettet siden 2010, med fremskritt også gjort utenfor nettet i Sør-Asia og Afrika (figur 12, venstre panel).

Variabel fornybar energi, nå på nivå med konvensjonelle energikilder, har etablert seg som lavrisikoalternativer for myndigheter og investorer for å realisere sine dekarboniseringsmål. De vil bare leve opp til løftet sitt med konkurransedyktig prisede lagringsløsninger som kan opprettholde den generelle systempåliteligheten.

Utviklingen innen distribuerbar elektrisitet (inkl. tre

hundre gigawatt vannkraftkapasitet bygget siden 2010 og femti kjernereaktorer under bygging tilsvarende femtite gigawatt ny kapasitet) vil styrke forsyningsikkerheten.

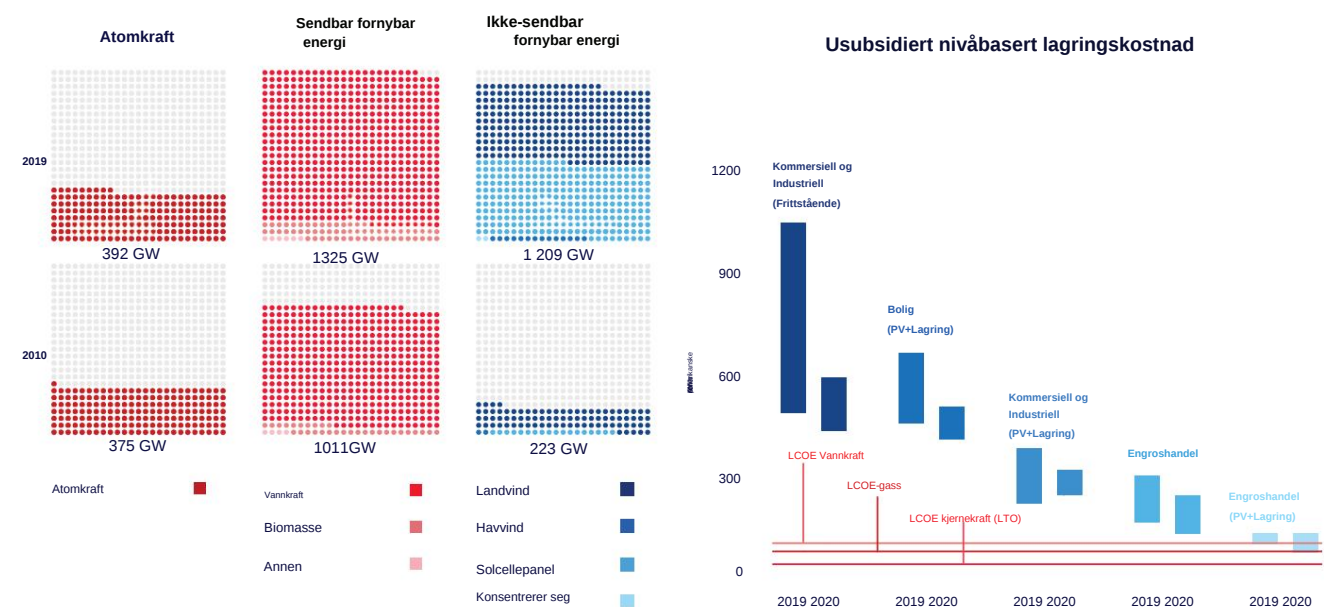
Innovasjonsstien og de fallende kostnadene for batterisystemer gir rom for eksponentiell vekst i de kommende årene. På et tiår økte kostnaden for en litiumionbatteripakke på 1 kWh – nok kapasitet til å drive et elektrisk kjøretøy i seks kilometer – med mer enn en

7-dobling, ned til \$156. Den globalt installerte lagringskapasiteten økte fra 1 GW til over 10 GW på under tre år. Bloomberg New Energy Finance ser at terskelen på \$100 per kWh blir nådd innen de neste tre årene (BNEF, 2019). Det er imidlertid fortsatt kostbart å kjøre frittstående applikasjoner utenom rushtiden.

Når den kombineres med solcelleanlegg, faller den nivåstyrte kostnaden for elektrisitet – en passende målestokk for å vurdere konkurranseevnen til grunnkraftkilder – under 100 dollar per MWh (fig. 12, høyre panel). På denne bakgrunnen anslår Det internasjonale energibyrået at det vil være rundt 220 GW kapasitet installert globalt innen 2030 for å følge den aggressive utplasseringen av sol- og vindkraft og oppfylle målet i Parisavtalen. Dette er halvparten av 2030-kravene bare innen pumpekraftkapasitet (IRENA, 2020b). Noen prosjekter har nylig stoppet opp på grunn av pandemien, men markedsinteressen er fortsatt sterk.

Wood Mckenzie, blant andre observatører, spår at vind- og solenergi, støttet av lagringsløsninger, er klare til å dominere Europas strømmnett innen 2030 takket være attraktive risiko-/avkastningsprofiler og til tross for økende eksponering mot forholdene i kraftmarkedet (Wood Mckenzie, 2020). Elektrifiseringen av mobilitetstjenester vil også øke fremveksten av lagringsindustrien, utover stasjonære applikasjoner i kraftsektoren.

Figur 12 – Markedsdynamikk for batterier og andre lavkarbonalternativer, 2010–2019



De fleste prosjektene er for tiden konsentrert i høyinntektsland. Den neste utfordringen er utplassering i lavinntektsland. Verdensbanken ser

batterilagring som en kritisk vektor for elektrifisering av landområder, samt mer pålitelige nettbaserte strømtjenester.

Et katalytisk fond på 1 milliard dollar ble avsatt, og det er planlagt å mobilisere ytterligere 4 milliarder dollar i konsesjonell klimafinansiering og andre offentlige og private investeringer (Verdensbanken, 2018). Indiske beslutningstakere regner også med rimelige litiumionbatterier for å forbedre utrulling av

sine solenergiambisjoner og møte etterspørselstopper (Ranjan, 2020).

Lagringsorienterte politiske og regulatoriske rammeverk, samt dedikerte økonomiske insentiver, vil gjøre teknologiberedskap til en markedsrealitet. Reguleringsrammeverk må anerkjenne lagring som en energikilde i seg selv.

Svært få jurisdiksjoner er ennå klare til å imøtekomme og kompensere for lagringstjenester, spesielt deres evne til å forbedre systemstabilitet, utføre toppavlastning og gi rask primærfrekvensrespons. Fremveksten av nye systembaserte målinger for å vurdere konkurranseevnen til strømkilder og transformere operatørenes godtgjørelse, kan vise seg nyttig for å prise lagringstjenester tilstrekkelig. Foreløpig er lagring spesielt verdifullt i små, ufleksible systemer. En rekke økonomiske insentiver som ofte brukes for f.eks. vind- og solteknologi er under utredning og kan overføres og tilpasses batterier: Fiskale unntak som investeringskattefradrag for å fremme investeringer; kraftkjøpsavtaler for lagringsoperatører for å garantere fast energilevering til en kunde; andre former for produksjonsstøtte, inkludert lagringsmandater og produksjonsskattefradrag.

Innovative løsninger må også ta hensyn til

økende bekymringer over den mulige mangelen på mineraler som kreves for batteriproduksjon og den generelle bærekraften i forsyningskjeder. Nåværende batteridesign krever råvarer som medfører forurensende utvinningsaktiviteter og er i strid med målene for bærekraftig utvikling (Scheyder, 2019). Flere regionale og globale initiativer, så vel som industrielle koalisjoner, blomstrer for å omgå disse problemene, forenkle kjemi og styrke utplasseringen av mer lokale og bærekraftige verdikjeder.

For eksempel foreslo Global Battery Alliance et åpenhetsbasert «batteripass» for å fastslå den kjemiske sammensetningen og kvalitetsstandardene til batterier, oppmuntre til materialgjenvinning og forhindre barnearbeid. EU kunngjorde en investering på 350 millioner euro for å bygge en batterifabrikk i Sverige for å dra nytte av sin rene energibase og sin erfaring innen prosessproduksjon og resirkulering.

Mangel på fleksibilitetsalternativer for å håndtere ressursmangel og reagere på markedssvingninger kan føre til uønskede og skadelige utfall, alt fra ekstrem prisvolatilitet til tjenesteforstyrrelser.

I januar 2020 skapte en kombinasjon av ekstreme temperaturer og kollapsen av strømmettet i Sør-Australia en kraftig økning i engrosprisene på strøm til enorme 14 700 dollar per MWh i løpet av én time, med priser som holdt seg svært høye i den påfølgende halvannen timen. Regulatorens beredskapsrespons kostet 8 millioner dollar (AEMO, 2020). En markedsverdi på 9000 dollar ble også nådd i løpet av sommeren 2019 i Texas, da etterspørselen etter klimaanlegg økte kraftig (Rhodes, 2019). Skyhøye strømpriser observeres også av og til på europeiske engrosmarkeder for strøm. Den alvorlige situasjonen som har opplevd de siste årene i California, med rullerende strømbryt og begrensninger i fornybar energi, genererte også prisøkninger.

Løsninger for etterspørselsrespons gir nettoperatører ekstra fleksibilitet. De utvikles og implementeres gradvis for å forbedre den generelle ytelsen til strømmarkedene. Energistyring og løsninger bak måleren, inkludert generering på stedet og mininett, gir et stort potensial for å overvåke forbruket i boliger, redusere strømgninger og lindre ressursmangel ved å flytte strømfbruket til perioder med lavere priser. Optimalisert nettstyring, bedre drift av eksisterende anlegg, mer regelmessig vedlikeholdsplanlegging og forbedring av overførings- og distribusjonsnett utsetter og/eller minimerer også kostbare nettverksoppgraderinger, spesielt i lav- og mellominntektsland som lider av kronisk underinvestering.

i nettverksinfrastrukturer.

«Sektorkobling» vil forsterke sentraliteten til distribusjonsnettverk, knytte dem til sluttbrukersektorer og danne en tett og samvirkende energiforsyningsinfrastruktur. Digitale teknologier kan forbedre nettets robusthet og integreringen av distribuerte energiressurser, kommersielle, industrielle og private lagringsenheter samt bilbatterier betraktelig.

Batterier fungerer deretter som «virtuelle kraftverk», som fungerer som buffere mellom konvensjonelle kraftkilder og lastsentre.

Ren hydrogen, produsert fra lavkarbonelektrisitet, kan også dukke opp som en annen verdifull kilde til storskala og langsiktig, sesongbasert lagringskapasitet. Flere prosjekter er under utvikling rundt store industriklynger i USA, Europa og Øst-Asia for å demonstrere den økonomiske levedyktigheten og akselerere opptaket av hydrogenteknologier. Teknologinøytrale tiltak vil fremme prosjektgjennomføring og vil bidra til å utnytte det fulle potensialet for ren hydrogen.



SETTER I GANG DEN GLOBALE DEKARBONISERINGEN: ALLE VEIER FØRER TIL KARBON NØYTRALITET

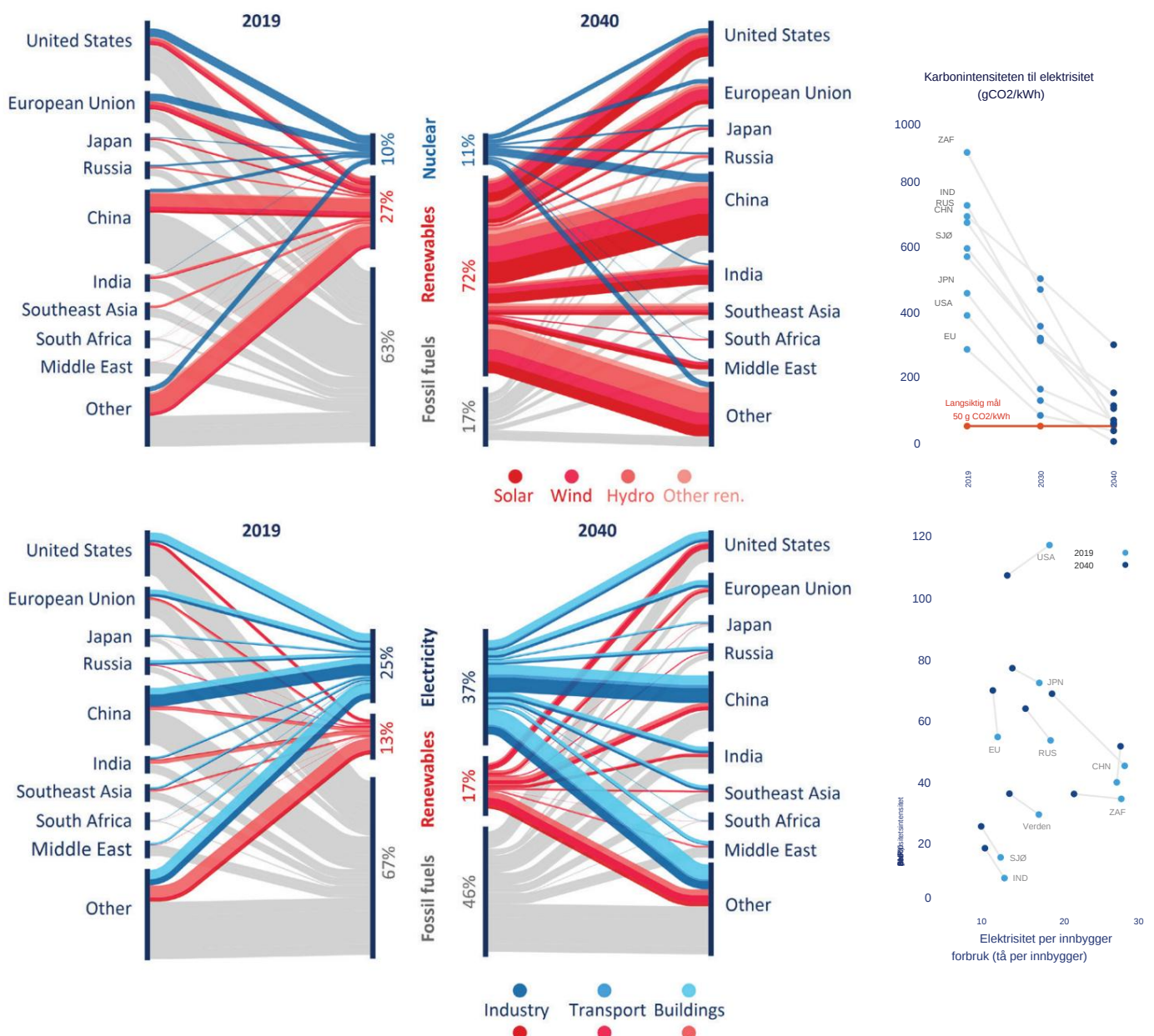
Forutsatt at den økonomiske aktiviteten etter pandemien til slutt vil gå tilbake til normalen, kan strenge klimamål bare nås hvis alle land gjør sitt ytterste for å ta i bruk lavkarbonteknologi.

Tempoet i fremgangen som kreves på nasjonalt og mer lokalt nivå vil variere basert på omstendighetene, inkludert periodiseringen av revisjoner av politikk, regulatoriske og økonomiske incentiver, kredittverdigheten til jurisdiksjoner og bedrifter, tilgjengeligheten av kvalifisert arbeidskraft, prosjekters bankbarhet, arten av eksisterende energinfrastruktur og andre bygde miljøer.

Enhver potensiell innsats for å identifisere strategier for dekarbonisering viser en rask fortrenkning av uforminsket fossilt brensel og en konvergens mot rene energiteknologier både i kraftsektoren og i den endelige energibruken. IEAs scenario for bærekraftig utvikling gir detaljer om en mulig utviklingsvei og integrerer det store utvalget av tiltak som siver gjennom hele energisystemene (fig. 13). Dette scenariet fungerer som en referanse til de fleste IPCC-scenarier.

med århundrelange tidsskalaer (IPCC, 2018).

Figur 13 – En faseinndelt tilnærming til dekarbonisering: Illustrasjon med IEAs scenario for bærekraftig utvikling, 2018–2040¹⁴



Full dekarbonisering fører til en enorm endring i den globale strømforsyningen. Innen 2040 vil over 80 % av elektrisiteten være lavkarbon, mer enn dobbelt så mye som i dag. IEA-scenariet anslår en omfattende og generalisert utplassering av fornybar elektrisitet, som vil dekke 72 % av strømbehovet, hvorav to tredjedeler genereres fra variable kilder alene. Vannkraft og kjernekraft beholder stort sett sine andeler i miksen (henholdsvis 17 % og 11 % i 2040). De leverer regulerbar og lavkarbonkraft, og sikrer dermed stabiliteten i systemene sammen med batterilagringskapasitet. Som et resultat faller karbonintensiteten til elektrisitet raskt i alle land, spesielt i høyinntektsøkonomier som kan nå nivåer lavere enn 50-tallet.

gCO₂ per kWh-terskel på omtrent to tiår.

Det er behov for en eksponentiell endring i sluttbruken av energi. Den utbredte tilgjengeligheten av ren elektrisitet fremmer elektrifisering av sluttbruken av energi og bruk av andre rene drivstoff i sektorer som er vanskelige å redusere. Med riktig politikk og regelverk på plass og en tydelig omorientering av private bedrifters strategi, vil nesten halvparten av det endelige energibehovet være dekket av rene energikilder innen 2040. I følge IEAs scenario er bygningssektoren, den største sektoren når det gjelder energibruk, den raskeste til å omfavne elektrifisering.

Kina, USA og EU tilbyr et stort potensial for tidlig adopsjon av rene drivstoff.

Til sammenligning er dekarboniseringen av transport fortsatt i begynnelsen av 2040, til tross for forventede fremskritt i EU, der opptil 35 % av mobilitetsbehovene kan elektrifiseres. Hvert land, jurisdiksjon og valgkrets bør identifisere sitt eget tempo og sine egne metoder for overgangen, men alt peker mot en rask akselerasjon i implementeringen.

Å ta den raske veien mot dekarbonisering, gjennom systematisk utplassering av energisparende alternativer, som favoriserer synergier på tvers av transport-, digital-, oppvarmings-, kjøle- og industrisektorer, vil føre til betydelige reduksjoner i CO₂-utslipp og vil sannsynligvis forandre våre økonomiske strukturer. Den globale konvergensen mot rene energikilder reduserer det totale karbonavtrykket fra energi betraktelig.

I løpet av de neste to tiårene kan utslippene fra kraft og sluttbruk være to tredjedeler lavere enn dagens nivå (fig.

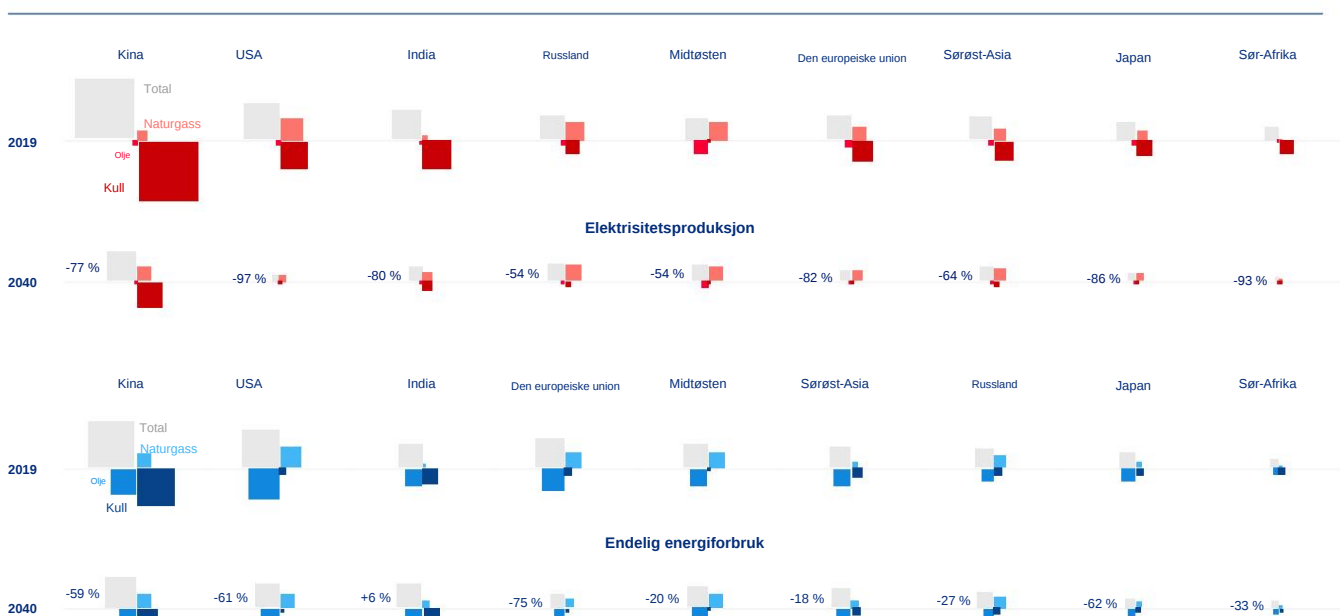
14). Riktig politisk ambisjonsnivå kan føre til bred tilgang til moderne, rene og pålitelige energitjenester, generere verdi og sysselsettingsmuligheter, omfordele sammensetningen av varer og tjenester på tvers av hele verdikjeden.

Pandemien avslørte hvor sårbare samfunnene våre er for eksterne sjokk, noe som utløste ytterligere forpliktelser fra offentlige og private ledere for å håndtere klimaendringer. En bølge av enda strengere mål enn det som er avbildet i IEAs scenario for bærekraftig utvikling, dvs. en rekke karbonnøytralitetsmål som nylig er satt av en rekke land, forventes å føre til en raskere dekarbonisering, med netto nullutslippsnivåer nådd innen midten av århundret.

Med disse reviderte ambisjonene ville bygging av ny, lavkarboninfrastruktur ikke være tilstrekkelig. Eksisterende infrastruktur må kanskje ettermonteres eller demonteres, potensielt med store økonomiske og sosiale kostnader.

Å nå et 1,5 °C-mål kan også kreve teknologier som ennå ikke er utviklet, inkludert fjerning av karbondioksid og kjernekraftvarmeapplikasjoner (IEA, 2021).

Figur 14 – Utslipp fra kraftproduksjon og sluttbruk av energi per land i IEAs scenario for bærekraftig utvikling, 2018–2040





Respsen på pandemien har vist at ekstraordinære omstendigheter kan møtes med ekstraordinære tiltak. Overgangen til en netto nulløkonomi krever økonomiske forpliktelser av tilsvarende størrelsesorden. Uten enorme utgifter rettet mot økonomisk stimulering, særlig rettet mot de mest sårbare samfunnene og bedriftene, ville det globale COVID-19-utbruddet være en belastning for økonomiene og den sosiale velferden vår i mange år.

Ifølge tidlige anslag om krisen ligger mengden penger som er nødvendig for å lindre de verste konsekvensene av den økonomiske resesjonen som er i gang, redde bedrifter og gjenopprette sysselsettingen, på rundt 12 billioner dollar (Gopinath, 2020). I denne sammenhengen med massive offentlige utgifter kan beslutningstakere iverksette avgjørende tiltak som vil sette

i gang en ordnet dekarbonisering av energi. Investeringene som realiseres i løpet av de kommende fem til ti årene vil avgjøre vår evne til å nå målene for netto nullutslipp innen midten av århundret.

Ledere i privat sektor, finansfolk og sivilsamfunnet ser en historisk mulighet til å utforme viktige gjenoppsettingsplaner med et grønt fokus, i tråd med klimamålene. Men den dype økonomiske resesjonen verden gikk inn i i 2020

gir politikerne lite manøvreringsrom.

Tilgangen til lån, nivåene på offentlig og privat gjeld før krisen, det innenlandske innovasjonslandskapet og graden av sunt styresett er alle drivkreftene bak COVID-19-respsene fra enkeltland (Gaspar et al., 2020). Krympende finansinntekter etter

Den økonomiske nedgangen etterlot et tomrom i mange nasjonalregnskaper. Støtte til helsesektoren ble prioritert for umiddelbare offentlige utbetalinger, inkludert fra internasjonale finansinstitusjoner, noe som ga energiprojekter færre kreditter.

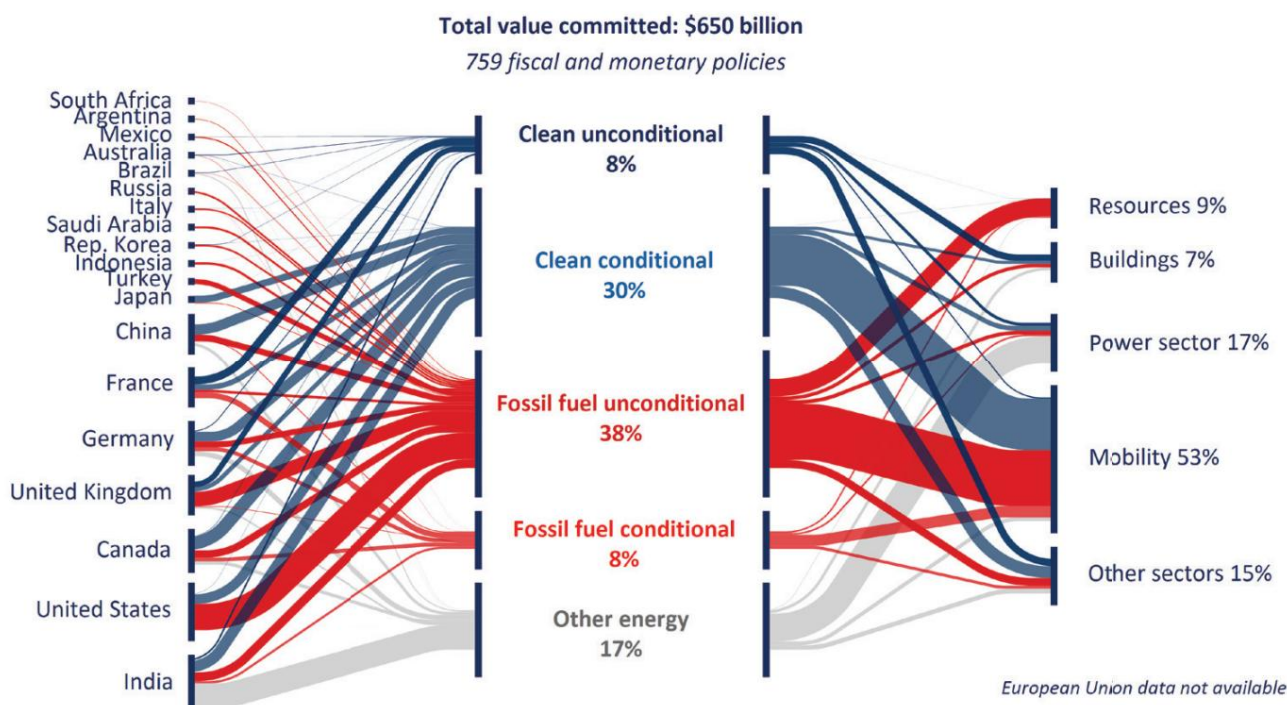
Tydelige og rettidige politiske insentiver er avgjørende. Offentlige kunngjøringer for å organisere gjenoppsettingen rundt muligheter for ren energi er til dags dato i stor grad i strid med strategier for klimaendringer og bærekraftig utvikling.

(UNEP, 2020b). Forpliktelsene som er gjort av G20-landene, som er ansvarlige for 85 % av de globale utslippene, er langt fra å prioritere lavkarbonløsninger fremfor fossilrelaterte investeringer. I skrivende stund er bare 38 % av deres forpliktelser på 650 milliarder dollar til støtte for energisektoren, gjennom ny eller endret politikk og direkte prosjektfinansiering, rettet mot ren energi (fig. 15).

Prosjekter for fossilt brensel prioriteres. Femtise prosent av disse forpliktelsene kan tilfalle mobilitetssektoren, som ofte oppfattes som transformerende og sentralt i mange strategier for bærekraftig utvikling. Mobilitet gir et større potensial for å utnytte økonomisk aktivitet på tvers av sektoren. Til sammenligning kan bare 17 % av den offentlige støtten gå til rene energiprojekter i elektrisitetssektoren, som vil måtte stole mer på finansiering fra privat sektor.

Kapitalintensive prosjekter med lang levetid, som kjernekraft eller konsentrert solkraft, gir kanskje ikke nok avkastning på investeringen på mellomlang sikt til å oppfylle kvalifikasjonskriteriene fra enkelte statlige etater.

Figur 15 – Offentlige pengeforpliktelser gjort av G20-landene til fossilt brensel, ren og annen energi i gjenoppsettingspakker, Milliarder USD, per 19. mai 2021¹⁶



Klimahensyn og -risikoer, som nå oppfattes som sentrale kilder til finansiell ustabilitet av en rekke sentralbanker, finansielle aktører og bedrifter, forventes også å styre energiinvesteringer på lengre sikt.

Sentralbanker iverksetter nå mange initiativer for å håndtere fysiske risikoer knyttet til klimaendringer og andre risikoer for verdifall under energiomstillingen som kan true den finansielle stabiliteten. En arbeidsgruppe på høyt nivå for klimarelaterte finansielle risikoer

ble nylig opprettet for tilsyn av Baselkomiteen for banktilsyn (BIS, 2020). En annen arbeidsgruppe for klimarelatert finansiell informasjonsplikt

ble opprettet i 2015 av Financial Stability Board for å utvikle konsistente rapporteringsrammeverk for klimarelatert finansiell risiko. Den europeiske sentralbanken oppfordrer også sine velgere til å bruke grønne obligasjoner, øremerket til å finansiere investeringsprosjekter med miljøfordel, for å stimulere den økonomiske gjenopprettingen og takle klimautfordringene. Disse nye mulighetene fungerer som veiledende prinsipper i reviderte klimastrategier fra Verdensbanken, Den europeiske investeringsbanken og et økende antall institusjonelle investorer.

Klimarisikoer kan reduseres med nye grunnlag for kapitalinvesteringer, med betydelige gevinster i form av verdi og jobbskaping. Det er en økende interesse blant investorer for å ta hensyn til klimavitenskap i sine egne beslutningsstrategier. 137 globale finansinstitusjoner, med nesten 20 billioner amerikanske dollar i eiendeler, oppfordret nylig selskaper over 1800 høyutslippsselskaper til å sette vitenskapsbaserte tiltaksmål i tråd med netto nullutslipp innen 2050. We Mean Business – en koalisjon av rundt 1400 forretningsaktører og en markedsverdi på 24 billioner dollar, samlet for å katalysere forretningshandlinger og drive politiske ambisjoner for å akselerere nullkarbonovergangen – anslår at

En grønn gjenoppretting kan gi en reduksjon på 7 % i utslippene i 2030 sammenlignet med 2019-nivåene, med millioner av nye jobber på spill (Cambridge Econometrics, 2020).

McKinsey anslår at en balansert lavkarbonstimulering på 75–150 milliarder euro i Europa kan gi minst dobbelt så mye verdiskaping, generere 1–3 millioner arbeidsplasser og til slutt kutte europeiske utslipp med opptil 30 % i 2030 (McKinsey, 2020). Empiriske bevis bekrefter at grønne utgifter genererer bedre avkastning for investorer og høyere økonomisk vekst enn miljøskadelige tiltak (IEA og ICBS, 2021; Batini *et al.*, 2021). Styrking av strømmettet og lavkarbonprosjekter for elektrisitet anses som viktige vektorer for jobbskaping.

Etter hvert som myndighetene forbereder seg på innsending av reviderte klimamål og fortsatt prøver å kickstarte økonomiene sine mer bærekraftig, kan kullinvesteringene endelig stoppe opp. Nylige oppfordringer fra globale ledere, inkludert FNs generalsekretær

Renner om å fase ut kullkraftverk finner stadig mer gjenklang over hele verden. Nye kullprosjekter kan bli stadig vanskeligere å finansiere. Dusinvis av globale banker, forsikringsselskaper, pensjonsfond og kapitalforvaltere, mer enn 140 globale viktige finansinstitusjoner totalt, har allerede innført retningslinjer for utfasing av kull (Buckley, 2020). Synkende utnyttelsesgrader for eksisterende kullkraftverk, nedleggelse av ikke-konkurrerende anlegg med et gjennomsnitt på 35 GW per år, og andre miljøforskrifter, utløste et fall i kulletterspørselen i 2020. De nylig kunngjorte målene om nullutslipp av Kina, Japan og Sør-Korea, viktige finansierere av kullprosjekter over hele verden, forventes å akselerere denne trenden blant kullklientland. Filippinene og Thailand har også til hensikt å begrense sin store avhengighet av kull og benytter seg nå av mer konkurranseedyktige lavkarbonalternativer for å drive sin økonomiske utvikling. New South Wales, hjemsted for en tredjedel av den australske befolkningen, kunngjorde også en omfattende plan for å fase ut installert kullkapasitet innen 15 år (NSW, 2020).

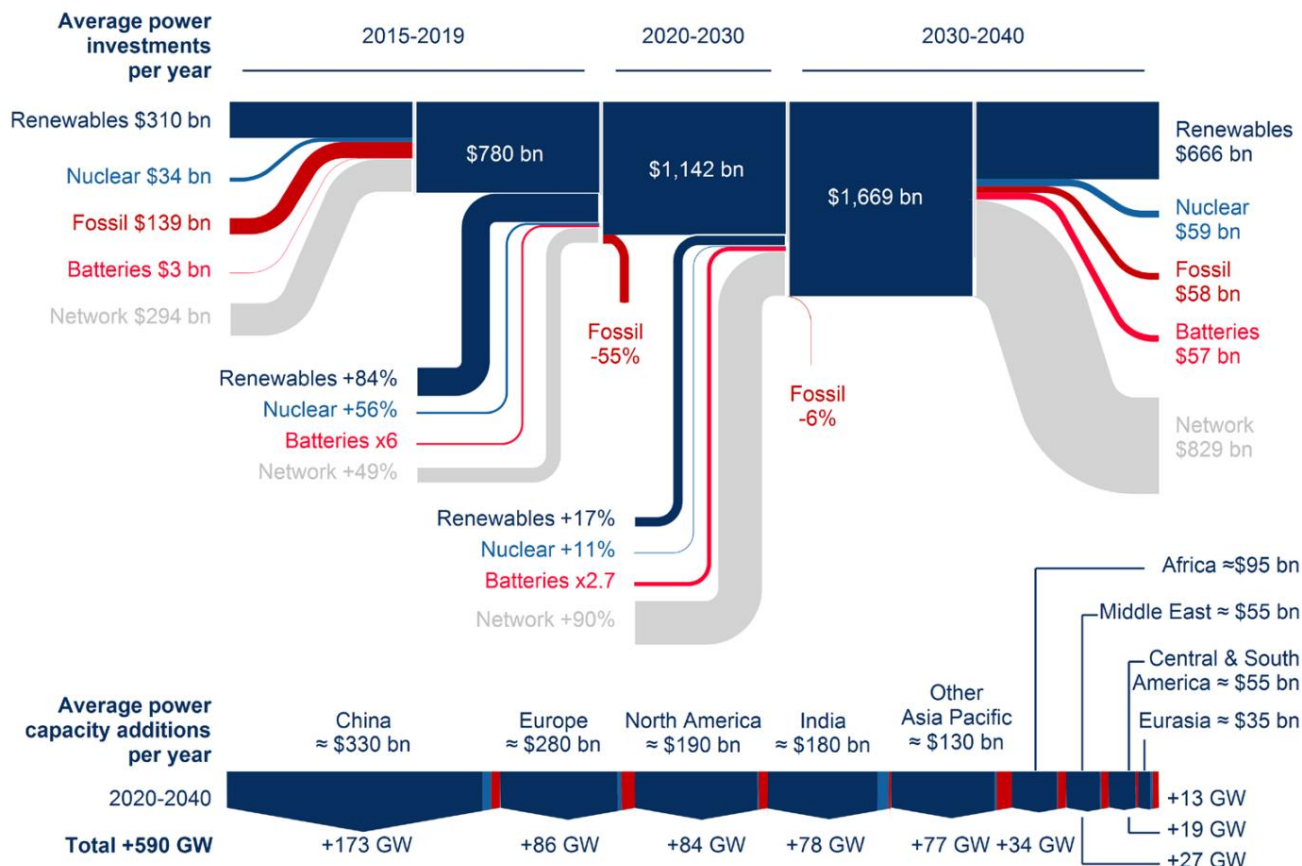
Solcelle- og vindkraftteknologier har nå etablert seg som standardalternativer for de fleste investorer, beslutningstakere og operatører. Nåværende investeringsvolumer er fortsatt stort sett utilstrekkelige til å operasjonalisere energiomstillingen og oppnå karbonnøytralitet innen 2050. Mer enn 600 milliarder dollar investeres årlig i infrastruktur for ren elektrisitet (figur 16, venstre panel), hvor halvparten av utgiftene leverer årlig omtrent to hundre gigawatt ny fornybar kapasitet. Energieffektivitetstiltak krever omtrent 250 milliarder dollar. Det internasjonale energibyrået anslår nesten en dobling av den totale investeringsinnsatsen innen 2030 for å opprettholde temperaturer under 2°C (figur 16, høyre panel), med en syvdobling av investeringer i batterilagring. Men målet om karbonnøytralitet innen 2050 kan bare oppnås med en tredobling av investeringer i ren energi innen ti år (IEA, 2020a). En tredjedel av utgiftene bør dedikeres til utvidelse og modernisering av kraftnett for å fremme integreringen av alle rene energikilder.

Pandemien påvirket stort sett ikke investorenes appetitt på fornybare strømløsninger. Etter en nedgang i kapasitetstillegg og forsinkelser i faste investeringsbeslutninger i løpet av første halvår av 2020, ble byggingen av fornybar energi gjenopptatt ved årsslutt.

Investeringsprosjektene peker mot en akselerasjon av nybygg av fornybar energi de neste årene (IEA, 2020f).

Likevel har bare 62 fornybarkraftprosjekter verdt 17 milliarder dollar blitt bekreftet av G20-landene så langt. EUs stimuleringsmidler har tiltrukket seg mer enn tusen søknader om grønne prosjekter verdt 200 milliarder dollar (Chestney, 2020). Men de dystre økonomiske utsiktene som er forventet for 2021 kan avskrekke private investorer fra å støtte utrulling av de mest kapitalintensive forslagene.

Figur 16 – Globale kumulative investeringer i lavkarbonteknologier (årlig gjennomsnitt 2015–2019) og krav til lavkarbonkraftsektoren i tråd med Parisavtalen (årlig gjennomsnitt 2020–2040)¹⁷



Investeringer i kjernekraft har vært relativt stabile de siste årene. Men dagens utgiftsnivåer er ikke i samsvar med potensialet for klimaforbedringer knyttet til kjernekraft. Omtrent 35 milliarder dollar investeres hvert år i kjernekraftutvikling. Nesten halvparten av kjernekraftinvesteringene ble nylig gjort i Kina, mens kjernekraft dominerer investeringer i ren elektrisitet i Russland. Omtrent 30 % av disse utgiftene går til eksisterende anlegg for langsiktig drift, noe som påvirker omtrent 40 GW av den installerte kapasiteten globalt.

Til tross for behovet for å doble atominvesteringene, kan finansiering av nye atomprosjekter være utfordrende i en situasjon med uttømte offentlige ressurser på kort sikt.

Motsatt får atomprosjekter stadig større interesse blant noen institusjonelle investorer, inkludert pensjonsfond, samt private investorer som ønsker å dekarbonisere porteføljene sine og støtte teknologisk innovasjon.

De fleste klimainvesteringene må realiseres i fremvoksende markeder.

Energiomstillingen bør fungere som en motor for inkluderende grønn vekst. En bærekraftig og vellykket omstilling vil gjøre det mulig for alle

land, uavhengig av størrelse og rikdom, for å dra nytte av sine lokale naturressurser,

velge lavkarbonalternativer fremfor fossilt brensel. Mellom 2016 og 2018 tiltrakk de samlede investeringene i kjernekraft og fornybar kapasitet i Kina og India alene en tredjedel av globale lavkarbonenergiinvesteringer. International Finance Corporation ser en mulighet på 23 billioner dollar i grønne investeringer frem til 2030 i fremvoksende markeder, der klimalånsvolumene det neste tiåret er klare til å vokse fire ganger så raskt som konvensjonell utlån (IFC, 2016). Bankbarheten til fremvoksende økonomier, deres generelle mangel på likviditet og deres utilstrekkelige tilgang til klimafinansiering hindrer fortsatt utplasseringen av lavkarbonteknologier.

Offentlige finansieringsinstitusjoner vil spille en kritisk rolle for å tilpasse pandemiresponsen til klimapolitiske mål. Prosjekter for ren energi bør ikke bare vurderes i lys av den økonomiske avkastningen, men bør også gi betydelig økonomisk avkastning.

De kan også håndtere suboptimale markedssituasjoner ved å integrere skyggekarbonprising utover den økonomiske avkastningen til lavkarbonprosjekter. Prosjekter som integrerer innovasjon og som gir rom for teknologisk overføring kan også bli vurdert mer positivt.



Håndheving av nedstengninger og andre tiltak

For å begrense økonomisk aktivitet og begrense pandemien har det resultert i bedre luftkvalitet over hele verden. Bedre luftkvalitet og klarere himmel var tydelig i større byer som Delhi, Mumbai, Seoul, São Paulo eller Los Angeles, hvor forurensningskonsentrasjonene fra år til år falt med 30 % til 60 % i flere uker på rad (Dormido, 2020).

Dårlig luftkvalitet er en viktig årsak til luftveissykdommer.

Verdensbanken rangerte luftforurensning som den fjerde høyeste risikofaktoren for tilskrivbare dødsfall – rett under tobakksrøyk. WHO anslår at bare 1 av 10 mennesker over hele verden utvikler seg i miljøer med tilfredsstillende luftkvalitet. Situasjonen er spesielt akutt i Sørøst-Asia og den vestlige Stillehavsregionen, hvor 4 millioner dødsfall kan tilskrives dårlige luftforhold (CCAC, 2018).

Luftforurensning og klimaendringer har ulik geografisk omfang og tidsskala. Førstnevnte er i stor grad et lokalt problem med umiddelbare konsekvenser for hverdagen vår, mens sistnevnte er et globalt og gradvis fenomen, der de mest åpenbare konsekvensene forventes å inntreffe over lengre tidsrammer.

Men luftforurensning og klimaendringer har felles opphav. Ufullstendig forbrenning av fossilt brensel som følge av f.eks. trafikkork, dieselmotorer drevet av tungindustri og kullkraftverk, genererer luftbårne partikler, hovedårsaken til dårlig helse og for tidlig død i byer. Disse ineffektive og uholdbare energiproduksjons- og forbruksmodusene driver episodiske og ofte tilbakevendende toppe i luftforurensning, noe som hovedsakelig eksponerer befolkninger fra store tettsteder. Naturlige elementer, inkludert avfallsbrenning, skogbranner, sandstormer og vulkansk aktivitet, samt værforhold, inkludert vindhastighet, fuktighet og nedbør, i tillegg til ikke-forbrenningsprosesser som steinbrudd, har også sterk innflytelse på luftkvaliteten.

Nivået på økonomisk utvikling og den resulterende karbonintensiteten av CO₂- utslipp er gode indikatorer på luftkvalitet. I følge den nyeste databasen over urban luftkvalitet har 98 % av byene i lav- og mellominntektsland med mer enn 100 000

Innbyggerne oppfyller ikke WHO's retningslinjer for luftkvalitet. I høyinntektsland synker imidlertid denne prosentandelen til 56 %. Luftforurensningsnivåene i omgivelsene er lavest i høyinntektsland, spesielt i Europa, Amerika og det vestlige Stillehavet. I europeiske byer har det vist seg at luftforurensning senker gjennomsnittet.

forventet levealder med alt mellom 2 og 24 måneder, avhengig av forurensningsnivåer (CCAC, 2018).

Siden 2010 har CO₂-utslippene sunket i høyinntektsland, men ofte fortsatt å øke andre steder.

Befolkninger som bor i lavinntektsland er mer og mer utsatt for utendørs forurensning (fig. 17). Bare 4 % av innbyggerne som bor i lavinntektsland har god luftkvalitet. Dette kan sammenlignes med 63 % i høyinntektsland. Takket være strengere forskrifter har den globale utslippsfaktoren for partikler fra kullkraftverk falt med omtrent 40 %, mens Nord-Amerika, Europa og Japan har nytt godt av en nedgang på 70–80 %. Kina opplevde en nedgang på mer enn 70 %.

reduksjon, sammenlignet med bare 20–30 % i Russland og andre land i Sentral-Asia (Klimont et al., 2017).

Flere og flere ledere har inngått avtaler med

disse utfordringene og tar grep både på nasjonalt og lokalt nivå. Etter hvert som myndighetene styrker sine nasjonale klimaplaner, har mer enn 450 byer og 22 regioner, og tusenvis av private selskaper, allerede samlet seg i den UNFFCC-støttede globale kampanjen Race To Zero for å åpne for inkluderende og robust vekst. Lokale myndigheter er mer og mer bevisste på de 70 % av de globale CO₂- utslippene som genereres av urbane livsstiler. Disse myndighetene og deres egne politiske organer i jurisdiksjoner som Tokyo, Mexico eller California forventes å akselerere utrulling av sine lavkarbonplaner etter COVID, i samråd med løsningsutviklere, eiendelseiere og andre institusjonelle investorer. Mange eksempler på vellykket politikk er utviklet til støtte for bærekraftig offentlig transport, inkludert hurtigtransport, lavutslippskjøretøy og andre delte mobilitetsløsninger; bærekraftige miljøer er kjernen i urbane

planlegging takket være oppussing av bygninger med lave utslippsavtrykk; rene teknologier, inkludert kjernekraftverk, reduserer utslipp fra industrielle skorsteiner eller utplassering av effektive kraftvarmeverk som leverer renere varme og kraft (WHO, 2020). Mange kommuner setter også i verk innsats for å samle inn og analysere data, informere politikkutforming, sette mål og overvåke fremdriften.

En rask overgang til elektrifisert energibruk, spesielt transportløsninger drevet av rene energikilder, har potensial til å redusere den akutte eksponeringen for høye konsentrasjoner av partikler betraktelig. Den økende appellen til batteridrevne elektriske kjøretøy samt brenselceller og hydrogenapplikasjoner innen transport og tungindustri får politisk momentum i Europa, Kina og Japan.





Å HENVENDE TIL DET ENDREDE NATURMILJØET I INVESTERINGSBESLUTTELSE

Forekomsten av alvorlige miljøforhold

påvirker episodisk infrastruktur over hele verden, med store økonomiske og sosiale kostnader for eiere av eiendommer, forsikringsselskaper og lokalsamfunn. I løpet av to tiår har ekstremvær forårsaket nesten en halv million dødsfall og 3,5 billioner dollar i økonomiske tap. G20-landene alene tapte 2,6 billioner dollar, med de største skadene rapportert i USA (51 milliarder dollar i gjennomsnitt årlig) (ICTP, 2020).

Energiinfrastrukturer er like viktige for vår levestandard som de er sårbare for disse ekstreme naturhendelsene. Strømbrydd som følge av kulde- og hetebølger, vannstress, stormer og flom – som forventes å øke i hyppighet og alvorlighetsgrad i fremtiden på grunn av klimaendringer – setter allerede sine spor i samfunnene våre. Milliarder av dollar brukes også hvert år på reparasjoner, mens mange eiendeler i faresonen i beste fall bare delvis dekkes av forsikringer (fig. 18).

Utfordringene som COVID-19 har skapt, samt den katastrofale kuldebølgen som ble sett i Texas i februar 2021, har også fremhevet behovet for å sikre den innebygde motstandskraften til fremtidige energisystemer og håndtere et bredere spekter av eksterne sjokk, inkludert mer variable og ekstreme værmønstre som forventes fra klimaendringer. Tiltak som støtter integreringen av alle rene energikilder er avgjørende for å bygge bedre opp igjen etter krisen ved å skape mer motstandsdyktige systemer og opprettholde pålitelige strømtjenester.

De klimasmarte investeringsbeslutningene som driver

Overgangen må også ta hensyn til tilpasningshensyn. Skreddersydde regelverk, robusthet gjennom design, innovative forsikrings- og gjenforsikringsprodukter er nødvendige for at eiere av anlegg skal kunne opprettholde driften under nye miljønormer. Representasjonen av ekstremværhendelser i energiplanlegging må også forbedres for å håndtere de spesifikke sårbarhetene til energisystemkomponentene, inkludert kraftproduksjonsanlegg og nett.

Verdien av tjenester levert av mer robuste kraftinfrastrukturer kan også belønne den iboende robustheten

av visse eiendeler. I denne forbindelse er kjernekraftverk spesielt godt posisjonert til å møte ekstreme værhendelser, med begrensede registrerte tvungne driftsstans på grunn av anleggets design og begrenset avhengighet av drivstofforsyningskjedene (Schweikert et al., 2019). Den tapte kjernekraftproduksjonen på grunn av ekstreme værhendelser i perioden 2004–2019 tilsvarer 0,11 % av elektrisiteten som ble produsert i samme periode (IAEA, 2020c).

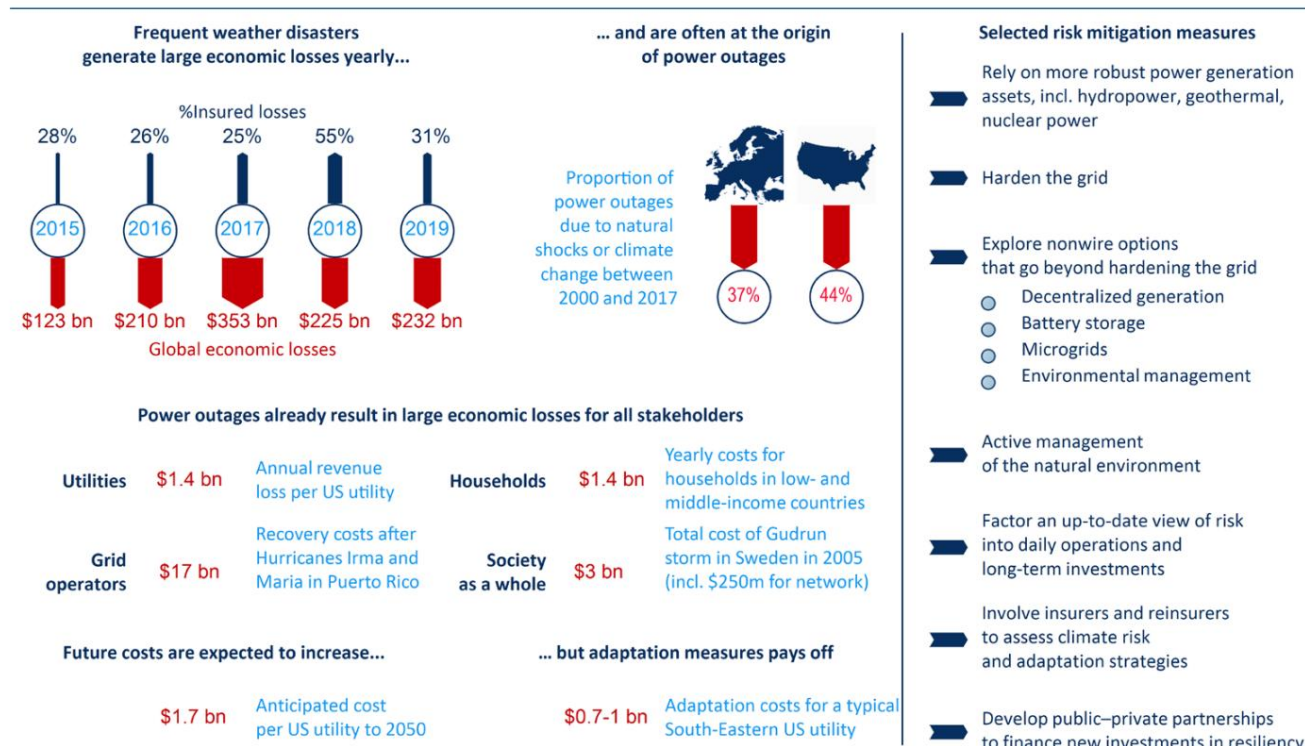
Imidlertid, som alle andre energiresurser, er kjernekraftverk utsatt for kredittrisiko forårsaket av klimaendringer (Moody's, 2020). Den endelige kredittpåvirkningen avhenger av operatørenes evne til å investere i avbøtende tiltak.

Tilpasningsarbeidet lønner seg på lang sikt. De opprinnelige kostnadene, som er utformet for å redusere fremtidige kostnader ved klimakatastrofer, ofte pådratt av statseide foretak, dekkes inn på lang sikt. Verdensbanken anslår at fire dollar av fremtidige samfunns-

økonomiske tap kan spares for hver investerte krone

i forebyggende tiltak og ordnet implementerte planer (Hallegate et al., 2020).

Figur 18 – Utvalgte økonomiske konsekvenser av nylige ekstremværhendelser på infrastruktur





Vi kan være ved et vendepunkt i energiomstillingen hvis det gjøres en avgjørende og konsekvent innsats.

av offentlige og private interessenter. Ettersom lavkarbontechnologier har blitt standard investeringsalternativer for mange investorer, viser overgangen oppmuntrende tegn til fremgang. Likevel er fremveksten av lavkarbonproduksjon av elektrisitet, om enn jevn, altfor langsom til å nå målene i Parisavtalen.

Myndighetene har en unik mulighet til å endre kursen for energiomstillingen gjennom sin respons på den historiske økonomiske nedgangen som var i spill i 2020. Myndighetenes lederskap er også avgjørende for å etablere klare veier mot reduksjon av klimagassutslipp og andre giftige forurensninger frem til 2050 og utover. Pandemien tvinger myndighetene til å øke sysselsetting og økonomisk aktivitet med prioriterte politiske tiltak og store utbetalinger av offentlige midler. Tre avgjørende bestanddeler vil forme klimahandlingene i årene som kommer, og må utvetydig samordnes: energikomponenten i offentlige gjenopprettingspakker med et sterkt grønt fokus; ambisjonsnivåene for de kritiske milepælene for 2030 og 2050, dvs. landenes forbedrede nasjonalt bestemte bidrag og faste og kostnadseffektive

Planer for netto nullutslipp.

Energiomstillingen kan ikke være effektiv uten klare politiske signaler om bruk av uforminsket fossilt brensel. Karbonavgifter og utfasing av støtte til fossilt brensel er økonomisk forsvarlige politiske drivkrefter for å skille mellom energikilder, og bør være en integrert del av enhver omfattende og effektiv klimastrategi. Miljøpåvirkningen av omstillingen må også reguleres, og mer bærekraftige forsyningskjeder for råvarene som kreves for omstillingen må fremmes.

Store koalisjoner av bedriftsledere trer inn for å akselerere overgangen, oppmuntret av sivilsamfunnets økte bevissthet om vår sårbarhet for fremtidige klimarisikoer. Flere og flere selskaper og finansinstitusjoner velger åpenhet ved å offentliggjøre sine klimasårbarheter gjennom omfattende og vitenskapsbaserte miljømessige, sosiale og styringsmessige forslag, og satser på bærekraftige strategier for sine innkjøps- og forsyningskjeder. Imidlertid kan inkonsekvente politiske insentiver og regulatoriske rammeverk hindre bedrifters handlinger.

Politikere og regulatorer må tilpasse seg en ny politisk økonomi, preget av den raske fremveksten av kapitalintensive, ikke-konvensjonelle kraftkilder, transformasjonen av forsyningskjeder og et geopolitisk landskap i utvikling.

Bare nye markeds- og finansieringsparadigmer kan levere en grønn gjenoppretting med varige sosiale, økonomiske og miljømessige gevinster, og sikre økonomisk levedyktighet og retttidig gjennomføring av rene energiprojekter.

Lavkarboninvesteringer realiseres ofte utenfor

markedet, drevet av ulike finanspolitiske og økonomiske insentiver. Like regulatoriske konkurransevilkår ville fremme utplasseringen av alle markedsførbare og finansierbare lavkarbonløsninger, samtidig som eksisterende markedsmangler tas tak i.

Ulike institusjonelle initiativer, inkludert utstedelse av grønne forpliktelser og etablering av bærekraftige finanstaksonomier basert på

Objektive, transparente og vitenskapsbaserte kriterier er utformet for å styre investeringer mot lavkarbonalternativer mer systematisk.

Modernisering av eksisterende infrastruktur, inkludert kraftnett og eksisterende kjernekraftanlegg, skal prioriteres.

Forenkling av offentlig byråkrati, en sterk vilje til å reformere elektrisitetssektoren og håndtere forsyningssektorens kroniske mangel på kredittverdighet, vil forbedre utrulling av ren infrastrukturutvikling, spesielt i fremvoksende økonomier. For det tredje er det også en økende erkennelse av at finansiering av innovasjon vil være nøkkelen til en vellykket overgang. I en periode med historisk lave kapitalkostnader ser mange myndigheter også en mulighet til å støtte gryende industrier med vidtrekkende dekarboniseringspotensial, som for eksempel grønn hydrogen.

Sosiale og ulikhetsbekymringer som er iboende i overgangen må håndteres for å sikre vellykket og

rettferdige resultater. Beslutningstakere må søke bred offentlig støtte, og det må etableres mekanismer for å håndtere konvensjonelle industrier så vel som sårbare

mennesker og små bedrifter hvis aktiviteter og inntekter er truet.

Kullindustrien og dens arbeidsstyrke er direkte utsatt for markedskonkurranse og programmatisk overgang til lavkarbonenergikilder.

Tilstrekkelig støtte, i form av for eksempel kompensasjon og muligheter for omkvalifisering for arbeidere, kan være nødvendig for å støtte avviklingen av de mest ineffektive og forurensende anleggene, og sikre en akseptabel overgang for alle.

Referanser

Aon (red. 2016–2020), *Vær, klima og katastrofeinnsikt, Årsrapporter 2015–19*, Aon, Chicago.

Australian Energy Market Operator (AEMO) (2020), *Kvartalsvis energidynamikk Q1 2020*, Markedsinnsikt og WA Market Operations, AEMO, Melbourne.

Bank for International Settlements (BIS) (2020), *Klimarelaterte finansielle risikoen: En undersøkelse om nåværende initiativer*, Baselkomiteen for banktilsyn, april 2020, BIS, Basel.

Batini, N., Di Serio, M., Fragetta, M., Melina, G., Waldron, A. (2021), *Bygge opp bedre: Hvor store er grønne utgiftsmultiplikatorer?*, IMFs arbeidsdokument, mars 2021, IMF, Washington, DC.

Bloomberg New Energy Finance (BNEF) (2019), *Batteripakkepriser faller etter hvert som markedet øker, med et markedsgjennomsnitt på 156 dollar/kWh i 2019*, 3. desember 2019.

Buckley T. (2020), *Asias tilbaketrekning fra kullkraft får fart*, Asia Times, 5. november 2020.

Cambridge Econometrics (2020), *Vurdering av grønne gjenopprettingsplaner etter Covid-19*, Cambridge Econometrics, We Mean Business, oktober 2020.

Chestney N. (2020), *EUs stimuleringsmidler tiltrekker seg over 1000 grønne prosjekter*, Nasdaq, 17. juli 2020.

Klima- og renluftkoalisjonen (CCAC) (2018), *Verdens helseorganisasjon publiserer nye globale luftforurensningsdata*, FNs miljøprogram, 2. mai 2018.

Cockburn H. (2020), *Klimakrisen: Storbritannias rekordhøye kullfrie kraftperiode er over*, The Independent, 17. juni 2020.

Dechezleprêtre A. et al. (2020), *Den økonomiske kostnaden ved luftforurensning: Bevis fra Europa*, OECDs økonomiavdeling, arbeidsdokument nr. 1584, OECD, Paris.

Dieterich (2018), *24-timers solenergi: Smeltet salt gjør det mulig, og prisene faller raskt*, Inside Climate News, 16. januar 2018.

Dormido H. (2020), *Disse byene har nå mindre luftforurensning under virusnedstengninger*, Bloomberg, 22. april 2020.

Electricité de France (EDF) (2020), *EDF reviderer sin årlige prognose for kjernekraftproduksjon*, pressemelding, 16. april 2020, EDF.

Energias de Portugal (EDP) (2018), *iberiske data 2018*, EDP Energy Planning Department.

Det europeiske miljøbyrået (EEA) (2019), *Tilpasningsutfordringer og muligheter for det europeiske energisystemet – Bygge et klimarobust lavkarbonenergisystem*, EEA-rapport nr. 01/2019, Den europeiske unions kontor, Luxembourg.

Energiomstillingskommisjonen (ETC) (2020), *Making mission possible - Delivering a net-zero economy (Mulighet for å oppnå en nullutslippsøkonomi)*, Energiomstillingskommisjonen, London.

Europakommisjonen (EF), (2016), *Studie om fordelene ved ytterligere strømforbindelser mellom den iberiske halvøy og resten av Europa*, EUs generaldirektorat for energi og traktebelteknikk, Brussel.

Europakommisjonen (EF), 2020, *Melding fra Kommisjonen til Europaparlamentet, Rådet, Den europeiske økonomiske og sosiale komité og Regionskomiteen, Drivkraft for en klimanøytral økonomi: En EU-strategi for integrering av energisystemer*, COM/2020/299 final, Generaldirektoratet for energi, Brussel.

Gaspar V. et al. (2020), *Finanspolitikk for en krise uten sidestykke*, Det internasjonale pengefondets blogg, 13. oktober 2020.

Gopinath G. (2020), *Gjenåpning etter den store nedstengningen: Ujevn og usikker gjenoppretting*, Det internasjonale pengefondets blogg, 24. juni 2020.

- (2021), *Håndtering av divergerende innhentingsprosesser*, Det internasjonale pengefondets blogg, 6. april 2021.

Hallegatte, S. (2020), *Tilpasningsprinsipper: En veiledning for utforming av strategier for tilpasning til og motstandskraft i klimaendringer*, Verdensbanken, Washington, DC.

Det internasjonale atomenergibyrået (IAEA) (2020a), *Kjernekraftreaktorer i verden, Referansedataserie nr. 2*, IAEA, Wien.

- (2020b), *databasen til Power Reactor Information System (PRIS)*.

- (2020c), *Klimaendringer og kjernekraft 2020*, IAEA, Wien.

Det internasjonale partnerskapet for klimatransparens (ICTP) (2018), *Brunt til grønt: G20-overgangen til en nullutslippsøkonomi*, ICTP.

- (2020), *Rapporten om klimatransparens, Sammenligning av G20s klimatiltak og responser på COVID-19-krisen*, ICTP.

Det internasjonale energibyrået (IEA) (2019), *Kjernekraft i et rent energisystem*, IEA, Paris.

- (2020a), *Verdens energiutsikter 2020*, IEA, Paris.
- (2020b), *Utvidede verdens energibalanser*, IEA, Paris.
- (2020c), *CO₂-utslipp fra forbrenning av drivstoff 1990–2018*, IEA, Paris.
- (2020d), *En bærekraftig gjenopprettingsplan for energisektoren, World Energy Outlook Special Report*, IEA, Paris.
- (2020e), *Energiteknologiske perspektiver 2020*, IEA, Paris.
- (2020f), *Fornybar energi 2020, Analyse og prognose til 2025*, IEA, Paris.
- (2020g), *Verdens energiinvesteringer*, IEA, Paris.

Det internasjonale energibyrået (IEA) (2021), *Netto nullutslipp innen 2050, En veikart for den globale energisektoren*, IEA, Paris.

Det internasjonale energibyrået (IEA), *OECDs kjerneenergibyrå (NEA) (2020), Prognostiserte kostnader for å generere elektrisitet*, 2020-utgaven, IEA-OECD/NEA, Paris.

Det internasjonale energibyrået (IEA) og Imperial College Business School (ICBS) (2021), *Investering i ren energi: Global sammenligning av investeringsavkastning*, ICBS Centre for Climate Finance & Investment, London.

International Finance Corporation (IFC) (2016), *Klimainvesteringsmuligheter i fremvoksende markeder - En IFC-analyse*, IFC, Washington DC.

IPCC (2018), *Sammendrag for beslutningstakere. I: Global oppvarming på 1,5 °C. En IPCC-spesialrapport om virkningene av global oppvarming på 1,5 °C over førindustrielle nivåer og relaterte globale utslippsveier for klimagasser, i sammenheng med å styrke den globale responsen på trusselen om klimaendringer, bærekraftig utvikling og innsatsen for å utrydde fattigdom*, Masson-Delmotte, V., et al. (red.). I pressen.

Det internasjonale byrået for fornybar energi (IRENA) (2020a), *Måling av sosioøkonomien i overgangen: Fokus på jobber*, IRENA, Abu Dhabi.

- (2020c), *Globale fornybare utsikter Utgave 2020, Energitransformasjon 2050*, IRENA, Abu Dhabi.
- (2020b), *Statistikk over fornybar kapasitet*, IRENA, Abu Dhabi.

Klimont Z. et al. (2020), *Globale menneskeskapte utslipp av partikler, inkludert svart karbon*, Atmos. Kjemi. Fysikk., 17, s. 8681–8723, 2017.

Larson A. (2018), *Prisvinnende pumpekraftverk – et moderne vidunder*, Power Magazine, 1. september 2018.

Lazard (2019–2020), *Lazards analyse av nivåiserte lagringskostnader v.5–6*, Lazard Asset Management, NYC.

Malpass, D. (2021), *Bygge en grønn, robust og inkluderende gjenoppretting: Tale av Verdensbankgruppens president David Malpass*, Tale ved London School of Economics, 29. mars 2021, Verdensbanken, Washington, DC.

McKinsey (2019), *Hvorfor og hvordan forsyningsselskaper bør begynne å håndtere klimarisiko*, *Electric Power & Natural Gas Practice*, McKinsey & Company.

- (2020), *Hvordan en post-pandemi-stimulus både kan skape arbeidsplasser og hjelpe klimaet, Offentlig og sosial sektor og bærekraftspraksis*, McKinsey.

Moody's (2020), *Kjernekraftoperatører står overfor økende klimarisiko, men investeringer i robusthet reduserer virkningen*, 18. august 2020.

New South Wales (NSW) (2020), *Veikart for elektrisitetsinfrastruktur i New South Wales, Detaljert rapport om å bygge en energisupermakt*, NSW Department of Planning, Industry and Environment, november 2020.

Nicolas, C. et al. (2019), *Sterkere kraft: Forbedring av kraftsektorens motstandskraft mot naturfarer, Sektornotat for LIFELINES: Muligheten for robust infrastruktur*, Verdensbanken, Washington, DC.

Nuclear Sector Deal (NSD) (2020), *Kostnadsreduksjon for nybygg av kjernekraft*, NSD, London

OECD (2016), *De økonomiske konsekvensene av utendørs luftforurensning*, OECD Publishing, Paris.

- (2020), *Utvikling av definisjoner og taksonomier for bærekraftig finansiering, Grønn finans og investering*, OECD Publishing, Paris.

OECDs kjerneenergibyrå (NEA) (2020a), *Å få til reduksjoner i byggekostnadene for kjernekraft – En praktisk veiledning for interessenter*, OECD/NEA, Paris.

Oudalov A. (2020), *Kobler sammen prikkene: det karbonnøytrale energisystemet vil være sterkt sammenkoblet*, Hitachi ABB Power Group, Globale perspektiver, 17. desember 2020.

Russlands president (2020), *møte med Rosatoms administrerende direktør Aleksej Likhachev, 17. juni 2020*, Kreml, Moskva.

Ranjan R. (2020), *Levelized cost of storage for fristående BESS kan nå 4,12/kWh innen 2030: Rapport*, Mercom India, Clean Energy News and Insights, 2. juni 2020.

Research Interfaces (2018), *Litiumionbatterier for storskala energilagring i strømmettet*, 14. april 2018.

Rocky Mountain Institute (RMI) (2020), *Hvordan pensjonere seg tidlig: Gjøre akselerert kullutfasing mulig og rettferdig*.

Rhodes J. (2019), *Sommerprisstigninger er et trekk ved Texas' kraftmarked, ikke en feil*, Axios, 15. august 2019.

Scheyder (2019), *Tesla forventer global mangel på mineraler til elbilbatterier – kilder*, Reuters, 3. mai 2019.

Schweikert, A. et al. (2019), *Motstandskraft og kritisk kraftsysteminfrastruktur: Lærdommer fra naturkatastrofer og fremtidige forskningsbehov*, Policy Research Working Paper nr. 8900, Verdensbanken, Washington, DC

Standard and Poor's (S&P) (2020), *Energiomstillingen og hva den betyr for europeiske kraftpriser og produsenter: Oppdatering midtveis i 2020*, 8. juni 2020, S&P Global Ratings.

Swiss Re (2017), *Lys slukket: Risikoen knyttet til klima- og naturkatastrofer, Forstyrrelser i strømmettet*, Swiss Re Group, Zürich.

SystemIQ (2020), *Pariseffekten, Hvordan Parisavtalen omformer den globale økonomien*, SystemIQ, London.

Tan H., Cheng E. (2020), *Kina sier at økonomien krympet med 6,8 % i første kvartal mens landet kjempet mot koronaviruset*, CNBC China Economy, 16. april 2020.

The Economist (2020), *Blå himmel blir grå, Luftforurensning er tilbake på nivåene før covid*, The Economist, 5. september 2020.

Det britiske departementet for næringsliv, energi og industristrategi (BEIS) (2020), *regjeringens svar på høring om en RAB-modell for nye kjernekraftprosjekter*.

FNs miljøprogram (UNEP) (2020a), *Utslippsgapet*, UNEP, NYC.

- (2020b), *Produksjonsgapet*, UNEP, NYC.

US Global Change Research Program (USGCRP) (2018) *Virkninger, risikoer og tilpasning i USA: Fjerde nasjonale klimavurdering, bind II*, Reidmiller, DR, CW Avery, DR Easterling, KE Kunkel, KLM

Lewis, TK Maycock og BC Stewart (red.), USGCRP, Washington, DC.

Wood Mckenzie (2020), *Fleksibilitet i europeisk kraftsystem: Den viktigste ingrediensen for dekarbonisering (del 2)*, Wood Mckenzie.

Verdensbanken (2018), *Verdensbankgruppen forplikter seg til 1 milliard dollar til batterilagring for å øke fornybar energi globalt, pressemelding*, 26. september 2018, Verdensbanken, Washington DC.

- (2019), *Status og trender for karbonprising*, Verdensbanken, Washington, DC.
- (2020a), *Utviklingsindikator*, Verdensbanken, Washington DC.
- (2020b), *Regulatoriske indikatorer for bærekraftig energi, Policy Matters*, Verdensbanken, Washington DC.
- (2020c), *Status og trender for karbonprising 2020*, Verdensbanken, Washington DC.
- (2020d), *Å drive forretninger 2020*, Verdensbanken, Washington DC.

Verdens økonomiske forum (WEF) (2020), *Fremme effektive energiomstillinger*, WEF, Genève.

Verdens helseorganisasjon (WHO) (2020), *Det globale helseobservatoriet*, WHO, Genève.

Verdens meteorologiske organisasjon (WMO) (2020), *Foreløpig rapport om den globale klimatilstanden 2020*, WMO, Genève.

Notater

1. Lavkarbon- og ren elektrisitet kan brukes om hverandre i dette dokumentet. Med mindre annet er spesifisert, omfatter lavkarbon- og ren elektrisitet som det refereres til i teksten fornybar energi og kjernekraft. Lavkarbon-elektrisitet kan også referere til andre potensielle kilder til lavkarbon-elektrisitet, for eksempel fossilt brensel utstyrt med enheter for karbonfangst, lagring og utnyttelse, samt ren hydrogen, dvs. hydrogen produsert fra ovennevnte lavkarbon-energikilder. Markedsandelene for teknologier for karbonfangst, lagring og utnyttelse og ren hydrogen er ennå ikke betydelige nok til å påvirke dagens mønstre i energiomstillingen.
2. Verdens økonomiske forums indeks for overgangsberedskap sammenligner land med deres energisystemstrukturer, kapital- og investeringslandskapet, gjeldende regelverk og politisk forpliktelse, menneskelig kapital og forbrukermedvirkning, infrastruktur og graden av innovasjon i forretningsmiljø, institusjoner og styring. ETI-referanser er dynamiske og varierer fra år til år. Som vist i høyre panel, var Sverige den beste i 2020 med en ETI-score på 74 % (100 % er den maksimale poengsummen). Med en score på 50 % er Tadsjikistan den beste blant lavinntektslandene. Kilde: WEF (2020).
3. IEAs scenario for bærekraftig utvikling i tråd med 2°C-målet i Parisavtalen. Kilde: IEA (2020a).
4. Kilder: IEA (2020b), IEA (2020c).
5. Kilder: IEA (2020b), IEA (2020c), Verdensbanken (2020a).
6. Kilder: IEA (2020b), Verdensbanken (2020a).
7. IAEA (2020a), IAEA (2020b), Verdensbanken (2020a).
8. Den sammensatte årlige vekstraten (CAGR) for strømforbruk per innbygger (eller tilsvarende strømintensiteten i BNP) tilsvarer den gjennomsnittlige årlige vekstraten for strømforbruk per innbygger mellom f.eks. 2010 og 2018. Negative verdier representerer nedgang i individuelt strømforbruk, mens positive tall indikerer økning. For Kina økte strømforbruket per innbygger i gjennomsnitt med 6,6 % mellom 2010 og 2018 (sammenlignet med mer enn 12 % i løpet av det foregående tiåret). Elektrisitetsintensiteten i BNP er definert som forholdet mellom et lands endelige strømforbruk og dets BNP målt i kjøpekraftsparitet. Kilder: IAEA (2020b), Verdensbanken (2020a). Ett land per inntektsgruppe er uthevet for illustrasjonens skyld. Verdensbankens landsklassifisering etter inntekt for året 2018 er gitt i vedlegget. Kilder: : IEA (2020b); IEA (2020c); Verdensbanken (2020a).
9. Denne tabellen og resten av innholdet i seksjonen er i stor grad basert på IAEAs nettartikkel «COVID-19 og lavkarbonelektrisitet: Lærdommer for fremtiden», publisert 9. juli 2020. Kilder: European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E) (Europa), Ukrenego National Power Company (Ukraina), Power System Operation Corporation (India), Korea Power Exchange (Sør-Korea), Operador Nacional do Sistema Elétrico (Brasil), Independent Electricity System Operator (Ontario, Canada), EIA (USA).
10. Kilde: Se forrige merknad.
11. Kilder: ENTSO-E Transparency Platform: www.transparency.entsoe.eu.org
12. Det amerikanske energidepartementets (DOE) globale energilagringsdatabase inneholder over 1600 energilagringsenheter prosjekter over hele verden. Kilde: www.sandia.gov/ess-ssl/global-energy-storage-database-home/
13. Kilder: Fornybar kapasitet: IRENA (2019); kjernekraftkapasitet: IAEA (2020b); Nivellerte kostnader for elektrisitet: IEA (2020a); nivåjusterte lagringskostnader: Lazard (2019–2020).
14. Kilde: IEA (2020a).
15. Kilde: IEA (2020a).
16. Politikk klassifiseres som «fossil ubetinget» hvis den støtter produksjon og forbruk av fossilt brensel (olje, gass, kull, «grå» hydrogen eller fossilt brenselbasert elektrisitet) uten klimamål eller ytterligere krav til forurensningsreduksjon. Kilde: www.EnergyPolicyTracker.org/region/g20
17. Kilder: IEA (2020a), IEA (2020g) og tidligere utgaver (2016–2019).
18. Kilder: Verdensbanken (2020d): Befolkning eksponert for nivåer som overstiger WHO's retningslinjeverdi - 1990–2017; WHO (2020), IEA (2020c).
19. Kilder: Aon (2016–2020), Swiss Re (2017), USGCRP (2018), McKinsey (2019), Nicolas et al. (2019).

Verdensbankens landklassifisering etter inntekt, 2018

Kilder: IEA (2020b), Verdensbanken (2020a). Denne analysen bygger i stor grad på data for et utvalg av 142 land hentet fra IEAs database over energirelaterte CO₂- utslipp, som dekker mer enn 99 % av de globale CO₂- utslippene fra elektrisitet og varme. Korea refererer til Republikken Korea. Landenes inntektsgrupper er basert på Verdensbankens klassifisering fra 2018: BNI per innbygger i lavinntektsland var 995 dollar eller mindre i 2017; mellom 995 og 3 895 dollar i land med lavere middelinntekt; mellom 3 895 og 12 055 dollar i land med høyere middelinntekt; 12 055 dollar eller mer i land med høyinntekt.

Høyinntektsland	Øvre middelland	Nedre middellandsland	Lavinntektsland
AUS Australia	ALB Albania	AGO Angola	Folkerepublikken Kina (PRK) Den demokratiske folkerepublikken
AUT Østerrike	DZA Algerie	BGD Bangladesh	Korea (COD) Den demokratiske republikken
BHR Bahrain	ARG Argentina	BOL Bolivia	Kongo (ERI) Eritrea
BEL Belgia	ARM Armenia	KHM Kambodsja	ETH Etiopia
BRN Brunei Darussalam	AZE Aserbajdsjan	CMR Kamerun	HTI Haiti
CAN Canada	BLR Hviterussland	COG Kongo	MOZ Mosambik
CHL Chile	BIH Bosnia-Hercegovina	CIV Elfenbenskysten	NPL Nepal
HRV Kroatia	BWA Botswana	EGY Egypt	NER Niger
CUW Curaçao	BRA Brasil	SLV El Salvador	SSD Sør-Sudan
CYP Kypros	BGR Bulgaria	GHA Ghana	SYR Syria
Tsjekkia	COL Colombia	HND Honduras	TJK Tadsjikistan
DNK Danmark	CRI Costa Rica	IND India	TZA Tanzania
EST Estland	CUB Cuba	IDN Indonesia	TGO Togo
FIN Finland	Den dominikanske republikk DOM	KEN Kenya	YEM Jemen
FRA Frankrike	ECU Ecuador	KGZ Kirgisistan	
Tyskland	MKD FYR av Makedonia	MDA Moldova	
GIB Gibraltar	GAB Gabon	MNG Mongolia	
GRC Hellas	GEO Georgia	MAR Marokko	
HKG Hongkong, Kina	GTM Guatemala	MMR Myanmar	
HUN Ungarn	IRQ Irak	Nicaragua	
ISL Island	IRN Den islamske republikken Iran	NGA Nigeria	
Ireland	JAM Jamaica	PAK Pakistan	
ISR Israel	JOR Jordan	PHL Filippinene	
ITA Italia	KAZ Kasakhstan	SEN Senegal	
JPN Japan	XXK Kosovo	SDN Sudan	
KOR Korea	LBN Libanon	TUN Tunisia	
KWT Kuwait	LBY Libya	UKR Ukraina	
LVA Latvia	MYS Malaysia	UZB Usbekistan	
LTU Litauen	MUS Mauritius	VNM Vietnam	
LUX Luxembourg	MEX Mexico	ZMB Zambia	
MLT Malta	MNE Montenegro	ZWE Zimbabwe	
NLD Nederland	NAM Namibia		
NZL New Zealand	PRY Paraguay CHN		
NOR Norge	Folkerepublikken Kina		
OMN Oman	PER Peru		
PAN Panama	ROU Romania		
POL Polen	Russland		
PRT Portugal	SRB Serbia		
QAT Qatar	ZAF Sør-Afrika		
Saudi-Arabia	LKA Sri Lanka		
SGP Singapore	SUR Surinam		
SVK Slovakia	THA Thailand		
SVN Slovenia	TUR Tyrkia		
ESP Spania	TKM Turkmenistan		
Sørvest-Sverige	VEN Venezuela		
CHE Sveits			
TTO Trinidad og Tobago			
De forente arabiske emirater			
Storbritannia			
USA Forente stater			
URY Uruguay			

Takksigelser

Forfatter: Bertrand Magné

Visualiseringer av Tableau-programvare: Harim Jung

Forfatteren er spesielt takknemlig for fagfellevurderingen av følgende kolleger: Henri Paillere, Alik Van Heek, Marco Cometto, Chowoo Jo, Anna-Katharina Kothe, Milko Kovachev, Pal Vincze, Ed Bradley, Akira Kawano, Aninda Dutta Ray, Marianne Fisher, Marta Gospodarczyk. Forfatteren er spesielt takknemlig for støtten til Harsh Vijay Singh (World Economic Forum).

Planleggings- og økonomiske studier Avdeling for
kjerneenergi Det internasjonale
atomenergibyrået Wien internasjonale senter
Postboks 100, 1400 Wien, Østerrike
Tlf: +43-1-2600-22776, Faks:
+43-1-26007-22529 E-post: NE.Communication@iaea.org



IAEA
International Atomic Energy Agency