

Arven fra vindmøllerne

Hvad kan statens missionsdrevne innovationspolitik lære af den historiske udvikling og udbredelse af vindteknologier i Danmark?





Udarbejdet af:

Jeppe Wohler, programleder for forskning og innovation
Kristian Thor Jakobsen, cheføkonom og underdirektør
Julie Westergaard, projektassistent
Sebastian Ramsing, projektassistent
Olav Stavnem, projektassistent

Udgivet september 2022

Tænk tanken DEA
Fiolstræde 44
1171 København K
www.dea.nu

Indhold

Executive Summary	4
1 Sammenfatning	7
1.1 Koordinering af et foranderligt mix af politiske instrumenter	8
1.2 De svage led i koordineringen af politikken på vindenergiområdet	9
1.3 Hvad kan statens missionsdrevne innovationspolitik lære af vindteknologihistorien i Danmark?	11
2 Indledning	16
2.1 Hvad er en effektiv innovationspolitik – og hvordan vi får den?	17
2.2 Afgrænsninger	18
2.3 Metode	19
3 Politikken for vindenergi: sammenhænge, styrker og mangler	25
3.1 1920-2000: Støtte til forskning, lokale iværksættere og vindmøllelaug	27
3.2 Politisk opbakning til vind: historien om turbulente politiske forlig?	29
3.3 Løbende vedligehold af et langsigtet markedstræk	33
3.4 Fra lokalt ejerskab til borgermodstand: mangelfuld koordinering mellem stat og kommuner	41
3.5 Forskning, udvikling og demonstration: støtte til næsten hele værdikæden	44
3.6 Energi- og forskningspolitik: to rationaler om politisk stabilitet og statslig indblanding	56
4 Hvad kan statens missionsdrevne innovationspolitik lære af dansk vindteknologihistorie?	62
4.1 Forsknings- og innovationsmissionerne skal bæres i mål af både udbud og efterspørgsel	64
4.2 Hurtigere modning af grønne brændstofteknologier kræver langsigtede forskningsstrategier	69
4.3 Grønne brændstoffer afhængige af rammevilkår for et emissionsfrit energisystem	71
5 Appendiks: CV for undersøgelsens interviewpersoner	76
6 Litteratur	81

Executive Summary

Politikken på vindenergiområdet er et pejlemærke for de politiske ambitioner i regeringens grønne forsknings- og innovationsstrategi fra 2020. Strategien markerer overgangen til en missionsdrevet forsknings- og innovationspolitik, som gennem særligt fire missioner skal bidrage til, at Danmark når klimalovens mål om 70 pct. reduktion i udledningen af drivhusgasser i 2030 og klimaneutralitet senest i 2050. Men hvor vindmøllesuccesen har indfundet sig efter adskillige årtier, er der mindre end ti år fra offentliggørelsen af strategien til det første klimamål i 2030. Hastigheden af udviklingen og udbredelsen af nye, grønne løsninger under strategiens fire missioner vil øge behovet for en effektiv innovationspolitik, som formår at understøtte både udbuddet af innovationer og det marked, der skal efterspørge dem.

DEA ønsker med afsæt i politikken på vindenergiområdet efter årtusindskiftet at genoplive debatten om koordineringen af udbuds- og efterspørgselsorienterede instrumenter i dansk innovationspolitik. Formålet med undersøgelsen er at pege på en væsentlig del af arven fra den historiske udvikling og udbredelse af vindteknologier i Danmark, som statens missionsdrevne forsknings- og innovationspolitik bør holde sig for øje. anbefalingerne stiller skarpt på implikationerne af politikken på vindenergiområdet for missionen om grønne brændstoffer til transport og industri, som er direkte koblet til energiteknologier, om end mange af pointerne også vil være relevante for de tre andre missioner. Undersøgelsen bygger på et litteraturstudie, 34 ekspertinterview, registerudtræk og omfattende deskresearch.

Læren fra den historiske udvikling og udbredelse af vindteknologier i Danmark

Statens rolle i udvikling og udbredelse af vindenergiteknologier dækker over et bredt mix af politiske instrumenter, som siden år 2000 er blevet tilpasset modningen og udviklingen af vindteknologierne. Gennem det mix har staten haft betydelig indflydelse på udviklingen af en internationalt konkurrencedygtig vindmølleindustri i Danmark. En væsentlig del af succesen for statens understøttelse af vindmølleindustrien kan tilskrives samspillet mellem politiske instrumenter, der har styrket både *udbuddet af* og *efterspørgslen på* nye vindteknologier. **De efterspørgselsorienterede instrumenter** har primært ydet økonomisk støtte til opførelse og drift af vindmøller, skabt rammerne for et hjemmemarked for vindenergi og kompenseret borgere i forbindelse med opførelsen af vindmøller i borgernes nærområde. **De udbudsorienterede instrumenter** har primært støttet forskning og innovation gennem statslige fonde samt faciliteter til test og demonstration af vindmøller. Samtidig har de efterspørgselsorienterede instrumenter muliggjort, at producenter har kunnet teste knap så omkostningseffektive nye energiteknologier i fuldskala i et naturligt miljø under honorering af krav til vedligehold og driftssikkerhed, hvilket igen har fremskyndet udviklingen af teknologierne.

Historien blotlægger imidlertid også en række **svage led i statens koordinering af de politiske instrumenter** siden årtusindskiftet. Energipolitikken har været udfordret af manglende politisk opbakning, hvilket falder sammen med, at udbygningen af land- og havvindmøller gik i stå i perioden 2004-2007. Borgermodstanden mod vindkraft er vokset siden årtusindskiftet og udfordrer fortsat koordineringen af statens energipolitiske visioner, kommunernes planmyndighed og lokalsamfundenes interesser. Offentlige midler til langsigtet, grundlagsskabende strategisk forskning forekommer fraværende, hvilket kan have svækket den forskningsindsats, som på den lange bane skal sikre udviklingen af nye generationer af vindmølleparker og integrationen af den voksende andel af vindenergi i elnettet og i et stadig mere elektrificeret samfund. En del af forklaringen på, at huller som finansieringen af den grundlagsskabende strategiske forskning kan opstå i statens forskningsstøtte, skal bl.a. findes i en begrænset koordinering af de offentlige fondes individuelle roller. I et bredere perspektiv har

energipolitikken været underlagt forholdsvis stabile politiske rammer og sektorspecifikke instrumenter, mens forskningspolitikken har været karakteriseret af forholdsvis kortsigtede politiske prioriteringer og forholdsvis sektorneutrale bevillinger. Med den nye forsknings- og innovationsstrategi bliver stabiliteten, hvad angår de årlige midler, øget fra ét til fire år, og strategien prioriterer udvalgte grønne teknologier.

Implikationer af vindmølleindustriens opblomstring for statens missionsdrevne innovationspolitik

Forsknings- og innovationsmissionerne skal bæres i mål af både udbud og efterspørgsel. På kort sigt er der behov for udviklingen af et marked for grønne brændstoffer. Det vil kræve en politisk prioritering, som understøtter det. I lyset af erfaringerne fra den historiske udvikling og udbredelse af vindteknologier i Danmark må markedet forventes at få stor betydning for udviklingen af nye brændstofteknologier. I dag gør fraværet af en forsyningsinfrastruktur det svært at afsætte og dermed udbrede de forskellige grønne brændstoffer til potentielle købere. Samtidig er brændstofteknologierne dyre sammenlignet med fossile teknologier, hvorfor regulering som CO₂-afgiften kan få stor betydning for de grønne brændstofteknologiers konkurrenceevne. Undersøgelsen giver grund til forbehold over for regeringens forventning til de nye Innomissions-partnerskabers evne til selv at koordinere aktiviteter inden for hele værdikæden fra forskning til innovation og over for, om øremærkede midler på finansloven til partnerskaberne er den mest hensigtsmæssige måde at understøtte udviklingen af nye løsninger på i missionerne i forsknings- og innovationsstrategien.

Hurtigere modning af grønne brændstoffer kræver langsigtede forskningsstrategier. DEAs undersøgelse peger på, at missionen om grønne brændstoffer vil stille større krav til langsigtet kapacitetsopbygning i forsknings- og innovationsmiljøerne end i de tidlige år af den danske vindmølleindustri. En langsigtet strategi for forskningens bidrag til missionen kan med fordel indebære støtte til nationale testfaciliteter. Samtidig er det afgørende, at der udmøntes midler til den langsigtede, grundlagsskabende strategiske forskning, bl.a. inden for intelligent integration af vedvarende energi og grønne brændstoffer i elnettet. Endelig peger undersøgelsen på potentialer forbundet med at involvere forskere i udviklingen af de kommende energier, der indebærer unikke muligheder for at opbygge kapacitet og viden om design, planlægning og drift af fremtidens energisystemer mod et klimaneutralt samfund.

Grønne brændstoffer kan ikke tænkes uafhængigt af rammevilkår for emissionsfrit energisystem. Selvom Power-to-X-teknologierne er lovende, er de endnu ikke optimerede til storskalaproduktion af grønne brændstoffer, herunder til at spille sammen med energikilder som vindenergi, idet energitabet forbundet med at udvikle grønne brændstoffer i dag er betydeligt. Det er usikkert, om udbygningen af vedvarende energi fra særligt vind i Danmark vil kunne nå at levere den mængde grøn strøm, der er nødvendig for at kunne leve op til regeringens produktionsmål for grønne brændstoffer i 2030. Samtidig er der udfordringer forbundet med den konkrete tekniske og reguleringsmæssige etablering af sektorkoblinger i fremtidens integrerede energisystem. Her vil det bl.a. blive afgørende med en langsigtet strategi for udbygning af det danske elnet, så det i fremtiden vil være i stand til at håndtere den voksende mængde vedvarende energi. Afslutningsvis vedbliver borgermodstanden, som efter årtusindskiftet har bremset opførelsen af vindmøller, at være en udfordring – ikke mindst i forhold til risikoen for modstand mod opførelsen af produktionsanlæg for grønne brændstoffer. Undersøgelsen peger på potentialer ved at mobilisere borgere omkring teknologiernes mulige erhvervsmæssige og økonomiske gevinster for lokalmiljøer samt fælles ansvar for et klimaneutralt Danmark.

01

Sammenfatning

1 Sammenfatning

Udviklingen af en internationalt konkurrencedygtig vindmølleindustri i Danmark omtales ofte som et erhvervs-eventyr. Det er historien om udnyttelsen af vindenergi blandt lokale iværksættere og vindmøllelaug i et lille land, der i løbet af et halvt århundrede blev hjemsted for en industri med global rækkevidde. Her spillede staten en afgørende rolle for udviklingen af et stærkt hjemmemarked for vindteknologier, som har været en væsentlig forudsætning for, at danske virksomheder har kunnet slå igennem på det internationale marked.

Den historiske udvikling og udbredelse af vindteknologier i Danmark er også en fortælling om et traditionelt stærkt statsstøttet energimarked, hvor vindteknologier – ligesom olie, der i dag er den mest statsstøttede energikilde – har været afhængige af betydelig produktionsstøtte for at kunne konkurrere med fossile energiteknologier.

Udbredelsen af vindteknologier herhjemme har bidraget til omlægningen af et elforbrug af fossile brændstoffer i bl.a. Danmark, hvor strøm fra vind er den største energikilde i danskernes elforbrug i dag. Dermed er fortidens erfaringer med vindenergi særligt relevante for nutidens politiske ambitioner om at styrke forskningens bidrag til at nå klimalovens målsætning om et emissionsfrit Danmark, som det står skrevet i den grønne forsknings- og innovationsstrategi fra 2020. Strategien var et svar på en evaluering af det danske forsknings- og innovationssystem, som året før havde kritiseret danske innovationspolitiske reformer for at have reduceret samspillet og koordinationen i statens innovationspolitik.

Den grønne forsknings- og innovationsstrategi markerer overgangen til en missionsdrevet forsknings- og innovationspolitik, som skal bidrage til, at Danmark når klimalovens mål om 70 pct. reduktion af udledningen af drivhusgasser i 2030 i forhold til 1990 og klimaneutralitet senest i 2050. Med strategiens mål skal innovationspolitikken ikke længere måles på, hvor godt den fremmer innovationer, men i hvilket omfang innovationerne bidrager til et klimaneutralt Danmark. I den forstand omfatter innovationspolitikken alle de politiske instrumenter, som understøtter såvel udbuddet af som efterspørgslen på de nye løsninger.

Innovationspolitikken bidrag til et klimaneutralt Danmark skal hovedsageligt fremmes af strategiens fire grønne forsknings- og innovationsmissioner, som forventes at levere betydelige reduktioner af drivhusgasudslip. Men hvor vindmølleindustriens opblomstring har udspillet sig over mange årtier, er der mindre end ti år fra offentliggørelsen af den grønne forsknings- og innovationsstrategi i efteråret 2020 til det første klimamål i 2030. Hastigheden i modningen og udbredelsen af nye, grønne løsninger under strategiens fire missioner vil stille endnu større krav til en effektiv innovationspolitik, som evner at koordinere udbuds- og efterspørgselsorienterede politiske instrumenter. Det er derfor vigtigt at have en klarere forståelse for statens rolle i vindmølleteknologiernes udvikling og udbredelse.

DEA ønsker med afsæt i den historiske udvikling af vindteknologier i Danmark at genoplive debatten om koordineringen af udbuds- og efterspørgselsorienterede instrumenter i dansk innovationspolitik. Først stiller undersøgelsen skarpt på, hvordan staten har støttet udviklingen og udbredelsen af innovation inden for vindteknologier siden årtusindskiftet, hvor vindmøller i Danmark for alvor begyndte at vokse i størrelse og kapacitet. Undersøgelsen afgrænser sig til sektorspecifikke eller tematisk rettede politiske instrumenter, der mere direkte har søgt at understøtte udviklingen og udbredelsen af vedvarende energi – herunder vindenergi – om end den mere generiske erhvervs-, forsknings-, innovations- og uddannelsespolitik også har stor betydning for den historiske udvikling af vindteknologier i Danmark og for det fremadrettede arbejde med regeringens grønne

forsknings- og innovationspolitik. Undersøgelsen bruger den historiske analyse til at fremsætte anbefalinger om, hvad arven fra vindmøllerne kan betyde for det fremadrettede arbejde med missionen om grønne brændstoffer i forsknings- og innovationsstrategien. Anbefalingerne fokuserer på, hvad staten med fordel kan holde sig for øje i koordineringen af de innovationspolitiske instrumenter, som understøtter missionernes impact på klimalovens målsætninger. Undersøgelsen bygger på litteraturstudier, 34 ekspertinterview, registerudtræk og omfattende deskresearch.

I det følgende præsenteres undersøgelsens hovedkonklusioner.

1.1 Koordinering af et foranderligt mix af politiske instrumenter

Det historiske tilbageblik på statens politiske understøttelse af vindenergiteknologier siden årtusindskiftet vidner om et mix af politiske instrumenter, som løbende er blevet tilpasset over tid. Den samlede pakke af instrumenter er en påmindelse om de mange indsatser, som staten har skullet koordinere, og som indbyrdes har både understøttet og til tider modvirket hinanden.

Siden år 2000 har udviklingen af vindteknologier været præget af en stadig stærkere international konkurrencedygtig vindmølleindustri med adresse i Danmark, drevet frem af stadig mere kapitalstærke producenter, investorer og ejere. Fundamentet for den udvikling blev imidlertid grundlagt i det 20. århundrede, drevet frem af iværksættere, andelsforeninger, civilsamfund og i mindre omfang staten, som dog påtog sig en stigende rolle i at understøtte udviklingen af vedvarende energi i de sidste årtier frem mod årtusindskiftet. Før årtusindskiftet var den vindteknologiske udvikling inkrementel, præget af en praksisnær tilgang til konstruktionen af nye møller, hvor håndværk og ingeniørviden spillede sammen.

En stor del af forklaringen på succesen bag statens støtte til den danske vindmølleindustri opblomstring siden årtusindskiftet skal findes i samspillet mellem politiske instrumenter, der både har styrket *efterspørgslen på* og *udbuddet af* nye vindenergiteknologier. Her har de politiske instrumenter været centrale for udviklingen af stærke innovationsmiljøer omkring producenter, kunder og forskningsinstitutioner.

1.1.1 Statens efterspørgsel på vindteknologier

Gennem de sidste to årtier har staten spillet en nøglerolle i vedligeholdelsen af en langsigtet markedsefterspørgsel i Danmark på vedvarende energi – herunder vindenergi. Danske politikere har langt hen ad vejen støttet og politisk efterspurgt vindenergi gennem flerårige energiaftaler, som har skabt et relativt stabilt politisk klima for investeringer i vindenergi.

Gennem en række økonomiske instrumenter har staten støttet vindteknologier, lang tid før de har været konkurrencedygtige i forhold til den statsstøttede fossile energiproduktion. Mest markant har staten på tværs af forskellige regeringer prioriteret betydelig produktionsstøtte til land- og havvind, som lå på 473 mio. kr. i 2004 og steg til knap 4,8 mia. kr. i 2020. Produktionsstøtten har bidraget til, at producenter har kunnet gøre værdifulde erfaringer fra test af møllerne i fuldskala i naturligt miljø under honorering af krav til vedligehold og driftssikkerhed, hvilket igen har fremskyndet udviklingen af teknologierne. De statslige udbud har været stærkt medvirkende til udbredelsen af havvindmøller, bl.a. ved at nedbringe risikoen ved svingende elpriser for producenter og investorer gennem prisgaranti. Staten har etableret markedet for oprindelsesgarantier, hvor ejere

af vedvarende energianlæg har kunnet supplere deres indtægt gennem handel med oprindelsesgarantier, og den har øget efterspørgslen på vedvarende energi gennem energibeskatningssystemet og administration af EU's CO₂-kvoter. Og så har staten stillet risikovillig kapital til rådighed til udbredelse af vindteknologier gennem EKF Danmarks Eksportkredit, Vækstfonden og Danmarks Grønne Investeringsfond. Den nyligt vedtagne CO₂-afgift i aftalen om en ny grøn skattereform vil forventeligt få stor betydning for virksomhedernes tilbøjelighed til i Danmark at investere i udvikling og modning af nye og mere klimavenlige teknologier

Udover de økonomiske instrumenter har staten også gennem fysisk planlægning understøttet udviklingen af et hjemmemarked for vindenergi. Den fysiske planlægning er afgørende for, hvor vindmøller kan opføres på land og til havs, ved at garantere producenter adgang til elnettet, hvor de kan afsætte deres strøm fra møller på et internationalt elmarked, og ved at kvalitetssikre nye vindmøller gennem test og certificering på Risø og senere Testcenter Høvsøre og Testcenter Østerild.

Endelig har staten søgt at understøtte udbredelsen af landvindmøller og kystnære møller gennem ordninger, som har kompenseret borgere for opførelsen af vindmøller i borgernes nærområde.

1.1.2 Statens støtte til udbud af vindteknologier

Før årtusindskiftet var vindmøllelaug og entreprenører i høj grad med til at drive en inkrementel udvikling af vindmøller, hvor forskningen spillede en forholdsvis beskeden rolle. Sidenhen er uddannelsesniveauet steget i virksomhederne, og der har været en stigning i de private investeringer i såvel som offentlige bevillinger til forskning, udvikling og demonstration inden for vindenergi.

Fra 2000-2020 har staten tilstræbt at understøtte hele værdikæden fra grundlagsskabende forskning til markedsnær udvikling og innovation. I 00'erne udbød staten hovedsageligt midlerne gennem de offentlige forsknings- og innovationsfinansierende fonde Energiforskningsprogrammet (EFP) – som i 2007 blev til Det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP) – ForskEL, Det Strategiske Forskningsråd (DSF) og Højteknologifonden (HTF). I 2014 oprettede staten Innovationsfonden som resultatet af fusionen af bl.a. DSF og HTF.

Udover de offentlige fonde skabte oprettelsen af den statsstøttede Prøvestationen for mindre vindmøller på Forskningscenter Risø i 1978 grundlaget for en øget tillid mellem universiteter og virksomheder og banede vej for stadig stærkere forsknings- og innovationsmiljøer inden for vindteknologier. Da prøvestationen ikke lænere var tilstrækkelig, oprettede staten de nationale testfaciliteter Testcenter Høvsøre og Testcenter Østerild. Testcentrene har understøttet både en inkrementel udvikling af vindmøller, opbygningen af en betydelig know-how i virksomhedernes udviklingsafdelinger om, hvad det kræver at drifte og servicere møller, og fastholdelsen af udviklingsafdelinger for de store onshore- og offshorevirksomheder i Danmark.

1.2 De svage led i koordineringen af politikken på vindenergiområdet

Mens opblomstringen af en stærk, international vindmølleindustri i Danmark ofte beskrives som en erhvervs-succes, vidner DEAs undersøgelse også om en række svage led i statens koordinering af det samlede mix af instrumenter, der har udgjort statens politiske understøttelse af udviklingen og udbredelsen af vindteknologier.

1.2.1 Manglende stabilitet i politisk opbakning til støtten til vedvarende energi

Fortællinger om statens rolle i udviklingen af en vindmølleindustri i Danmark fremhæver ofte betydningen af en bred politisk opbakning til vind. Imidlertid tegner DEAs undersøgelse billedet af en til tider skrøbelig stabilitet i de energipolitiske visioner, som over tid har været afhængige af enkeltpolitikeres evne til at samle koalitioner, lige så vel som at de politiske koalitioner bag energiaftalerne har været præget af forskellige politiske mærkesager, der hver især har sat deres spor i implementeringen af aftalerne. Efter årtusindskiftet har det været tydeligst under Fogh Rasmussen-regeringen i perioden 2001-2007, hvor udbud af havvindmølleparker blev aflyst, og prisstøtten skåret. Udbygningen af vindkraftanlæg fra land- og havvindmøller, som ellers havde oplevet betydelig udvikling i årene forinden, gik stort set i stå fra 2004 til og med 2007.

1.2.2 Borgermodstanden mod vindkraft er vokset

Årtusindskiftet varslede et opgør med de borgerejede vindmøller, idet den stigende liberalisering af energimarkedet i 00'erne gødde jorden for andre ejerforhold og stadig større møller på det danske hjemmemarked. Kravet om lokalt ejerskab i forbindelse med udbygning af vindmøller var blevet ophævet, og møllernes voksende størrelse medførte investeringsomkostninger og risici, som oversteg private husholdnings- og vindmølleandelsforeninger budgetter.

I samme periode er udbygningen af vindmøller særligt på land og kystnære strækninger – hvor kommunerne har planmyndighed – i stigende grad blevet mødt med modstand fra borgere og lokalsamfund, som har bremset udbygningen af vindkraft. Det har politikken på vindenergiområdet endnu ikke formået at tage hånd om til trods for tilbagevendende politiske ambitioner om udbygning af land- og kystnære møller. I dag er koordineringen mellem statens visioner, kommunernes planmyndighed og lokalsamfundenes interesser i forbindelse med udbygning af vindkraftanlæg på land mangelfuld, og effekten af de politiske instrumenter til kompensation af borgere og lokalsamfund for opførelsen af vindmøller er begrænset.

1.2.3 Midler til langsigtet, grundlagsskabende strategisk forskning virker fraværende

Trods forskningens stigende betydning for vindmølleindustrien giver DEAs undersøgelse anledning til bekymring for, om den langsigtede grundlagsskabende strategiske forskning er blevet en blind vinkel i forskningspolitikken efter nedlæggelsen af DSF i 2014, hvor Innovationsfonden – og fra 2020 i mindre grad også Danmarks Frie Forskningsfond (DFF) – overtog opgaven. Der er således en risiko for, at staten de sidste ti år har nedprioriteret den forskningsindsats, som på den lange bane skal sikre udviklingen af de kommende generationer af vindmølleparker og integrationen af den stigende energiproduktion fra vind i elnettet og i et stadig mere elektrificeret samfund.

Forsknings- og innovationsmiljøet inden for vindenergi efterspørger forskning inden for hele værdikæden og påpeger, at branchen ofte bliver mødt af den fejllantagelse, at de forholdsvis modne vindteknologier gør mere grundlagsskabende forskning overflødig. Imidlertid fordrer produktionen af stadig større møller i virkeligheden mere grundlæggende viden om fysiske forhold, der udfordrer drift, vedligehold og produktion af vindkraft, ligesom sektorkoblingen med grønne brændstofteknologier bliver en af de mere komplekse udfordringer for vindmølleindustrien i fremtiden.

Finansiering af den langsigtede strategiske forskning handler imidlertid ikke kun om direkte udvikling af ny teknologi, men også om kapacitetsopbygning i forsknings- og innovationsmiljøerne i form af ny viden, kompetencer og forskningsnetværk.

Mens Innovationsfonden i 2019 vurderede, at fonden støttede projekter inden for hele værdikæden med Grand Solutions-programmet, vurderede modtagere af Grand Solutions-bevillinger i 2020, at virkemidlet i begrænset omfang støttede forskning i grundlæggende problemstillinger og hovedsageligt støttede validering og demonstration af teknologier.

1.2.4 Begrænset koordinering mellem de offentlige forsknings- og innovationsfinansierende fonde

DEAs undersøgelse peger på, at en del af forklaringen på, at huller som finansieringen af den grundlagsskabende strategiske forskning kan opstå i værdikæden af forsknings- og innovationsfinansiering, skal findes i en begrænset koordinering af de offentlige forsknings- og innovationsfinansierende fondes individuelle roller i finansieringen af hele værdikæden fra grundlagsskabende forskning til markedsnær udvikling og demonstration. Mens landskabet af forskellige fonde med hver deres opgave har sin berettigelse, ansporer fondenes forskellige formålsparagraffer, bestyrelser og ministerielle ophæng ikke nødvendigvis en tydelig arbejdsdeling.

1.2.5 Forskellige rationaler om politisk stabilitet og statslig indblanding i energi- og forskningspolitikken

Samtidig peger DEAs undersøgelse på, at koordineringen af energi- og forskningspolitikken har været begrænset, og at de to områder har været underlagt forskellige rationaler. I det ene tilfælde har flerårige politiske energiaftaler og instrumenter – i 2012 med et tiårigt sigte – understøttet en sektorspecifik regulering med fokus på langsigtet efterspørgsel på vedvarende energi – herunder fra vind. I det andet tilfælde har den strategiske forsknings- og innovationspolitik været finansieret fra år til år og styret af et ønske om i overvejende grad at støtte bottom-up-initiativer fra forsknings- og innovationsmiljøerne. Her har usikkerheden om næste års prioriteringer til forskning i emner som vedvarende energi på finansloven ikke givet fondene de bedste vilkår for at arbejde med kapacitetsopbygning i samarbejdet mellem universiteter og virksomheder, som er en forudsætning for udvikling af nye produkter på den lange bane – i en stadig mere vidensintensiv branche. Det billede ændrer sig til dels i 2020 med regeringens grønne forsknings- og innovationsstrategi, som for første gang prioriterer forskningspolitikken på fire grønne missioner, og med den efterfølgende finanslov, hvor regeringen og aftalepartierne afgav løfte om at fastholde niveauet for grønne forskningsmidler på 2,3 mia. kr. i perioden 2022-2024.

1.3 Hvad kan statens missionsdrevne innovationspolitik lære af vindteknologi-historien i Danmark?

Vindmølleindustriens opblomstring er en historisk påmindelse om, at udvikling af nye energiteknologier langtfra er tilstrækkeligt, hvis de skal forandre vores nuværende energisystem. Nærværende undersøgelse peger på, at erfaringerne med koordineringen af politiske instrumenter, der både har understøttet udbuddet af og efterspørgslen på vindteknologier, er en væsentlig arv, som rummer afgørende viden for den politiske ambition om på under ti år at genskabe succes fra flere årtiers politik på vindenergiområdet.

1.3.1 Forsknings- og innovationsmissionerne skal bæres i mål af både udbud og efterspørgsel

På kort sigt er der politisk behov for en større prioritering af at støtte udviklingen af et marked for grønne brændstoffer, hvis staten, som regeringen ønsker det, skal understøtte udviklingen af teknologiske løsninger – herunder en internationalt konkurrencedygtig industri – inden for grønne brændstoffer til transport og industri (Power-to-X mv.) i Danmark. I dag gør fraværet af en forsyningsinfrastruktur det svært at afsætte og dermed udbrede de forskellige grønne brændstoffer til potentielle købere. Samtidig er brændstofteknologierne dyre sammenlignet med fossile teknologier, hvorfor regulering som CO₂-afgiften kan få stor betydning for de grønne brændstofteknologiers konkurrenceevne.

Et marked for grønne brændstoffer vil være mere komplekst for staten at understøtte end elmarkedet. Men som i eksemplet med vindteknologier må de efterspørgselsorienterede politiske instrumenter forventes at få stor betydning for størrelsen af virksomhedernes investeringer i forskning, udvikling og modning af grønne brændstofteknologier og for deres erfaringer med fuldskala test af teknologierne i et stadig mere emissionsfrit energisystem. Statens forventning om en endnu hastigere opskalering af bidraget fra teknologier inden for grønne brændstoffer til reduktion af drivhusgasledning på dansk jord, end vi har oplevet det med den danske vindmølleindustri, øger tidspresset. Det gælder innovationsmiljøernes evne til på kort tid at udvikle mere omkostningseffektive grønne brændstofteknologier såvel som regeringens evne til at udvikle og tilpasse den samlede pakke af efterspørgselsorienterede politiske instrumenter, der skal understøtte et endnu fraværende marked for brændstofteknologierne.

Elmarkedet eksisterede, da staten ved årtusindskiftet for alvor begyndte at understøtte udbygningen af vindkraftanlæg i Danmark. Der gik imidlertid mere end et år fra den grønne forsknings- og innovationsstrategi til regeringens udspil om efterspørgselsorienterede instrumenter, der skal understøtte udviklingen af et nyt marked for grønne brændstoffer. I mere end et år var der således usikkerhed om regeringens efterspørgsel på grønne brændstoffer. En usikkerhed, som historisk tilsvarende har vist sig at bremse risikovilligheden betydeligt hos producenter og investorer på vindenergiområdet. I december 2021 lancerede regeringen sin Power-to-X-strategi med initiativer for godt 3 mia. kr. til bl.a. markedsbaserede Power-to-X-udbud samt forskning, udvikling og demonstration. I april 2022 offentliggjorde regeringen sit udspil til en grøn skattereform med bl.a. en CO₂-afgift, som forventeligt vil spille en hovedrolle i markedet for grønne brændstoffer. I juni 2022 – knap to år efter regeringens forsknings- og innovationsstrategi – offentliggjorde regeringen og aftalepartierne oprettelsen af en grøn fond på 53,5 mia. kr., som frem mod 2040 skal understøtte den grønne omstilling – herunder gennem udbygning af havvind og støtte til Power-to-X.

I dag er de danske politiske ambitioner for udviklingen af et hjemmemarked for grønne brændstofteknologier i konkurrence med tilsvarende politiske ambitioner i andre lande i højere grad, end det var tilfældet med den danske vindteknologihistorie. Allerede i 2021 havde mere end 30 lande udarbejdet roadmaps for brint, mere end 200 storskala-brintprojekter var blevet annonceret på verdensplan, over 80 mia. amerikanske dollars var globalt set investeret i modne brintprojekter med yderligere lovning på 220 mia. dollars fra den private sektor og 70 mia. dollars i offentlig finansiering.

I forhold til missionerne i den grønne forsknings- og innovationsstrategi giver DEAs undersøgelse grund til forbehold for dels regeringens forventning til, at partnerne i Innovationspartnerskaberne kan sætte sig ud over egeninteresser, dels det realistiske i, at partnerskaberne skal bære ansvaret for at igangsætte og prioritere midler til hele værdikæden fra forskning til innovation. I praksis har regeringen med strategien udliciteret

en stor del af ansvaret for koordineringen af finansiering til værdikæden til de enkelte Innomissions-partnerskaber, hvor alle relevante vidensinstitutioner, virksomheder, offentlige myndigheder og private aktører mv. forventes at gå sammen om og prioritere en fælles forsknings- og innovationsindsats over flere år. Uden for regi af partnerskaberne har regeringen lagt op til en forholdsvis uklar koordineringsopgave i Innovationsfonden, der – hvor det er relevant – kan søge samarbejde med relevante myndigheder med henblik på at sikre koordinering af forskningsaktiviteter og offentlig regulering knyttet til området. Endelig giver de store Innomissions-partnerskaber anledning til bekymring for, om øremærkede midler på finansloven til de forholdsvis store partnerskaber er den mest hensigtsmæssige måde at understøtte udviklingen af nye løsninger på i missionerne i forsknings- og innovationsstrategien – herunder om øremærkningen giver de bedste forudsætninger for konkurrenceudsættelse af de offentlige midler.

1.3.2 Hurtigere modning af grønne brændstofteknologier kræver langsigtede forskningsstrategier

Forsknings- og innovationsmissionen om udvikling af grønne brændstoffer vil ifølge DEAs undersøgelse stille større krav til en mere langsigtet innovationspolitik for kapacitetsopbygning i forsknings- og innovationsmiljøerne inden for grønne brændstoffer end i de tidlige år af den danske vindmølleindustri. Den kapacitetsopbygning bliver afgørende, hvis staten vil gøre sig forhåbning om at opbygge en internationalt konkurrencedygtig industri i Danmark omkring eksport af Power-to-X-teknologier og løsninger inden for smarte energisystemer. Forskning og demonstration får en stadig vigtigere rolle i udviklingen af fremtidens energisystem, og der er grund til at forvente, at kommercielle satsninger på højteknologiske Power-to-X-løsninger vil fortsætte tendensen mod en stadig mere videnstung energibranche. Udviklingen af teknologier inden for vind og Power-to-X er i dag ikke alene drevet af behovet for mere omkostningseffektive teknologier, men også for energiteknologier med systembærende egenskaber frem mod et emissionsfrit, intelligent energisystem.

For det første vil der være særligt behov for, at staten sikrer langsigtet grundlagsskabende strategisk forskning til at understøtte dels stærke vidensmiljøer på universiteter og i erhvervslivet, dels stærke kompetencer hos fremtidens arbejdskraft inden for bl.a. vejrforhold, der i takt med stadig større havvindmøller skaber usikkerhed om sikkerhedsmargener forbundet med drift, vedligehold og produktion af vindkraft samt intelligent integration af vedvarende energi og grønne brændstoffer i elnettet.

For det andet peger DEAs undersøgelse på potentialer forbundet med at involvere forskere i udviklingen af de kommende energier, der har potentiale for som demonstrationsprojekter at opbygge kapacitet og viden om design, planlægning og drift af fremtidens energisystemer mod et klimaneutralt samfund. Øerne kan i bedste fald danne grundlag for at eksportere danske løsninger til udlandet. For nylig indgik Danmarks Tekniske Universitet, Ørsted, Siemens Gamesa, Energinet og en række lokale aktører partnerskabet Baltic Energy Island med fokus på at bruge Energiø Bornholm som knudepunkt for innovation, test og erhvervsudvikling.

For det tredje vil nationale testfaciliteter blive nødvendige elementer i en mere langsigtet kapacitetsopbygning i forsknings- og innovationsmiljøerne inden for grønne brændstoffer – ligesom de har været det på vindenergiområdet.

1.3.3 Grønne brændstoffer kan ikke tænkes uafhængigt af rammevilkår for et bæredygtigt energisystem

Selvom Power-to-X-teknologierne er lovende, er de endnu ikke optimerede til at spille sammen med energikilder som vindenergi, idet energitabet forbundet med at udvikle grønne brændstoffer i dag er betydeligt. Det stiller store krav til udbygningen af vedvarende energi fra eksempelvis vind, da alene elektrolyse til produktion af grønne brændstoffer forventes at udgøre knap 30 pct. af det danske elbehov i 2045. Det er imidlertid usikkert, om udbygningen af vedvarende energi fra særligt vind ville kunne nå at levere den mængde grøn strøm, der er nødvendig for at kunne leve op til regeringens produktionsmål for grønne brændstoffer i 2030.

DEAs undersøgelse peger på, at elmarkedet i højere grad er blevet et politisk bestemt marked, hvor særligt den politiske efterspørgsel på grøn energi og elektrificeringen af samfundet bliver en helt afgørende faktor for, hvor hurtigt nye vedvarende teknologier vil sprede sig i samfundet, og hvor sikker en investering udbygning af vindkraftanlæg vil være. Ligesom elnettet skabte grundlaget for elmarkedet, før vindteknologier for alvor voksede i størrelse, skal regeringens planlægning for udbygningen af vedvarende energi matches af en tilsvarende langsigtet strategi for udbygning af det danske elnet, så det i fremtiden er i stand til at håndtere en stigende mængde vedvarende energi i eltransmissionsnettet. Store dele af det danske eltransmissionsnet har i de kommende år behov for reinvesteringer og fornyelse. Allerede i dag bremser kapaciteten af nettet enkelte steder for udbygning af produktionen af strøm. Størstedelen af de investeringer vil forventeligt skulle holde flere årtier.

Endelig peger DEAs undersøgelse på behovet for, at staten imødegår den borgermodstand, som siden årtusindskiftet har bremset opførelsen af vindmøller på land og i kystnære områder. Modstanden vil givetvis ikke blive mindre med den betydelige udbygning af vindkraft i Danmark – herunder på land – som regeringen forventer, skal forsyne produktionen af grønne brændstoffer med vedvarende energi. Der er et uudnyttet potentiale forbundet med at mobilisere borgerne omkring udbygningen af vindkraft- og Power-to-X-anlæg ud fra mere positive dagsordner som potentielle erhvervsmæssige og økonomiske gevinster for lokalmiljøer samt et fælles ansvar for omlægningen af Danmark mod en betydeligt større andel af energiproduktion fra vedvarende kilder. Det vil stille andre krav til statens dialog med kommuner og lokalsamfund. Flere havvindmølleparker er en måde at omgå de folkelige protester fra lokalmiljøer, men opførelsen af de store havvindmølleparker kan hurtigt tage op mod ti år fra offentliggørelse af udbuddet, til parken er i fuld drift. Derudover er der potentielt risiko for borgerprotester i forbindelse med opførelse af Power-to-X-anlæg.

02

Indledning

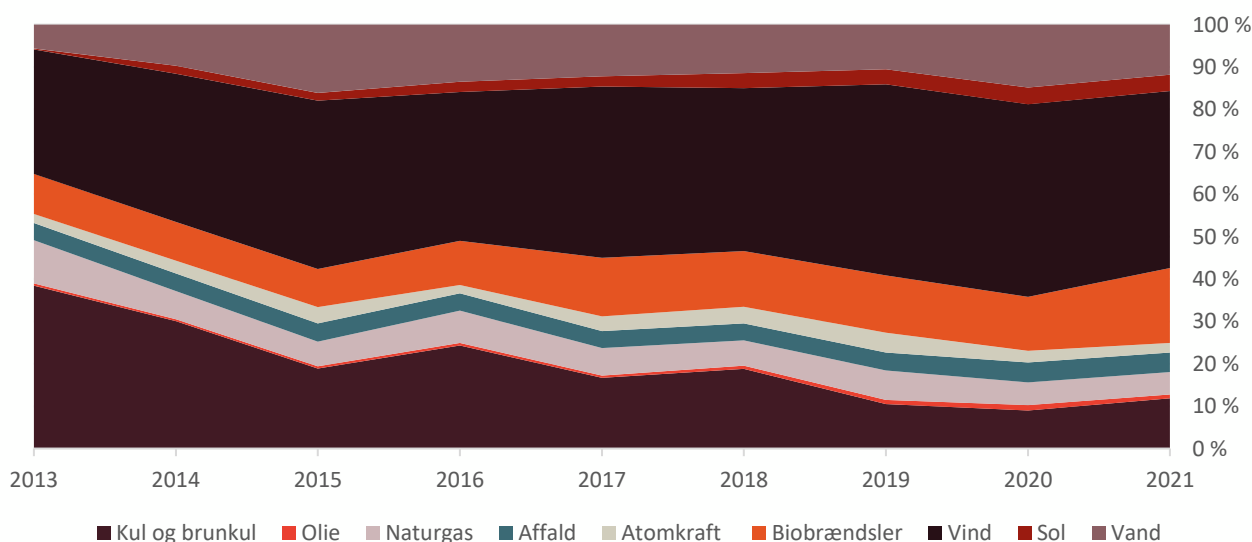
2 Indledning

Den politiske historie om statens understøttelse af udviklingen og udbredelsen af vindteknologier i Danmark er en eventyrlig fortælling om opblomstringen af en global industri med hjemsted i et af verdens mindste lande. I år 2000 var ca. 80 pct. af Europas havvindmølleparker placeret i Danmark. Samtidig har danske virksomheder samlet set leveret vindmøller svarende til ca. 90 pct. af det samlede europæiske marked (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet 2021d). Det internationale marked har spillet en betydelig rolle for efterspørgslen på nye vindteknologier fra danske virksomheder.

Energimarkedet har internationalt og historisk set været præget af betydelig statsstøtte¹ (Coady m.fl. 2015), hvor olie i dag er den mest statsstøttede energikilde (International Energy Agency 2021). Vindmølleindustrien er ingen undtagelse. Her har staten spillet en afgørende rolle – blandt andet gennem betydelig produktionsstøtte – for opblomstringen af en industri for vindteknologier i Danmark, som efterfølgende har stået stærkt i konkurrencen med bl.a. statsstøttede fossile brændstofteknologier på det internationale marked.

Erfaringerne fra den historiske udvikling og udbredelse af vindteknologier i Danmark er særligt relevante for de politiske ambitioner i regeringens forsknings- og innovationsstrategi om at styrke forskningens bidrag til omlægningen af Danmark til et emissionsfrit samfund jfr. klimaloven. Den historiske udvikling og udbredelse af vindteknologier i Danmark har således bidraget til omlægningen af elforbruget i bl.a. Danmark, hvor strøm fra vind er den største energikilde i danskernes elforbrug i dag. De seneste årtier har vindmøller i Danmark bidraget med stadig mere strøm til den danske elproduktion, og i 2021 leverede vindmøller strøm til mere end to femtedele af danskernes elforbrug (se figur 1).

Figur 1 Danskernes elforbrug fordelt på energikilder i perioden 2013-2021



Kilde: data fra Energinet (Energinet 2022)

Anm.: Data for 2021 er foreløbige.

¹ Statsstøtte måles her som forskellen mellem købspris og international markedspris (International Energy Agency 2021) og som forskellen mellem købspris og de samlede omkostninger forbundet med produktion, levering, miljø- og klimamæssige eksternaliteter og forbrugsskatter (Coady m.fl. 2015).

Vindmølleindustriens opblomstring er ofte et pejlemærke for politiske ambitioner om nye, grønne erhvervs-eventyr, senest med regeringens grønne forsknings- og innovationsstrategi fra 2020 (Uddannelses- og Forskningsministeriet 2020b). Her vil regeringen udnytte det historisk tætte samspil mellem stærke forskningsmiljøer og virksomheder på det grønne område til at skabe flere grønne erhvervssuccesser, udnytte nye, forsknings-baserede løsninger til at skabe bedre rammer for dansk natur og miljø og bidrage til, at Danmark når klimalovens mål om 70 pct. reduktion af udledningen af drivhusgasser i 2030 i forhold til 1990 og klimaneutralitet senest i 2050.

Kombinationen af Danmarks klimalov og S-regeringens grønne forsknings- og innovationsstrategi markerer det første bud på en missionsdrevet forsknings- og innovationspolitik i nyere tid i Danmark. S-regeringen lancerede således en forsknings- og innovationspolitik drevet af fire missioner med ét konkret mål: at bidrage til nedbringelse af udledning af drivhusgasser på dansk jord for derigennem at bidrage til indfrielsen af klimalovens målsætning.² De fire missioner er:

1. Fangst og lagring eller anvendelse af CO₂
2. Grønne brændstoffer til transport og industri (Power-to-X mv.)
3. Klima- og miljøvenligt landbrug og fødevareproduktion
4. Cirkulær økonomi med fokus på plastik og tekstiler.

Staten påtager sig med de fire forsknings- og innovationsmissioner i strategien et stort ansvar for missionernes målbare impact på samfundet – konkret målt i regeringens klimaprogram, hvor missionerne forventes at levere betydelige reduktioner af drivhusgasudslip (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet 2021d). Med regeringens missionsdrevne forsknings- og innovationspolitik er det ikke længere tilstrækkeligt for staten at interessere sig for udbuddet af innovationer; staten bør også interessere sig for, hvordan innovationerne på mest effektiv vis udbredes i samfundet og leverer med hensyn til målet.

2.1 Hvad er en effektiv innovationspolitik – og hvordan vi får den?

Innovationspolitik bliver ofte brugt enten som et smalt begreb om politik, der specifikt søger at understøtte udviklingen af nye innovationer, eller som et bredt begreb, der favner alle de forskellige politikker, som påvirker innovationer – herunder deres effekt på samfundet (Fagerberg 2017). Mens den brede opfattelse af innovationspolitikken ligger til grund for arbejdet i Europa-Parlamentet og OECD (European Parliament 2021; OECD 2015), anvendes det smalle begreb i overvejende grad i Danmark (Regeringen 2012; 2017; Uddannelses- og Forskningsministeriet 2020b). Senest er dette eksemplificeret i den missionsdrevne forsknings- og innovationspolitiske strategi fra 2020, som har fokus på at understøtte udbuddet af innovationer. Imidlertid inviterer strategiens målsætning til en bredere forståelse af innovationspolitikken som alle de politiske instrumenter, der understøtter fremkomsten af innovationer såvel som deres udbredelse og anvendelse. Denne brede

² Som DEA tidligere har påpeget, er klimalovens 2030- og 2050-mål de eneste konkrete målsætninger, der eksplicit nævnes i den grønne forskningsstrategi, og som dermed kan sætte en tydelig retning for arbejdet med strategiens missioner (DEA 2021b).

forståelse er nødvendig, hvis vi skal kunne vurdere impacten af statens innovationspolitik på klimalovens målsætninger.

Formålet med DEAs undersøgelse er med den historiske udvikling af vindteknologier i Danmark som case at genoplive debatten om koordineringen af statens mange instrumenter i dansk innovationspolitik. Mere konkret stiller undersøgelsen skarpt på, hvordan staten har støttet udviklingen og udbredelsen af forskningsbaseret innovation inden for vindteknologier siden årtusindskiftet, hvor vindmøller i Danmark for alvor begyndte at vokse i størrelse og kapacitet. Ambitionen med den historiske analyse er at spille ind til det fremadrettede arbejde med missionerne i regeringens forskningsstrategi, og hvordan disse med fordel kan koordineres med andre politiske instrumenter, som understøtter missionernes impact på klimalovens målsætninger. Dermed bygger analysen videre på DEAs rapport fra januar 2021 om regeringens grønne forskningspolitik (DEA 2021b).

Aktuelt er DEAs undersøgelse foranlediget af evalueringen fra 2019 af det danske forsknings- og innovationssystem (European Commission 2019), som efterspurgte større koordinering i dansk innovationspolitik. Det internationale evalueringspanel anbefalede således en mere systemisk, overordnet strategi for det danske innovationssystem, som involverer en større koordinering og afstemning på tværs af innovationssystemet, herunder sammentænkning af Uddannelses- og Forskningsministeriets udbudsorienterede instrumenter med efterspørgselsorienterede instrumenter som offentlige indkøb og med ikke-forskningsbaseret innovation inden for design, urbanisering og social innovation. Evalueringspanelet kritiserede tidligere danske innovationspolitiske reformer – der havde tilstræbt at simplificere og effektivisere innovationssystemet – for at have reduceret samspillet og koordinationen i statens innovationspolitik. Den grønne forsknings- og innovationsstrategi opstod som svar på evalueringspanelets kritik.³

2.2 Afgrænsninger

DEAs undersøgelse af statens rolle i udviklingen og udbredelsen af vindteknologier afgrænser sig til perioden efter årtusindskiftet, om end rapporten indledningsvist og kort opridser tendenserne i perioden 1920-2000 som kontekst for at forstå udviklingen efter 2000 og som en påmindelse om den historisk lange udvikling, danske vindteknologier har undergået. Perioden frem til årtusindskiftet var helt afgørende for vindmølleindustriens opblomstring i Danmark. DEAs undersøgelse er imidlertid motiveret af at forstå statens rolle i den del af vindenergiindustriens opblomstring efter årtusindskiftet, hvor møllerne for alvor voksede i størrelse og kapacitet, og hvor omkostningerne til produktion af vedvarende energi fra vind har nærmet sig markedsprisen for fossil energi. Erfaringerne fra denne periode er særligt relevante for opskaleringen af flere af de velkendte teknologier i statens forsknings- og innovationsmissioner, som tilsvarende forventes at undergå en voldsom udvikling med hensyn til produktionskapacitet, leveringssikkerhed og omkostningseffektivitet.

Undersøgelsen ser fokuseret på sektorspecifikke eller tematisk rettede politiske instrumenter, der mere direkte har søgt at understøtte udviklingen og udbredelsen af vindenergi, om end flere af disse instrumenter har været bredere rettet mod vedvarende energi. Undersøgelsen behandler ikke den mere generiske erhvervs-,

³ Svaret på den internationale evaluering var ifølge den daværende socialdemokratiske uddannelses- og forskningsordfører, Kasper Sand Kjær, en grøn innovationsstrategi, der mere direkte adresserede målsætningerne i Danmarks klimalov (Kjær 2020). Godt et halvt år senere lancerede den socialdemokratiske regering som bekendt den grønne forsknings- og innovationsstrategi.

forsknings-, innovations- og uddannelsespolitik rettet mod de generelle rammevilkår for dansk erhvervsliv og for forskning, innovation og uddannelse. De generelle rammevilkår er ikke desto mindre af stor betydning for den historiske udvikling af vindteknologier i Danmark og for det fremadrettede arbejde med regeringens grønne forsknings- og innovationspolitik. Men effekterne af de mere generiske politiske instrumenter er svære at spore mere direkte til områder som vindteknologier og er blevet fravalgt for at skabe et tydeligere overblik over undersøgelsens i forvejen inklusive perspektiv på statens mange roller. Særligt bør her bemærkes fravalget af uddannelsespolitiske instrumenter, som utvivlsomt har spillet en stor – og fremover vil spille en helt afgørende – rolle for arbejdskraften i vindmølleindustrien.

Undersøgelsen fokuserer på de politiske instrumenter, som forskningslitteratur og interviewpersoner har fremhævet som særligt afgørende for udviklingen og udbredelsen af vindteknologier. Det samlede billede af statens rolle går følgelig mere i dybden med nogle politiske instrumenter end med andre.

Undersøgelsen fokuserer på statens forskellige roller over for hjemmemarkedet for vindteknologier. Flere interviewpersoner har desuden fremhævet den betydelige indflydelse, som det internationale marked har spillet i forhold til at efterspørge udviklingen af danske vindteknologier. Nogle interviewpersoner har ydermere fremhævet betydningen af EU i forhold til det danske energimarked. Enkelte steder omtaler rapporten betydningen af EU – herunder betydningen af EU's CO₂-kvoteordning, som Energistyrelsen administrerer i Danmark – der, hvor informanter og litteratur har fremhævet EU; men undersøgelsen omhandler ikke EU's politiske instrumenter bredt set.

Undersøgelsen spejler erfaringerne fra den politiske historie på vindenergiområdet i det fremadrettede innovationspolitiske arbejde med regeringens forsknings- og innovationsmission om grønne brændstoffer til transport og industri (Power-to-X mv.), der er den mission med mest direkte kobling til energipolitikken. Mange af undersøgelsens pointer vil imidlertid være lige så relevante for regeringens tre andre grønne missioner.

Afslutningsvis bør det nævnes, at mens undersøgelsen fokuserer på udvikling og udbredelse af nye teknologier i regeringens grønne forskningsmissioner med henblik på at understøtte arbejdet med at indfri klimalovens målsætninger, fremhæver både interviewpersoner og forskning betydningen af indsatser for energibesparelser for Danmarks chancer for at indfri klimalovens målsætninger. Således pointerer en række forskere fra Aalborg Universitet i "IDAs Klimasvar 2045", at langt de største investeringer i omstillingen af Danmark til et klimaneutralt samfund vil skulle foretages inden for bygningsrenovering (Lund m.fl. 2021). Politiske instrumenter til at understøtte energibesparelse i Danmark har imidlertid ikke været genstand for DEAs undersøgelse.

2.3 Metode

DEAs undersøgelse bygger på et litteraturstudie, ekspertinterview, registerudtræk og omfattende deskresearch.

Litteraturstudiet har fokuseret på, hvilke forskellige politiske instrumenter og strategier som har bidraget til at understøtte udviklingen af vindenergi- og brintteknologi i Danmark. Litteraturstudiet har gjort brug af Scopus-databasen for fagfællebedømt forskningslitteratur og af Google Scholar. Mens søgningen i Scopus er foretaget på engelsk, er søgningen på Google Scholar foretaget på både engelsk og dansk. Søgestregene fremgår af tabel 1 og resulterede i samlet recall på 227 fra Scopus, godt 2 mio. på Google Scholar med engelsk søgestreng og knap 23.000 på Google Scholar med dansk søgestreng.

Herefter blev artiklerne gennemgået for deres relevans for empiriske analyser af dansk energipolitisk historie og af statens politiske instrumenter på energiområdet – særligt med fokus på vind og brint. Ved gennemgang af Scopus-artiklerne og de første 60 sider af Google Scholar-søgningerne endte litteraturstudiet med en samlet liste på 187 artikler. Litteraturstudiet blev i første omgang brugt til at udvikle en totalliste over de mest relevante politiske instrumenter for udviklingen og udbredelsen af vindteknologier på det danske marked. I forbindelse med afrapporteringen blev litteraturen brugt til at komplementere pointer fra interview og deskresearch i forhold til at skitsere statens samlede rolle i udviklingen og udbredelsen af vindteknologier i Danmark.

Tabel 1 Søgestrengene i litteraturstudiet

Database	Søgestreg	Recall	Endeligt antal artikler brugt i litteraturstudiet
Scopus	(TITLE-ABS-KEY (("energy" OR "wind" OR "hydrogen")) AND TITLE-ABS-KEY (("technolog*" OR "research" OR "research AND development" OR "r&d")) AND TITLE-ABS-KEY ((polic*)) AND TITLE-ABS-KEY (("denmark" OR "danish")))	227	87
Google Scholar (engelsk)	("energy" OR "wind" OR "hydrogen") AND ("technology" OR "research" OR "research AND development" OR "r&d") AND ("denmark" OR "danish") AND ("policy") ⁴	Ca. 2 mio.	74
Google Scholar (dansk)	("energi" OR "vind" OR "brint") AND ("teknologi" OR "forskning" OR "forskning og udvikling" OR "F&U" OR "FoU" OR "FUI") AND ("danmark" OR "dansk") AND ("politik" OR "strategi")	Ca. 23.000	26

34 semistrukturerede ekspertinterview af 60-90 minutters varighed blev foretaget i perioden september 2021 til april 2022. Eksperterne omfattede repræsentanter for danske virksomheder, forskningsmiljøer og embedsværk inden for vind- og brintenergi. Rekrutteringen af interviewpersoner havde eksplicit fokus på eksperter med ti eller flere års erfaring inden for sektorer med relevans for udvikling og udbredelse af vind- og brintteknologier. Interviewpersonerne blev identificeret ud fra deskresearch og *snowball sampling*. De interviewede fremgår af boks 1 og inkluderer også tre repræsentanter for danske forskningsfinansierende fonde om deres støtte af forskningsaktiviteter inden for miljø og klima.

Interviewene – på nær interviewene med fondsrepræsentanter – tog udgangspunkt i den del af energihistorien, som eksperterne vidste noget om. Billedet af statens samlede rolle har således karakter af et større puslespil, hvor interviewpersonerne hver især har beskrevet spillets forskellige brikker, hovedsageligt centreret omkring henholdsvis markedsregulering og forsknings- og innovationspolitik for henholdsvis vind og brint.

Hver interviewperson blev bedt om at kvalificere totallisten over politiske instrumenter fra litteraturstudiet. Listen over instrumenter blev således tilpasset gennem interviewene og dannede efterfølgende baggrund for eksperternes vurdering af sammenhængen mellem instrumenterne, omfanget af statens indsats og de væsentligste aktører, politiske aftaler og politiske strategier i forbindelse med indsatsen.

⁴ Denne søgestreng blev tilsvarende udført med asterisk ved sidste ord – således: ("energy" OR "wind" OR "hydrogen") AND ("technolog*" OR "research" OR "research AND development" OR "r&d") AND ("denmark" OR "danish") AND (polic*).

I lyset af undersøgelsens forholdsvis brede genstandsfelt har interviewene sjældent kunnet stå alene. I forbindelse med afrapporteringen af interviewene er der således gjort brug af omfattende deskresearch og konsultation af forskningslitteraturen fra litteraturstudiet med henblik på at underbygge, udfolde og/eller afvise pointer fra interviewene. Interviewene har således været retningsanvisende for deskresearchen og har kvalificeret undersøgelsen i rapporten, selv der, hvor der ikke eksplicit henvises til interviewene, men i stedet til kilder fra forskningslitteraturen og deskresearchen.

Undersøgelsen benytter sig af registerudtræk fra Danmarks Statistik for vindmølleindustriens investeringer i forskning og udvikling og de ansattes uddannelsesniveau. Udtræk for vindmølleindustrien er baseret på alle virksomheder inden for branchen *Fremstilling af vindmøller og dele hertil* og virksomheder med 250 eller flere fuldtidsansatte inden for branchen *Produktion af elektricitet*. Personernes uddannelsesniveau inden for vindmølleindustrien er baseret deres højeste fuldførte uddannelse, jf. Uddannelsesregistret (UDDA). Personer med udenlandsk statsborgerskab indgår kun, hvis deres uddannelse er registreret i Danmark. Såfremt udenlandske forskere og specialister ikke er registreret med deres egentlige uddannelsesniveau, vil de optræde som ufaglærte. Her bør det bemærkes, at andelen med udenlandsk statsborgerskab blandt ufaglærte i vindmølleindustrien er markant højere sammenlignet med industrien generelt

Energipolitikken udvikler sig hurtigt i disse år, hvorfor nærværende undersøgelse skal betragtes som et øjebliksbillede, hvis forudsætninger hurtigt kan ændre sig. Eksempelvis vedtog regeringen og en række støttepartier i juni 2022 oprettelsen af en grøn fond på 53,5 mia. kr., som frem mod 2040 skal understøtte den grønne omstilling (Regeringen, Venstre, Socialistisk Folkeparti, Radikale Venstre, Enhedslisten m.fl. 2022a). Fondens midler taget i betragtning vil fonden forventeligt få betydelig indflydelse på missionerne i den grønne forsknings- og innovationsstrategi.

Nærværende afrapportering af undersøgelsen er blevet sendt til kommentering hos Peter Karnøe, professor i innovation og bæredygtig omstilling på Aalborg Universitet, Flemming Gerhardt Nielsen, fhv. kontorchef i Energistyrelsen, Miljø og Energiministeriet og Energiministeriet, og Mattias Andersson, Senior Executive Officer på Danmarks Tekniske Universitet, DTU Vind og Energisystemer. DEA bærer alene ansvaret for rapportens indhold.

Boks 1 Interviewpersoner⁵

Interviewpersonerne kan have flere titler og hverv. Herunder fremgår de i den egenskab, de er blevet interviewet.

1. Anders Eldrup, formand, Kommissionen for grøn omstilling af personbiler, Copenhagen Cleantech Cluster, Danmarks Grønne Investeringsfond, Lindoe Offshore Renewables Center (LORC), Offshoreenergy.dk, Grøn Energi
2. Anders Stouge, viceadm. direktør, Dansk Energi
3. Anders Vedel, Chief Science Advisor, Vestas Wind Systems

⁵ Se endvidere udfoldet cv for interviewpersonerne i rapportens appendiks.

4. Arne Rahbek, Senior Communication and PRA advisor, Vattenfall Vindkraft
5. Carsten Orth Gaarn-Larsen, koncerndirektør, Danmarks Tekniske Universitet
6. Christian Bræin, specialkonsulent, Uddannelses- og Forskningsministeriet
7. Christina Aabo, forskningschef, Ørsted
8. Flemming Gerhardt Nielsen, fhv. kontorchef, Energistyrelsen
9. Frede Blaabjerg, professor i effektelektronik, Aalborg Universitet, AAU Energi
10. Frede Hvelplund, professor i energiplanlægning, Aalborg Universitet, Institut for Planlægning
11. Henning Jørgensen, Senior Scientific Manager, Novo Nordisk Fonden
12. Henrik Stiesdal, grundlægger og CEO, Stiesdal
13. Iva Ridjan Skov, lektor i energiplanlægning, Aalborg Universitet, Institut for Planlægning
14. Jacob Tornfeldt Sørensen, Group R&D Area Manager, DHI
15. Jacob Østergaard, professor i elteknologi, divisionschef, Danmarks Tekniske Universitet, DTU Vind og Energisystemer
16. Jan Hylleberg, adm. direktør, Wind Denmark
17. Jens Haisler, chefkonsulent, Uddannelses- og Forskningsstyrelsen
18. Kim Grøn Knudsen, Chief Strategy and Innovation Officer, Haldor Topsøe
19. Lykke Mulvad Jeppesen, Head of Energy Economics, Ørsted
20. Martin Hansen, vicedirektør, Energistyrelsen
21. Nicolai Zarganis, Head of Corporate Strategy, Andel
22. Per Hessellund Lauritsen, Offshore Research Manager, Siemens Gamesa Renewable Energy
23. Peter Hauge Madsen, institutdirektør, Danmarks Tekniske Universitet, DTU Vind og Energisystemer
24. Peter Karnøe, professor i innovation og bæredygtig omstilling, Aalborg Universitet, Institut for Planlægning, Center for Design, Innovation and Sustainable Transitions
25. Peter Mandix Sehestedt, chefkonsulent, Uddannelses- og Forskningsstyrelsen

26. Poul Erik Morthorst, professor i energiøkonomi, Danmarks Tekniske Universitet, DTU Vind og Energisystemer
27. Preben Jørgensen, institutdirektør, Danmarks Tekniske Universitet, DTU Elektro
28. Søren Hermansen, direktør, Energiakademiet
29. Søren Houmøller, Managing Director and Owner, 1st mile
30. Søren Linderøth, professor, institutdirektør, Danmarks Tekniske Universitet, Institut for energikonvertering og -lagring
31. Søren Rud Keiding, professor, formand for det tematiske udvalg, DFF | Tematiske midler – Grøn forskning, Danmarks Frie Forskningsfond
32. Thomas Bjørnholm, forskningsdirektør, VILLUM FONDEN
33. Troels Ranis, branchedirektør, DI Energi
34. Ulrik Stridbæk, Vice President of Regulatory Affairs, Ørsted

03

Politikken for vindenergi: sammenhænge, styrker og mangler

3 Politikken for vindenergi: sammenhænge, styrker og mangler

Staten har ikke stået bag en forkromet, samlet politisk satsning udviklingen og udbredelsen af vindteknologier, men har med svingende succes forsøgt at nære og understøtte den løbende teknologiudvikling inden for vedvarende energi med et væld af politiske instrumenter, hvoraf en del blev opfundet undervejs som politiske eksperimenter, der efterfølgende er blevet testet og omsat i praksis (Valentine 2013; Karnøe og Garud 2012). Den politiske historie om biogas og til en vis grad solvarme er i den sammenhæng knap så eventyrlige teknologiberetninger, hvilket vidner om, at staten ikke har haft tilsvarende succes med opbygningen af en lige så betydningsfuld industri omkring andre vedvarende energikilder.

Staten har været én af flere betydningsfulde faktorer for vindmølleindustriens udvikling. Med til den historie hører også faktorer som en udviklingsorienteret industri, et stærkt engagement fra bl.a. entreprenører og vindmøllelaug og et internationalt marked, som i høj grad har drevet efterspørgslen på vindteknologier fra producenter i Danmark (Karnøe 1991).

Omvendt har udviklingen af vindteknologier ikke været drevet frem alene af markeds kræfter, hvilket afspejles i de mange måder, hvorpå staten har forsøgt at skubbe på udviklingen af og styrke efterspørgslen på nye vindteknologier, mange årtier før de blev tilstrækkeligt omkostningseffektive til at kunne konkurrere med de statsstøttede fossile energiteknologier (Karnøe og Garud 2012). Uden statens tidlige indblanding ville investeringen i teknologierne bag vindkraft i lang tid ikke have været lige så attraktiv, teknologien ville ikke have modnet så hurtigt, som den gjorde, og vindenergi ville ikke have dækket 45 pct. af danskernes elforbrug, som det gjorde i 2020 (se rapportens kapitel "2 Indledning").

Der er derfor betydelig læring at hente fra den vindteknologiske historie i forhold til regeringens grønne forsknings- og innovationsmissioner, som regeringen forventer, vil bidrage med betydelige reduktioner af drivhusgasudslip på dansk jord inden 2030. Således forventer regeringen, at alene Power-to-X- og CCUS-teknologier skal levere ca. 35 pct. af de drivhusgasreduktioner på 10 mio. ton CO₂-e-ækvivalenter, som regeringen yderligere skal finde for at nå 70-pct.-målsætningen i 2030 (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet 2021d).⁶

Boks 2 Hvad er Power-to-X?

Power-to-X dækker over en række grønne teknologier, som kan løse en række specifikke udfordringer i den grønne omstilling af sektorer fra dele af transport- og industrisektoren, hvor der ikke eksisterer omkostningseffektive alternativer til fossil energi. Power-to-X kan med udgangspunkt i produktion af grøn brint levere grønne brændstoffer som brint, ammoniak, metanol og grønt flybrændstof til transportsektoren og industrien og kemikalier og materialer som ammoniak til gødning og plastik til danske virksomheder. Grøn brint fremstilles ved at spalte vand til ilt og brint i såkaldte elektrolyseanlæg, som er store, fleksible elforbrugere. Elektrolysen spiller godt sammen med store VE-anlæg, fordi de kan skrue op og ned for produktionen, afhængigt af at der er meget eller lidt VE-el i nettet og priserne dermed i store træk er lave eller høje.

Kilde: (Energistyrelsen 2021f)

⁶ Regeringen forventer at kunne levere reduktioner på op til 2,5-4,0 mio. ton CO₂ fra Power-to-X-teknologier i 2030, herunder op til 2 mio. ton inden for 70 pct.-målsætningen (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet 2021b) og drivhusgasreduktioner på ca. 1,4 mio. ton i 2030 fra CCS-teknologier (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet 2021a).

I det følgende kapitel sætter rapporten fokus på de politiske instrumenter, som ifølge DEAs undersøgelse har været væsentlige i forhold til at sætte rammerne for udvikling af vindenergiteknologier i Danmark (se tabel 2). Med politiske instrumenter henvises der til styringsteknikker, som involverer udnyttelsen af statslig autoritet eller den bevidste indskrænkning af samme med henblik på at påvirke karakteren, typerne, omfanget og fordelingen af samfundets goder og ydelser (Howlett 2005). Indledningsvist skitserer afsnit 3.1 kort den historiske udvikling frem til årtusindskiftet som baggrund for undersøgelsens fokus på perioden efter årtusindskiftet. De efterfølgende afsnit redegør for de politiske instrumenter i tabellen, herunder den politiske opbakning til vindenergi (afsnit 3.2), statens økonomiske støtte til vindkraftanlæg og til udvikling af markedet for vindenergi (afsnit 3.3), statens understøttelse af det lokale engagement i udbygning af vindenergi (afsnit 3.4) og statens støtte til forskning, udvikling og demonstration (afsnit 3.5) efterfulgt af en sammenligning af energi- og forskningspolitikken (afsnit 3.6).

Tabel 2 De væsentligste politiske instrumenter til understøttelse af udvikling og udbredelse af energiteknologier

Formål	Politisk instrument
Tilkendegivelse af politisk efterspørgsel på vindenergi	- Politiske aftaler*
Økonomisk støtte til vindkraftanlæg	- Prisstøtte - Offentlige udbud af havvindmølleparker - CO ₂ -afgift - Oprindelsesgarantier - Energibeskatningssystem - EU's CO ₂ -kvotesystem - Risikovillig kapital (Danmarks Eksportkredit, Vækstfonden, Danmarks Grønne Investeringsfond)
Støtte til udvikling af marked for vindenergi	- Planlægning for områder til opførelse af vindmøller - Adgang til elnettet - Prøvestationer til certificering
Styrke lokalt engagement i udbygning af vindenergi	- Værditabsordningen - Køberetsordningen - Grøn ordning - Garantifonden
Støtte til forskning, udvikling og demonstration	- Prøvestationer til test og demonstration - Offentlige forsknings- og innovationsfinansierende fonde, herunder Danmarks Frie Forskningsråd, Det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram, Innovationsfonden samt de nu afviklede fonde DSF, Rådet for Teknologi og Innovation, Højteknologifonden, ForskEL og Energiforskningsprogrammet

Anm.: * Den politiske aftaletekst afspejler tilkendegivelse af den fremadrettede politiske opbakning til teknologier inden for vedvarende energi – herunder vindenergi.

De fleste af statens instrumenter, der har understøttet vindteknologier, har været rettet mod vedvarende energiformer bredt set, herunder vindenergi, solenergi, bioenergi og bølgekraft. Overordnet afspejler den politiske historie på vindenergiområdet en skiftende balance mellem teknologineutrale og teknologispecifikke politiske instrumenter. Den optimale balance er ikke entydig. På den ene side er udfordringen med at udvikle et emissionsfrit energisystem kompleks og vil kræve mange forskellige teknologiske fremskridt. De mest lovende fremskridt kan være højst usikre og svære at forudse. Enkelte teknologier kan vise sig at fejle, hvorfor det er væsentligt at forsøge at sprede den offentlige støtte – og dermed risikoen – ud på flere teknologier. På den anden side er energiteknologier ofte omkostningsfulde at udvikle og udbrede, hvorfor det i praksis kan være en økonomisk udfordring at sprede den offentlige støtte for meget, hvorved den enten spredes for tyndt eller bliver for stor en omkostning (Mowery 2012). Yderligere har Klimarådet tidligere påpeget, at mens

teknologineutrale udbud kan medvirke til at sikre, at samfundet får de teknologier, der på kort sigt producerer vedvarende energi billigst, er der samtidig risiko for, at udbudsdesignet eller rammebetingelserne giver én teknologi ubegrundede fordele over for andre teknologier. Teknologineutrale udbud har i flere tilfælde – bl.a. i USA og Spanien – haft en tendens til at resultere i en dominerende teknologi (Klimarådet 2017b).

DEAs undersøgelse af sammenhænge, styrker og mangler i statens politik på vindenergiområdet stiller skarpt på perioden efter 2000, hvor vindmøller i Danmark for alvor begyndte at vokse i størrelse og kapacitet. Det er en periode, som har været farvet af liberaliseringen af elmarkedet, udbygning af vindkraft på havet, efterspørgslen på stadig større møller og en betydelig stigning i produktionen af strøm fra vindenergi i Danmark. Men for at forstå statens rolle efter årtusindskiftet – ikke mindst hvad der karakteriserer politikken i en periode med voldsom opskalering af vindteknologier – er det nødvendigt at have et vist kendskab til statens rolle frem til årtusindskiftet, som har lagt fundamentet for de sidste 20 års politiske udviklinge og udbredelse af vindteknologier.

3.1 1920-2000: Støtte til forskning, lokale iværksættere og vindmøllelaug

I modsætning til i dag var udviklingen af vindteknologier i Danmark i størstedelen af det 20. århundrede i høj grad drevet frem af iværksættere, andelsforeninger og civilsamfund og i mindre omfang af staten, som dog påtog sig en stigende rolle med at understøtte udviklingen af vedvarende energi i de sidste årtier frem mod årtusindskiftet. Opførelsen af vindmøller fandt således sted på initiativ fra mindre private investorer, grupper eller virksomheder, som finansierede møllerne ud af egen lomme (Hvelplund, Østergaard, og Meyer 2017; Johansen 2021; Pettersson m.fl. 2010). Den teknologiske udvikling og innovation var inkrementel og præget af en praksisnær tilgang til konstruktionen af nye møller, hvor håndværk og ingeniørviden spillede sammen (Buen 2006; Kamp 2004; Karnøe 1991; Sovacool 2013).

Danmarks første elproducerende vindmølle blev opført i 1891 af Poul la Cour, der efterfølgende arbejdede for at udbrede små, lokale elværker drevet af vindenergi. I 1920'erne havde mellem 20.000 og 30.000 landbrug installeret vindmøller, som leverede strøm til maskiner, vandpumper m.m., og i takt med at vindmøllerne voksede i størrelse, fandt lokale grupper sammen i vindmøllelaug, hvor flere ejede andele i vindmøller. I slutningen af 1990'erne ejede vindmøllelaug og individer fortsat hovedparten af de 6.300 operative vindmøller (Johansen 2021; Niels I. Meyer 2007). Efter 2000 blev ejerforhold i det danske energisystem i stigende grad centraliseret, efter at store virksomheder fik større ejerskabskontrol (Eikeland og Inderberg 2016). Således opkøbte svenske Vattenfall og det danske statsejede olieselskab Dong hovedparten af de nationale kraftværker og adskillige lokale forsyningsselskaber.

Frem mod årtusindskiftet har de politiske instrumenter til understøttelse af udvikling og udbredelse af vindteknologier ændret sig i takt med teknologiernes udvikling. Staten har satset på støtte til forskning, etableringsstøtte, prisstøtte, skattefradrag, adgang til eltransmissionsnettet og planlægning for arealer til udbygning af vindkraftanlæg.

I 1920'erne begyndte staten at støtte forskning i vindkraft, og i kølvandet på Anden Verdenskrig etablerede staten en dansk vindkraftkomite og søgte støtte gennem Marshall Planen til yderligere forskning i vindkraft (Johansen 2021), hvilket resulterede i et statsstøttet forskningsprogram for vindenergi i 1970'erne (Sovacool 2013).

I tillæg til forskningsstøtten indførte staten i 1970'erne støtte til elproduktionen gennem garanteret pris til producenter af strøm fra vindmøller, støtte til opførelse af vindmøller gennem anlægsstøtte til vedvarende energi – herunder certificerede vindmøller – og støtte til, at producenter kunne handle deres strøm på et marked ved at garantere vindmølleejere adgang til eltransmissionsnettet (Johansen 2021; Sovacool 2013). Anlægsstøtten blev gradvist udfaset frem mod slutningen af 1980'erne, som også var årtiet, hvor staten øgede støtten til elproduktionen gennem skatterefusion for CO₂-skat (helt) og energiskat (delvist) for investeringer i vindmøller (Mendonça, Lacey, og Hvelplund 2009). Ifølge flere interviewpersoner i DEAs undersøgelse blev anlægsstøtten med tiden for ineffektiv for staten, i takt med at effektiviteten af møllerne og dermed også forretningen for mølleejere blev bedre. I 1985 indgik regeringen den første aftale med danske elselskaber, der med frivillig tvang skulle foretage udbygning af vindkraft på land. Disse aftaler for elselskabers udbygning blev fulgt op i 1990'erne med statens pålæg om, at elselskaber skulle udbygge en række store havvindmølleparker.

Yderligere pålagde staten i begyndelsen af 1990'erne danske kommuner at udpege arealer til udbygning af vindkraft. Forsyningsværkerne blev imidlertid forsinkede i forhold til aftalen om opførelse af vindkraftanlæg, hvilket bl.a. skyldtes lokale protester. I slutningen af 1990'erne præsenterede regeringen den første plan for udbygning af havvindmøller (Buen 2006). I 1996 blev tariffen for *Public Service Obligations*-systemet – bedre kendt som PSO-tariffen – indført ved lov, hvor forbrugerne blev pålagt at købe en bestemt andel af vedvarende energi til en fast pris, og dermed blev statsstøtten til vedvarende energi efterfølgende finansieret af forbrugerne (Eikeland og Inderberg 2016).

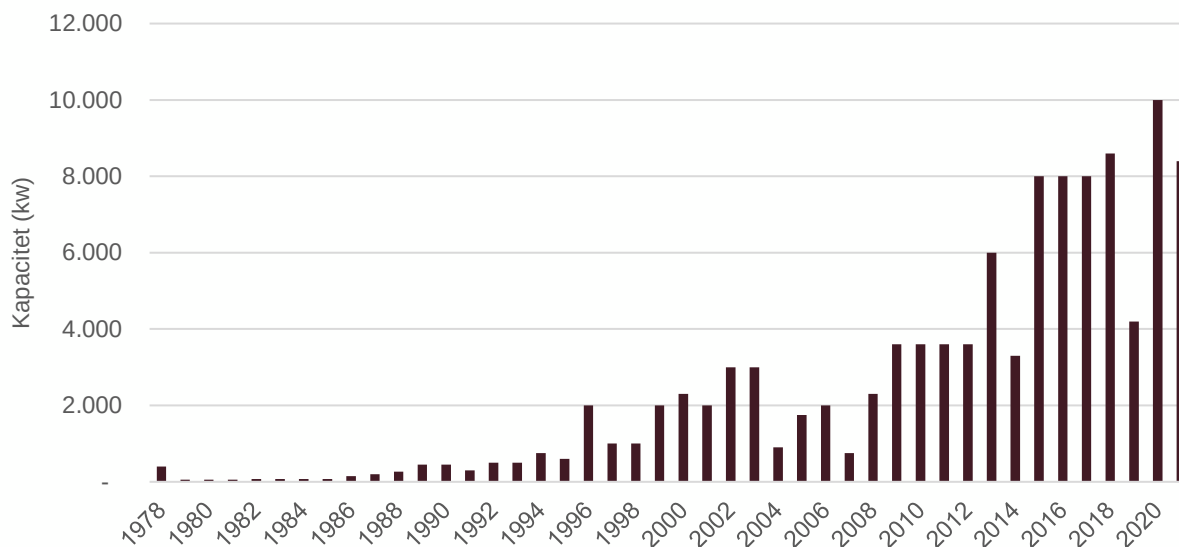
I en politisk kontekst var interessen for atomkraft i Danmark efter Anden Verdenskrig større end for vindkraften, men det blev i stigende grad udfordret af anti-atomkraft-bevægelsen op gennem 1970'erne frem mod 1986, hvor de politiske planer om udvikling af atomkraft i Danmark blev afvist (Ratinen og Lund 2012). Samtidig forstærkede den internationale oliekrise i 1970'erne danske politikeres interesse for national energiproduktion gennem vedvarende energikilder som et spørgsmål om national energiforsyningssikkerhed (Buen 2006). Energifpolitikken har historisk været præget af brede politiske forlig, og i 1976 så Danmarks første, langsigtede energiplan dagens lys, og den formulerede ambitionen om at integrere mere vedvarende energi i det danske energisystem (Johansen 2021). I 1978 banede Prøvestationen for mindre vindmøller på Forskningscenter Risø vejen for, at Risø – oprindeligt etableret som et dansk center for forskning i atomkraft – gik ind i vindenergiområdet med fokus på kvalitetssikring af danske vindmøller (Beuse m.fl. 2000).

1980'erne så en begyndende industrialisering af vindenergiproduktion i Danmark – herunder en gryende eksportsucces – samtidig med at det danske hjemmemarked voksede kraftigt (Karnøe 1991). Det danske energimarked blev åbnet op for Europas indre marked på energiområdet, hvor Danmarks frie valg af virkemidler og støtte i disse år blev begrænset af EU's generelle regulering på konkurrenceområdet, som bl.a. førte til, at Danmark afviklede investeringsstøtten til vindmøller i 1989 (Hansen, Münster, og Boldt 2005). 1990'erne var præget af en stigende liberalisering af energimarkedet (Eikeland og Inderberg 2016; Meyer 2004), som i Danmark først blev åbnet delvist i 1990'erne og i 00'erne helt op for decentrale udbydere af vindkraft (Ratinen og Lund 2012).

Fra 1993-2001 blev energi-, miljø- og klimapolitik vævet tæt sammen under miljø- og energiminister Svend Auken, som med fokus på grøn vækst og bæredygtig udvikling – herunder reduktioner i drivhusgasudledning – bl.a. initierede dels statsstøtte til udskiftning af ældre, mindre vindmøller med større og mere effektive vindmøller, dels planerne om opførsel af fem havvindmølleparker (Johansen 2021).

I takt med det voksende hjemmemarked skete der en betydelig forøgelse af størrelsen af vindmøllerne, hvor kapaciteten for de største møller opført herhjemme voksede fra 55 kW i 1980 til 2,3 MW i 2000 (se figur 2). Særligt perioden 1984-1986 var præget af en forceret opskalering, hvor danske virksomheder oplevede en enorm efterspørgsel fra Californien og til dels det danske hjemmemarked, og hvor virksomheder i Danmark blev udfordret med hensyn til at skalere og bygge mange, større og nye typer møller til mere barske vind og vejrforhold i Californien, hvilket bl.a. resulterede i svingende produktkvalitet og en akut efterspørgsel på veludviklede kompetencer i industrien på alle niveauer (Karnøe 1991).

Figur 2 Udviklingen i kapaciteten for de største vindmøller opført i Danmark i perioden 1978-2020



Kilde: Energistyrelsens stamdataregister for vindkraftanlæg, ultimo december 2021

Sidenhen er de største vindmøller på markedet vokset i kapacitet til 10 MW samtidig med, at der demonstreres 15 MW-møller. Som de kommende afsnit afspejler, er udbygningen af vindkraft fortsat betydelig, ikke mindst i kraft af de stadig større udbudte havvindmølleparker. Alene fra 2013 til 2021 er andelen af danskernes strømforbrug, som stammer fra vind, vokset fra 30 til 45 pct. (se figur 1 på side 16). Udviklingen i de seneste årtier vidner således om en opskalering af teknologien bag og en udbygning af vindkraft, som ikke er ulig den industrielle opskalering, regeringen har som mål at understøtte med forsknings- og innovationsmissionen om grønne brændstoffer på under ti år. Regeringen sigter således efter at bygge 4-6 GW elektrolysekapacitet til produktion af grønne brændstoffer inden 2030 (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet 2021b) fra en kapacitet på 0 i 2021 (Energistyrelsen 2021e).

3.2 Politisk opbakning til vind: historien om turbulente politiske forlig?

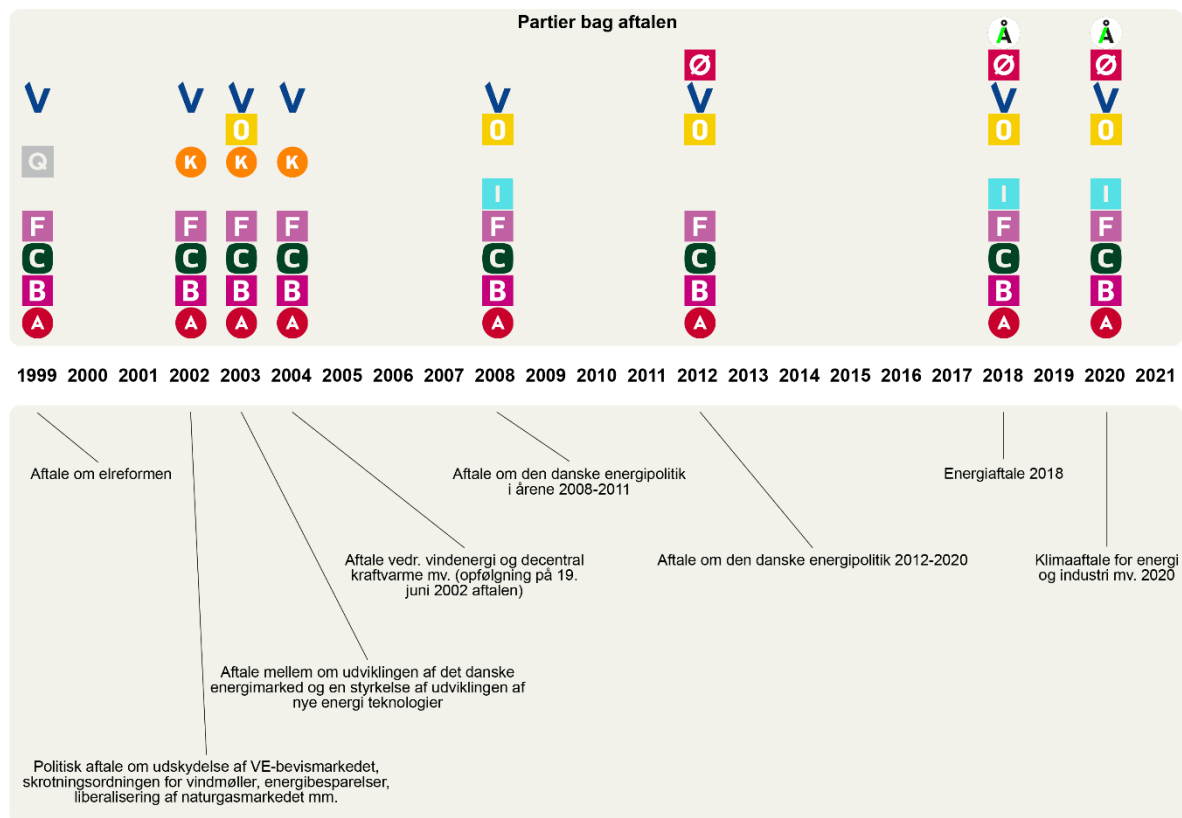
De seneste årtier har udviklingen og udbredelsen af vindteknologier været understøttet af politisk brede energiaftaler på tværs af siddende regeringer og oppositionspartier (Ropenus og Jacobsen 2015; Eikeland og Inderberg 2016; Johansen 2021). Mens de politiske instrumenter i energiaftalerne vil blive behandlet i de følgende afsnit, stiller dette afsnit skarpt på karakteren af den politisk brede opbakning.

De politiske aftaler på energiområdet har siden 1999 nydt opbakning blandt hovedparten af Folketingets politiske partier, hvor Socialdemokratiet (A), Radikale Venstre (B), Det Konservative Folkeparti (C), Socialistisk

Folkeparti (F), og Venstre (V) har været med alle årene, og Liberal Alliance (I) og Alternativet (Å) har været med, siden partierne blev stiftet og kom i Folketinget (se figur 3). Således er det kun Kristendemokraterne (K) – tidligere kendt under navnet Kristeligt Folkeparti (Q) – Dansk Folkeparti (O) og Enhedslisten, der enkelte år har stået uden for aftalerne, og Nye Borgerlige (i Folketinget i 2019) som ikke er med i aftalen "Klimaaf tale for energi og industri mv. 2020".⁷

Ydermere er det væsentligt at bide mærke i, at energiaftalerne i dansk politik de sidste 20 år har været præget af flerårige aftaler for vindenergi. Aftalen fra 1999 om elreformen forpligtede aftalepartierne med hensyn til rammer for elsektorens udbygning med vedvarende energi frem til 2003. "Aftale om den danske energipolitik i årene 2008-2011" fulgte op på den politiske intention om at tilkænde give politisk stabilitet i en længere år-række. Her skiller energiaftalen fra 2012 sig ud ved at ville sætte den politiske ramme for energipolitikken i en periode på ti år. "Energi aftale 2018" gjaldt oprindeligt for perioden 2020-2024, men den blev erstattet af "Klimaaf tale for energi og industri mv. 2020" for perioden 2020-2024.

Figur 3 Politiske aftaler på vindenergiområdet siden 1999



Kilde: (Regeringen (Socialdemokraterne og Radikale Venstre) m.fl. 1999; Regeringen (Venstre og Det Konservative Folkeparti) m.fl. 2002; 2003; 2004; 2008; Regeringen (Socialdemokraterne, Det Radikale Venstre og Socialistisk Folkeparti) m.fl. 2012; Regeringen (Venstre, Liberal Alliance og Det Konservative Folkeparti) m.fl. 2018; Regeringen (Socialdemokratiet) m.fl. 2020).

Anm.: Liberal Alliance (I) opstod som nyt parti i Folketinget i 2008 og udsprang af Ny Alliance grundlagt i 2007. Alternativet (Å) blev stiftet i 2013 og kom i Folketinget i 2015.

⁷ Partiet Frie Grønne blev først oprettet i 2020 efter at "Klimaaf tale for energi og industri mv. 2020" blev indgået.

Men brede, flerårige politiske aftaler har ikke været ensbetydende med stabil politisk opbakning til energipolitikken. I kontrast til aftalerne i 1999, 2008, 2012, 2018 og 2020 glimrer de politiske aftaler i 2002-2004 ved manglende langsigtede visioner. Aftalerne under de første år af regeringen Anders Fogh Rasmussen er mere kortfattede og specifikt møntede på enkelte konkrete initiativer uden tilkendegivelse af perioden for aftalernes gyldighed for den samlede energipolitik.

Flere interviewpersoner argumenterer for, at enkelte politikere har spillet en stor rolle i energipolitikken. Således fremhæver de den betydelige rolle, som Svend Auken spillede i at udvikle politiske rammebetingelser og støtteordninger for udbredelsen af vindenergi. Under regeringen Poul Nyrup Rasmussen blev kommuner pålagt i kommuneplanen eller kommuneplantillæg at tage stilling til, hvor og i hvilket omfang der kunne opføres vindmøller (Energistyrelsen 2011). I de efterfølgende år, hvor Svend Auken sad som miljø- og energiminister fra 1994 til 2001 (Energistyrelsen 2016), spillede han ifølge flere interviewpersoner en afgørende rolle med hensyn til at drive udviklingen af vedvarende energi som vindteknologier i Danmark, først på land og i stigende grad til havs i erkendelsen af den begrænsede folkelige opbakning til udbredelse af landvindmøller i det omfang, som var påkrævet for at efterleve de politiske ambitioner om udbygning af vedvarende energi. I 1996 blev elværkerne påbudt at etablere yderligere 900 MW vindkraftanlæg frem til 2005, og i 1998 blev der givet pålæg til elværkerne om udbygning med 750 MW havvindmølleplanlæg frem til 2008 fordelt på fem parker (Energistyrelsen 2011). I 2002 besluttede regeringen Anders Fogh Rasmussen – som var imod statsstøtte til vindkraft og ikke anså klimaudfordringen som væsentlig – imidlertid at reducere planerne om fem havvindmølleparker til to parker, hvorefter Svend Auken og oppositionspartierne beskyldte økonomi- og erhvervsminister Bendt Bendtsen for aftalebrud (Berlingske Business 2002).

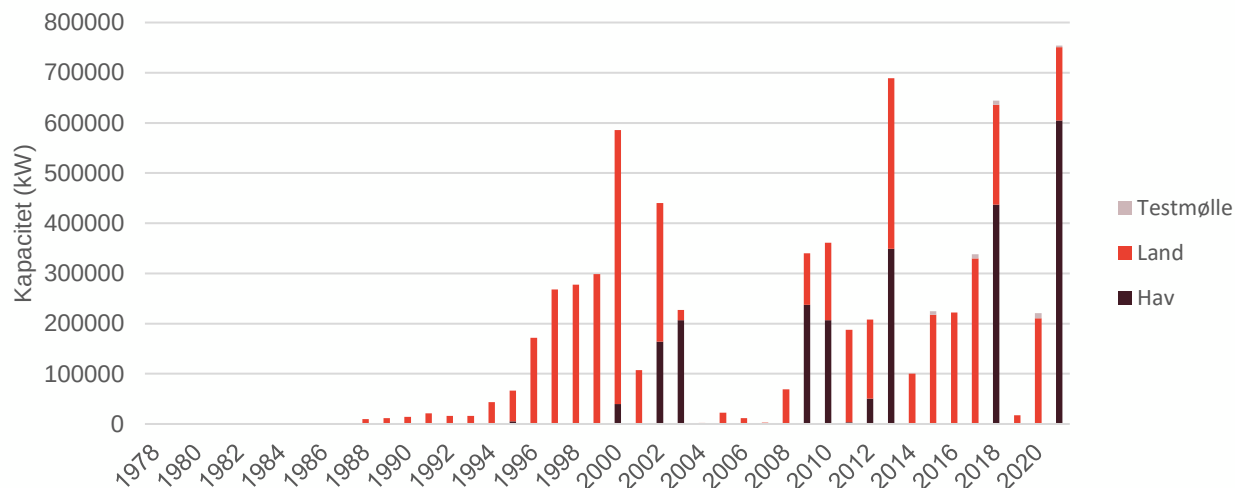
Perioden 2001-2007 var en periode med mindre statslig indblanding i understøttelsen af energipolitikken – herunder vindteknologier. Miljø- og Energiministeriet blev nedlagt, energipolitikken blev splittet op og lagt under forskellige ministerier, herunder Økonomi- og Erhvervsministeriet frem til 2005 og Transport og Energiministeriet frem til 2007. Politisk var perioden præget af visioner for mere frie markedsmekanismer (Mendonça, Lacey, og Hvelplund 2009; Mortensen 2018). Eller – som Bendt Bendtsen formulerede det – et ønske om, at havvindmølleparker skulle opføres uden statsstøtte, og at kraftværkerne blev fritaget for pålægget om at bygge parkerne for derigennem at spare elkunderne for en omkostning på tre øre på prisen for en kilowatt-time forbundet med udbygningen af havvindmøller (Berlingske Business 2002).

Betydningen af skiftet i energipolitikken fra 2001-2007 er ikke til at tage fejl af: som figur 4 viser, gik udbygningen af vindkraftanlæg fra land- og havvindmøller, som ellers havde oplevet betydelig udvikling i årene forinden, stort set i stå fra 2004 til og med 2007. Særligt den årlige udbygning af kapaciteten for vindmøller på land var historisk størst i slutningen af 1990'erne og har sidenhen ikke oplevet tilsvarende højder med undtagelse af 2013 og 2017. Figuren illustrerer desuden betydningen af den politiske prioritering af udbud af havvindmølleparker, som med et par års mellemrum bliver opført efter årtusindskiftet. Igen er det her påfaldende, hvordan Fogh Rasmussen-regeringens nedprioritering af statens rolle i udbygningen af havvindmøller slår igennem i perioden 2005-2009.

Ifølge en stor del af interviewpersonerne afspejler de første seks år af regeringen Anders Fogh Rasmussen betydningen af politisk opbakning og støtte til udviklingen af vindteknologier, som i 00'erne ikke var tilpas omkostningseffektive til at kunne konkurrere med de statsstøttede fossile teknologier. Da statsstøtten og måske endnu mere væsentligt den politiske opbakning til udbygningen af vindenergi mindskedes, gik markedet for udbygning af vindenergi i stå. Flere interviewpersoner fremhæver, at det ikke kun var et udtryk for, at

politiske instrumenter til at understøtte markedsudviklingen blev afskaffet, som det var tilfældet med det politiske pålæg til elværkerne om at bygge havvindmølleanlæg. Den stagnerende udbygning af vind var lige så meget markedets reaktion på en vaklen i den langsigtede politiske opbakning til vindenergi, en *stop-go*-politik som blandt andre investorer i vindkraftanlæg reagerede negativt på.

Figur 4 Årlig udbygning af kapaciteten for vindkraftanlæg i perioden 1978-2020



Kilde: egne beregninger på baggrund af data fra Energistyrelsen 2022

Den politiske opbakning til udviklingen af vindteknologier har ikke været konstant, ligesom den ikke har været farvet alene af de energipolitiske aftaler. Det seneste halve århundrede har skiftende partipolitiske koalitioner haft held til at dominere energipolitikken både i form af indholdet af de politiske energiforlig og i implementeringen af energiaftalerne. Det er sket under indflydelse fra forskellige interesseorganisationer og samfundsinstitutioner, som har udøvet deres indflydelse på diskussionen om statens rolle i udviklingen af vindenergiteknologier (Mortensen 2018). Vindkraft har løbende været underlagt politiske uenigheder, og selv brede forlig som 2012-aftalen er efterfølgende blevet genstand for politiske diskussioner om statens ambitioner om at understøtte vindkraftanlæg (Karnøe og Jensen 2017), ligesom det var tilfældet med debatten om havvindmølleparkerne i 2002. På implementeringssiden mødte Miljø- og Energiministeriet eksempelvis pres fra Finansministeriet i forhold til at reducere de betydelige produktionstilskud til elektricitet fra vedvarende energi, og parallelt med de nationale politiske armlægninger har den danske regering ført forhandlinger med EU-Kommissionen om de danske støttesatser (Energistyrelsen 2011). I den forbindelse har EU-Kommissionen påvirket den danske energipolitik med kommissionens generelle pres for deregulering af nationalstaternes energisektorer – herunder det danske fokus på lokalt ejerskab af vindmøller, statslig planlægning for udbygning af vindkraftanlæg og statsstøtte (Eikeland og Inderberg 2016).

I 2007 – to år før FN's klimakonference i København – foreslog regeringen Anders Fogh Rasmussen at øge statsstøtten til vindmøller (Energistyrelsen 2011). Energiområdet lagde atter engang navn til et ministerium i form af regeringen Anders Fogh Rasmussens nyoprettede Klima- og Energiministerium, udbud af havvindmølleparker blev genintroduceret, støtten til forskning og udvikling inden for energiteknologier steg til hidtil usete niveauer, og det hele blev nu begrundet med ambitionen om at sikre forsyning af vedvarende energi, når olie- og gasforsyninger fra Nordsøen ville løbe tør (Eikeland og Inderberg 2016). Året efter indgik alle partier i Folketinget med undtagelse af Kristendemokraterne og Enhedslisten "Aftale om den danske energipolitik i årene 2008-2011", og udbygningen af vindkraftanlæg begyndte så småt at vokse igen.

3.3 Løbende vedligehold af et langsigtet markedstræk

Gennem de sidste årtier har staten spillet en nøglerolle i vedligeholdet af en langsigtet markedsefterspørgsel på vedvarende energi – herunder vindenergi. Statens regulatoriske regime har på tværs af forskellige regeringer – og med varierende niveauer – prioriteret økonomisk støtte til vindkraftanlæg samt støtte til udvikling af markedet for vindenergi. Alene produktionsstøtten til land- og havvind lå på 473 mio. kr. i 2004 og steg til knap 4,8 mia. kr. i 2020.

Frem til 2016 var statens støtte til produktion af vedvarende energi og til forskning, udvikling og demonstration finansieret af PSO-tariffen. Folketinget indførte PSO-tariffen i forbindelse med en aftale om liberalisering af energimarkedene i 1998. PSO-midlerne skulle dække udgifter til nye energiteknologier, der endnu ikke var i stand til at klare sig uden statsstøtte (Energistyrelsen 2017c). Den offentlige støtte til vedvarende energiteknologier var dermed finansieret af elforbrugerne. I 2016 blev der indgået en politisk aftale om gradvist at afskaffe PSO-tariffen frem mod 2022, hvorefter den forbrugerbetalte PSO-tarif blev fuldt ud indfaset på finansloven. Dermed overgik statsstøtten til vedvarende energi fra elregningen til at blive en del af de politiske finanslovsforhandlinger om statens samlede budget.

I det følgende gennemgås de efterspørgselsorienterede politiske instrumenter, som ifølge nærværende undersøgelse har været afgørende i forhold til at understøtte markedet for vindenergiteknologier efter årtusindskiftet.

3.3.1 En betydelig prisstøtte til endnu ikke omkostningseffektive vindteknologier

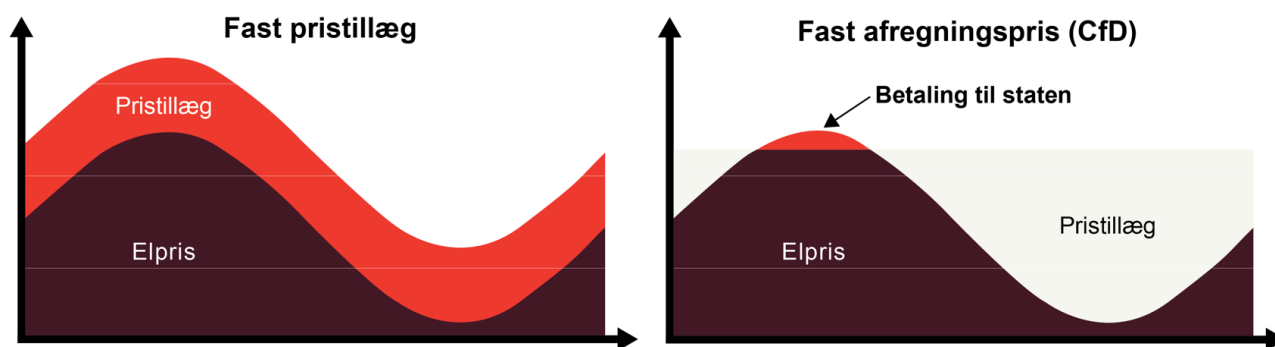
Gennem de sidste mere end 30 år har energiproduktionen fra møller været subsidieret af forskellige former for prisstøtte fra staten som kompensation for, at omkostninger forbundet med produktionen af vindenergi har været større end omkostningerne forbundet med den tungt statsstøttede produktion af fossil energi (Ea 2015). Prisstøtten har bidraget til at mindske risikoen forbundet med produktion og salg af vindenergi, hvor indkomsten for producenten er betinget af forhold, der ikke kan kontrolleres, såsom mængden af vind hen over året og svingende priser på elmarkedet.

Prisstøtten er blevet kaldt et af de mest succesfulde incitamentsskabende politiske instrumenter, som har bidraget til at promovere vedvarende energiteknologier, bl.a. på grund af de længerevarende kontrakter for prisstøtten, som har givet producenter og investorer både stabilitet og forudsigelighed i forhold til de betydelige investeringer, som de selv har lagt i udviklingen og modningen af vedvarende energiteknologier (Lu m.fl. 2020). Ikke overraskende vurderer private investorer således prisstøtte som et højst effektivt politisk instrument i forhold til at stimulere private investeringer i vedvarende energiteknologier (Bürer og Wüstenhagen 2009).

Prisstøtte blev oprindeligt introduceret i dansk energipolitik i 1980'erne gennem forskellige former for produktionsstøtte og samlet i et nyt instrument i 1993 (Lu m.fl. 2020), herunder til støtte af udbredelsen af vindenergi. Til at starte med blev tilskuddene til vedvarende energiteknologier, herunder landvindmøller, givet i form af faste pristillæg (*fixed feed-in tariffs*) baseret på omkostninger forbundet med hver energiteknologi uafhængigt af markedsprisen og med yderligere fuld refusion af CO₂-afgift og delvis refusion af energiafgift (Mendonça, Lacey, og Hvelplund 2009). Efter årtusindskiftet indførtes støttemodellen med en fast pengepræmie lagt oveni markedsprisen (*feed-in premium*) (Ropenus og Jacobsen 2015). For udbudte havvindmøller benytter staten en afregningspris, *contract for difference* (CfD), der varierer niveauet af den statslige støtte i forhold til

markedsprisen, hvor statens pristillæg beregnes ved at fratrække el-markedsprisen fra en fast afregningspris, som producenten er sikret (Klimarådet 2017a). Forskellen på fast henholdsvis fast pristillæg og fast afregningspris er illustreret i figur 5. Med den faste afregningspris under CfD-modellen nedbringer staten således usikkerheden ved markedsprisen på el i den periode, kontrakten gælder, hvilket gør det mere attraktivt for investorer at lægge deres investeringer i havvind. Prisstøtten har typisk fundet sted med eller uden loft, ligesom støtten typisk er blevet tildelt inden for et afgrænset tidsrum eller til et begrænset antal fuldlasttimer.

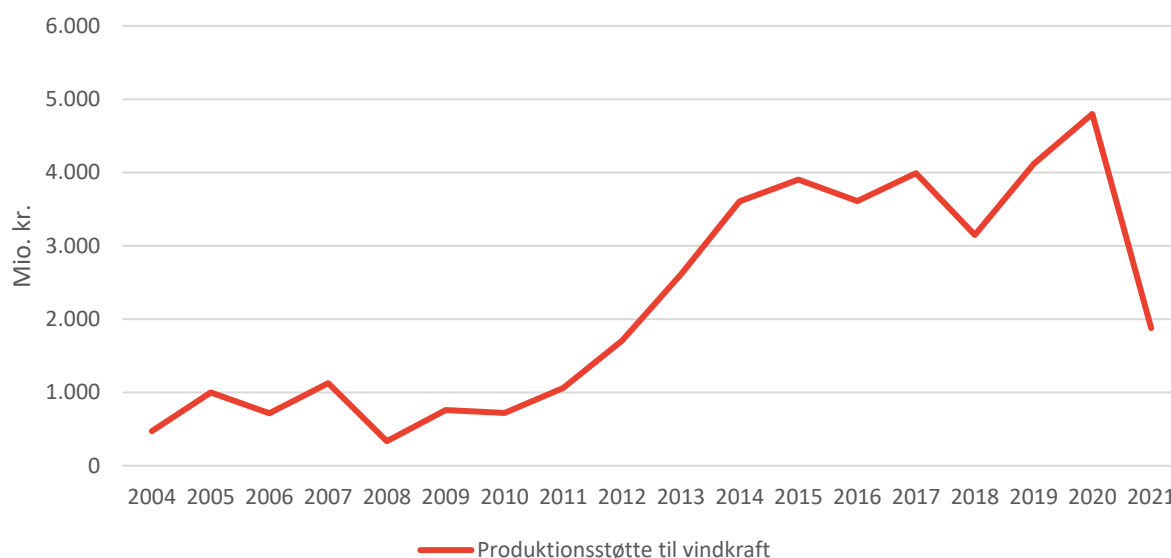
Figur 5 illustration af to forskellige modeller for pristillæg til el produceret af vindmøller



Kilde: Klimarådet 2017b

Produktionsstøtten til land- og havvind, som hovedsageligt udgøres af prisstøtte, er steget fra knap en halv mia. kr. i starten af 00'erne til i perioden 2015 til 2020 at have ligget på ca. 4 mia. kr. årligt (se figur 6). Grundet stigende elpriser i 2021 faldt statens støtte med knap 3 mia. kr. i forhold til året før.

Figur 6 Statens produktionsstøtte til energi fra land- og havvindkraftanlæg i Danmark i perioden 2004-2021



Kilde: Energistyrelsen 2022.

Anm.: Opgørelsen indeholder de realiserede direkte støtteudgifter til produktion af landvind og havvind. Disse udgifter har tidligere været fuldt ud finansieret via en PSO-tarif, som udgjorde en del af forbrugernes elregning. Med "Aftale om afskaffelse af PSO-afgiften" fra november 2016 blev det besluttet, at udgifterne finansieres fuldt ud via finansloven fra og med 2022. Frem mod 2022 har der været en gradvis indfasning, således at en del af udgifterne dækkes via PSO-tariffen og en del via finansloven. Tallene for 2021 er foreløbige.

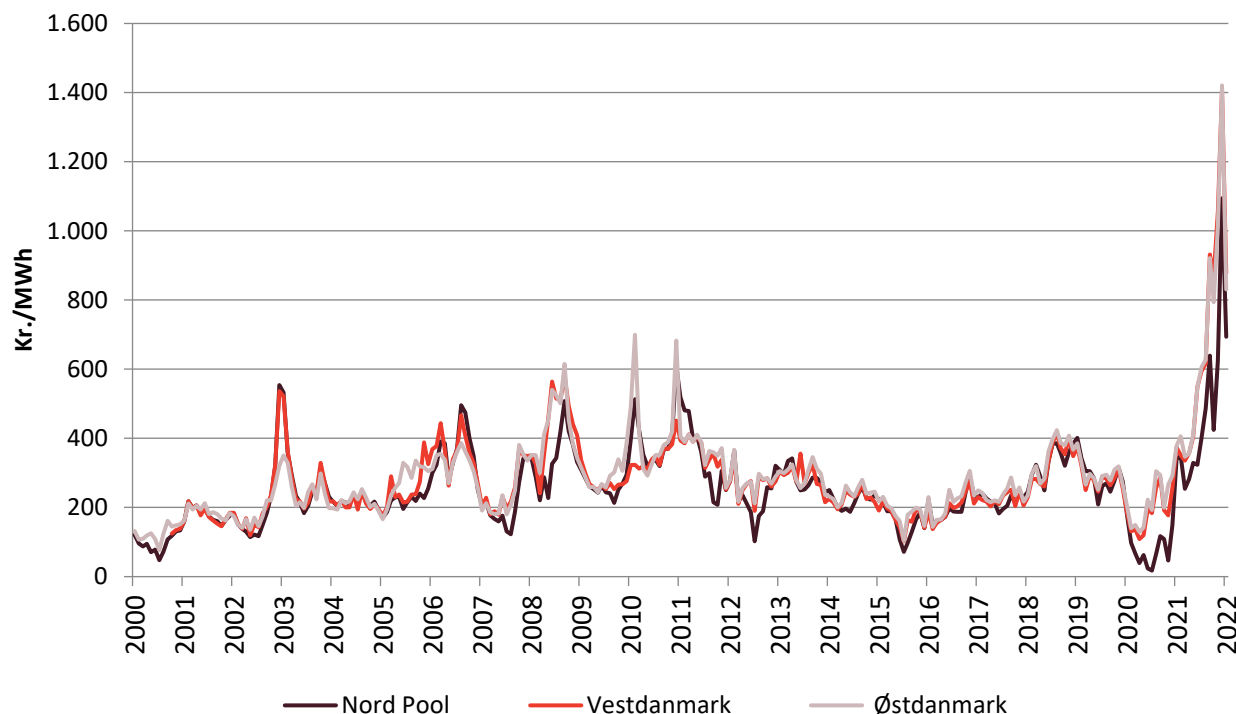
Under pres fra EU, der ønskede at harmonisere nationale støtteordninger, søgte et flertal i Folketinget ved starten af 2000 at erstatte prisstøtte med oprindelsesgarantier⁸ – også kendt som grønne certifikater – hvor producenter af vedvarende energi ville kunne supplere deres indtægter gennem markedsprisen på strøm fra vindenergi med indtægter fra salg af certifikater på, at de producerede grøn strøm (Meyer 2007). Grundet komplikationer relateret til driften af et system for oprindelsesgaranter blev modellen udskudt og i stedet erstattet af en række forholdsvis komplicerede transitionsregler for vedvarende energi, hvorunder prisstøtten fortsatte som feed-in premium for landvindmøller fra 2002 (Mendonça, Lacey, og Hvelplund 2009). Niveauet for feed-in-premium var imidlertid forholdsvis lave i årene herefter under Fogh Rasmussen-regeringen, hvilket begrænsede incitamentet til udvidelse af landvind i Danmark (Ropenus og Jacobsen 2015). De forskellige former for prisstøtte har historisk ændret karakter og tilpasset sig, eksempelvis når det politisk er blevet anset for for omkostningsfuldt for staten, eller instrumentets incitamentsstruktur har medført uhensigtsmæssig adfærd på markedet (Kirch Kirkegaard m.fl. 2021).

Den månedlige udvikling i elprisen på Nord Pool-elmarkedet – herunder prisen for Vest- og Østdanmark – de sidste 20 år dækker over betydelige udsving (se figur 7). Særligt er prisen steget betydeligt det sidste års tid, hvilket (jf. figur 5) har betydet et fald i statens prisstøtte til elproduktion fra vindmøller. Elprisen påvirkes hovedsageligt af prisen på CO₂, prisen på andre brændstoffer – herunder fossile brændstoffer, især gas – udbygningen af vedvarende energi i Danmark såvel som i landene omkring os, variationer i vejrforhold (vind, sol, nedbør), tilgængelighed og kapacitet af elforbindelser mellem Danmark og udlandet samt udetid for forskellige kraftværker (navnlig atomkraft) (Energistyrelsen 2017a). Klimarådet vurderede i 2022, at der er en relativt lav risiko for, at etablering af havvind – som vil være den primære kilde til mere vindenergi i Danmark i fremtiden – fremover vil kræve betydelig støtte fra staten (Klimarådet 2022a). Frem mod 2040 forventer Energinet imidlertid, at elprisen vil falde, og behovet for statsstøtten stige, hovedsageligt drevet frem af forventningen om en betydelig udbygning af europæisk vind- og solenergi, som en forventeligt svagere stigning i CO₂-kvotepriser ikke kan kompensere for (Energinet 2021b).

Usikkerheden om elprisen og mængden af vind i fremtiden betyder, at der fremover kan være behov for offentlig prisstøtte til etableringen af vindkraftanlæg, til trods for at teknologiudviklingen gradvist har bidraget til at sænke omkostningerne til havvind, og at denne tendens forventes at fortsætte (Energistyrelsen og Energinet 2017). De forholdsvis store udgifter er usikre for producenter og investorer at kalkulere med i beregninger af produktionsomkostningerne for en enhed elektricitet, målt over en vindmølleparks levetid.

⁸ Oprindelsesgarantier gennemgås længere nede i afsnittet.

Figur 7 Månedlig elpris på Nord Pool-elmarkedet, herunder for Vest- og Østdanmark, i perioden 2000-2022



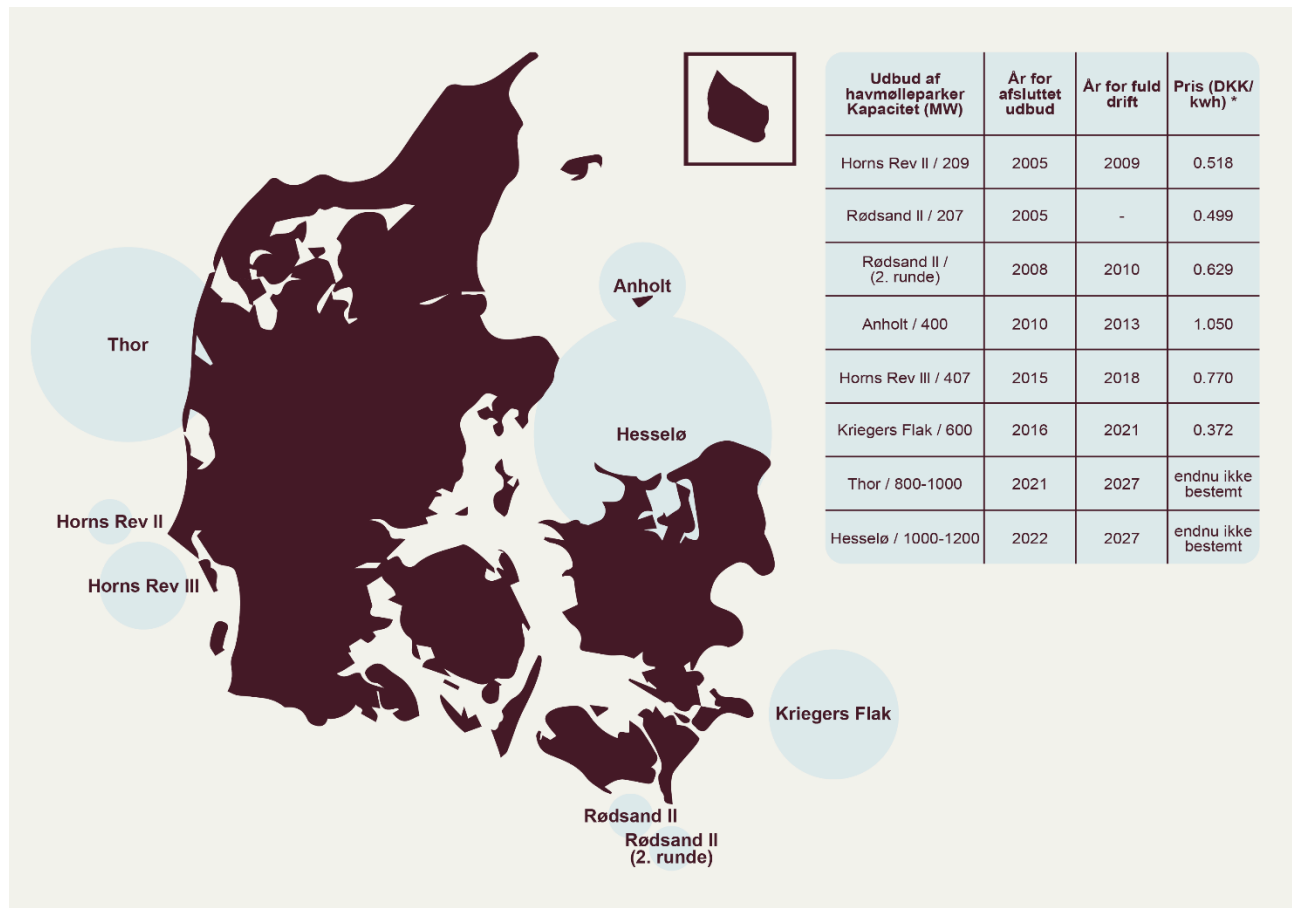
Kilde: Energistyrelsens prisdatabase

3.3.2 Statslige udbud af havvindmølleparker – en international model født i Danmark

Staten har i stigende grad benyttet udbudsmodeller for havvindmøller efter årtusindskiftet som et økonomisk instrument til at øge efterspørgslen på vindenergi. Grundstenen til udbygning af havvinden blev lagt i 1996 med lanceringen af "Energi 21: regeringens energihandlingsplan", som satte mål for etableringen af 4 GW offshore vindmølleparker inden 2030 (Miljø- og Energiministeriet 1996). I 2002 offentliggjorde Energistyrelsen retningslinjer for offentlige udbud af havvind, som fortsat gælder i dag, men som er blevet tilpasset gennem årene mellem udbudsrunder (Danish Energy Agency 2020b). Grundlæggende fungerer Energistyrelsen, der skal godkende al kraftværkskapacitet i Danmark, som en *one-stop-shop* for alle nødvendige licenser til opførelse og drift af havvindmøller og udbyder havarealer til udnyttelse af vindenergi. Det vindende bud vinder retten til at opføre vindmøller i udvalgte havområder og betaler i den forbindelse for omkostninger forbundet med de nødvendige forundersøgelser i forbindelse med udbuddet såvel som for at nedtage møller efter endt levetid. Med udbuddet følger statsstøtte som nævnt i form af prisstøtte under CfD-modellen. Udover de større statslige udbud af havvindmølleparker fører Energistyrelsen en åben-dør-procedure, hvor borgere og opstillere kan ansøge om tilladelse til etablering af havvindmøller uden for udbud (Energistyrelsen 2021b).

De indtil nu otte udbud af havvindmølleparker siden 2005⁹ i figur 8 vidner om, at kapaciteten af parkerne øges, ligesom tiden fra lukket udbud til fuld drift bliver længere. Ifølge enkelte interviewpersoner har den danske udbudsproces inspireret udbudsmodeller i flere andre lande.

Figur 8 Statslige udbud af havvindmølleparker siden år 2000



Kilde: Danish Energy Agency 2020b

Anm.: * Pris (DKK/kWh) for 50.000 fuldlasttimer.

De knap 20 års danske erfaringer afspejler en løbende læring med modellen, som undervejs er løbet ind i en række udfordringer. Eksempelvis trak selskaberne DONG og EON sig fra havvindmølleprojektet Rødsand II, da udbuddet gik på retten – men ikke pligten – til at opføre havvindmøller syd for Lolland, hvorefter udbuddet måtte gå om i en 2. runde (Ingeniøren 2007). Det medførte, at Energistyrelsen efterfølgende indførte en forpligtelse for tilbudsgivere til at gennemføre det foreslåede havvindmølleprojektet, såfremt de vandt udbuddet. I 2009 modtog Energistyrelsen blot ét bud på Anholt Havmøllepark, som ovenikøbet lå væsentligt over udbuddets specificerede pris, grundet forhold på det internationale marked, som pressede priserne op. Energistyrelsen accepterede buddet og indførte i 2014 for Horns Rev en præudbudsdialog med industrien, konsulenter og finansielle investorer med henblik på at kvalificere udbudsmaterialet (Danish Energy Agency 2020b). I nyere tid har Energistyrelsen måtte sætte planerne for udbud af Hesselø Havvindmøllepark på pause, efter at

⁹ Danmarks – og verdens – første offshore havvindmøllepark, Vindeby, blev bestilt i 1991 (Danish Energy Agency 2020a), mens retningslinjer for den danske regerings model for udbud af havvindmølleparker først blev introduceret i 2002 (Danish Energy Agency 2020b).

indledende forundersøgelser af havbunden afslørede mindre gunstige bundforhold (Energistyrelsen 2021c). Enkelte interviewpersoner indvender, at sådanne udskydelser af projektudvikling omkring havvindmøller i værste fald kan betyde, at møller når at blive trukket af markedet, fordi de ikke længere er konkurrencedygtige med de nyeste modeller, der oftest ikke holder deres førerposition i mere end fem år, før de overhales af større og mere konkurrencedygtige modeller.

Overordnet set virker den danske model for udbud af offshore-vindmøller succesfuld i forhold til at understøtte udbredelsen af havvindmølleparker gennem koordinerede udbud, regulatorisk sikkerhed gennem prisgaranti, garanteret adgang til elnettet og tekniske forundersøgelser (Toke 2015). I tilgift til udbuddet af havvindmølleparker har staten fra 2018 indført teknologineutrale udbud af støtte og elprissikring for elektricitet produceret som vedvarende energi (Energistyrelsen 2017b).

Flere interviewpersonerne fremhæver, at det internationale marked for vindmøller har spillet en langt større rolle i forhold til at drive udviklingen af vindteknologier i Danmark. Vindenergiproducenter som Ørsted og Vestas er blevet globale virksomheder, for hvem markederne uden for Danmark er langt de største. Alene i Europa har offentlige udbud af havvindmølleparker i Storbritannien, Tyskland og Holland spillet en betydelig rolle for udviklingen af den danske vindmølleindustri og reduktionen af omkostninger forbundet med opførelse af havvindmølleparker (Deloitte 2011).

De tidligere udbud af havvindmølleparker på hjemmemarkedet i Danmark, argumenterer enkelte interviewpersoner, har imidlertid bidraget til at ruste danske virksomheder til at byde på, hvad der i starten af 00'erne var et internationalt nichemarked for offshore-vind. Pointen her falder i tråd med forskning, som peger på, at globalt succesfulde producenter af nye teknologier ofte opstår i lande, som støtter ibrugtagning af teknologierne på et tidligt tidspunkt og dermed skaber hjemmemarkeder (Hünteler 2015). Særligt spiller den geografiske nærhed til brugerne en rolle for producenter af teknologier som vindenergi.

3.3.3 CO₂-afgift samt en mere beskeden indflydelse fra oprindelsesgarantier, CO₂-kvoter og energibeskatning

Regeringen og aftalepartier indgik juni 2022 en aftale om en grøn skattereform for Danmark (Regeringen, Venstre, Socialistisk Folkeparti, Radikale Venstre, og Det Konservative Folkeparti 2022). Aftalen sætter fokus på indfasning af en ny og mere ensartet CO₂-afgift fra 2025 til 2030. Prisen på udledning af CO₂ i Danmark har været omdiskuteret (Dansk Erhverv 2022; DI 2022; Klimarådet 2022b). Hovedparten af interviewpersonerne fremhæver imidlertid den forventeligt store betydning, en tilpas høj CO₂-afgift vil få for virksomheders tilbøjelighed til i Danmark at investere i udvikling og modning af nye og mere klimavenlige teknologier.

De sidste godt ti år har ejere af anlæg for vedvarende energi (VE) kunne supplere deres indtægtskilder gennem handel med oprindelsesgarantier, der udgør dokumentationen for, at en given mængde energi er produceret på basis af vedvarende energikilder (Jørgensen 2021). Dermed, argumenterer klima- og energiministeren, kan oprindelsesgarantierne bidrage til at sænke behovet for statsstøtte til vedvarende energi fremadrettet og øge incitamentet til investeringer i nye VE-anlæg. Markedet for oprindelsesgarantier fungerer, ved at energiproducenter får et elektronisk grønt certifikat af staten for hver produceret megawatttime (MWh) el fra en vedvarende energikilde, hvorefter energiproducenterne kan sælge det grønne certifikat til forbrugerne og derved få en ekstra indtægt for deres energiproduktion (CONCITO 2014). Oprindelsesgarantier handles på tværs af de europæiske lande, og mens det har haft større betydning i Norge og Sverige (CONCITO 2014), er det ikke et

instrument, som interviewpersonerne eller forskningslitteraturen tillægger stor betydning i den danske politik på energiområdet.

Enkelte informanter peger på en mere beskeden indflydelse på efterspørgslen på vindteknologier fra det danske energibeskatningssystem. Samtidig fremhæver enkelte interviewpersoner, at EU's CO₂-kvoteordning – som Energistyrelsen administrerer i Danmark – særligt i de seneste år har bidraget til at øge efterspørgslen på vedvarende energi.

Boks 3 Det danske energibeskatningssystem og CO₂-kvoter

Energiforbruget i Danmark er primært reguleret af dels det danske energibeskatningssystem og EU's CO₂-kvoteordning. Formålet med energibeskatningssystemet er overordnet at skaffe provenu til at finansiere statens udgifter og at tilskynde til en bedre ressourceudnyttelse for bl.a. at nedsætte forureningen (Skatteforvaltningen 2021). Energibeskatningen består af afgifter på energi samt udledning af CO₂, svovl og Nox. Energiafgifter er pålagt elektricitet, naturgas, kul og olie. CO₂-afgift er som udgangspunkt pålagt hvert af de energiprodukter (gas, kul og olie), der også er pålagt energiafgift. Svovlafgift er pålagt udledningerne af svovl eller svovlindholdet i brændstoffer i forbindelse med anvendelsen af en række energiprodukter. Nox-afgift er pålagt udledningerne af kvælstofoxider eller varer, der anvendes til energiproduktion.

Det har offentligt været diskuteret, hvorvidt energibeskatningssystemet er hensigtsmæssigt i forhold til formålet. Senest har De Økonomiske Råds Formandskab argumenteret for, at det er samfundsøkonomisk billigere at mindske drivhusgasudledningerne i Danmark via en drivhusgasafgift end via elafgiften (De Økonomiske Råds Formandskab 2021). I forlængelse heraf anbefaler vismændene regeringen at indføre en tilpas høj drivhusgasafgift, samtidig med at de billiger regeringens forslag om at sænke elafgiften. Omvendt har blandt andre Brian Vad Mathiesen, professor i energiplanlægning ved Aalborg Universitet, kritiseret regeringens forslag om at sænke elafgiften for ikke at håndtere den udfordring, at vi i fremtiden vil risikere at mangle energi i forhold til et forventeligt stigende energiforbrug, og at det fortsat – uafhængigt af indførelsen af en drivhusgasafgift – vil være hensigtsmæssigt at animere til energibesparelser (Altinget 2021a).

Gennem kvoteordningen har EU udpeget de største klimaforurenende virksomheder og forpligtet dem til at indgå i et fælles kvotehandelssystem, hvor de skal betale for en del af deres forurening. I december 2021 var CO₂-kvoterne nået op på et historisk højt niveau på ca. 80 euro svarende til godt 600 kr. per ton CO₂ (Altinget 2021b). Som Ingeniøren pointerede i 2019, fik den daværende CO₂-kvotepris på knap 30 euro allerede konsekvenser for kulkraftværker i Grækenland, som den græske stat satte til salg, da det ikke længere kunne betale sig at holde dem kørende, og den tyske forskningsinstitution Fraunhofer var samme år ude og påpege, at CO₂-udslippet fra de fossile kraftværker i Tyskland faldt samme år, da det ikke længere kunne svare sig at fyre med kul (Fraunhofer ISI 2019). Stigningen i kvoteprisen på CO₂ er imidlertid ikke entydig, og man har således også kunnet observere fald i kvoteprisen i 2022 (ICE 2022).

3.3.4 Risikovillig kapital til udbredelse af vindteknologi

Enkelte interviewpersoner fremhæver betydningen af statens støtte til eksport af vindenergi for efterspørgslen på danske virksomheders energiteknologier. Her har EKF Danmarks Eksportkredit siden 1990'erne medvirket til finansiering af mere end 150 vindmølleparker globalt til en samlet værdi på mere end 125 mia. kr. (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet 2021d).

I forhold til hjemmarkedet yder Vækstfonden og Danmarks Grønne Investeringsfond lån, garantier og egenkapital på de områder, hvor de private markeder ikke ønsker at løbe risikoen alene.

3.3.5 Udviklingen af et marked for vindenergi

Gennem en række andre politiske instrumenter har staten indirekte støttet udviklingen af et marked for vindenergi, som har været en forudsætning for, at producenter af vindenergi har kunnet opføre vindkraftanlæg og afsætte deres strøm til forbrugere. Det gælder for den fysiske planlægning af opførelsen af vindmøller – på land såvel som havarealer i de førnævnte udbud af havvindmølleparker – samt for erstatningen af tidligere generationer af møller siden slutningen af 1980'erne (Hansen, Münster, og Boldt 2005).

Størst betydning tillægger interviewpersonerne den indirekte økonomiske støtte, som staten har ydet gennem garanteret og ubegrænset adgang til elnettet for producenter af vindenergi, der har været fritaget for udgifter forbundet med brug af transmissionsnettet. Her stipulerer lovgivningen, at omkostninger forbundet med at tilslutte møllerne til elnettet deles mellem udvikler og distributionsselskab, samt at den offentlige virksomhed Energinet – som har til formål at eje, drive og udbygge overordnet energinfrastruktur – har ansvar for at finansiere dele af tilslutningsomkostningerne for havvindmøller til transmissionskabler på landjorden (Danish Energy Agency 2015). Med adgangen til transmissionsnettet, der via kabler forbinder det danske elnet med elnettet i Norge, Sverige, Tyskland og Holland, får producenter af vindenergi ikke alene adgang til et internationalt elmarkedet, hvor de kan sælge deres strøm; de får også adgang til et elnet, hvor kablerne til Danmarks nabolande øger Energinets mulighed for at balancere udbud af og efterspørgsel på strøm til hver en tid, til trods for at vindkraft fluktuerer med forskelle i vindforholdene. Her har særligt kabelforbindelser til Norge og Sverige givet det danske elnet en effektiv fleksibilitet og gjort det muligt for Danmark at trække på energi fra vandkraft i Norge og Sverige, når der har været begrænset produktion af vindenergi Danmark, ligesom Danmark i perioder med overskud af vindenergi har haft mulighed for at afsætte billig vindenergi til Sverige og Norge, som tilsvarende har kunnet trække mindre på energi fra deres vandkraftværker (Ropenus og Jacobsen 2015).

En anden måde, hvorpå staten har ydet støtte til markedsudviklingen, har været gennem støtte til kvalitetssikring af vindmøller, hvor Forskningscenter Risø siden 1978 har ageret dansk testfacilitet for certificering og godkendelse af vindkraftteknologier. Her blev statens etableringstilskud til vindmøller i 1979 betinget af, at møllerne var certificeret af Risø, og testfaciliteten på Risø har efterfølgende haft stor betydning for den videre udvikling af vindteknologier i Danmark som uddybet i rapportens afsnit "Certificering og testfaciliteter: bidraget til langsigtet opbygning og fastholdelse af kapaciteter i forsknings- og innovationsmiljøer". Efter årtusindskiftet er denne rolle primært blevet varetaget af testfaciliteterne Testcenter Høvsøre og Testcenter Østerild (DTU Vindenergi 2020).

3.4 Fra lokalt ejerskab til borgermodstand: mangelfuld koordinering mellem stat og kommuner

Lokalt engagement og ejerskab har spillet en væsentlig rolle i udviklingen af den danske vindmølleindustri, med både private og andelsejede vindkraftudviklere, som har bidraget til at sikre et stabilt hjemmemarked (Buen 2006). Og lokal tilslutning til opførelsen af møller fortsætter med at have afgørende betydning for udbygningen af vindkraftanlæg i Danmark. I begyndelsen af 1990'erne havde ca. 150.000 personer ejerandele i vindprojekter, og det voksende vindmarked skabte nationale såvel som lokale arbejdspladser (Energistyrelsen 2011). I 2007 var hovedparten af vindkraft fra møller på land ejet af mindre organisationer (Markard og Petersen 2009).

I 1994 blev kommunerne pålagt af staten at tage stilling i kommuneplanen eller kommuneplantillæg til, hvor og i hvilket omfang der kunne opføres vindmøller (Energistyrelsen 2011). Udviklingen af vindkraftteknologier var drevet frem af bl.a. andelsforeninger og lokale iværksættere, og lokale innovationsklynger involverede bl.a. producenter af landbrugsmaskiner, som øjnede muligheder i at starte produktion af vindmøller med statsstøtte (Eikeland og Inderberg 2016). Støtten kom i form af anlægsstøtte til individer, kommuner og landbrugssamfund, som rejste nye møller (Sovacool 2013) og favoriserede lokalbeboere og andelsforeninger (Markard og Petersen 2009).

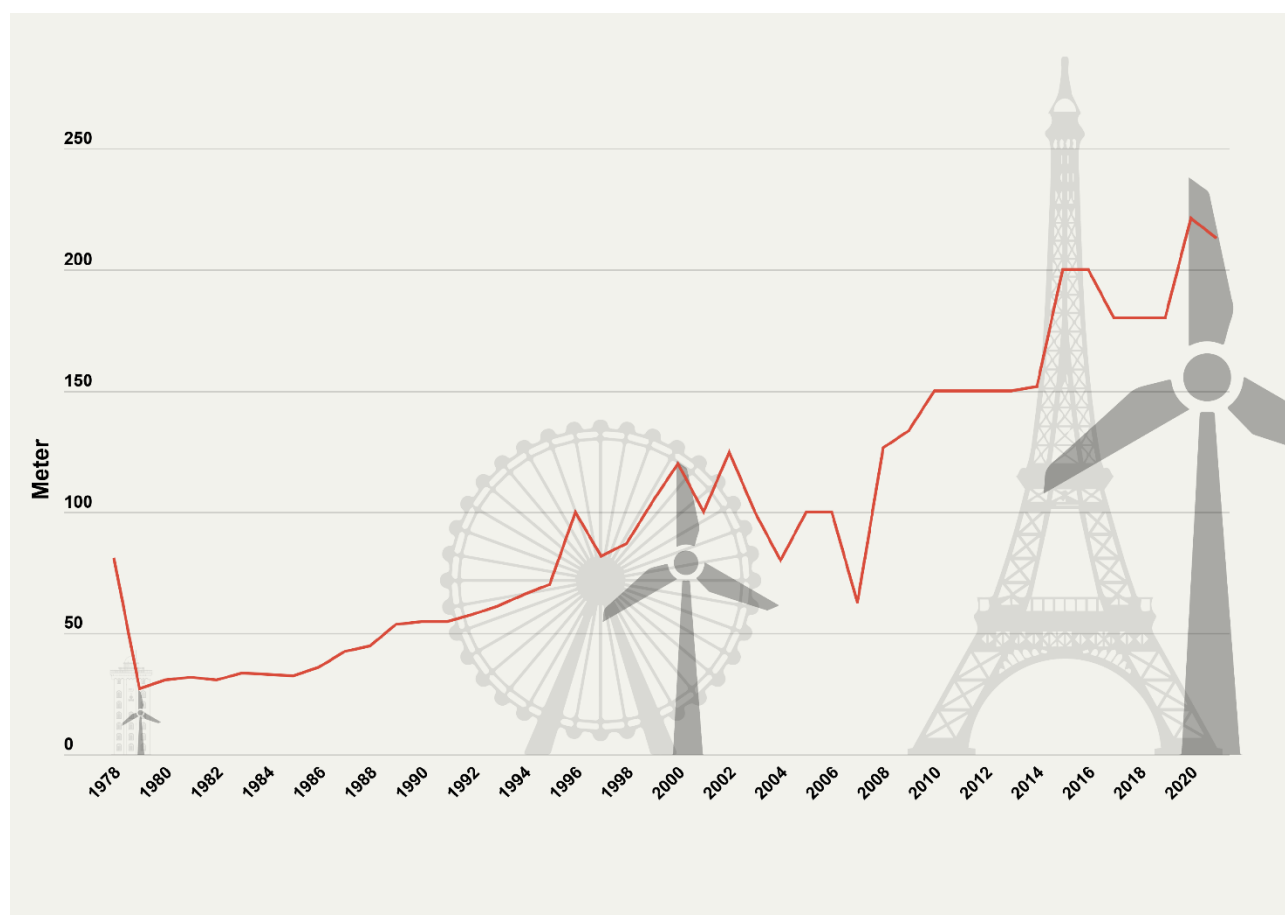
Med liberaliseringen af elmarkedet ved indgangen til det nye årtusind, og i takt med at producenterne udviklede stadig flere og større møller, blev vindkraftanlæg i stigende grad afkoblet fra lokalsamfund og lokalt ejerskab. I 1996 ophævede regeringen kravet om lokalt ejerskab forbundet med udbygning af vindmøller, hvilket muliggjorde større vindmølleprojekter og resulterede i, at den vindbaserede energiproduktion i højere grad blev domineret af private og institutionelle investorer og energiselskaber (Jørgensen, Jørgensen, og Jensen 2017). Flere ældre, ineffektive vindmøller blev sat ud af drift, og nogle blev erstattet af væsentligt større møller med investeringsomkostninger, der lå væsentligt over private husholdnings- og vindmølleandelsforeningers budgetter, ligesom fluktuerende energipriser gjorde anlægsinvesteringen – og dermed risikoen – forbundet med at rejse møller betydeligt større (Johansen 2021). Den tendens blev styrket af omlægningen af den statslige prisstøtte til vindmølleplanlægning, som overgik fra at have favoriseret lokale borgere og andelsforeninger til i stigende grad at anvende markedsbaseret prisstøtte, hvor risikoen forbundet med fluktuerende vind og energipriser blev større for den enkelte investor (Kirch Kirkegaard m.fl. 2021; Markard og Petersen 2009).

Vindmøller i Danmark er vokset betydeligt i størrelse de sidste par årtier (se figur 9). I løbet af de sidste to årtier har udviklingen i teknologien for de stadig større møller, de nødvendige kapitalinvesteringer krævet for at finansiere opførelsen af vindkraftanlæg, de lange og komplekse planlægningsprocedurer og den statslige regulering af eksempelvis udbud af havvindmølleparker bevirket, at ejerskab eller ejerandele i vindenergi ikke længere synes muligt for mindre andelsforeninger eller sammenslutninger af borgere (Johansen 2021; Jørgensen, Jørgensen, og Jensen 2017; Sperling, Hvelplund, og Mathiesen 2010), og at ejerskab til vindenergien hviler på færre hænder end nogensinde før (Kirch Kirkegaard m.fl. 2021). Begrænsninger på de økonomiske muligheder for ejerskab har fået negativ betydning for den lokale opbakning til vindmøller (Mendonça, Lacey, og Hvelplund 2009). I takt med at planer for landvindmøller i stigende grad er blevet mødt af lokale protester, er sektoren for udnyttelse af havvind vokset (Johansen 2021).

Borgermodstanden mod vindmøller skyldes ifølge forskning bekymringer for visuelle begrænsninger fra vindkraftanlæg, miljømæssige konsekvenser, støj, konsekvenser for lokale ejendomspriser, kommercielle

interesser og ejerskabsstrukturer (Johansen 2021). Særligt den stigende grad af ejerskabsforhold løsrevet fra lokal produktion og lokale arbejdspladser og en voksende oplevelse af en ulige fordeling af byrder relateret til vindmøller pålagt lokalsamfundet udefra fremhæves som en væsentlig faktor for borgermodstanden (Hvelplund, Østergaard, og Meyer 2017; Kirch Kirkegaard m.fl. 2021; Jørgensen, Anker, og Lassen 2020; Olsen 2021). Et studie konkluderer, at borgermodstanden i Danmark skyldes en oplevelse af, at borgerne ikke føler sig inddraget i planlægningen og føler, at deres forbehold ikke tages seriøst (Borch, Munk, og Dahlgaard 2020), mens et andet studie af modstanden mod kystnære møller i Danmark peger på, at der er et tavst flertal for møllerne, mens et meget aktivt mindretal lykkes med at dominere debatten – herunder pressens dækning af sagen (Johansen 2021). Tidligere erfaringer fra Vindmølleparken Nørrekær Enge tyder på, at lokalsamfund kan være mere positivt indstillet over for større møller, i det omfang de får indflydelse på, hvor møllerne opstilles, og får adgang til en del af ejerskabet til møllerne (Hvelplund, Østergaard, og Meyer 2017). Til trods for den stigende modstand i danske lokalsamfund mod vindmøller, tyder internationale erfaringer på, at danskerne trods alt er mere positivt indstillet over for møller end befolkningen i andre lande (Sovacool 2013).

Figur 9 Udviklingen i højden af de største landvindmøller opført i Danmark målt fra fundament til spidsen af øverste rotorblad



Kilde: Energistyrelsens stamdataregister for vindkraftanlæg, ultimo december 2021

Den stigende modstand mod vindmøller fra enkelte borgere og lokalsamfund var baggrunden for vedtagelsen af lov om fremme af vedvarende energi i 2008, som introducerede fire instrumenter, der havde til hensigt at tilskynde til lokal accept af vindmøller: 1) *værditabsordningen*, som havde til formål at kompensere værditab på fast ejendom ved opstilling af vindmøller, 2) *køberetsordningen*, som havde til formål at udbyde mindst 20

pct. af ejerandelene til vindmøller til lokale borgere, 3) *grøn ordning* til styrkelse af lokale landskabelige og rekreative værdier til fremme af lokal accept af opstillingen af nye vindmøller på land, og 4) *garantifonden*, som havde til formål at yde garanti for lån til finansiering af lokale vindmøllelaugs forundersøgelser (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet 2008).

Betydningen af de fire instrumenter er i bedste fald tvivlsom ifølge størstedelen af undersøgelsens interviewpersoner, og det underbygges yderligere af eksempler på borgere, som fortsat finder compensationen i ordningerne urimelig, og beregningerne af niveauet af compensation uigennemskuelige (Jørgensen, Anker, og Lassen 2020; Olsen 2021).

Til trods for de politiske instrumenter til fremme af lokal accept af vindmøller virker borgermodstanden mod lokalopsætning af landvindmøller i dag betydelig. DR udsendte således i april 2021 en rundspørge blandt ca. 1.300 byrådsmedlemmer i de 55 oplands- og landkommuner, som primært forventes at have plads til vindmøller (DR 2021). 443 deltog i rundspørgen, hvoraf 396 havde eller havde haft ansøgninger om vindmølleprojekter. Af de 396 svarede knap 75 pct., at de i høj grad eller i meget høj grad havde oplevet at være i konflikt med borgerne om projekter med vindmøller. Derudover lavede DR en rundspørge blandt de 55 tekniske direktører i samme kommuner, hvoraf 37 ønskede at medvirke. Knap halvdelen af de 37 tekniske direktører svarede, at de havde oplevet, at kommunen måtte stoppe vindmølleplaner på grund af borgerprotester.

I tråd med DR's rundspørge peger flere interviewpersoner i DEAs undersøgelse på, at den lokale modstand mod vindmøller ikke er blevet mindre med tiden, og at den fortsat udgør en udfordring for udbygningen af vindenergi i Danmark. Mange interviewpersoner erkender nødvendigheden af lokal opbakning til udbygningen af vindkraftanlæg på land, tæt på land i form af kystnære møller og i mindre grad til havs. Enkelte informanter peger på positive erfaringer med at opnå lokal opbakning ved inddragelse af lokalbefolkningen i planlægningsprocessen. Andre fremhæver de betydelige offentlige omkostninger forbundet med at få folkelig opbakning til relativt få anlæg i lyset af den betydeligt større politiske opgave, der påhviler regeringen med at øge andelen af vedvarende energi i det danske energisystem i de kommende årtier. Derudover fremhæver enkelte informanter det uhensigtsmæssige i at lade borgere bestemme størrelsen af møllerne, og hvor de skal stå, fremfor at planlægge for disse forhold ud fra hensyn til, hvor det blæser mest, og hvor behovet for energi er størst.

Sammenfattende peger DEAs undersøgelse på en mangelfuld koordinering de sidste 10-20 år mellem den statslige og den kommunale indsats for udbygningen af vedvarende energi. Hvor kommunerne i dag er ansvarlige for at planlægge for flere landbaserede vindmøller, men uden pålæg om at levere med hensyn til udbygningen, er kommunalbestyrelserne ofte klemte af lokale borgerprotester, som udfordrer lokalpolitiske beslutninger om at opføre landvindmøller. Samtidig har staten ikke de store aktier i udbygning af landbaserede møller og prioriterer i stigende grad udbygningen af anlæg til udnyttelse af havvind, hvor staten er planmyndighed, om end energiaftalerne fortsat har ambitioner for udbygningen af landvindmøller. Derudover har de statslige instrumenter til tilskyndelse af lokal accept af vindmøller til fælles, at de fokuserer på at kompensere borgerne for udbygningen af en vindkraft, som de ikke har bedt om. Den statslige tilgang med fokus på compensation er blevet yderligere styrket af, at staten har givet vetoet for kommuner beliggende inden for 15 kilometer af kystnære vedvarende energianlæg som fx havvindmøller (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet 2021c).

3.5 Forskning, udvikling og demonstration: støtte til næsten hele værdikæden

Boks 4 Hvorfor giver vi offentlig støtte til virksomheders forskning, udvikling og innovation?¹⁰

Politikere etablerer offentlige ordninger ud fra et ønske om at fremme visse former for adfærd og effekter i samfundet, som de ellers ikke mener, vil finde sted (i hvert fald ikke i en tilfredsstillende form eller grad).

Offentlig støtte til forskning, udvikling og innovationsaktiviteter kommer fx i form af direkte støtte til virksomheder eller tilskud til forskning, udvikling og innovationssamarbejde mellem virksomheder eller mellem virksomheder og universiteter (Cunningham og Gök 2012; Cunningham, Gök, og Larédo 2013). Denne type støtte forklares ofte ved det klassiske "*markedsfejs*"-argument (Feldman og Kelley 2006; Partha og David 1994; Steinmueller 2010), dvs. at markeds kræfter alene ikke kan sikre et fra samfundets synspunkt tilstrækkeligt niveau af investering i forskning, udvikling og innovation. Dette skyldes bl.a., at visse typer af forskning og udvikling har store spredningseffekter, der rækker udover den enkelte virksomhed, og derfor ikke er attraktive nok for den enkelte virksomhed at investere i, fordi afkastet deles af mange, mens udgiften bæres af virksomheden alene. Det gælder eksempelvis forskning i en ny teknologi, hvis udviklingsbehov og mulige anvendelser er forbundet med stor usikkerhed for den enkelte virksomhed. Det gælder fx teknologier, som er så langt fra markedsnære anvendelser, at det er svært eller umuligt at sikre de immaterielle rettigheder til viden og teknologi, som virksomheden udvikler alene eller i samarbejde med andre aktører.

Der er således projekter, som virksomheder ikke på egen hånd kan retfærdiggøre at investere (nok) i, men som kan have store afledte samfundsmæssige gevinster i form af fx viden og teknologi, der på sigt kan anvendes af mange virksomheder. Her kan det give mening at stille med et offentligt tilskud til gennemførelse af projektet, som reducerer virksomhedens omkostninger og risici ved at indgå i projektet og dermed bidrager til igangsættelse af projektet.

En anden, men også ofte anvendt begrundelse for offentlig indgriben i forskning, udvikling og innovationssamarbejde mellem virksomheder og videninstitutioner er "*systemsfejs*"-argumentet (Foray og Steinmueller 2003). Hovedpointen er, at innovation opstår inden for komplekse innovationssystemer gennem læring og samarbejde mellem private virksomheder, forskningsinstitutioner og myndigheder. Hvis disse systemer ikke fungerer optimalt, investerer virksomheder ikke (effektivt) nok i forskning, udvikling og innovation set fra et samfundsmæssigt synspunkt. Problemer kan fx opstå, hvis en branche eller en region er "låst fast" i en teknologi, som er ved at blive afløst af en ny teknologi, hvis der ikke findes velfungerende netværk mellem virksomheder og universiteter, eller de ikke har et tilstrækkeligt (effektivt) samspil om forskning, udvikling og innovation (Tödtling og Trippel 2005). Formålet med offentlig indgriben baseret på et systemfejsperspektiv kan eksempelvis være at understøtte teknologisk fornyelse og omstilling i en given branche eller region eller at øge omfanget eller kvaliteten af samarbejde med erhvervsliv og forskningsmiljøer.

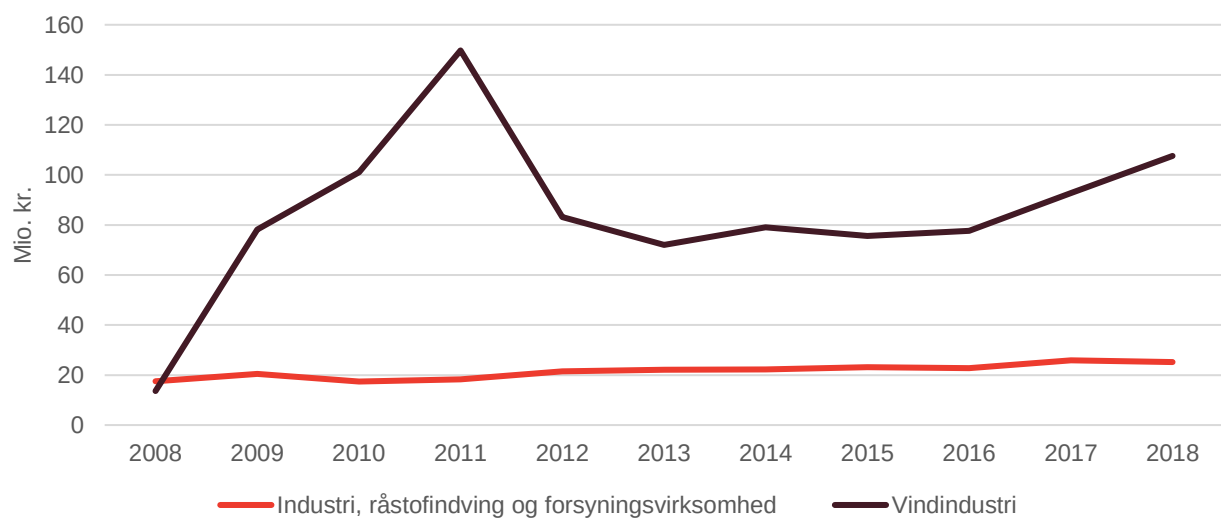
En nyere begrundelse for offentlig indgriben i forskning, udvikling og innovationssamarbejde mellem virksomheder og videninstitutioner er "*transformationsfejs*"-argumentet (Robinson og Mazzucato 2019;

¹⁰ Tekstboks gengivet i tidligere version DEA og DI, "Fra forskning til innovation – om virksomheders brug af erhvervsrettede forsknings- og innovationsordninger" (2014).

Weber og Rohrer 2012). Her argumenteres der for, at staten har indflydelse på transformering af markeder og dermed også har et ansvar for at sætte en ønskelig retning for markedets udvikling, som ikke nødvendigvis ville ske af sig selv (læs mere herom i DEAs litteraturstudie om missiondrevet innovationspolitik (DEA 2021c).

Virksomhederne i vindenergisektoren er med årene blevet mere videnstunge, og flere interviewpersoner fremhæver, hvordan de store vindmølleproducenter i dag har forholdsvis store afdelinger for forskning og udvikling. Siden 2008 har de gennemsnitlige investeringer i forskning og udvikling pr. virksomhed inden for vindmølleindustrien ligget væsentligt over investeringerne i industrien generelt (se figur 10).

Figur 10 Udvikling i gennemsnitlige investeringer i forskning og udvikling pr. virksomhed inden for industrien generelt og vindmølleindustrien siden 2008

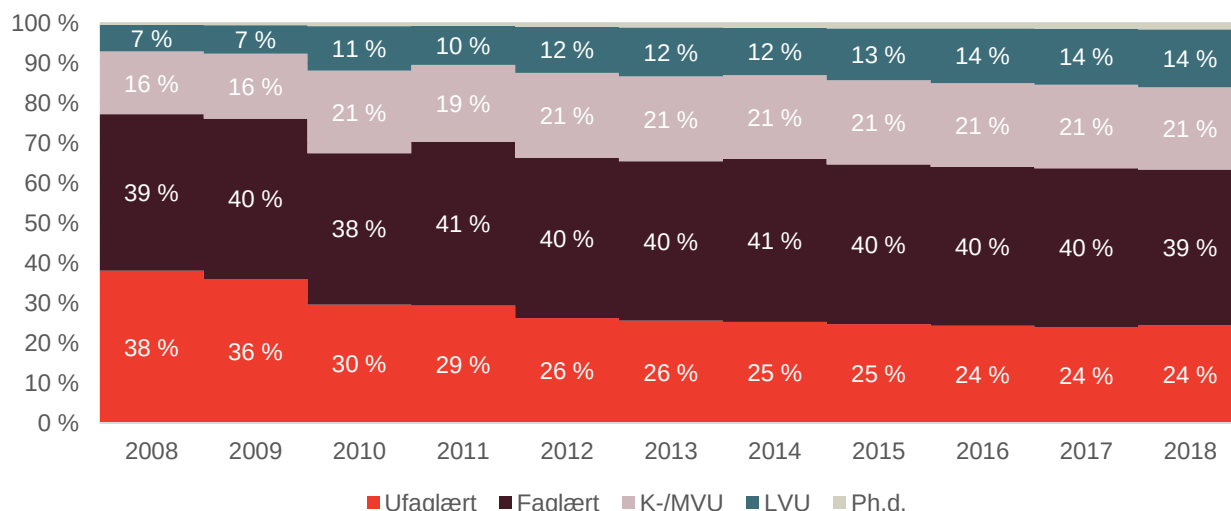


Kilde: egne beregninger på baggrund af udtræk fra Danmarks Statistik, 2022

Anm.: Udtræk for vindmølleindustrien er baseret på alle virksomheder inden for branchen Fremstilling af vindmøller og dele hertil og virksomheder med 250 eller flere fuldtidsansatte inden for branchen Produktion af elektricitet.

Udviklingen i de ansattes uddannelsesbaggrund inden for vindmølleindustrien har tilsvarende bevæget sig mod en mindre andel af ufaglærte og faglærte og en større andel af folk med korte, mellemlange og lange videregående uddannelser samt en stigning i antallet af ansatte med en ph.d.-grad (se figur 11). Reelt er uddannelsesniveaet forventeligt endnu højere, da gruppen af ufaglærte dækker over ansatte med udenlandsk statsborgerskab, hvis uddannelsesniveau ikke altid registreres i Danmark.

Figur 11 Udviklingen i de ansattes uddannelsesniveau i vindenergisektoren



Kilde: egne beregninger på baggrund af udtræk fra Danmarks Statistik, 2022

Anm.: Udtræk for vindmølleindustrien er baseret på alle virksomheder inden for branchen Fremstilling af vindmøller og dele hertil og virksomheder med 250 eller flere fuldtidsansatte inden for branchen Produktion af elektricitet. Personernes uddannelsesniveau er baseret deres højeste fuldførte uddannelse, jf. Uddannelsesregistret (UDDA). Personer med udenlandsk statsborgerskab indgår derfor kun, hvis deres uddannelse er registreret i Danmark. Såfremt udenlandske forskere og specialister ikke er registreret med deres egentlige uddannelsesniveau, vil de optræde som ufaglærte. Her bør det bemærkes, at andelen med udenlandsk statsborgerskab blandt ufaglærte i vindmølleindustrien er markant højere sammenlignet med industrien generelt.

Over de sidste 20 år har staten støttet forskning, udvikling og demonstration inden for vindenergi i hele værdikæden fra forskning til innovation, lige fra mere grundlagsskabende forskning til den mere markedsnære, anvendelsesorienterede forskning (Rosenhagen m.fl. 2009). I dag er Danmark blandt de lande med flest publikationer og patenter pr. indbygger på vindenergiområdet (Teknologisk Institut 2020). Den politiske vision har været at dække hele værdikæden gennem offentlige bevillinger uddelt gennem en række forskellige fonde, som afbildet i boks 5.

De offentlige midler til energiforskning blev næsten halveret efter tiltrædelsen af VK-regeringen under Anders Fogh Rasmussen i 2001, fra knap 350 mio. kr. til godt 150 mio. kr. i 2002, men steg i 2008 til godt 900 mio. kr. (Vestervang m.fl. 2011). Af samme årsag kritiseres statens støtte til forskning og innovation for manglende kontinuitet og tilfældige stop-and-go-initiativer af undersøgelsesinterviewpersoner såvel som af forskningslitteratur (Rosenhagen m.fl. 2009; Holst Jørgensen og Münster 2010).

De offentlige midler til vindenergi var tilsvarende lave i Fogh Rasmussen-regeringens første år, hvor de offentlige bevillinger til forskning i vindenergi blev næsten halveret i 2001 og frem til 2003 lå på ca. 20 mio. kr. årligt (se figur 13 nedenfor). I 2004 kom de årlige bevillinger for en stund på niveau med bevillingerne fra den tidligere regering, men det var ikke før regeringen under Anders Fogh Rasmussen igen besluttede at øge statsstøtten til vedvarende energi, at bevillinger til forskning i vindenergi steg betydeligt. Fra 2006-2009 steg de årlige offentlige midler til vindenergi fra godt 13 mio. kr. til knap 140 mio. kr. og fortsatte med at stige frem mod 2011.

Boks 5: Koordinering af de offentlige finansieringskilder for forskning og udvikling

Den statslige koordinering af de offentlige finansieringskilder til forskning, udvikling og demonstration har på energiområdet været kendetegnet af en række forskellige fonde tiltænkt hver deres rolle i statsstøtten til hele værdikæden fra grundlagsskabende forskning til markedsnær udvikling og innovation som afbildet i figur 12.

Figur 12 Koordinering af de offentlige finansieringskilder for forskning og udvikling



Kilde: baseret på figur fra Regeringen (2012) samt tekst fra Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet (2016), Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet (1999) og Erhvervsministeriet (2018, 2014, 2016).

DSF blev oprettet i 2003 med et tydeligt ben i grundforskningen og med fokus på faglig nysgerrighed samt et ben i den mere udviklingsorienterede forskning med fokus på mere anvendt forskning og udvikling (Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling 2009). DSF havde udover relevanskrav i ansøgningerne fokus på at støtte internationalt set forholdsvis forskningstunge centre, alliancer og projekter drevet af forskere i samarbejde med virksomheder (Det Strategiske Forskningsråd 2014). Rådet for teknologi og innovation (RTI) og Højteknologifonden (HTF) – der begge i 2014 blev lagt sammen med DSF under den nuværende Innovationsfonden – blev placeret længere oppe i værdikæden med fokus på forskningsbaseret udvikling og for HTF's vedkommende med et tilsvarende ben i demonstration (Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling 2009). Fra 2014 fik Innovationsfonden til opgave at styrke strategisk og udfordringsdrevet forskning, teknologiudvikling og innovation (Retsinformation 2014). Fra 2021 blev lovgrundlaget for Innovationsfonden ændret, hvorefter det blev specificeret, at fonden skulle understøtte en sammenhængende

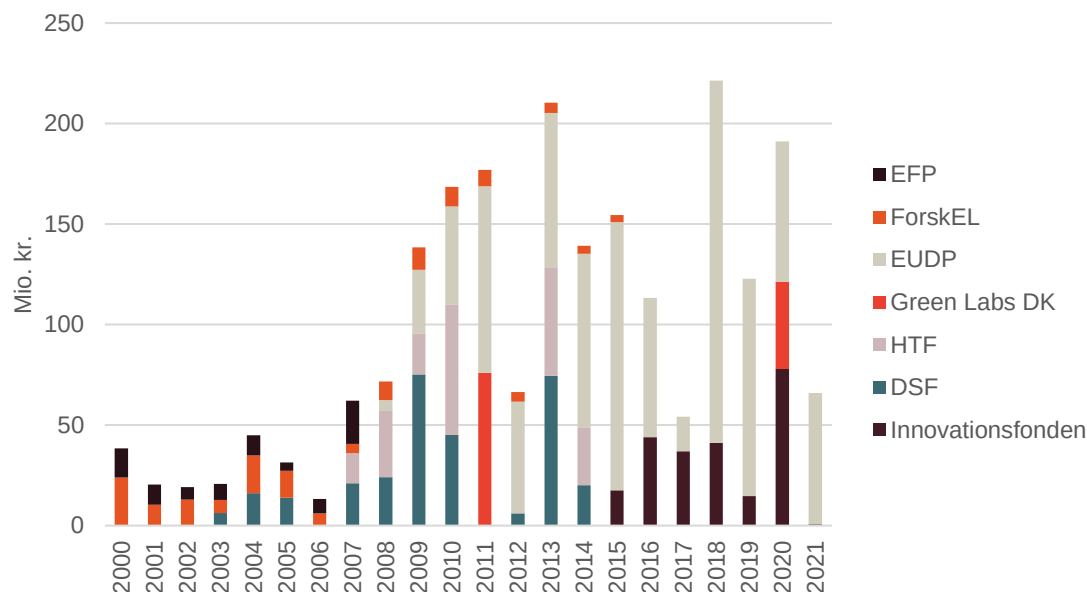
forsknings- og innovationsindsats fra grundlagsskabende forskning til markedsnær udvikling og innovation (Uddannelses- og Forskningsministeriet 2021).

Det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP) blev oprettet i 2007 med fokus på udvikling, demonstration og markedsintroduktion af ny energiteknologi (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet 2007). I forhold til at støtte demonstration var EUDP tiltænkt et mere ensidigt fokus på teknologiernes funktionsduelighed og markedsforståelse (Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling 2009) end Højteknologifonden. EUDP overtog i 2008 aktiviteterne fra Energiforskningsprogrammet (EFP) og i 2017 aktiviteterne fra ForskEL-programmet. EFP blev oprindeligt oprettet ved årtusindskiftet med det formål at udvikle nye energiformer, bedre og renere energiudnyttelse, energibesparelser og forbedrede energiindvindingsmetoder (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet 1999). ForskEL-programmet blev oprettet i 1998 som et forsknings-, udviklings- og demonstrationsprogram, der støttede projekter med fokus på, at elsyste-met udviklede løsninger til en effektiv grøn omstilling af energisystemet. I 2010 blev Green Labs DK-programmet oprettet med henblik på at støtte etablering af faciliteter, hvor virksomheder kunne demonstrere og teste nye klimateknologier (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet 2010).

I 2017 blev lovgrundlaget for Danmarks Forskningsfond (DFF) ændret, således at fonden siden da har kunnet give tilskud til konkrete forskningsaktiviteter inden for politisk fastsatte temaer eller virkemidler, når der er fastsat særlig bevilling hertil i de årlige bevillingslove (Uddannelses- og Forskningsministeriet 2017). Hovedparten af bevillingerne under DFF gives dog fortsat til forskningsaktiviteter inden for temaer eller problemstillinger, som forskerne selv definerer. Historisk har såvel Grundforskningsfonden såvel som Det Fri Forskningsråd – fra 2017 kendt som Danmarks Forskningsfond – haft til opgave at give støtte til grundforskning inden for konkrete forskningsaktiviteter baseret på forskernes egne initiativer. Nærværende undersøgelse begrænser sig til de politisk øremærkede midler til forskning, udvikling og demonstration, som Folketingspartier har afsat årligt på finansloven til fastsatte temaer eller virkemidler.

Udviklingen i de offentlige midler til forskning, udvikling og demonstration inden for vindenergi afspejler i figur 13 i begyndelsen af det nye årtusind et stigende fokus på strategisk forskning siden etableringen af DSF i 2003. Det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP) begyndte imidlertid at dominere de offentlige støttekroner til forskning, udvikling og demonstration inden for vind fra 2011 og frem. Siden 2015 har Innovationsfonden og EUDP været toneangivende offentlige forskningsfinansierende fonde på energiområdet, hvor de har uddelt hovedparten af og i flere af årene alle bevillinger. Dermed har fondslandskabet siden 2015 været kendetegnet af færre kilder, som har finansieret forskning, udvikling og demonstration inden for vindenergi. Afslutningsvis viser figur 13, at der er betydelige udsving fra år til år i de samlede bevillinger til forskning, udvikling og demonstration, hvilket givetvis afspejler en kombination af fluktuationer fra år til år i mængden af kvalificerede ansøgninger inden for vindenergi, og at de fleste offentlige fonde ikke har arbejdet med et fast årligt støttebeløb afsat til temaet vind.

Figur 13 Offentlige bevillinger til forskning, udvikling og demonstration inden for vindenergi fordelt på statslige fonde



Kilde: EUDP, Innovationsfonden og Energiforskning.dk

3.5.1 Certificering og testfaciliteter: bidraget til langsigtet opbygning og fastholdelse af kapaciteter i forsknings- og innovationsmiljøer

Både forskningslitteraturen og interviewene peger på betydningen af det tætte bånd mellem forskere og virksomheder inden for vindenergi, som har været afgørende for udviklingen af forsknings- og innovationsmiljøer inden for vind og for fastholdelsen af en vindmølleindustri i Danmark, til trods for at den i høj grad består af globale virksomheder med fortrinsvist internationale markeder. Certificering og test, fremhæver flere interviewpersoner, har i denne sammenhæng ydet et betydeligt bidrag som infrastruktur for opbygningen af kompetencerne i de danske forsknings- og innovationsmiljøer. Særligt fremhæver interviewene betydningen af testfaciliteterne Testcenter Høvsøre, Testcenter Østerild og Lindø Offshore Renewable Center (LORC).¹¹

Staten støttede kvalitetssikring af vindmøller i Danmark gennem oprettelsen af Prøvestationen for mindre vindmøller på Forskningscenter Risø i 1978 som dansk testfacilitet for certificering og godkendelse af vindkraftteknologier. Prøvestationen banede vejen for, at Risø gik ind i vindenergiområdet (Beuse m.fl. 2000; Karnøe 1991). Allerede året efter vedtog Folketinget en ny lov om støtte til vindmøller, hvormed staten betalte 30 pct. af anskaffelsesprisen på vindmøller i Danmark, såfremt de var godkendt af prøvestationen på Risø (Beuse m.fl. 2000). Godkendelsen skabte tillid til møllerne forud for deres opsætning, og ved at koble støtteordningen op på prøvestationen sikrede staten ikke alene, at de offentlige tilskud blev givet til nye møller blåstemplet af prøvestationen, men også at vindmølleproducenter, udviklere, uafhængige eksperter og ejere af vindmøller blev koblet op på videnmiljøet omkring Risø (Neij og Dannemand Andersen 2013; Johansen 2021). Det skabte grundlaget for øget tillid mellem universiteter og virksomheder (Buen 2006) og banede vej for de forsknings- og udviklingssamarbejder inden for vindteknologi, som kom til at fylde stadig mere efter årtusindskiftet. I dag

¹¹ Der findes imidlertid en bredere infrastruktur af testfaciliteter på energiområdet end den, som interviewpersonerne fremhæver i DEAs undersøgelse (Erhvervsstyrelsen 2022).

er det et krav, at vindmøller med et rotorareal over 5 m² skal have et gyldigt certifikat på opstillingstidspunktet (Energistyrelsen 2021a).

Da Forskningscenter Risø ikke længere kunne dække behovene for og kravene til målinger ved høje vindhastigheder, blev de nationale testfaciliteter Testcenter Høvsøre og Testcenter Østerild etableret i henholdsvis 2002 og 2012 – begge drevet af DTU Vindenergi (DTU Vindenergi 2020). Her testes både prototyper (den første, ikke-seriefremstillede vindmølle af en ny vindmølletype) og serie-0-møller (den første, mindre produktionsserie af en ny vindmølletype), mens der for store vindmøller kun testes prototyper. Statens rolle har – som enkelte interviewpersoner identificerer som afgørende – været planlægning af og lovgivning for testcentrene, mens brugerne af testcentrene betaler lejeomkostninger – dog med mulighed for at søge støttemidler gennem statens forsøgsmøllepuljer. Parallelt med etableringen af de nationale testcentre blev LORC etableret som non-profit kommercielt testfacilitet for offshoremøller i 2009 – drevet som erhvervsdrivende fond (Lindø Offshore Renewable Center 2021).

Forskning peger på, at den tidlige satsning på testfaciliteter for kvalitetssikring af vindmøller i Danmark understøttede learning-by-doing, hvor møllerne blev udviklet inkrementelt og voksede i størrelse, i takt med at den akkumulerede viden i branchen steg og muliggjorde, at møllerne kunne gøres stadig mere effektive og driftssikre (Buen 2006; Karnøe 1991; Sovacool 2013; Sovacool og Sawin 2010). Til trods for den danske regerings beskedne forskningsmidler til vindenergiområdet i 1990'erne relativt sammenlignet med Tyskland og USA, endte danskproducerede vindmøller med at vinde frem på det internationale marked (Neij og Dannemand Andersen 2013).

Flere interviewpersoner argumenterer for, at testfaciliteterne i Danmark skabte en national vidensbase, som har været en del af grundlaget for at fastholde udviklingsafdelingerne for de store on- og offshorevirksomheder i Danmark. Den geografiske nærhed mellem testfaciliteter, virksomhedernes udviklingsafdelinger, deres underleverandører og forsknings- og uddannelsesinstitutionerne har ikke alene skabt miljøer på universiteterne, hvor forskning og uddannelse har været rettet mod vindmølleindustriens udfordringer; det har også understøttet opbygningen af en betydelig knowhow i virksomhedernes udviklingsafdelinger med dyb viden om, hvad det kræver at drifte og servicere møller. Kompetencer, nærhed og vind gør fortsat Danmark til et attraktivt land for den danske vindmølleindustri, til trods for at enkelte interviewpersoner peger på, at test af møller typisk kan gøres billigere i Sydeuropa. I disse lande mangler til gengæld de kompetencer, som vindmølleindustrien har opbygget over flere årtier i Danmark.

Flere interviewpersoner argumenterer for, at såfremt der fremover ikke vil være tilstrækkelige testfaciliteter af høj kvalitet i Danmark, kan det betyde, at virksomhederne risikerer at miste globale markedsandele i konkurrencen til andre store globale virksomheder på vindenergiområdet og i sidste ende vil flytte deres udviklingsafdelinger til udlandet. Virksomhederne er afhængige af løbende at kunne teste møllerne for i stigende grad at kunne effektivisere dem og nedbringe Levelised Costs of Energy (LCOE) – de gennemsnitlige omkostninger ved elproduktion for en vindmølle over dens levetid. I takt med den stigende globale efterspørgsel og en hurtigere teknologioverførelse betyder det ifølge vindmøllebranchen, at levetiden for en vindmøllemodel på markedet var fem-seks år i 2015, mens møllerne i 2020 ikke holder mere end to-tre år på markedet, før de udkonkurreres af nyere modeller (Energistyrelsen 2021d). Branchen herhjemme vurderer, at udviklingsomkostningerne til nye vindmølle typer udgør en stigende andel af fabrikanternes samlede omkostningsbillede, og de har de senere år efterspurgt flere testfaciliteter for at kunne holde trit med efterspørgslen på stadig større møller (Energistyrelsen 2021d; Megavind 2018, 2019, 2020).

3.5.2 Har staten forsømt den langsigtede grundlagsskabende forskning?

Til trods for statens fokus på at yde støtte til hele værdikæden fra grundlagsskabende forskning til markedsnær udvikling og innovation giver DEAs undersøgelse anledning til bekymring for, at den opgave, DSF varetog, ikke er blevet løftet i tilstrækkelig grad på energiområdet siden nedlæggelsen af fonden i 2014. Det indebærer en risiko for, at staten de sidste små ti år har nedprioriteret den forskningsindsats, som på den lange bane skal sikre udviklingen af de kommende generationer af havvindmølleparker og integrationen af den stigende energiproduktion fra vind i elnettet og et stadig mere elektrificeret samfund.

Flere af undersøgelsens informanter fremhæver i interviewene, at de statslige midler til den mere langsigtede, grundlagsskabende strategiske forskning er fraværende, til trods for at denne type forskning er væsentlig for udviklingen af nye såvel som modningen af eksisterende teknologier. Pointen falder i tråd med tidligere DEA-undersøgelser, der peger på, at det siden nedlæggelsen af DSF i 2014 er blevet sværere at sikre offentlig finansiering til den mere langsigtede, grundlagsskabende strategiske forskning¹², som har stor betydning for evnen til at bygge bro mellem den grundlagsskabende forskning og potentielle anvendelser heraf (DEA 2017, 2021a, 2021b). Både virksomheder og forskere efterspørger offentlig finansiering af mere forskningstunge projekter drevet af forskere, som ikke involverer for mange andre typer samarbejdspartnere, og som har et sigte mod et emne som den grønne omstilling eller mod anvendelse på den lange bane (DEA 2017, 2021a, 2021b; DEA og DI 2014).

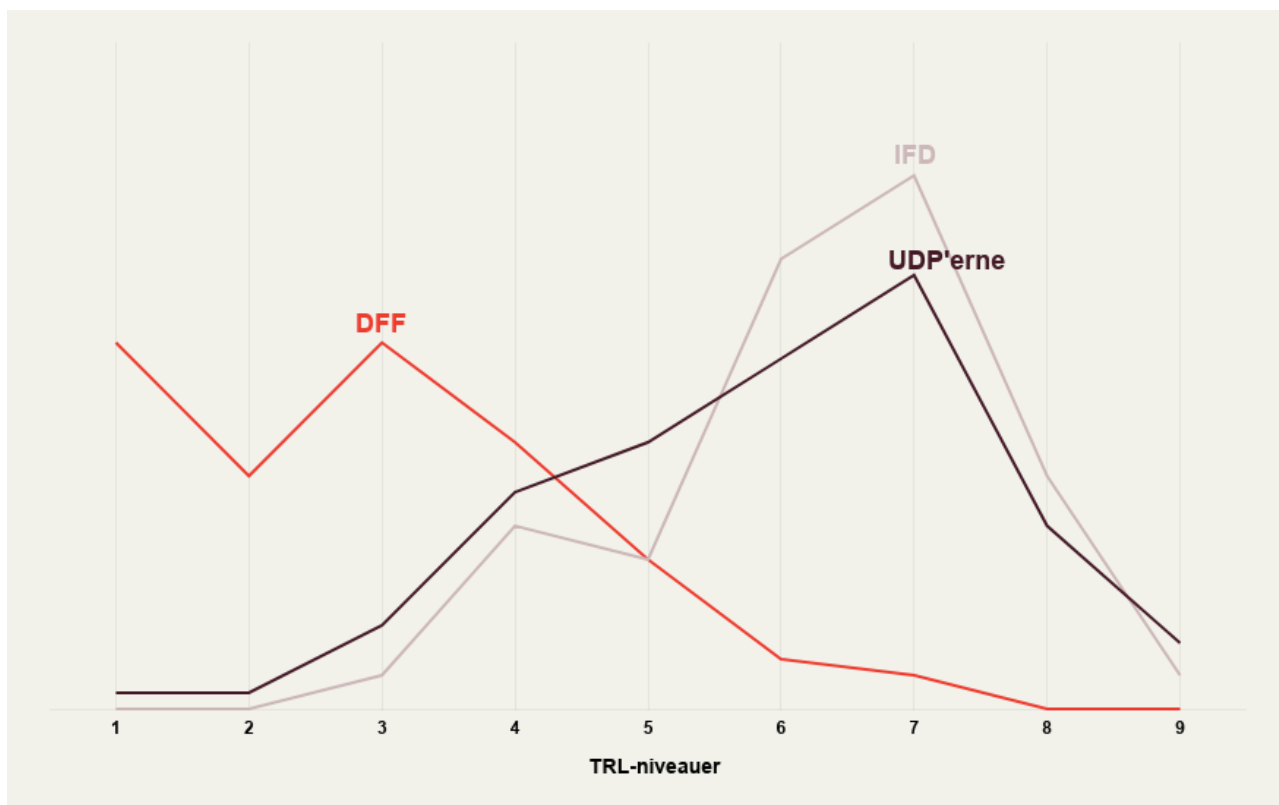
I en analyse fra 2019 af statens indsats for forskning, udvikling og demonstration på energiområdet pegede IRIS Group på baggrund af 50 interview med forskere, virksomheder og brancheorganisationer på, at der er kommet en ubalance i de statslige midler til forskning, udvikling og demonstration på energiområdet med for få midler til strategisk forskning i forhold til de midler, der er til rådighed til udvikling og demonstration (IRIS Group 2019). Senest blev pointen fremhævet af forskere på Aarhus universitet i en analyse af udviklingen inden for teknologiske innovationer i vindenergisektoren, hvor forskerne konkluderede, at mere grundlæggende strategiske forskningsmidler er væsentlige for udviklingen af fremspirende teknologier, men at midlerne er svært tilgængelige (Bloch m.fl. 2022).

Der forekommer at være en uoverensstemmelse mellem opfattelsen af, hvilken type forskning Innovationsfonden støtter, når man spørger henholdsvis Innovationsfonden og de forskere, som har modtaget midler fra fonden. Fra et fondsperspektiv peger Innovationsfondens selvevaluering fra 2019 på, at fondens portefølje af projekter under virkemidlet Grand Solutions inden for energi, klima og miljø hovedsageligt dækker grundlagsskabende forskning og anvendt forskning, i mindre grad eksperimentel udvikling og i meget lille grad innovation (Innovationsfonden 2018). Fra et brugerperspektiv peger en spørgeskemaundersøgelse fra Danmarks Forsknings- og Innovationspolitiske Råd (DFIR) af de statslige midler til forskning og innovation imidlertid på, at for de godt 550 mio. kr. afsat på forskningsreserven til Grand Solutions projekter inden for det grønne område uddelt i 2020 var hovedparten af midlerne givet til støtte af aktiviteter, som havde fokus på teknologiudvikling inden for TRL-niveau 4-8 (se boks 6), som vist i figur 14 (Danmarks Forsknings- og Innovationspolitiske Råd 2022b). Ifølge Innovationsfonden selv dækker de støttede projekter sjældent særligt store dele af hele

¹² Her refereres til en grundlagsskabende forskning, som er langsigtet, drevet af forskere, ikke involverer for mange andre typer af samarbejdspartnere og har et sigte mod et emne som fx den grønne omstilling eller mod anvendelse på den lange bane (DEA 2021b).

værdikæden, hvorfor de af Innovationsfonden støttede Grand Solutions-projekter i 2020 må formodes at starte forholdsvis tæt på brugernes forventede TRL-niveau ved afslutningen af aktiviteten.

Figur 14 Hvilke TRL-niveauer har de offentlige midler støttet ifølge bevillingsmodtagere af øremærkede grønne midler på finansloven for 2020?



Kilde: (Danmarks Forsknings- og Innovationspolitiske Råd 2022b)

Boks 6 Technology Readiness Level

Technology Readiness Levels (TRL) dækker over betegnelser for typen af forsknings-, udviklings- og demonstrationsaktiviteter i relation til modenheden af en given teknologi, hvor niveau 1 refererer til observation af meget grundlæggende principper for teknologien, og niveau 9 refererer til fuldskala demonstration af teknologien i et operationelt miljø. Groft sagt vil projekter om teknologi på de lave TRL-niveauer fordre mere grundlagsskabende forskning, mens projekter om teknologi på de høje TRL-niveauer vil have mere fokus på demonstration af teknologierne. De ni niveauer dækker over forskning (TRL 1-3), udvikling (TRL 4-6) samt demonstration og implementering (TRL 7-9). Mere specifikt er niveauerne beskrevet som følger:

TRL 1 – basic principles observed

TRL 2 – technology concept formulated

TRL 3 – experimental proof of concept

TRL 4 – technology validated in lab

TRL 5 – technology validated in relevant environment (industrially relevant environment in the case of key enabling technologies)

TRL 6 – technology demonstrated in relevant environment (industrially relevant environment in the case of key enabling technologies)

TRL 7 – system prototype demonstration in operational environment

TRL 8 – system complete and qualified

TRL 9 – actual system proven in operational environment (competitive manufacturing in the case of key enabling technologies; or in space)

Kilde: Innovationsfonden 2019

Brugernes vurdering af de offentlige fondes bevillinger i 2020, jf. figur 14, afspejler ikke de statslige visioner for støtte til hele værdikæden fra grundlagsskabende forskning til mere markedsnær udvikling og innovation (jf. boks 5), hvor Innovationsfonden i langt højere grad forventes at være til stede på de lave og mellemhøje TRL-niveauer, mens udviklings- og demonstrationsprogrammerne understøtter projekter med fokus på teknologier på de høje TRL-niveauer. I 2021 blev lovgrundlaget for Innovationsfonden ændret, således at fonden herefter "skal understøtte en sammenhængende forsknings- og innovationsindsats fra grundlagsskabende forskning til markedsnær udvikling og innovation" (Uddannelses- og Forskningsministeriet 2021). Tidligere anførte loven, at fonden skulle styrke "strategisk og udfordringsdrevet forskning, teknologiudvikling og innovation" (Uddannelses- og Forskningsministeriet 2014). Som noget nyt specificerede lovændringen af 2021 yderligere, at fonden skal støtte "udvikling af løsninger på samfundsudfordringer til gavn for det private erhvervsliv og den offentlige sektor" og "opbygning af langsigtet forsknings- og innovationskapacitet, herunder talentudvikling".

Brugerne i DFIR's undersøgelse vurderede også, at midler til grøn forskning og innovation fra DFF i 2018 har bidraget til at støtte forskning og innovation på de lavere TRL-niveauer. Det bør dog her bemærkes, at midlerne fra de mere traditionelle forskningsfinansierende fonde til energiforskning hen over årene har været relativt begrænsede. Således fik DFF først øremærkede midler til grøn forskning og udvikling i 2020 (Uddannelses- og Forskningsstyrelsen 2021) og uddelte inden for de ikke-øremærkede midler i perioden 2014-2018 blot 40 mio. kr. til energiforskning, mens Grundforskningsfonden har givet én bevilling til energiforskning siden 1997 (IRIS Group 2019).

Ydermere viser DfiR's undersøgelse af de offentlige, grønne midler uddelt i 2020, at hovedparten af de adspurgte projektledere selv vurderer, at de er orienteret mod klimalovens 2030-målet. Det efterlader ifølge DFIR et indtryk af, at det langsigtede, seje træk er underprioriteret i forsknings- og innovationspolitikken (Danmarks Forsknings- og Innovationspolitiske Råd 2022a).

Det offentlig-private partnerskab Megavind har i stigende grad efterspurgt mere grundlagsskabende forskning som supplement til mere markedsnær forskning inden for specifikke teknologier med henblik på at understøtte den videre udvikling af vindkraft i det danske samfund i de kommende årtier. Partnerskabet har siden

etableringen i 2006 samlet branchen for vindenergi om strategier for at styrke forskning, uddannelse og innovation inden for vindkraft. Allerede i partnerskabets første strategi pegede branchen på behovet for en langsigtet vision for forskning og uddannelse inden for vindenergi, hvor den mere kortsigtede forskning til at understøtte udviklingen af relevante teknologier for vindkraft blev suppleret af mere grundlagsskabende forskning (Megavind 2007). I 2013 påpegede partnerskabet, at branchen ofte blev mødt af den fejlløsttagelse, at de forholdsvis modne vindteknologier gjorde mere grundlagsskabende forskning overflødig, mens teknologierne – ifølge branchen – netop grundet deres modenhed krævede aktiviteter inden for både grundlagsskabende forskning, udvikling og demonstration for at opretholde konkurrencedygtige teknologier på det internationale marked (Megavind 2013). I 2017 uddybede partnerskabet en trebenet strategi for forskning og innovation: for det første øgede investeringer i forskning og innovation – herunder grundlagsskabende såvel som anvendt forskning med henblik på at udvikle den næste generation af teknologier til udbredelse og integration i elmarkedet såvel som samfundet bredt set; for det andet en fortsat investering i offentlig-privat samarbejde om storskalatest og -demonstration; og for det tredje øget optag og kvalitet inden for uddannelse og opkvalificering inden for sektoren (Megavind 2017). I de senere år har partnerskabets strategier for forskning og innovation efterspurgt forskning på alle TRL-niveauer (Megavind 2019) og fremhævet en i partnerskabets øjne ubalance i de danske midler til forskning, udvikling og demonstration, som i for lille grad understøtter forskning på lavere TRL-niveauer (Megavind 2018). Forskningsmidlerne bør ifølge partnerskabet i højere grad interessere sig for forskning i eksempelvis de fysiske vejrforhold, der i takt med stadig større havvindmøller skaber usikkerhed om sikkerhedsmargener forbundet med drift, vedligehold og produktion af vindkraft, for sektorkobling med Power-to-X-teknologier og elektrificering af transport og varmesektoren (Megavind 2020). Ved at skubbe til de fysiske grænser for fremtidens store vindmøller vil der samtidig opstå et fornyet behov for et fokus på den grundlagsskabende forskning (Jørgensen m.fl. 2021).

Finansiering af den langsigtede strategiske forskning handler ikke kun om direkte udvikling af ny teknologi. Flere af undersøgelsens interviewpersoner fremhæver de stærke personlige relationer i vindenergisektoren på tværs af de danske forsknings- og innovationsmiljøer, der er blevet opbygget over tid gennem certificering, testfaciliteter og projektsamarbejder om forskning og udvikling. I forlængelse heraf konkluderer en analyse af vindenergisektoren fra forskere fra Aarhus Universitet, at det politiske fokus på udvikling og modning af nye, grønne teknologier ikke bør tage sådanne relationer for givet, og at der er behov for bedre at forstå, hvorvidt rammerne i forsknings- og innovationspolitikken støtter op om tilsvarende stærke samarbejdskulturer inden for de kommende grønne teknologier (Bloch m.fl. 2022). Som en tidligere DEA-analyse har vist, oplever store virksomheder primært værdien af samarbejdet med universitetsforskere på den lange bane, hvor samarbejdet bidrager til kapacitetsopbygning i form af ny viden, kompetencer og forskningsnetværk (DEA 2021a). Den kapacitetsopbygning tager tid og bidrager til at skabe stærke samarbejder og innovationsmiljøer, som er forudsætningen for, at virksomhederne kan trække på forskningen i deres udvikling af nye teknologier.

3.5.3 Uklare snitflader mellem de offentlige forsknings- og innovationsfinansierende fonde

Ifølge flere interviewpersoner skal en del af forklaringen på, hvorfor huller som finansieringen af den grundlagsskabende strategiske forskning kan opstå i værdikæden af forsknings- og innovationsfinansiering, findes i uklare snitflader mellem de offentlige forsknings- og innovationsfinansierende fonde. Det gælder særligt for de toneangivende fonde på vindenergiområdet, Innovationsfonden og EUDP.

De uklare snitflader fremhæves også i en analyse fra 2019 af statens indsats for forskning, udvikling og demonstration på energiområdet, som pegede på en i praksis utydelig arbejdsdeling mellem Innovationsfonden

og EUDP (IRIS Group 2019). Analysen pegede derudover på, at mulighederne for finansiering til projekter inden for *smart energy* er svage. Sidstnævnte pointe fremdrog DEA tilsvarende i 2021-analysen af regeringens grønne forsknings- og innovationsstrategi (DEA 2021b). En evaluering af EUDP fra 2019 pegede på, at brugere kan være i tvivl om arbejdsdelingen mellem de offentlige fonde (DAMVAD Analytics og MUUSMANN 2019).

Den internationale evaluering af det danske forsknings- og innovationssystem fra 2019 påpegede en mangelfuld dialog på et mere strategisk niveau mellem offentlige og private forsknings- og innovationsfinansierende fonde (European Commission 2019).

En tidligere undersøgelse af dansk energiforskning kritiserede i 2009 det forskningsfinansierende system på energiområdet for være utilstrækkeligt sammenhængende i fødekæden fra grundforskning til anvendt forskning med for mange små kasser uden større koordinering (Rosenhagen m.fl. 2009). Undersøgelsen kritiserede manglen på tydelige kriterier for, hvordan offentlige forskningsmidler prioriteres – herunder hensynet til de forskellige dele af forskningen, som skaber resultater på henholdsvis kort og lang sigt, således at begge dele tilgodeses. Samtidig pegede undersøgelsen på behovet for mere samfundsvidenskabelig og humanistisk forskning i adfærd på markedet, kundegrundlaget og slutbrugereren, hvilket blev underbygget af en rapport fra Danmarks Tekniske Universitet udført for Klimakommissionen i 2010 (Holst Jørgensen og Münster 2010).

Koordineringen mellem de offentlige fonde for forskning, udvikling og demonstration på energiområdet er primært foregået gennem fem initiativer: 1) fælles årlig publikation med overblik over alle programmer og projekter, som får støtte, 2) offentligt tilgængelig database over alle energiteknologiske udviklingsprojekter i Danmark, 3) forskningsfaglige vurderinger på tværs, 4) fælles årligt møde, hvor seks eller flere programmer og råd mødes – endvidere årligt møde mellem formænd for energiprogrammerne – og 5) Forskningsdag – alle programmer præsenterer sig og udvalgte projekter på et fast årligt arrangement (Klima-, Energi og Bygningsministeriet og Ministeriet for Forskning, Innovation og Videregående Uddannelse 2015).

Flere af interviewpersonerne i denne undersøgelse peger på, at koordinering af indsatsen primært har fundet sted på det årlige møde mellem de offentlige forskningsfinansierende fonde og programmer. Enkelte informanter fremhæver imidlertid, at der har været en begrænset koordinering af fondenes uddelinger, særligt i forhold til at tilstræbe en ensartet evaluering af forskningskvaliteten i ansøgningerne. Der har været og er fortsat tale om fonde med forskellige formålsparagraffer og bestyrelser. Holst Jørgensen og Münster (2010) påpegede et vist personsammenfald mellem de forskellige fondes bestyrelsesmedlemmer, samt at der over årene er gjort en indsats for at udveksle information og erfaring mellem programadministratorer. Forfatterne går et skridt videre i deres analyse og fremhæver behovet for en fælles strategi for offentlige puljer til energiforskning, -udvikling og -demonstration, bl.a. for at sætte fokus på, hvor store investeringer i forskning, udvikling og demonstration man vurderer som nødvendige for at realisere de politiske visioner (Holst Jørgensen og Münster 2010).

Samlet set peger DEAs undersøgelse på, at koordineringen af den offentlige finansiering af hele værdikæden fra forskning til markedsnær innovation har været begrænset efter årtusindskiftet og præget af en manglende strategi for, hvor store investeringer i forskning, udvikling og demonstration der skal til for at komme i mål med de politiske visioner. Her er det imidlertid afgørende ikke at forveksle koordination af fondenes roller i det samlede finansieringslandskab med politisk detailstyring af fondenes uddelinger. Sidstnævnte indebærer en

stor risiko for at overse og udelukke vigtige forskningsområder, som tidligere undersøgelser advarer imod (Rosenhagen m.fl. 2009; Holst Jørgensen og Münster 2010).

3.6 Energi- og forskningspolitik: to rationaler om politisk stabilitet og statslig indblanding

De energipolitiske aftaler har siden 2008 – som tidligere nævnt i rapportens afsnit 3.2 – været instrumentelle for synliggørelsen af den politiske, langsigtede forpligtelse med hensyn til energipolitikken. Aftalerne har været flerårige – mest markant med den tiårige ramme for udspillet i aftalen fra 2012 – og de har med konkrete politiske instrumenter som eksempelvis prisstøtte til produktion af vedvarende energi og offentlige udbud af havvindmølleparker understøttet en langsigtet efterspørgsel på vindenergi, som beskrevet i rapportens afsnit 3.3.

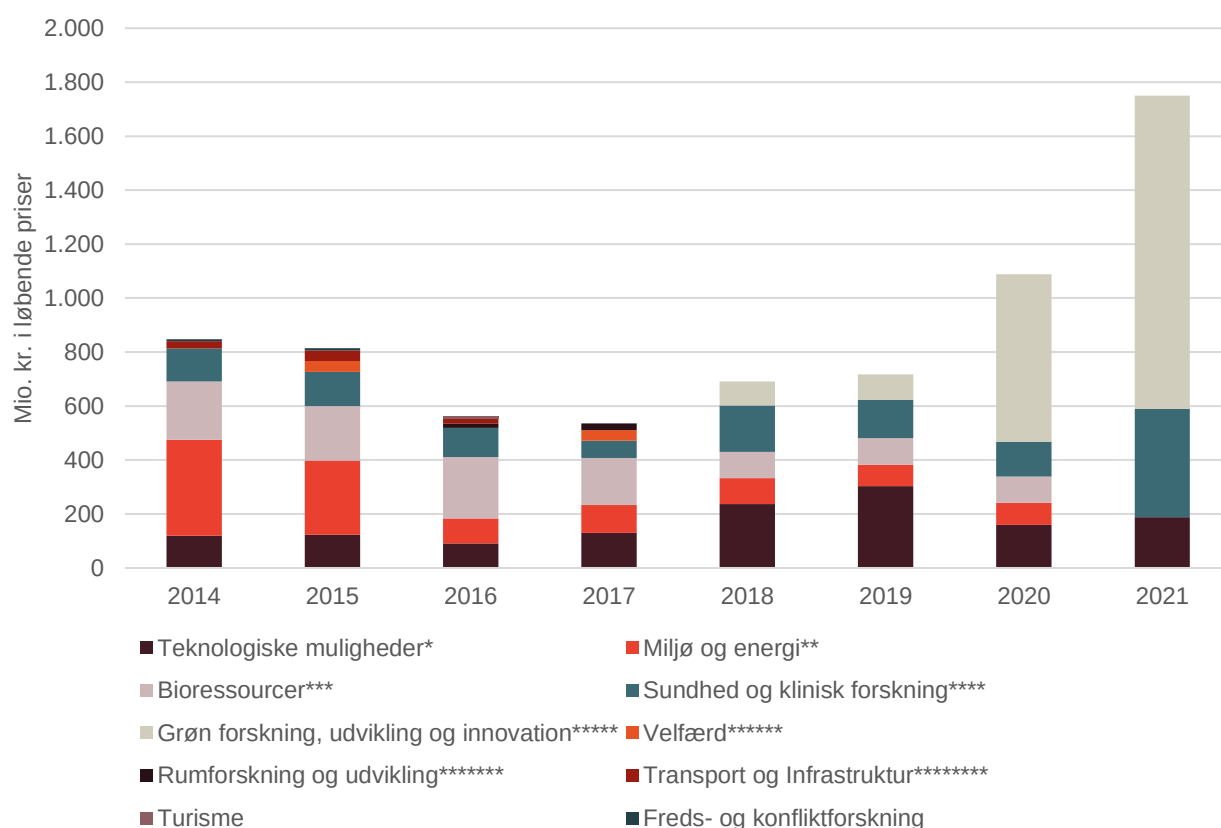
I kontrast til energipolitikken har den strategiske forsknings- og innovationspolitik i regi af Uddannelses- og Forskningsministeriet været finansieret fra år til år og styret af et ønske om i overvejende grad at støtte bottom-up-initiativer, hvor de bedste forsknings- og innovationsprojekter modtager statsstøtte uden langsigtede strategier for finansieringen af kapacitetsopbygningen af forsknings- og innovationsmiljøer inden for eksempelvis vedvarende energi.

Hovedvægten i Uddannelses- og Forskningsministeriets arbejde med strategisk forskning har siden 2008 været på FORSK2020-katalogerne, der har ageret inspiration for de udfordringer, politiske ordførere i Folketinget har kunnet vælge at øremærke midler til på forskningsreserven for det kommende år (Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling 2008; Ministeriet for Forskning, Innovation og Videregående Uddannelse 2012; Styrelsen for Forskning og Uddannelse 2017). Katalogerne FORSK2015, FORSK2020 og FORSK2025 er ikke udsprunget af den på den tid siddende regerings politik, men derimod af indspil fra bl.a. universiteter, forskningsråd, offentlige institutioner, virksomheder, fagministerier (embedsmænd) og interesseorganisationer, der er blevet kondenseret til bud på fremtidens vigtigste forskningsområder. Grundstenen til FORSK2020-katalogerne blev lagt af Globaliseringsaftalen, i forbindelse med hvilken det blev besluttet, at grundlaget for prioritering af strategiske forskningsmidler skulle understøttes af en løbende kortlægning af de forskningsbehov, som samfunds- og erhvervsudviklingen skaber, og de danske forskningsinstitutioners forudsætninger for at løse dem.

De tre FORSK2020-kataloger er ikke femårsplaner for, men derimod inspiration til de årlige politiske prioriteringer af øremærkede midler til strategiske forskningsområder på finansloven. Enkelte interviewpersoner peger på, at formuleringer fra kataloget typisk er blevet brugt i finanslovens aftaletekster om øremærkede midler, hvormed formuleringer fra kataloget på sin vis har kvalificeret politiske kæpheste og luget ud i politikernes til tider mere snævre formuleringer om ønskede formål for de øremærkede midler. Men i udgangspunktet har de politiske forhandlinger om forskningsreserven ikke været forpligtet til at finde sted inden for FORSK2020-katalogernes forslag til løfterige strategiske forskningsområder. Inden for forskningsreservens øremærkede midler har det så været op til de respektive forsknings- og innovationsfinansierende fonde at udmønte midlerne. Vedvarende energisystemer, herunder fra vindkraft, har været et tema i samtlige tre kataloger – i de sidste to under overskriften grøn økonomi/vækst.

Resultatet af de årlige finanslovsforhandlinger har været etårige politiske satsninger på øremærkede midler til forskningstemaer, som fra år til år har kunnet skifte retning. Hovedparten af de øremærkede midler til strategisk og udfordringsdrevet forskning er blevet forvaltet af Innovationsfonden siden 2014. Som figur 15 viser, har der været en vis stabilitet i de politiske prioriteter af Innovationsfondens bevillinger, hvor særligt midler til temaerne Teknologiske muligheder, Sundhed og klinisk forskning, Miljø og energi og Bioressourcer – de sidste to som grøn forskning og udvikling fra 2021 – har nydt en vis grad af stabilitet. Den retrospektivt set længerevarende stabilitet med hensyn til øremærkede midler til strategisk og udfordringsdrevet forskning skal imidlertid ikke forveksles med forudsigelighed, hvad angår midlerne, eftersom stabiliteten ikke har været givet fra det ene år til det næste. Her har de årlige prioriteringer ikke formået at give de offentlige fonde den arbejdsro, som visheden om midlernes tilstedeværelse en årrække frem ville have givet.

Figur 15 Temaer for øremærkede midler til Innovationsfonden under strategisk og udfordringsdrevet forskning i perioden 2014-2022. Beløb opgjort i mio. kr. Løbende priser



Kilde: Finansministeriet 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020

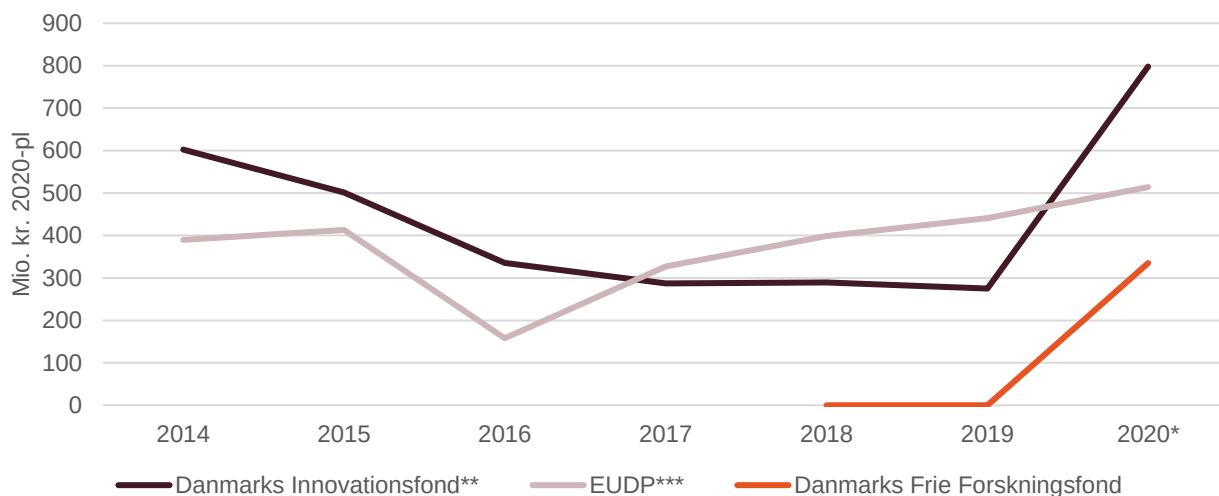
Anm.: * Herunder "Strategiske Vækstteknologier" i 2014-2017, "Produktionssystemer og strategiske vækstteknologier" i 2015, og "Teknologi og innovation der kan fastholde produktion og arbejdspladser i Danmark" i 2021. ** Herunder "Fremtidens energiteknologier og -systemer" i 2014-2015, "Konkurrencedygtig miljøteknologi" i 2015-2016 samt "Miljø og vand m.m." i 2014. *** Herunder "Sammenhæng mellem fødevarer, sundhed og livsstil" i 2014-2017 og "Bioressourcer, fødevarer og miljøteknologi" samt "Økologisk fødevarerproduktion" i 2014-2015 og 2017, "Fødevarer" i 2016 og "Bioressourcer, fødevarer og andre biologiske produkter" i 2014. **** Herunder "Sundhed, psykiatri og klinisk forskning" i 2015-2016, "Sundhed, livskvalitet og klinisk forskning" samt "Sundhed, psykiatri og klinisk forskning" i 2014. ***** Herunder "Grønne forsknings- og innovationspartnerskaber" i 2021-2022, "Grøn forskning, teknologiudvikling og innovation" i 2021, "Grøn omstilling" i 2020 og "Grøn vækst" i 2018-2019. **** Herunder "Velfærd, sundhed og uddannelse" i 2014 og "Fremtidens velfærd" i 2015. ***** Herunder "Rum- og droneteknologi" i 2017 og "Rumforskning" i 2016. ***** Herunder Transport og logistik i 2014.

Under temaerne i figur 15 gemmer sig yderligere en række mindre udspecificeringer, hvor eksempelvis finansloven for 2017 med historisk set få øremærkede midler til Innovationsfonden under strategisk og

udfordringsdrevet forskning blev fulgt af ikke mindre end ti udspecificerede formål. Det giver på den ene side plads til en vis dynamisk spillebane for årlige politiske prioriteringer. Samtidig giver det svære kår for fondenes evne til at arbejde med flerårige strategier for kapacitetsopbygning i de danske forsknings- og innovationsmiljøer. Eksempelvis kunne et mere eksplicit fokus på kapacitetsopbygning med fordel adressere nogle af de manglende muligheder for at søge fondene om midler til at videreføre eksisterende forskningsgrupper, til at fastholde kompetencer samt til at følge op på tidligere projekter med lovende takter eller underudnyttede data/resultater. De muligheder blev af forskere i 2018 ikke anset for at være til stede i det forskningsfinansierende system i en spørgeskemaundersøgelse fra DFF, Det Unge Akademi og DEA (Danmarks Frie Forskningsfond, Det Unge Akademi, og DEA 2018).

De årlige politiske prioriteringer af de offentlige forsknings- og innovationsfinansierende fonde på finansloven har resulteret ikke blot i skiftende specificerede formål, men også i svingende årlige budgetter for fondene. Som figur 16 viser, har mængden af grønne midler tildelt fonde på energiområdet varieret betydeligt fra år til år, både samlet set og mellem fondene. Både Innovationsfonden og EUDP oplevede således et dyk i de statslige midler til grøn forskning, udvikling og innovation i 2016. I perioden 2017-2019 var EUDP den statslige fond med flest midler til grøn forskning, udvikling og demonstration, mens 2020 markerede sig som året med de fleste grønne midler siden 2014 til både Innovationsfonden og EUDP samt de første grønne øremærkede midler til DFF.

Figur 16 Statslige bevillinger til grøn forskning, udvikling og demonstration fordelt på fonde på energiområdet i perioden 2014-2020



Kilde: Regeringen m.fl. 2019

Anm.: Øremærkede grønne bevillinger er her defineret som bevillinger, hvor det fremgår af anmærkningerne til bevillingslovene, at det medtalte beløb har et grønt forskningsformål. Bevillingerne i 2014-2019 er omregnet til 2020-prisniveau med forbrugerprisindekset. * Inklusive tilførte midler fra forskningsreserveaftalen. ** For 2014 indgår bevillinger under DSF, som fra 2014 blev lagt ind under Innovationsfonden. I opgørelsen indgår de tematiske områder på 19.41.11.10. og 19.44.01.10., som Uddannelses- og Forskningsministeriet har klassificeret som grøn forskning. *** ForskEL er fra 2017 lagt under EUDP's grundbevilling som en del af PSO-aftalen. **** Øvrige grønne forskningsinitiativer består af udvalgte dele af den forskningsbaserede myndighedsbetjening samt en række mindre forskningspuljer, som efter Uddannelses- og Forskningsministeriet, Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet og Miljø- og Fødevareministeriets vurdering er øremærket grøn forskning. Forskningsandelen for 23.31.01 Miljøundersøgelser har vist sig at være for høj i forskningsbudgettet i 2014-2016, hvorfor det her er antaget, at 40 pct. af bevillingen gik til forskningsaktiviteter.

3.6.1 Den grønne forsknings- og innovationsstrategi: delvis udlicitering af statens koordinering af værdikæden

Med regeringens grønne forsknings- og innovationsstrategi fra 2020 ændrer Uddannelses- og Forskningsministeriets politikudvikling for strategisk forskning sig fra FORSK2020-katalogernes bottom-up-proces og uforpligtende udpegning af løfterige forskningstemaer til en mere top-down-prioritering af fire forsknings- og innovationsmissioner og syv forskningstemaer som udgangspunkt for et styrket grønt fokus for Innovationsfondens uddelinger.¹³ Enkelte informanter peger på, at dialogen mellem Uddannelses- og Forskningsministeriet og Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet intensiveres i forbindelse med udarbejdelsen af den grønne forsknings- og innovationsstrategi, og at koordineringen af den samlede statslige indsats med forskning, udvikling og demonstration øges i forbindelse med den grønne forsknings- og innovationsstrategi. Der er imidlertid tale om en statslig koordinering, som Innovationsfonden i overvejende grad har fået til opgave at implementere i det af Uddannelses- og Forskningsministeriet definerede nye virkemiddel, Innomissions.

Den grønne forsknings- og innovationsstrategi nævner ikke de andre offentlige fonde som DFF, der siden 2020 også har uddelt strategiske forskningsmidler inden for grøn omstilling, eller udviklings- og demonstrationsprogrammerne – herunder EUDP – der alle uddeler midler til forskning, udvikling og demonstration inden for områder af relevans for de fire missioner og syv forskningstemaer i den grønne forsknings- og innovationsstrategi. Regeringen lægger op til, at den grønne forsknings- og innovationsstrategi skal implementeres af Innovationsfonden og mindre forpligtende vil blive drøftet årligt i Grønt Erhvervsforum (Uddannelses- og Forskningsministeriet 2020b) med repræsentation af relevante ministre, repræsentanter for erhvervsorganisationer og fagbevægelsen, uafhængige eksperter samt regeringens klimapartnerskaber (Regeringens klimapartnerskaber 2019).

En måned efter den grønne forsknings- og innovationsstrategi afsatte regeringen og aftalepartierne et historisk højt øremærket beløb på 2,7 mia. kr.¹⁴ på finansloven for 2021 til forskning, udvikling og demonstration på det grønne område (Regeringen m.fl. 2020). Der var ikke alene tale om et historisk højt øremærket beløb til det grønne område, men flere midler afsat til det grønne område, end der siden 2014 har været øremærket på nogen finanslov (jf. figur 15 ovenfor). Samtidig var finanslovens øremærkede midler til forskning, udvikling og demonstration på det grønne område historisk interessante, fordi de blev fulgt op af regeringen og aftalepartierne om at fastholde niveauet for de grønne forskningsmidler på det statslige forskningsbudget på mindst 2020-niveauet svarende til 2.280,0 mio. kr. i perioden 2022-2024. Den ambition falder i tråd med energiaftalen for 2018, hvor alle Folketingets partier ønskede at øge de statslige midler til forskning, udvikling og demonstration inden for energiteknologi og klima gradvist til 1 mia. kr. i 2024 (Regeringen (Venstre, Liberal Alliance og Det Konservative Folkeparti) m.fl. 2018). Det løfte blev indfriet på finansloven for 2022 (Regeringen (Socialdemokratiet) m.fl. 2021), og det er første gang siden 2014, at regering og aftalepartier politisk har forpligtet sig til øremærke midler til ét område fire år frem i tiden.

De øremærkede midler fra finansloven for 2021 tilfaldt hovedsageligt Innovationsfonden. Med de historisk set store strategisk øremærkede midler til historisk set få, prioriterede temaer har Innovationsfonden fået et større

¹³ Det skal dog bemærkes, at top-down-prioriteringen af de fire missioner og syv forskningstemaer er sket på baggrund af en kortlægning af grønne forskningsbehov og -potentialer med bidrag fra en række interessenter.

¹⁴ Midlerne var øremærket til en række initiativer, herunder hovedsageligt Innovationsfonden, DFF og udviklings- og demonstrationsprogrammerne.

økonomisk råderum, inden for hvilket fonden kan vælge, hvilke aktiviteter den prioriterer at støtte. Af Innovationsfondens øremærkede midler til det grønne område på 1,17 mia. kr. var 700 mio. kr. (60 pct.) imidlertid reserveret på finansloven til implementeringen af det nye virkemiddel, Grønne Forsknings- og Innovationspartnerskaber, som sidenhen blev døbt Innomissions i Innovationsfonden.

04

Hvad kan statens missionsdrevne innovationspolitik lære af dansk vindteknologihistorie?

4 Hvad kan statens missionsdrevne innovationspolitik lære af dansk vindteknologihistorie?

Den politiske historie om statens understøttelse af udviklingen og udbredelsen af nye vindteknologier siden årtusindskiftet er en historisk påmindelse om, at udvikling af nye energiteknologier langt fra er tilstrækkeligt, hvis de skal forandre vores nuværende energisystem. DEAs undersøgelse har således anskueliggjort, hvorledes staten har gjort brug af et mix af udbuds- og efterspørgselsorienterede instrumenter, som de sidste årtier har evnet at understøtte, at Danmark er blevet en nation af virksomheder, der er førende på verdensplan inden for fremstilling og drift af vindkraftanlæg (se tabel 3).

Tabel 3 Typer af politiske instrumenter til understøttelse af udvikling og udbredelse af energiteknologier

Formål	Udbudsorienteret	Efterspørgselsorienteret
Tilkendegivelse af politisk efterspørgsel på vindenergi		- Politiske aftaler*
Økonomisk støtte til vindkraftanlæg		- Prisstøtte - Offentlige udbud af havvindmølleparker - CO ₂ -afgift - Oprindelsesgarantier - Energibeskatningssystem - EU's CO ₂ -kvotesystem - Risikovillig kapital (Danmarks Eksportkredit, Vækstfonden, Danmarks Grønne Investeringsfond)
Støtte til udvikling af marked for vindenergi		- Planlægning af områder til vindmøller - Adgang til elnettet - Prøvestationer til certificering
Styrke lokalt engagement i udbygning af vindenergi		- Værditabsordningen - Køberetsordningen - Grøn ordning - Garantifonden
Støtte til forskning, udvikling og demonstration	- Prøvestationer til test og demonstration - Offentlige forsknings- og innovationsfinansierende fonde, herunder Danmarks Frie Forskningsråd, Det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram, Innovationsfonden samt de nu afviklede fonde DSF, Rådet for Teknologi og Innovation, Højteknologifonden, ForskEL og Energiforskningsprogrammet	

Anm.: * Den politiske aftaletekst afspejler både udbudsorienterede og efterspørgselsorienterede instrumenter og endvidere tilkendegivelse af den fremadrettede politiske opbakning til teknologier inden for vedvarende energi – herunder vindenergi.

Statens enkeltstående instrumenter har spillet forskellige roller i udviklingen og udbredelsen af vindteknologier i Danmark. Bidraget fra det enkelte instrument til udviklingen af en stærk vindmølleindustri i Danmark skal ikke overses, men det kan være svært at isolere fra det samlede mix af instrumenter. Betydningen af det enkelte instrument må nødvendigvis anskues i forhold til en større del af instrumentpakken. Samlet set er instrumentpakken en påmindelse om alle de mange indsatser, som staten har skullet koordinere, og som indbyrdes har både understøttet og til tider modvirket hinanden.

Eksempelvis er den danske vindmølleindustri i stigende grad blevet afhængig af kapitalstærke investorer til at byde på bl.a. stadig større og dyrere havvindmølleparker, og her har de politiske aftaler været afgørende for investorers investeringsvilje, idet aftalerne – med undtagelse af perioden 2001-2007 – har signaleret

fremadrettet politisk efterspørgsel på vedvarende energi samt en interesse i fortsat at regulere markedet i Danmark mod mindre risikofyldte rammer for opførelse af vedvarende energianlæg. Her har videreudviklingen af modellerne for udbud af havvindmølleparker og prisstøtte mindsket den økonomiske usikkerhed forbundet med at investere i havvindmølleparker, som skyldes risikoen for udsving i både elpriser og politisk efterspørgsel på vedvarende energi.

Samtidig fjernede prisstøtten, de statslige udbud og den statslige planlægning for arealer udlagt til havvindmølleparker fokus fra de lokalsamfund, som før årtusindskiftet var grundlaget for opblomstringen af den danske vindmølleindustri. Den faste afregningspris i CfD-modellen og udbudsmodellen for de store havvindmølleparker afspejlede politiske instrumenter rettet mod et marked for store producenter, økonomisk stærke investorer med tålmodige investeringer og stadig større vindmøller. Parallelt med udviklingen mod større møller er borgermodstanden mod deres opførelse i lokalsamfund steget.

Fogh Rasmussen-regeringens nedprioritering af den politiske opbakning til vindenergi i perioden 2001-2007 hæmmede effekten af prisstøtten qua nedjusteringen af produktionsstøtten til vindenergi og effekten af den indirekte markedsstøtte gennem planlægning af arealer til udbygning af vedvarende energi, hvor regeringen i 2002 aflyste tre ud af fem planlagte havvindmølleparker. Investorerne reagerede negativt på den svindende politiske opbakning til vind, og det resulterede i en udbygning af vindkraftanlæg i Danmark, som gik i stå i årene 2004-2007.

Forudsætningen for elmarkedet skabte staten gennem etableringen og driften af elnettet, uden hvilket vindmølleproducenter ikke ville kunne have afsat deres strøm og finansieret udviklingen af nye møller. Muligheden for at tilslutte sig elnettet, hvor en stor del af omkostningerne forbundet med opkoblingen til nettet har været dækket af staten, var rettet mod producenter af vindenergi uanset størrelse.

Etableringen af Forskningscenter Risø i 1978 som dansk testfacilitet for certificering og godkendelse af vindkraftteknologier bidrog til at kvalitetssikre de danske møller og gav samtidig vindenergiproducenter adgang til nye videnmiljøer og faciliteter for test af møllernes holdbarhed og driftssikkerhed. Den langsigtede kapacitetsopbygning inden for forsknings- og innovationsmiljøerne fortsatte efterfølgende med testfaciliteterne Høvsøre, Østerild – begge drevet af DTU Vindenergi – og LORC. Med tiden er test- og demonstrationsfaciliteterne blevet en hjørnesten i samarbejdet mellem virksomheder inden for vindmølleindustrien og forskningsmiljøerne, som med mere og mere avanceret forskning har styrket drift, vedligehold og produktion af vindkraft under de stadig mere krævende fysiske vejrforhold og miljøpåvirkninger, som de stadig større møller udsættes for.

De sidste 20 års politiske historie på vindenergiområdet har haft et element af rettidighed i forhold til, hvornår de forskellige økonomiske instrumenter har haft deres berettigelse i en dansk kontekst, og hvornår de har mistet den og er blevet erstattet af andre. Flere interviewpersoner peger på, at virkemidlernes foranderlighed skal ses i lyset af vindteknologiernes konstante udvikling, som har afspejlet sig i en vindenergiindustri med forskellige behov for støtte på forskellige tidspunkter. Den samlede pakke såvel som de enkeltstående instrumenter har ændret sig over tid, i takt med at vindteknologierne har udviklet sig, det økonomiske instrument er blevet for omkostningsfyldt politisk set, og/eller instrumentet har medført uhensigtsmæssig adfærd på markedet.

Den timing, argumenterer interviewpersonerne i undersøgelsen, har staten i det store og hele formået at ramme i Danmark, om end der også er eksempler på, at instrumenter ikke altid har formået at tilpasse sig

udviklingen tilstrækkeligt hurtigt, og at ikke alle instrumenter har spillet lige hensigtsmæssigt sammen hele tiden. Spørgsmålet om at designe det ideelle instrument afhænger i den optik ikke bare af samspillet med de andre instrumenter men også af de faktiske omstændigheder og den teknologiske modenhed på et givent tidspunkt. Historien om udviklingen og udbredelsen af vindteknologier i Danmark er således også en historie med påfaldende meget politisk læring og tilpasning undervejs i en udvikling over adskillige årtier mod mere modne vindteknologier, som i højere grad i dag kan konkurrere med fossile energiteknologier.

DEAs undersøgelse peger på, at erfaringerne med koordineringen af en politik, der har understøttet både udbuddet af og efterspørgslen på vindteknologier, er en væsentlig arv, som rummer afgørende læring for statens missionsdrevne innovationspolitik. Det gælder ikke mindst den nuværende politiske ambition om på under ti år at genskabe succesen fra flere årtiers politiske understøttelse af udviklingen og udbredelsen af vindteknologier.

Skal de politiske ambitioner for forsknings- og innovationsmissionerne realiseres, vil det stille endnu større krav til en effektiv innovationspolitik, som evner at koordinere udbuds- og efterspørgselsorienterede politiske instrumenter og skabe drivhusgasreduktioner på kort såvel som lang sigt. I det følgende præsenterer DEA, hvad arven fra vindmøllerne kan betyde for det fremadrettede arbejde med at understøtte bidraget fra missionen om grønne brændstoffer til transport og industri (Power-to-X mv.) til klimalovens målsætninger. Det er den mission, som mest direkte er koblet til energipolitikken og dermed statens erfaringer med at understøtte udviklingen og udbredelsen af vindteknologier. Mange af pointerne vil imidlertid være lige så relevante for regeringens tre andre grønne missioner.

4.1 Forsknings- og innovationsmissionerne skal bæres i mål af både udbud og efterspørgsel

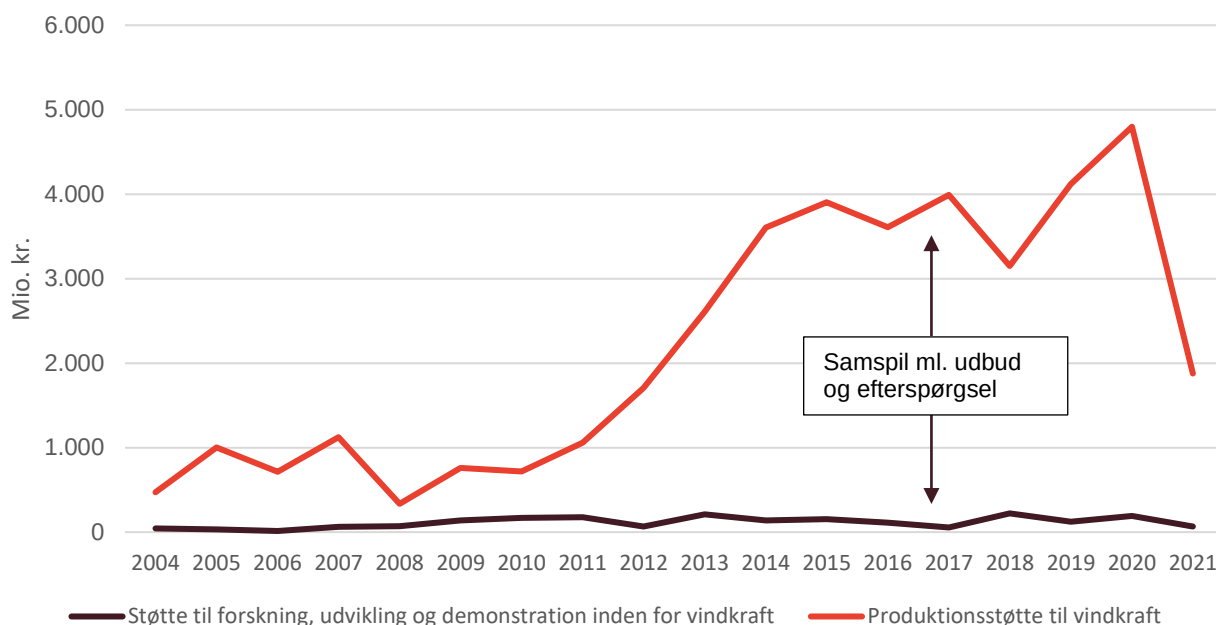
Størstedelen af statens økonomiske støtte til vindenergiteknologier er siden 2004 givet som produktionsstøtte (hovedsageligt prisstøtte), som har understøttet et marked for vindkraftteknologier i Danmark, langt før teknologierne har været tilstrækkeligt omkostningseffektive til at kunne konkurrere med fossile energikilder på et marked uden større omkostninger forbundet med udledning af drivhusgasser (se figur 17). I den sammenhæng fylder statens bevillinger til understøttelse af udbuddet af forskning, udvikling og demonstration betydeligt mindre. Størrelsesforholdet varierer fra år til år, men generelt viser den lineære tendens, at udgifterne til produktionsstøtten er steget mere end til udbuddet af forskning, udvikling og demonstration.¹⁵ Den større stigning i produktionsstøtten afspejler statens klima- og energipolitik, som har understøttet udbygningen af vedvarende energi fra vind og ført til den opskalering i udbygning og størrelse af vindmøller, som vi har været vidne til i Danmark efter årtusindskiftet.

Statens støtte til efterspørgslen på vindenergiteknologier har imidlertid også haft betydning for udbuddet af vindteknologier. Produktionsstøtten har bidraget til, at producenter har kunnet gøre værdifulde erfaringer fra

¹⁵ Fra 2004 til 2020 (det højeste niveau for begge støtteformer), steg produktionsstøtten til vindkraft til det tidobbelte, mens støtten til forskning, udvikling og demonstration inden for vindkraft steg til det firedobbelte. Det betydelige fald i statens produktionsstøtte fra 2020 til 2021 skyldes hovedsageligt stigende elpriser, som tilsvarende har nedskrevet statsstøtten.

test af møllerne i fuldskala i naturligt miljø under honorering af krav til vedligehold og driftssikkerhed, hvilket igen har fremskyndet udviklingen af teknologierne.

Figur 17 Statens støtte til udbud af og efterspørgsel på vindkraftteknologier i Danmark i perioden 2004-2021



Kilde: Energistyrelsen, EUDP, Innovationsfonden og Energiforskning.dk

Anm.: Tallene for 2021 er foreløbige.

Politisk er den nuværende situation med regeringens mission for grønne brændstoffer til transport og industri (Power-to-X mv.) til en vis grad den modsatte af den vindteknologiske historie. Elmarkedet eksisterede således mange år før vindmøllerne i Danmark for alvor voksede i størrelse og kapacitet. I 2020 annoncerede regeringen sine politiske forventninger til en betydelig opskalering af produktion og udnyttelse af forholdsvis kendte grønne brændstofteknologier allerede i 2030. Der eksisterer endnu ikke et marked for grønne brændstoffer, hvor virksomheder kan afsætte deres produkter. Der gik mere end et år fra regeringens grønne forsknings- og innovationsstrategi i 2020, til regeringen i december 2021 offentliggjorde sin strategi for de efterspørgselsdrevne instrumenter, som skal understøtte udbygningen af et marked for grønne brændstoffer, herunder initiativer for godt 3 mia. kr. til bl.a. markedsbaserede Power-to-X-udbud målrettet produktionen af grønne brændstoffer i Danmark (1,3 mia. kr.) og forskning, udvikling og demonstration (595 mio. kr.) (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet 2021e). Der gik yderligere fire måneder, før regeringen i april 2022 offentliggjorde sit udspil til en grøn skattereform med bl.a. en CO₂-afgift, som hovedparten af DEAs interviewpersoner forventer, vil skulle spille en hovedrolle i udviklingen af markedet for grønne brændstoffer. I juni 2022 – knap to år efter regeringens forsknings- og innovationsstrategi – offentliggjorde regeringen og aftalepartier oprettelsen af en grøn fond på 53,5 mia. kr., som frem mod 2040 skal understøtte den grønne omstilling – herunder gennem udbygning af havvind og støtte til Power-to-X (Regeringen, Venstre, Socialistisk Folkeparti, Radikale Venstre, Enhedslisten m.fl. 2022a).

Selvom produktionen af brint – der er afgørende som et grønt brændstof i sig selv og som et element i produktionen af andre grønne brændstoffer – er velkendt, er det først for alvor i de sidste par år, at udviklingen og modningen af grønne brintteknologier har taget fart, ifølge hovedparten af undersøgelsens informanter.

Interviewpersonerne påpeger, at brintteknologier udviklingsmæssigt er der, hvor vindteknologier var for årtier siden. Ifølge Klimarådet vil branchen frem mod 2030 være afhængig af støtte til Power-to-X-anlæg grundet betydeligt højere produktionsomkostninger end ved produktionen af fossile brændstoffer.

3.6.2 Markedet for grønne brændstoffer skal prioriteres højere på den korte bane

På den korte bane er der politisk behov for en større prioritering af at understøtte udviklingen af et marked for grønne brændstoffer i de kommende år, hvis Danmark skal blive hjemsted for en internationalt konkurrencedygtig industri inden for grønne brændstoffer. Den danske forsknings- og innovationsstrategi har som ambition at udvikle løsningerne i Danmark som grundlaget for at støtte den grønne omstilling af erhvervslivet. Skal det lykkes, vil det kræve udviklingen af et stærkt hjemmemarked frem for blot at importere og implementere grønne brændstofteknologier fra udlandet med henblik på at nedbringe drivhusgasudledninger på dansk jord.

Fraværet af en forsyningsinfrastruktur, der kan gøre grønne brændstoffer som alkohol, biogas og ammoniak tilgængeligt for den tunge land-, skibs- og lufttransport i Danmark og udlandet gør det svært at afsætte grønne brændstoffer i Danmark. Samtidig er brændstofteknologierne endnu dyre i forhold til at kunne konkurrere med fossile brændstoffer.

I lyset af erfaringerne fra statens rolle i den historiske udvikling af vindteknologier må de efterspørgselsorienterede politiske instrumenter forventes at få stor betydning for størrelsen af virksomhedernes investeringer i forskning, udvikling og modning af grønne brændstofteknologier og for deres erfaringer med fuldskalatest af teknologierne under honorering af krav til vedligehold og driftssikkerhed i et stadig mere emissionsfrit energisystem. Samtidig vil udviklingen af markedet for grønne brændstoffer være vigtig for statens tidlige erfaringer med fremtidens energinet, der vil stille stadig større krav energiteknologiernes systembærende egenskaber¹⁶ for at imødegå elsystemets sårbarhed over for fejl (Energinet 2018).

Den uklare politiske efterspørgsel på grønne brændstoffer på det danske hjemmemarked i perioden fra offentliggørelsen af den grønne forsknings- og innovationsstrategi til regeringens Power-to-X-strategi og efterfølgende grønne skattereform er ifølge undersøgelsens informanter en udfordring for opskaleringen af brændstofteknologierne. Historisk har den politiske usikkerhed på vindenergiområdet vist sig at bremse risikovilligheden betydeligt hos producenter og investorer. Set i lyset af den politiske ambition om et stærkere grønt erhvervsliv i Danmark er markedet samtidig en forudsætning for, at virksomhederne herhjemme udvikler løsninger, som kan konkurrere på det internationale marked.

Enkelte interviewpersoner understreger, at det historiske marked for strøm og det fremtidige marked for grønne brændstoffer er forskellige i flere henseender. Mens strømmen som produkt er det samme, uanset om strømmen er produceret på basis af fossil eller grøn energi, er der flere forskellige typer af grønne brændstoffer, hvoraf nogle egner sig bedre til formål som flytransport, mens andre brændstoffer er bedre gearret til at drive skibe. De forskellige typer af grønne brændstoffer understøtter således forskellige markeder og kræver forskellig forsyningsinfrastruktur. Samtidig er slutbrugerne på elmarkedet ikke alene virksomheder, men i høj grad også borgere. For grønne brændstoffer vil slutbrugerne i langt højere grad være virksomheder, herunder

¹⁶ Systembærende egenskaber er de ydelser, der er nødvendige for at opretholde en sikker og stabil drift af elsystemet, og som ikke nødvendigvis tilvejebringes gennem elmarkederne.

i langt højere grad virksomheder, som ikke nødvendigvis har hjemsted i Danmark, men alene tanker grønne brændstoffer i Danmark for at understøtte deres internationale transport af varer og mennesker. Et marked for grønne brændstoffer er således ikke alene mere komplekst end elmarkedet, alene fordi der reelt er tale om flere markeder for grøn strøm. Markedet for grønne brændstoffer er også mere komplekst at understøtte politisk, da en del af statsstøtten vil komme udenlandske virksomheder til gode. Dermed – argumenterer interviewpersonerne – vil danske skatteborgere i højere grad bidrage til at understøtte markedet for udenlandske virksomheder end i tilfældet med vindmølleindustrien, hvor borgerne i højere grad har bidraget over skatten til et elmarked, de selv har købt strøm på.

Der er i dag, påpeger flere af undersøgelsens interviewpersoner, både udfordringer forbundet med at finde købere af brint i den skala, regeringen forventer, at produktionen i Danmark vil komme op på i løbet af de næste par år, og udfordringer forbundet med manglen på infrastruktur for transport af grønne brændstoffer til udlandet, som staten gør sig forhåbninger om at kunne eksportere til, i strategien for fremtidens grønne brændstoffer fra 2021 (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet 2021e). Enkelte interviewpersoner peger i forlængelse heraf på behovet for at udbrede kommercielle partnerskaber omkring *power purchase agreements* (PPA), hvor der før opførelsen af anlæg for grønne brændstoffer opføres indgåes købsaftaler med aftagere, der forpligter sig via længere aftaler om at aftage de grønne brændstoffer. Sådanne aftaler er allerede i brug – om end i begrænset omfang – og en måde, hvorpå producenter og aftagere kan omgå den tilbageholdenhed, der naturligt er blandt producenter, som påtager sig en stor forretningsmæssig risiko ved at igangsætte stor-skala produktion af grønne brændstoffer uden at vide, om de har et marked. Regeringens strategi for fremtidens grønne brændstoffer sigter mod at etablere en brintinfrastruktur i form af gasrør og gaslagre til transport og lagring af brint – herunder til resten af Europa.

Da vindmølleindustrien i Danmark omkring årtusindskiftet som pioner begyndte at opføre havvindmølleparker og efterfølgende opskalere møller med hensyn til både størrelse og kapacitet, var der ikke den store konkurrence internationalt, fremhæver flere af undersøgelsens informanter. Udviklingen af det danske hjemmemarked gennem en årrække har givet producenter af vindmøller i Danmark mulighed for at udvikle deres teknologier uden større pres fra udlandet. Derfor stod danske producenter af vindteknologier stærkt i den internationale konkurrence, da den globale efterspørgsel på vindenergi voksede efter årtusindskiftet.

Danmark er blot ét af mange lande med politisk interesse for at understøtte hjemmehørende virksomheder i deres udvikling af grønne brændstofteknologier. Danske virksomheder er således i langt højere grad, end det var tilfældet med den danske vindmølleindustri omkring årtusindskiftet, i konkurrence med virksomheder fra andre lande, hvor stater tilsvarende arbejder på at etablere gunstige rammevilkår for udviklingen af Power-to-X-industrier. Allerede i 2021 havde mere end 30 lande udarbejdet roadmaps for brint, mere end 200 storskala-brintprojekter var blevet annonceret på verdensplan, over 80 mia. amerikanske dollars var globalt set investeret i modne brintprojekter med yderligere lovning på 220 mia. dollars fra den private sektor og 70 mia. dollars i offentlig finansiering (CBS m.fl. 2021).

Statens forventning om en endnu hastigere opskalering af bidraget fra teknologier inden for grønne brændstoffer til reduktion af drivhusgasledning på dansk jord, end vi har oplevet det med den danske vindmølleindustrihistorie, øger tidspresset. Det gælder innovationsmiljøernes evne til på kort tid at udvikle mere omkostningseffektive grønne brændstofteknologier såvel som regeringens evne til at udvikle og tilpasse den samlede pakke af politiske instrumenter, der skal understøtte et endnu fraværende marked for brændstofteknologierne.

3.6.3 Uklare forventninger til Innomissions-partnerskaber

DEAs undersøgelse giver grund til forbehold for dels regeringens forventning til, at partnerne i Innomissions-partnerskaberne kan sætte sig udover egeninteresser, dels det realistiske i, at partnerskaberne skal bære ansvaret for at igangsætte og prioritere midler til hele værdikæden fra forskning til innovation.

Med Innomissions har Innovationsfonden fået til opgave at løse regeringens grønne forsknings- og innovationsmissioner – herunder missionen om grønne brændstoffer – med ét virkemiddel, der skal accelerere hastigheden, hvormed konkrete resultater i relation til den grønne omstilling realiseres, og hvor alle relevante videninstitutioner, virksomheder, offentlige myndigheder og private aktører mv. forventes at gå sammen i et partnerskab om en fælles forsknings- og innovationsindsats over flere år (Uddannelses- og Forskningsministeriet 2020b). Det er imidlertid uklart, hvilken rolle offentlige myndigheder forventes at skulle spille i partnerskaberne. Uden for regi af partnerskaberne har staten lagt op til en forholdsvis klar koordineringsopgave i Innovationsfonden, der – hvor relevant – kan søge samarbejde med relevante myndigheder med henblik på at sikre koordinering af forskningsaktiviteter og offentlig regulering knyttet til området (Uddannelses- og Forskningsministeriet 2020a). Missionen om grønne brændstoffer nævnes i regeringens strategi for Power-to-X uden videre overvejelse over perspektiverne i behovet for koordinering af missionerne med eksempelvis planlægningen for regeringens ambitiøse udviklingsprojekt med energigør i Danmark.

Regeringen har med den grønne forsknings- og innovationsstrategi og de øremærkede midler til Innomissions-partnerskaber på finansloven for 2021 valgt at udlicitere en stor del af statens ansvar for koordinering af hele værdikæden fra grundlagsskabende forskning til markedsnær udvikling og innovation til det enkelte Innomissions-partnerskab, som får til opgave at prioritere de offentlige midler inden for partnerskabet til en række forskellige forsknings-, udviklings- og innovationsaktiviteter. Den koordinering skal finde sted på baggrund af roadmaps fra forsknings- og innovationsmiljøerne, som har påpeget behovet for finansiering af forskning, udvikling og demonstration inden for hele værdikæden.¹⁷ DEA er imidlertid forbeholden over for dels statens forventning til, at partnerne i Innomissions-partnerskaberne kan sætte sig udover de egeninteresser, partnerne repræsenterer, dels det realistiske i, at partnerskaberne skal bære ansvaret for at igangsætte og prioritere midler til hele værdikæden fra forskning til innovation. Ikke mindst i det tilfælde, at kompetencerne i det enkelte partnerskab ikke understøtter alle de nødvendige forsknings- og innovationsaktiviteter, som modningen og udviklingen af grønne brændstofteknologier vil kræve.

Samtidig giver de øremærkede statslige midler til de store partnerskaber anledning til bekymring for, om staten har støttet de bedste aktiviteter i Innomissions-partnerskaberne gennem tilstrækkelig konkurrenceudsættelse af de offentlige midler. Med knap 60 deltagere i partnerskabet MissionGreenFuels (Aalborg Universitet 2022) – herunder bl.a. seks af de største otte danske universiteter, fire ud af de syv GTS-institutter samt en række af Danmarks største energivirksomheder – er det nærliggende at spørge, hvor mange andre kvalificerede konsortier der konkurrerede om Innovationsfondens bevilling på knap 200 mio. kr. til Innomissions-partnerskabet om grønne brændstoffer. Samtidig er det uklart, hvordan man på tværs af flere ansøgninger bedst sammenholder kvaliteten af de enkelte – og forventeligt mange – aktiviteter, som hvert partnerskab foreslår at igangsætte.

¹⁷ Læs mere herom i rapportens afsnit 0.

Meget lig de grønne partnerskaber lancerede SRSF-regeringen med innovationsstrategien i 2012 en tilsvarende ny model for partnerskaber i form af samfundspartnerskaberne om innovation, der havde til formål inden for en kort årrække at accelerere innovation i forhold til konkrete samfundsudfordringer, og hvor partnerskaberne potentielt kunne spille sammen med offentlig regulering og efterspørgsel (Regeringen 2012). Samfundspartnerskabsmodellen blev overført til Innovationsfonden ved dennes oprettelse i 2014, hvor instrumentet efter to år med øremærkede midler på finansloven udgik af forskningsreserven og Innovationsfondens portefølje af virkemidler (Regeringen m.fl. 2013, 2014, 2015). Der foreligger endnu ingen officiel erfaringsopsamling på de to år med samfundspartnerskabsmodellen endsige en begrundelse for, at modellen blev afskaffet. Samtidig står det ikke klart, hvad staten forventer, den nye partnerskabsmodel vil gøre bedre.

4.2 Hurtigere modning af grønne brændstofteknologier kræver langsigtede forskningsstrategier

Missionen om grønne brændstoffer vil forventeligt stille større krav til en mere langsigtet innovationspolitik for kapacitetsopbygning i forsknings- og innovationsmiljøerne inden for grønne brændstoffer end i de tidlige år af den danske vindmølleindustri. Udviklingen af nye vindteknologier stiller stadig større krav til vindmølleindustriens forskningssamarbejde med universiteter, og branchen er blevet stadig mere videnstung gennem stigende private investeringer i forskning og udvikling såvel som en kontinuerlig stigning i uddannelsesniveaue i vindenergibranchen.

Der er god grund til at tro, at den tendens vil fortsætte fremover med kommercielle satsninger på højteknologiske Power-to-X-løsninger. For det første fordi grønne brændstoffer forudsætter en udbygning af vindkraften med stadig større møller, som udsættes for stadig større fysiske belastninger. For det andet fordi kravene vil stige til de grønne brændstofteknologiers systembærende egenskaber, der skal understøtte et stadig mere komplekst energisystem, som i stigende grad skal håndtere fluktuerende energiformer og vil være under pres for at modstå strømsvigt.

4.2.1 Forskning og demonstration får en stadig vigtigere rolle i udviklingen af fremtidens energisystem

Liberaliseringen af energiindustrien i 1990'erne havde primært fokus på større omkostningseffektivitet uden større opmærksomhed på betydning af forskning og udvikling (Jamasb m.fl. 2021). Udviklingen af teknologier inden for vind og Power-to-X vil ikke alene være drevet af samfundets behov for mere omkostningseffektive teknologier, men også af behovet for et emissionsfrit energisystem. Vindenergi og grønne brændstoffer bliver få blandt mange komponenter i et stadig mere komplekst energisystem, som i langt højere grad end de sidste 20 år vil være afhængigt af stærke forsknings- og innovationsmiljøer.

Bæredygtige energisystemer bliver en forudsætning for, at Danmark når i mål med klimaambitionerne. Den langsigtede planlægning af de systemer vil i stigende grad være afhængig af forskning i de komplekse sammenhænge mellem fluktuerende energikilder, energisystemer og energiforsyning til forskellige behov såsom transport, bygninger, industrielle processer samt vandbehandling og -distribution. Forskere fra Aalborg Universitet vurderer i "IDAs Klimasvar 2045", at de største teknologiske udfordringer, hvor der især er behov for

forskning og udvikling, forventes at være i forbindelse med bl.a. intelligent integration af vedvarende energiformer i elnettet (Lund m.fl. 2021).

Forskere fra Danmarks Tekniske Universitet har i en sektorudviklingsrapport kortlagt forskningsbehov og rammebetingelser, som kan medvirke til at indfri potentialet i smarte energisystemer på baggrund af interview med virksomheder inden for ICT, energiteknologier, byggeriet, rådgivende ingeniørvirksomheder og offentlige institutioner og myndigheder (Nielsen m.fl. 2020). I rapporten konkluderer forskerne, at mens teknologierne bag de enkelte komponenter i fremtidens energisystemer, såsom vindkraft og grønne brændstoffer, er forholdsvis velkendte og oplagte at skalere, så er samspillet mellem teknologierne på systemplan en af fremtidens helt store udfordringer og videnshuller. Her er langsigtet strategisk forskning og udvikling i selve systemaspektet og i *enable* af smarte energisystemer helt afgørende at understøtte, hvis Danmark skal nå i mål med klimamålene for henholdsvis 2030 og 2050. Samtidig vurderer sektorudviklingsrapporten, at den langsigtede strategiske forskning er et område, som staten ikke har fokus på i udmøntningen af de offentlige midler til forskning og udvikling. Det skyldes, at statens støtte til strategisk forskning i Danmark ifølge forskerne har fokus på kort vej til monetær værdiskabelse i virksomheder, en tendens til at prioritere kortsigtet produktinnovation over anden innovation, herunder inden for udvikling af prækompetitive teknologier, procesinnovation mv., og at den har tendens til at fokusere mere på virksomheders muligheder og business cases for enkelte virksomheder end på de store samfundsmæssige udfordringer, der kan have langt større samfundsøkonomiske implikationer og effekter.

En langsigtet regeringsstrategi for forskningens bidrag til forsknings- og innovationsmissionen om grønne brændstoffer og til fremtidens energisystem vil kræve stor opmærksomhed på hele værdikæden af offentlige støtte til alt fra grundlagsskabende forskning til markedsnære innovationer. Som analysen har vist, er der flere tegn på et hul i værdikæden der, hvor staten burde uddele bevillinger til grundlagsskabende, langsigtet strategisk forskning.

Samtidig understreger flere informanter i interviewene, at demonstration af nye løsninger med hensyn til fremtidens energisystem bliver afgørende for at opnå et klimaneutralt Danmark. De to energier, som regeringen planlægger at opføre i 2033 i henholdsvis Østersøen og Nordsøen, vil skulle fungere som fuldt emissionsfrie energisystemer. Dermed, fremhæver forskere fra Danmarks Tekniske Universitet og Aalborg Universitet, er der unikke muligheder for at demonstrere i kommerciel skala og herigennem opbygge kapacitet og viden om, hvordan man designer, planlægger, etablerer og driver fremtidens energisystemer mod et klimaneutralt Danmark, hvilket i bedste fald kan danne grundlag for at eksportere danske løsninger til udlandet (Cutululis m.fl. 2021). Mange af de nødvendige løsninger, der kræves for at udvikle et omkostningseffektivt, stabilt, pålideligt og modstandsdygtigt energisystem er ifølge forskerne endnu ikke blevet demonstreret i kommerciel skala. Der er således betydelige risici forbundet med at operere 10 GW-energier, som skal kunne balancere produktion og forbrug af store mængder strøm, hvor ubalancer i værste fald kan medføre systemiske strømafbrydelser. Samtidig er der risici forbundet med energisystemet på energierne, der skal kunne modstå eksempelvis voldsomme storme, der kan lukke produktionen af vindkraft helt ned og producere strømsvigt – i værste fald for hele det europæiske elektricitetssystem. Test og demonstration bliver helt afgørende for udviklingen af fremtidens energisystemer, men det kan ikke stå alene. Forskerne vurderer, at der er brug for langsigtede strategier for kapacitetsopbygning, herunder langsigtet strategisk forskning, der kan danne grundlag for opbygningen af stærke forsknings- og innovationsmiljøer inden for fremtidens energisystemer såvel som uddannelse af fremtidens arbejdskraft inden for erhvervslivet, der skal bygge og drive energisystemerne, og inden for det offentlige embedsværk, som skal regulere energisystemerne (Cutululis m.fl. 2021).

Ved afslutningen af undersøgelsens interview var forskningssamarbejde ifølge flere informanter ikke umiddelbart tænkt ind i opførelsen af de kommende energier, til trods for at forskere allerede har vurderet, at energierne kan blive mindst 20 mia. kr. billigere alene ved videreudvikling af transformerstationer og vindmøller – herunder møller med indbyggede offshore-Power-to-X-anlæg (Østergaard, Blaabjerg, og Cutululis 2021). For nylig indgik Danmarks Tekniske Universitet, Ørsted, Siemens Gamesa, Energinet og en række lokale aktører partnerskabet Baltic Energy Island, der har fokus på at bruge Energiø Bornholm som globalt knudepunkt for innovation, test og erhvervsudvikling.

Forsknings- og innovationsmiljøernes roadmaps for de grønne forsknings- og innovationsmissioner peger på, at der er behov for forskning og udvikling inden for alle TRL-niveauer, hvorfor en stærkere værdikæde af offentlige midler til samme er mere vigtig end nogensinde. Således fremhæver det ene af to roadmaps for Grønne brændstoffer til transport og industri (Power-to-X etc.) behovet for forskning og udvikling i den nære fremtid på TRL-niveau 1-9 (CBS m.fl. 2021), mens det andet roadmap for grønne brændstoffer peger på behov for støtte til forskning og udvikling på TRL-niveau 4-9 (Aalborg Universitet m.fl. 2021).¹⁸

4.2.2 Testfaciliteter og politisk efterspørgsel på nyt dansk erhvervseventyr

Flere af undersøgelsens interviewpersoner understreger, at nationale testfaciliteter efter alt sandsynlighed bliver lige så vigtige for udviklingen af industrier i Danmark inden for fremtidens grønne brændstofteknologier, som testfaciliteterne Testcenter Høvsøre, Testcenter Østerild og LORC har været for fastholdelsen af udviklingsafdelinger for de store vindmøllefabrikanter i Danmark. Nationale testfaciliteter vil ifølge informanterne blive nødvendige elementer i en mere langsigtet kapacitetsopbygning i forsknings- og innovationsmiljøerne.

Interviewene peger på, at usikkerheden om den politiske efterspørgsel på grønne brændstoffer i fremtidens energisystem, infrastruktur for og købere af de grønne brændstoffer, samt udbygningen af den nødvendige vedvarende energi til produktion af grønne brændstoffer har potentielt negative konsekvenser for virksomhedernes tilbøjelighed til at foretage langsigtede investeringer i den forskning og udvikling og de Power-to-X-anlæg, som er afgørende for at teste teknologierne i stor skala og forstå deres kobling til det større energisystem.

4.3 Grønne brændstoffer afhængige af rammevilkår for et emissionsfrit energisystem

Selvom Power-to-X-teknologierne er lovende, understreger flere informanter, er de endnu ikke optimerede i forhold til omkostningseffektiv storskalaproduktion – herunder til at spille sammen med energikilder som

¹⁸ Pointen går igen for de tre andre forskningsmissioner. Det ene roadmap for *Opsamling og opbevaring eller anvendelse af CO₂* vurderer behov for støtte til forskning og udvikling på TRL-niveau 1-9 (Alexandra Institut m.fl. 2021), mens det andet CCUS-roadmap peger på behov for støtte til forskning og udvikling på TRL-niveau 2-9 (DTU m.fl. 2021). Roadmaps for *Klima- og miljøvenligt landbrug og fødevarerproduktion* og *Cirkulær økonomi med fokus på plast og tekstiler* fremhæver behov for forskning og udvikling på henholdsvis TRL-niveau 1-9 (Olesen m.fl. 2021) og TRL-niveau 2-9 (Aalborg University m.fl. 2021). Teknologiuudvikling er imidlertid ikke det eneste fokus for forsknings- og innovationsmiljøernes vurdering af, hvad de offentlige midler til forskning og udvikling bør støtte i regi af de fire forskningsmissioner. På tværs af fem af de seks roadmaps efterspørger forsknings- og innovationsmiljøerne således ikke alene støtte til forskning og udvikling inden for teknologiuudvikling, men også inden for sociale og institutionelle barrierer for såvel som ændringer i normer og adfærd i forbindelse de fire forskningsmissioner (CBS m.fl. 2021; Alexandra Institut m.fl. 2021; DTU m.fl. 2021; Olesen m.fl. 2021; Aalborg University m.fl. 2021).

vindenergi, idet energitabet forbundet med at udvikle grønne brændstoffer i dag er betydeligt. Der er store udfordringer med den konkrete tekniske og reguleringsmæssige etablering af de nye sektorkoblinger i det nye, integrerede energisystem. Fremtidens energisystem skal kunne balancere fluktuerende, vedvarende energi, med behovet for lagring af el, en stigende efterspørgsel på grøn strøm i et stadig mere elektrificeret samfund, og den relativt strømintensive produktion af grønne brændstoffer.

Flere interviewpersoner argumenterer for, at udbygningen med Power-to-X, som kræver meget ny kapacitet i et elmarked reguleret af Energistyrelsen, betyder, at elmarkedet i dag i højere grad er blevet et politisk bestemt marked, som afstedkommer et stigende behov for, at staten påtager sig en del af risikoen for udbygning af vindkraftanlæg gennem offentlige investeringer i markedet. Her er særligt den politiske interesse for udbredelsen af grøn energi og for elektrificeringen af samfundet helt afgørende faktorer for, hvor hurtigt nye vedvarende teknologier vil sprede sig i samfundet, og hvor sikker en investering udbygning af vindkraftanlæg er. På den ene side er den økonomiske risiko forbundet med at opføre og drive vindmølleparker blevet mindre, i takt med at landvindmøller er blevet tilpas omkostningseffektive til i langt højere grad at kunne konkurrere med fossile brændstoffer, og i takt med at omkostningsniveauet for havvindmølleparker er kommet betydeligt ned i pris. På den anden side, som en interviewperson uddyber, er en del af den politiske usikkerhed for branchen flyttet fra en usikkerhed om niveauet af den offentlig prisstøtte til produktionen af vindenergi til i højere grad at være en usikkerhed forbundet med, hvor stor den politiske efterspørgsel på grøn energi reelt bliver i fremtiden. Risikokalkulen for investorer og vindmølleproducenter er fortsat en udpræget politisk analyse – en analyse af, hvor stor den fremtidige politiske interesse vil være i at efterspørge elektrificering af samfundet og i at udbygge energinettet, så det i fremtiden kan håndtere stadig større mængder af fluktuerende energi fra bl.a. vindmøller.

Det kræver langsigtet planlægning for den voldsomme udbygning af vedvarende energi fra bl.a. vindkraft, som regeringen forventer, skal forsyne efterspørgslen på grøn strøm fra et stadig mere elektrificeret Danmark med ambitioner om klimaneutralitet i 2050. Energinet forventer således en tredobling af sol- og vindproduktionskapacitet frem mod 2040 (Energinet 2021a). I juni 2022 indgik regeringen og aftalepartier "Klimaaftale om grøn strøm og varme 2022", der har som ambition at øge den nuværende kapacitet af havvind i Danmark 15 gange til 35 GW frem mod 2050 – herunder mindst 4 GW havvind inden 2030 (Regeringen, Venstre, Socialistisk Folkeparti, Radikale Venstre, Enhedslisten m.fl. 2022b). Derudover forventer aftalen at firedoble den samlede produktion fra solenergi og landvind frem mod 2030.

Klimarådet udtrykker i sin nyeste statusrapport skepsis vedrørende regeringens forventninger til udbygningen af grønne Power-to-X-anlæg og realiseringen af drivhusgasreduktioner herfra (Klimarådet 2022a). Rådet peger på, at regeringens planer for udbygning af vedvarende energi ikke matcher dens ambitioner med hensyn til udbygningen af Power-to-X. Rådet forventer således et underskud af vedvarende energi frem mod 2030 – selv uden en betydelig udbygning af den strømintensive produktion af grønne brændstoffer. Således vurderer rådet, at elforbruget fra blot ét Power-to-X-anlæg på 1 GW meget vel kan ende med et elforbrug svarende til produktionen fra den kommende – og til den tid største – danske havvindmøllepark Thor, som, efter at udbuddet blev afsluttet i 2021, først forventes at kunne levere maksimum kapacitet på 1 GW i 2027. Til sammenligning vurderer forskerne bag "IDAs Klimasvar 2045", at knap 30 pct. af det danske elbehov i 2045 vil stamme fra elektrolyse til produktion af Power-to-X (Lund m.fl. 2021). Med regeringens ambition om udbygning af Power-to-X-anlæg med en samlet kapacitet på 4-6 GW er der tale om et betydeligt behov for relativt hurtig udbygning af vedvarende energi fra bl.a. vindkraft. Særligt hvis vindenergien skal komme fra havvindmølleparker, der fra planlagt udbud til fuld drift i dag typisk er 7-9 år undervejs.

4.3.1 Behov for reinvesteringer i og fornyelse af eltransmissionssystemet

Elnettet har været rygraden i den stigende elektrificering af det danske samfund og vil fremover blive udfordret på kapacitet. Planlægningen for udbygningen af vedvarende energi skal matches af en tilsvarende langsigtet strategi for udbygning af det danske elnet, så det i fremtiden er i stand til at håndtere den forventede stigende mængde vedvarende energi i eltransmissionsnettet.

Der er fortsat ingen langsigtet strategi for udbygningen af elnettet. Store dele af det danske eltransmissionsnet er ved at være teknisk forældet og står i de kommende år overfor betydelige behov for reinvesteringer og fornyelse – vel at mærke investeringer, hvor basislevetiden for størstedelen af højspændingskomponenterne er ca. 40 år (Energinet 2021a). Allerede i dag har transmissionsnettet brug for forstærkninger på Lolland-Falster og Sydsjælland, mellem Køge og Roskilde samt i Trekantområdet og Horsensområdet. Den manglende kapacitet i elnettet bremser allerede nu for udbygningen af fx solcelleparker på Lolland, mens Energinet udtaler til DR, at man først forventer et forstærket elnet på Lolland i 2026, som herefter vil kunne håndtere mere vedvarende energi (DR 2022).

Samtidig peger Energinets 2021-analyse på, at fremtiden byder på udfordringer for planlægningen af udbygningen af eltransmissionsnettet grundet en stor usikkerhed om, hvor i landet stigninger i elforbruget vil forekomme i forhold til den i Danmark forventede tredobling af sol- og vindproduktionskapacitet frem mod 2040 (Energinet 2021a). Det er endnu ikke klart, hvor strømmen skal transporteres fra, og hvilke dele af transmissionsnettet som vil komme til at opleve de største belastninger. Herunder er der store usikkerheder om *hastigheden* af udbygningen af elnettet, hvor fx solcelleanlæg kan opføres uden tilskud og på kort tid, og om *uforudsigeligheden* med hensyn til, hvor fremtidens store og strømkrævende Power-to-X-anlæg vil blive placeret. Energistyrelsen forventer således, at elforsyningssikkerheden i Danmark udfordres i årene efter 2030, hvor sandsynligheden for perioder med manglende strøm bliver større (Energistyrelsen 2022).

4.3.2 Power-to-X er udfordret af statens koordinering med kommuner og lokalsamfund

Mens udbygningen af vindkraftanlæg på havet er steget de sidste to årtier, er den gennemsnitlige årlige udbygning af kapaciteten for vindkraftanlæg på land efter årtusindskiftet mindre end udbygningen i 1996.

Borgermodstanden mod vindmøller på land og i kystnære områder er vokset siden årtusindskiftet, og modstanden præsenterer fortsat en udfordring for udbygningen af vindkraftanlæg i Danmark, som beskrevet tidligere i rapporten. Den udfordring bliver ikke mindre med den forventeligt betydelige udbygning af vindkraft i Danmark, som regeringen lægger op til i det kommende årti.¹⁹ Flere af forsknings- og innovationsmiljøernes roadmaps for de grønne forsknings- og innovationsmissioner peger således på behovet for bedre at forstå og adressere samfundets accept af grønne teknologier som eksempelvis Power-to-X, CCUS (CBS m.fl. 2021; Alexandra Instituttet m.fl. 2021; DTU m.fl. 2021). Det vil i så fald stille helt andre krav til koordinering af dialogen mellem stat, kommuner og lokalsamfund.

En større satsning på udbygning af havvindmølleparker dukker op i interviewene som en måde at omgå de folkelige protester fra lokalmiljøer på, om end protesterne i et vist omfang også drives af bekymring for

¹⁹ Danmark får i dag 2,3 GW grøn strøm fra havvind, og regeringen foreslår at udbyde yderligere 1-4 GW havvind til etablering inden udgangen af 2030 oven i de 2 GW havvind, der indgik i finansloven for 2022 (Regeringen 2022).

påvirkningen af miljøforhold ved opførelse af havvindmølleparker. I modsætning til den kommunale planlægning af møller på land har staten planmyndigheden for havvindmølleparker. Men som DEAs undersøgelse har påpeget, er det en dyrere løsning, hvilket vil øge de i udgangspunktet betydelige planlagte omkostninger for samfundet forbundet med udbygningen af vedvarende energiproduktion. Samtidig er det tvivlsomt, om regeringen vil nå i mål med udbygningen af den nødvendige grønne strøm fra vind inden 2030 ved at satse på havvindmøller. De seneste udbud af havvindmølleparker viser således, at fra udbuddene af havvindmølleparker offentliggøres, til parkerne er i fuld drift, går der typisk mere end syv år – såfremt udbuddet holder planen, hvilket ikke altid er tilfældet. Klimarådet opfordrer regeringen til at arbejde med de politiske instrumenter, som kan understøtte udbygningen af sol- og vindenergi på land (Klimarådet 2022a).

Samtidig påpeger enkelte interview, at planlægningen af opførelse af Power-to-X-anlæg ideelt skal ligge, hvor de har adgang til vedvarende energi, og hvor forsyningssikkerheden er stor. Regeringen peger selv på, at for at Power-to-X-anlæggene skal kunne skabe værdi for det danske elnet, skal store anlæg typisk placeres i de produktionsdominerede områder, hvilket groft sagt vil sige Sydsjælland, Vestjylland og Nordjylland (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet 2021b). Spørgsmålet er, om koncentrationen af Power-to-X-anlæg vil blive mødt af tilsvarende borgermodstand som den, der i dag afholder kommunerne fra at opsætte vindmøller på land.

Både forskning i de danske politiske instrumenter (Olsen 2021) og flere af undersøgelsens interviewpersoner fremhæver potentialerne ved at mobilisere borgerne om udbygningen af vindkraftanlæg ud fra mere positive dagsordner end kompensation af borgere gennem værditabsordningen, køberetsordningen, grøn ordning og garantifonden. Positive dagsordner kunne eksempelvis være potentielle erhvervsmæssige og økonomiske gevinster for lokalmiljøer samt et fælles ansvar for omlægningen af Danmark mod en betydeligt større andel af energiproduktion fra vedvarende kilder, som historisk spillede en væsentlig rolle i udbygningen af vindenergi i de sidste årtier i det 20. århundrede. I sager om udbygning af vedvarende energianlæg i lokalområder tager lovgivningen ikke faktorer i betragtning som fx positive holdninger til vindmøller, tidligere erfaringer med vindenergi, tillid til lokale myndigheder eller høj grad af involvering i kommunale beslutningsprocesser. Lovgivningens fokus på at kompensere borgere for de negative aspekter af vedvarende energianlæg fremmer således ikke nødvendigvis, at kommuner arbejder mere aktivt med de potentielle gevinster for lokalsamfund forbundet med udbygning af vedvarende energi (Olsen 2021).

Regeringen har meldt ud, at den vil gå i dialog med kommunerne om øget udbygning af vedvarende energi på land med henblik på at præsentere et katalog med konkrete initiativer, der skal understøtte en ambitiøs udbygning af solcelleanlæg og landvindmøller (Regeringen 2022). Senest har regeringen meldt ud, at den i efteråret 2022 vil invitere KL til drøftelser om forpligtende målsætninger for kommunernes arealplanlægning for vedvarende energianlæg (Regeringen, Venstre, Socialistisk Folkeparti, Radikale Venstre, Enhedslisten, m.fl. 2022b).

I de kommende år – med den forventeligt betydelige udbygning af vedvarende energianlæg – vil der sandsynligvis blive behov for bedre koordinering af energi- og miljøpolitikken. Udover modstand fra lokalområder kommer modstanden også fra miljøorganisationer, ifølge interviewpersoner i DEAs undersøgelse. Forskere peger endvidere på, at energilovgivningen tilpasses den grønne omstilling mærkbart hurtigere end miljø- og planlovgivningen, hvilket skaber grundlag for stadig større konflikter mellem på den ene side udbygningen af vedvarende energi og på den anden side lokalsamfund og miljøhensyn (Jamásb m.fl. 2021).

05

Appendiks

5 Appendiks: CV for undersøgelsens interviewpersoner

Nedenstående udfolder kort interviewpersonernes CV med fokus på de hverv, som har umiddelbar relevans for DEAs undersøgelse.

I det korte CV er der lagt vægt på interviewpersonernes nuværende og tidligere ansættelse med relevans for vind- og brintteknologier, herunder deres medlemskab af offentlige råd og fonde, som analysen behandler. Mange af interviewpersonerne har derudover siddet i bl.a. styregrupper, bestyrelser og udvalg, som er udeladt af hensyn til overskueligheden af nedenstående liste. Undtagelsesvis er poster i regeringskommissioner og bestyrelser og rådgivningsudvalg medtaget, i det omfang de periodisk har udgjort hovedparten af interviewpersonens professionelle virke.

Interviewpersonens seneste titel angiver titel ved afslutningen af DEAs interviewrunde, som forløb i perioden september 2021 til april 2022 (for overskuelighedens skyld angivet som 2022 nedenfor).

1.	Anders Eldrup	2012-2022	formand	Kommissionen for grøn omstilling af personbiler, Copenhagen Cleantech Cluster, Danmarks Grønne Investeringsfond, Lindoe Offshore Renewables Center (LORC), Offshoreenergy.dk, Grøn Energi
		2001-2012	CEO	DONG Energy, tidl. DONG
		1991-2001	departementschef	Finansministeriet
2.	Anders Stouge	2011-2022	viceadm. direktør	Dansk Energi
		2011-2020	Board member & Member of executive Committee	CLEAN
		2005-2011	direktør	DI Energi
3.	Anders Vedel	2020-2022	Chief Science Advisor	Vestas Wind Systems
		1995-2020	EVP, SVP, VP, Service Manager, Technical Director	Vestas Wind Systems
4.	Arne Rahbek	2007-2022	Senior Communication and PRA advisor	Vattenfall Vindkraft
		1997-2007	Head of Communication	Trefor
5.	Carsten Orth Gaarn-Larsen	2022	koncerndirektør	Danmarks Tekniske Universitet
		2016-2019	CEO	CLEAN
		2005-2014	direktør	Højteknologifonden
6.	Christian Bræin	2011-2022	specialkonsulent	Uddannelses- og Forskningsministeriet
7.	Christina Aabo	2012-2022	forskningschef	Ørsted
		2020-2022	rådsmedlem	Danmarks Forsknings- og Innovationspolitiske Råd
		2016-2022	bestyrelsesmedlem	Lindoe Offshore Renewables Center (LORC)
		2010-2012	Senior Manager, Head of Technology Development, Concepts & Technology, Renewables	DONG Energy

		2007-2010	Vice President, Director, Product Management, Technology R&D	Vestas
		2006-2007	Global Product Manager	Suzlon Wind Energy
		1998-2006	Head of Product Management, Product Manager, Engineer	NEG Micon
8.	Flemming Gerhardt Nielsen	2002-2016	kontorchef	Energistyrelsen
		2001-2002	kontorchef	Økonomi- og Erhvervsministeriet
		1994-2001	kontorchef	Miljø- og Energiministeriet
		1981-1994	kontorchef, ministersekretær, fuldmægtig	Energiministeriet
9.	Frede Blaabjerg	1998-2022	professor i effektelektronik	Aalborg Universitet, AAU Energi
		2020-2022	formand	Danmarks Forsknings- og Innovationspolitiske Råd
		1992-1998	lektor, adjunkt	Aalborg Universitet
		2006-2010	dekan, Ingeniør, Natur og Sund	Aalborg Universitet
		2008-2013	medlem	Det Strategiske Forskningsråd
		2007-2014	medlem	Højteknologifonden
10.	Frede Hvelplund	2005-2022	professor i energiplanlægning	Aalborg Universitet, Institut for Planlægning
		1975-2005	lektor, adjunkt, energiforsker	Aalborg Universitet
		2005	doktor	Aalborg Universitet
11.	Henning Jørgensen	2020-2022	Senior Scientific Manager	Novo Nordisk Fonden
12.	Henrik Stiesdal	2016-2022	grundlægger, CEO	Stiesdal
		2016-2022	adjungeret professor	Danmarks Tekniske Universitet, DTU Vindenergi
		2004-2014	Chief Technology Officer	Siemens Wind Power
		1988-2004	teknisk direktør	Bonus
		1983-1986	Project manager	Vestas
13.	Iva Ridjan Skov	2019-2022	lektor i energiplanlægning	Aalborg Universitet, Institut for Planlægning
		2015-2019	adjunkt	Aalborg Universitet
14.	Jacob Tornfeldt Sørensen	2016-2022	Group R&D Area Manager	DHI
		1999-2016	Head of Department, Head of Innovation, Researcher and Engineer	DHI
15.	Jacob Østergaard	2005-2022	professor i elteknologi, divisionschef	Danmarks Tekniske Universitet, DTU Vind og Energisystemer
		2005-2022	professor, centerleder	Danmarks Tekniske Universitet, DTU Elektro
		1995-2005	Research Engineer	Research Institute of the Danish Electric Utilities
16.	Jan Hylleberg	2008-2022	adm. direktør	Wind Denmark
		2008-2022	bestyrelsesmedlem	Global Wind Energy Council (GWEC), State of Green Secretariat, Lindoe Offshore Renewables Center (LORC), WindEurope (former EWEA)
17.	Jens Haisler	2007-2022	chefkonsulent	Uddannelses- og Forskningsstyrelsen

	2001-2007	specialkonsulent, fuldmægtig	Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling
18. Kim Grøn Knudsen	2020-2022	Chief Strategy and Innovation Officer	Haldor Topsøe
	1996-2020	EVP – Head of Business units, Leader roles in R&D Scientist	Haldor Topsøe
19. Lykke Mulvad Jeppesen	2018-2022	Head of Energy Economics	Ørsted
	2015-2018	kontorchef	Energistyrelsen
	2010-2015	Lead Regulatory Advisor, Senior Regulatory Advisor, økonom	DONG Energy
20. Martin Hansen	2015-2022	vicedirektør	Energistyrelsen
	2004-2014	kontorchef, specialkonsulent, konsulent	Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, tidl. Klima- og Energiministeriet
21. Nicolai Zarganis	2021-2022	Head of Corporate Strategy	Andel
	2018-2021	afdelingsleder	Energinet
	2014-2016	kontorchef	Uddannelses- og forskningsministeriet
	2006-2014	kontorchef	Energistyrelsen
22. Per Hesselund Lauritsen	2010-2022	Offshore Research Manager	Siemens Gamesa Renewable Energy
	2005-2009	Business Development, Manager Engineering Projects	Siemens Wind Power
	1994-2005	Projects Manager	Vestas Wind System
23. Peter Hauge Madsen	2012-2022	instituttdirektør	Danmarks Tekniske Universitet, DTU Vind og Energisystemer
	2009-2011	afdelingschef	Danmarks Tekniske Universitet, DTU Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi, tidl. Forskningscenter Risø
	2007-2008	Head – Project certification	Det Norske Veritas
	2005-2006	Research Manager	Siemens Wind Power
	1979-2005	Diverse	Forskningscenter Risø
24. Peter Karnøe	2012-2022	professor i innovation og bæredygtig omstilling	Aalborg Universitet, Institut for Planlægning, Center for Design, Innovation and Sustainable Transitions
	1990-2012	professor	Copenhagen Business School, Institut for Organisation
25. Peter Mandix Sehestedt	2016-2022	chefkonsulent	Uddannelses- og Forskningsministeriet
	2008-2016	specialkonsulent	Energistyrelsen
	2007-2007	fuldmægtig	Miljøstyrelsen
26. Poul Erik Morthorst	2012-2022	professor i energiøkonomi	Danmarks Tekniske Universitet, DTU Vind og Energisystemer
	2014-2022	rådsmedlem	Klimarådet
	2011-2015	bestyrelsesmedlem	Energiteknologisk udviklings- og demonstrationsprogram
	2008-2013	programkomitemedlem	Det Strategiske Forskningsråd

	1995-2012	seniorforsker	Danmarks Tekniske Universitet, DTU Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi, tidl. Forskningscenter Risø
27. Preben Jørgensen	2019-2022	institutedirektør	Danmarks Tekniske Universitet, DTU Elektro
	2014-2018	Head of Energy Projects	HOFOR
	2007-2013	Head of Central Maintenance and Technology	Vattenfall
	2006-2007	Centre Manager	Danish Standards
	2000-2005	Director and Head of the Transmission Department at Elkraft	Elkraft
	1994-2000	Head of Department	DEFU (Danish Energy, Research and Development)
	1990-1994	Planning Engineer	Elkraft
28. Søren Hermansen	2007-2022	direktør	Energiakademiet
	2010-2022	adjungeret professor	Aalborg Universitet
29. Søren Houmøller	2007-2022	Managing Director and Owner	1st Mile
	2007-2021	ejer	Houmoller Group (business angel investments)
	2005-2007	Director, Corporate Venture	Dong Energy
	2004-2005	afdelingsleder	Force Technology
30. Søren Linderøth	2012-2022	professor, institutedirektør	Danmarks Tekniske Universitet, Institut for energikonvertering og -lagring
	1988-2012	professor, afdelingsleder, programleder, seniorforsker, post-doc	Danmarks Tekniske Universitet, DTU Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi, tidl. Forskningscenter Risø
31. Søren Rud Keiding	2020-2022	formand for det tematiske udvalg	DFF Tematisk forskning – Grøn omstilling
32. Thomas Bjørnholm	2018-2022	forskningsdirektør	VILLUM FONDEN
33. Troels Ranis	2014-2022	branchedirektør	DI Energi
	2008-2014	underdirektør, energi- og klimapolitisk chef, chefkonsulent	DI Energi
	2007-2008	Senior Manager	PwC
	2005-2007	energipolitisk konsulent	Dansk Energi
	2001-2005	souschef, specialkonsulent	Minister for Videnskab, Teknologi og Udvikling
34. Ulrik Stridbæk	2018-2022	Vice President of Regulatory Affairs	Ørsted
	2008-2018	Senior Director, Director, Senior Manager, Chief Economist	DONG Energy
	2004-2008	Senior Policy Advisor	International Energy Agency

06

Litteratur

6 Litteratur

- Alexandra Institut, Aalborg Universitet, Aarhus Universitet, Copenhagen Business School, Energy Cluster Denmark, FORCE Technology, Københavns Universitet, m.fl. 2021. "The Green CCUS Roadmap - Towards a fossil free future". https://innovationsfonden.dk/sites/default/files/2021-08/Appendix%201%20_%201112-00010A%20-%20The%20Green%20CCUS%20Roadmap%20-%20Towards%20a%20fossil%20free%20future.pdf.
- Altinget. 2021a. "Forslag om billigere strøm splitter eksperter: 'Det er besluttet sort'". Energi og Klima. 8. september 2021. <https://www.altinget.dk/energi/artikel/regeringen-vil-goere-stroemmen-billigere-men-eksperter-kalder-ambitionerne-lave>.
- . 2021b. "Mikael Skou Andersen: EU's kvotepris giver den danske CO2-afgift baghjul. Sverige og Holland har måske løsningen". Energi og Klima, 9. december 2021. <https://www.altinget.dk/energi/artikel/forsker-eus-co2-kvotepris-har-overhalet-dansk-co2-afgift>.
- Berlingske Business. 2002. "Auken beskylder Bendtsen for aftalebrud". Berlingske.dk. 23. januar 2002. <https://www.berlingske.dk/content/item/511142>.
- Beuse, Ejvin, Jørgen Boldt, Preben Maegaard, Niels Ivan Meyer, Jens Windeleff, og Iben Østergaard. 2000. *Vedvarende energi i Danmark: en krønike om 25 opvækstår 1975-2000*. OVE.
- Bloch, Carter, Thomas K Ryan, Mette Falkenberg, og Christine Baker. 2022. "The Danish Wind Energy Sector's Eco-System of Research and Testing Facilities", 33.
- Borch, Kristian, Anders K. Munk, og Vibeke Dahlgård. 2020. "Mapping Wind-Power Controversies on Social Media: Facebook as a Powerful Mobilizer of Local Resistance". *Energy Policy* 138 (marts): 111223. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111223>.
- Buen, Jorund. 2006. "Danish and Norwegian Wind Industry: The Relationship between Policy Instruments, Innovation and Diffusion". *Energy Policy*, 11.
- Bürer, Mary Jean, og Rolf Wüstenhagen. 2009. "Which Renewable Energy Policy Is a Venture Capitalist's Best Friend? Empirical Evidence from a Survey of International Cleantech Investors". *Energy Policy* 37 (12): 4997–5006. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.06.071>.
- CBS, Dansk Center for Energilagring, Danmarks Tekniske Universitet, Energy Cluster Denmark, Godkendt Teknologisk Service, Københavns Universitet, Marlog, Syddansk Universitet, Aalborg Universitet, og Aarhus Universitet. 2021. "Roadmap for Green Fuels in Transport and Industry". https://innovationsfonden.dk/sites/default/files/2021-08/Appendix%203%20_%201112-00008A%20-%20Roadmap%20for%20Green%20Fuels%20in%20Transport%20and%20Industry%20Innomission%202%20%282021%29.pdf.
- Coady, David, Ian Parry, Louis Sears, og Baoping Shang. 2015. "IMF Working Paper. How Large Are Global Energy Subsidies?" IMF.
- CONCITO. 2014. "Grønne certifikater". 6. marts 2014. https://concito.dk/files/dokumenter/artikler/groent_certifikatsmarked_060314.pdf.
- Cunningham, Paul, og Abdullah Gök. 2012. "The Impact and Effectiveness of Policies to Support Collaboration for R&D and Innovation". *Manchester Institute of Innovation Research, Manchester Business School, University of Manchester*. https://www.nesta.org.uk/sites/default/files/the_impact_and_effectiveness_of_policies_to_support_collaboration_for_rd_and_innovation.pdf.
- Cunningham, Paul, Abdullah Gök, og Philippe Larédo. 2013. "The Impact of Direct Support to R&D and Innovation in Firms". *Compendium of Evidence on the Effectiveness of Innovation Policy*. London: NESTA. http://www.nesta.org.uk/sites/default/files/the_impact_of_direct_support_to_rd_and_innovation_in_firms.pdf.
- Cutululis, Nicolaos A., Frede Blaabjerg, Jacob Østergaard, Claus Leth Bak, Mattias Anderson, Filipe Miguel Faria da Silva, Hjortur Johannsson, Xiongfei Wang, og Birte Holst Jørgensen. 2021. "The Energy Islands: A Mars Mission for the Energy system". Report. *The Energy Islands: A Mars Mission for the Energy system*.
- DAMVAD Analytics og MUUSMANN. 2019. "Evaluering af EUDP". https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Tilskud/evaluering_af_eudp_2019.pdf.
- Danish Energy Agency. 2015. *Energy Policy Toolkit on System Integration of Wind Power Experiences from Denmark*. https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Globalcooperation/system_integration_of_wp.pdf.
- . 2020a. "Performance of Offshore Wind Farms". oktober 2020. https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Globalcooperation/english_factsheet_performance_of_offshore_wind_farms.pdf.
- . 2020b. "The Danish Offshore Wind Tender Model".

- Danmarks Forsknings- og Innovationspolitiske Råd. 2022a. "DFIR brief nr. 32: Anbefalinger til Danmarks fortsatte grønne forsknings- og innovationsindsats". https://ufm.dk/forskning-og-innovation/rad-og-udvalg/danmarks-forsknings-og-innovationspolitiske-rad/aktuelt/dfir-briefs/filer/brief-32-klimamal-og-midler_260822.pdf.
- . 2022b. *Klimamål og midler*. København: Danmarks Forsknings- og Innovationspolitiske Råd.
- Danmarks Frie Forskningsfond, Det Unge Akademi, og DEA. 2018. "Den ideelle forskningsbevilling. En spørgeskemaundersøgelse af forskeres ønsker til forskningsbevillinger og deres vurdering af muligheder for at få finansieret deres forskning". <https://www.datocms-assets.com/22590/1586162968-denideelleforskningsbevilling.pdf>.
- Dansk Erhverv. 2022. "CO2-afgift skal gå hånd i hånd med erhvervsskattelempler". 11. januar 2022. <https://www.danskerhverv.dk/presse-og-nyheder/nyheder/2022/januar/co2-afgift-skal-ga-hand-i-hand-med-erhvervsskattelempler/>.
- De Økonomiske Råds Formandskab. 2021. *Dansk Økonomi, efterår 2021*. https://dors.dk/files/media/rapporter/2021/e21/endelig_rapport/dansk_oekonomi_efteraar_2021_web.pdf.
- DEA. 2017. "Fem mål for en ny dansk forskningspolitik: En tilstandsrapport for forskningssystemet – og forslag til, hvordan vi udbedrer de kritiske revner." Baggrundsrapport. DEA. <https://dea.nu/publikationer/fem-maal-ny-dansk-forskningspolitik>.
- . 2021a. "Det værdifulde samarbejde - Om værdien af virksomheders forskningssamarbejde på kort og lang sigt".
- . 2021b. "Forskning og innovation målrettet et klimaneutralt Danmark". <https://www.datocms-assets.com/22590/1611070210-rapport-forskning-innovation-og-klimaneutralitetweb.pdf>.
- . 2021c. "How can missions become succesful? A literature review on mission-oriented innovation policy". <https://www.datocms-assets.com/22590/1611122814-review-of-literature-on-missions.pdf>.
- DEA og DI. 2014. *Fra forskning til innovation - om virksomheders brug af erhvervsrettede forsknings- og innovationsordninger*. 1. http://www.dea.nu/sites/dea.nu/files/virksomhedsrapport_final_web.pdf.
- Deloitte. 2011. "Analyse vedrørende fremme af konkurrence ved etablering af store havmølleparker i Danmark. Sammenfatning".
- Det Strategiske Forskningsråd. 2014. "Strategisk forskning Principper og virkemidler". <https://ufm.dk/forskning-og-innovation/rad-og-udvalg/tidligere-rad-og-udvalg/det-strategiske-forskningsrad/publikationer/publikationer-fra-det-strategiske-forskningsrad/strategisk-forskning-principper-og-virkemidler-1-januar-2014068f72f3140a4444a0db69e9c3745dc5>.
- DI. 2022. "DI: Pris på CO2-udledning er afgørende for den grønne omstilling". 20. april 2022. <https://www.danskindustri.dk/di-business/arkiv/nyheder/2022/4/di-pris-pa-co2-udledning-er-afgorende-for-den-gronne-omstilling/>.
- DR. 2021. "Kommuner må opgive vindmøller på stribe: 'Protesterne er massive'". DR. 20. juni 2021. <https://www.dr.dk/nyheder/indland/kommuner-maa-opgive-vindmoeller-paa-stripe-protesterne-er-massive>.
- . 2022. "Vi skal være fri af russisk gas, men store dele af Danmarks elnet er for gammelt til grøn strøm". DR. 13. marts 2022. <https://www.dr.dk/nyheder/viden/klima/vi-skal-vaere-fri-af-russisk-gas-men-store-dele-af-danmarks-elnets-er-gammelt-til>.
- DTU, GEUS, ARC, Gas Storage Denmark, Haldor Topsøe, INEOS, Novozymes, m.fl. 2021. "Mission CCUS – a roadmap for Carbon Capture, Utilisation and Storage". 2021. https://innovationsfonden.dk/sites/default/files/2021-08/Appendix%20%20_%201112-00004A%20-%20Mission%20CCUS%20%E2%80%93%20a%20roadmap%20for%20Carbon%20Capture%20and%20Storage.pdf.
- DTU Vindenergi. 2020. "Velkommen til Testcenter Høvsøre og Testcenter Østerild".
- Ea. 2015. "The Danish Experience with Integrating Variable Renewable Energy. Study on behalf of Agora Energiewende". https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2015/integration-variabler-erneuerbarer-energien-daenemark/Agora_082_Deutsch-Daen_Dialog_final_WEB.pdf.
- Eikeland, P.O., og T.H.J. Inderberg. 2016. "Energy system transformation and long-term interest constellations in Denmark: Can agency beat structure?" *Energy Research and Social Science*. <https://www.sciopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84944315619&doi=10.1016%2fj.erss.2015.09.008&partnerID=40&md5=95268c7d672815ef9dbdce24756401aa>.
- Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet. 2016. *Forslag til Lov om ændring af lov om elforsyning, lov om fremme af vedvarende energi, lov om sikkerhed ved elektriske anlæg, elektriske installationer og elektrisk materiel (elsikkerhedsloven) samt om ophævelse af lov om tilskud til fremme af vedvarende energi i virksomheders produktionsprocesser (Udfasning af PSO-opkrævning, ophævelse af ForskEL,*

- finansiering af Sikkerhedsstyrelsens virksomhed på el sikkerhedsområdet og nedjustering af balance-ringsgodtgørelse*). <https://www.retsinformation.dk/eli/ft/201612L00090>.
- Energinet. 2018. "Behov for systembærende egenskaber i Danmark ved netfejl", 10.
- . 2021a. "Behovsanalyse for eltransmissionsnettet". <https://en.energinet.dk/-/media/2D5EBFD620C442F1B5DE6ECF8C11C3A2.pdf?la=en&hash=1BA63A7248DC608369B01C0E922D841BA23610E6>.
- . 2021b. "Elpriser".
- . 2022. "Deklarationer". 3. marts 2022. <https://energinet.dk/443/El/Gron-el/Deklarationer>.
- Energistyrelsen. 2011. "Vindmølleindustrien som historisk flagskib". https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Vind-energi/vindmoelleindustrien_historisk_flagskib.pdf.
- . 2016. "Danmarks Energifortider: Hovedbegivenheder på Energiområdet". 2016. https://ens.dk/sites/ens.dk/files/EnergiKlimapolitik/danmarks_energifortider_samlet.pdf.
- . 2017a. "Fremskrivning af elprisen". https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/elprisfremskrivning_-_ens_hjemmeside_-_20170322.pdf.
- . 2017b. "Teknologineutrale udbud". Energistyrelsen. 4. oktober 2017. <https://ens.dk/service/aktuelle-udbud/teknologineutrale-udbud>.
- . 2017c. "Aktuel PSO-tarif". Energistyrelsen. 12. december 2017. <https://ens.dk/service/statistik-data-noegletal-og-kort/aktuel-psy-tarif>.
- . 2021a. "Information om teknisk certificering". 2021. <https://cas.ens.dk/certificering/info/>.
- . 2021b. "Åben-dør-ordningen for havvindmøller". Energistyrelsen. 2021. <https://ens.dk/ansvarsomraader/vindenergi/aaben-doer-ordningen-havvindmoeller>.
- . 2021c. "Udbuddet for Hesselø Havvindmøllepark sættes på pause". Energistyrelsen. 25. juni 2021. <https://ens.dk/presse/udbuddet-hesseloe-havvindmoellepark-saettes-paa-pause>.
- . 2021d. "Analyse af rammevilkår for forsøgsmøller", oktober, 26.
- . 2021e. "Analyseforudsætninger til Energinet 2021 – Power-to-X (PtX) og Direct Air Capture (DAC)". https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Hoeringer/baggrundsnotat_-_power-to-x_og_direct_air_capture.pdf.
- . 2021f. "Power-to-X og grøn brint". Energistyrelsen. 15. december 2021. <https://ens.dk/ansvarsomraader/power-x-og-groen-brint>.
- . 2022. "Klimaafteleanalyse 1. Hovedrapport: Elforsyningssikkerhed frem mod og efter 2030". https://ens.dk/sites/ens.dk/files/El/hovedrapport_kaa_1.pdf.
- Energistyrelsen og Energinet. 2017. "Technology Data. Generation of Electricity and District Heating". 2017. https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/technology_data_catalogue_for_el_and_dh.pdf.
- Erhvervsministeriet. 2014. *Lov om Danmarks Grønne Investeringsfond*. Bd. LOV nr 1285 af 09/12/2014. <https://www.retsinformation.dk/eli/lt/2014/1285>.
- . 2016. *Lov om EKF Danmarks Eksportkredit*. Bd. LOV nr 104 af 03/02/2016. <https://www.retsinformation.dk/eli/lt/2016/104>.
- . 2018. *Lov om Vækstfonden*. Bd. LOV nr 691 af 08/06/2018.
- Erhvervsstyrelsen. 2022. "Danske Testfaciliteter". 2022. <https://virksomhedsguiden.dk/content/ydelser/danske-testfaciliteter/edeb1156-77e2-4246-bb96-7604804a0b26/>.
- European Commission. 2019. "Peer Review of the Danish R&I System. Ten steps, and a leap forward: taking Danish innovation to the next level". <https://ufm.dk/forskning-og-innovation/rad-og-udvalg/tidligere-rad-og-udvalg/videnbaseret-innovation-i-verdensklasse/PSFPeerReviewoftheDanishknowledge-basedinnovationsystem.pdf>.
- European Parliament. 2021. "Innovation Policy | Fact Sheets on the European Union". 2021. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/67/innovation-policy>.
- Fagerberg, Jan. 2017. "Innovation Policy: Rationales, Lessons and Challenges". *Journal of Economic Surveys* 31 (2): 497–512. <https://doi.org/10.1111/joes.12164>.
- Feldman, Maryann P., og Maryellen R. Kelley. 2006. "The Ex Ante Assessment of Knowledge Spillovers: Government R&D Policy, Economic Incentives and Private Firm Behavior". *Research Policy*, Triple helix Indicators of Knowledge-Based Innovation Systems, 35 (10): 1509–21. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.09.019>.
- Finansministeriet. 2013. *Finanslov for finansåret 20145. Tekst og anmærkninger (ajourført)*. § 19. Uddannelses- og Forskningsministeriet. https://fm.dk/media/13965/Finanslov19_WEB.pdf.
- . 2014. *Finanslov for finansåret 2015. Tekst og anmærkninger*. § 19. Uddannelses- og Forskningsministeriet. https://fm.dk/media/14671/19Uddannelses_ogForskningsministeriet.pdf.
- . 2015. *Finanslov for finansåret 2016. Tekst og anmærkninger*. § 19. Uddannelses- og Forskningsministeriet. <https://fm.dk/media/14066/19fl16a.pdf>.

- . 2016. *Finanslov for finansåret 2017. Tekst og anmærkninger. § 19. Uddannelses- og Forskningsministeriet*. <https://fm.dk/media/14127/fl17a19.pdf>.
- . 2017. *Finanslov for finansåret 2018. Tekst og anmærkninger. § 19. Uddannelses- og Forskningsministeriet*. <https://fm.dk/media/15188/fl18a19.pdf>.
- . 2018. *Finanslov for finansåret 2019. Tekst og anmærkninger. § 19. Uddannelses- og Forskningsministeriet*. <https://fm.dk/media/13861/fl19a19.pdf>.
- . 2019. *Finanslov for finansåret 2020. Tekst og anmærkninger. § 19. Uddannelses- og Forskningsministeriet*.
- . 2020. *Finanslov for finansåret 2021. Tekst og anmærkninger. § 19. Uddannelses- og Forskningsministeriet*. <https://fm.dk/media/18423/fl21a19.pdf>.
- Foray, Dominique, og Edward Steinmueller. 2003. "On the economics of R&D and technological collaborations: Insights and results from the project colline". *Economics of Innovation and New Technology* 12 (1): 77–91. <https://doi.org/10.1080/10438590303118>.
- Fraunhofer ISI. 2019. "33% weniger CO2-Emissionen durch Brennstoffwechsel von Kohle auf Gas". Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. 16. juli 2019. <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/news/2019/33-prozent-weniger-co2-emissionen-durch-brennstoffwechsel-von-kohle-auf-gas.html>.
- Hansen, Elsebeth, Marie Münster, og Jørgen Boldt. 2005. *Vedvarende energi i Norden: et sammenligende studie af de nordiske landes vedvarende energipolitikker og virkemidler*. TemaNord, 2005,561. København: Nordic Council of Ministers.
- Holst Jørgensen, Birte, og Marie Münster. 2010. *Nye Energiteknologier. Forskning, Udvikling Og Demonstration Denmark*.
- Howlett, Michael. 2005. "What is a policy instrument? Tools, mixes, and implementation styles", 2005.
- Hvelplund, Frede, Poul Alberg Østergaard, og Niels Ivan Meyer. 2017. "Incentives and Barriers for Wind Power Expansion and System Integration in Denmark". *Energy Policy* 107 (august): 573–84. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.05.009>.
- Hünteler, Jörn Torsten. 2015. "Creating Markets for Energy Innovations - Case Studies on Policy Design and Impact". https://scholar.harvard.edu/files/jhuenteler/files/huenteler_dissertation_e-collection.pdf.
- ICE. 2022. "EUA Futures". 2022. <https://www.theice.com/products/197/EUA-Futures/data?marketId=5474736&span=3>.
- Ingeniøren. 2007. "Ingen vil bygge dansk havmøllepark". *Ingeniøren*, 21. december 2007. <https://ing.dk/artikel/ingen-vil-bygge-dansk-havmøllepark-84309>.
- Innovationsfonden. 2018. "Innovation Fund Denmark. Self-evaluation of the role, tasks and organisation of IFD and its position in the Danish Research and Innovation system". <https://innovationsfonden.dk/sites/default/files/2018-10/final-ifd-self-evaluation-july-2018.pdf>.
- . 2019. "TRL - Technology Readiness Level". https://innovationsfonden.dk/sites/default/files/2019-03/technology_readiness_levels_-_trl.pdf.
- International Energy Agency. 2021. "Energy Subsidies. Tracking the Impact of Fossil-Fuel Subsidies". IEA. 2021. <https://www.iea.org/topics/energy-subsidies>.
- IRIS Group. 2019. "Analyse af statens indsats for forskning, udvikling og demonstration på energiområdet".
- Jamasb, Tooraj, Manuel Llorca, Leonardo Meeus, og Tim Schittekatte. 2021. "Energy Network Innovation for Green Transition: Economic Issues and Regulatory Options". *Danish Utility Regulator's Anthology Project Series on Better Regulation in the Energy Sector Vol 1*.
- Jamasb, Tooraj, Henrik Lund, Peter Møllgaard, Birgitte Egelund Olsen, og Carsten Smidt. 2021. "Introduction to Energy Regulation in the Green Transition: An Anthology". *Danish Utility Regulator's Anthology Project Series on Better Regulation in the Energy Sector Vol 1*.
- Johansen, K. 2021. "Blowing in the wind: A brief history of wind energy and wind power technologies in Denmark". *Energy Policy*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85103044220&doi=10.1016%2fj.enpol.2021.112139&partnerID=40&md5=d8dbefdc6f4256dd0b68584248f44>.
- Jørgensen, Birte Holst, Peter Madsen, Gregor Giebel, Ignacio Martí, og Kenneth Thomsen. 2021. "DTU International Energy Report 2021 – Perspectives on Wind Energy". Pdf. Danmarks Tekniske Universitet, Institut for Vindenergi, Risø Campus, 4000, Roskilde, Danmark. <https://doi.org/10.11581/DTU.00000200>.
- Jørgensen, Dan. 2021. "Svar på spm. S 743 Om kritik af grønne certifikater". <https://www.ft.dk/samling/20201/spoergsmaal/s743/svar/1740527/2325567.pdf>.

- Jørgensen, Marie Leer, Helle Tegner Anker, og Jesper Lassen. 2020. "Distributive Fairness and Local Acceptance of Wind Turbines: The Role of Compensation Schemes". *Energy Policy* 138 (marts): 111294. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111294>.
- Jørgensen, Michael Søgaard, Ulrik Jørgensen, og Jens Stissing Jensen. 2017. "Navigations and Governance in the Danish Energy Transition Reflecting Changing Arenas of Development, Controversies and Policy Mixes". *Energy Research & Social Science* 33 (november): 173–85. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.09.034>.
- Kamp, L.M. 2004. "Wind turbine development 1973-2000: A critique of the differences in policies between the Netherlands and Denmark". *Wind Engineering*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-6444221339&doi=10.1260%2f0309524042886414&partnerID=40&md5=f564e1fd04226d5e5cce8c6f91f5597f>.
- Karnøe, Peter. 1991. *Dansk vindmølleindustri: en overraskende international succes*. 1. udgave. Samfundslitteratur.
- Karnøe, Peter, og Raghu Garud. 2012. "Path Creation: Co-creation of Heterogeneous Resources in the Emergence of the Danish Wind Turbine Cluster". *European Planning Studies* 20 (5): 733–52. <https://doi.org/10.1080/09654313.2012.667923>.
- Karnøe, Peter, og Jens Stissing Jensen. 2017. "Struggles in Denmark's transition towards a low carbon future: Shifts in the energy technology assemblage". I *Handbook of Transitions to Energy and Climate Security*. Routledge.
- Kirch Kirkegaard, Julia, Tom Cronin, Sophie Nyborg, og Peter Karnøe. 2021. "Paradigm Shift in Danish Wind Power: The (Un)Sustainable Transformation of a Sector". *Journal of Environmental Policy & Planning* 23 (1): 97–113. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2020.1799769>.
- Kjær, Kasper Sand. 2020. "S: Vi skal have en grøn innovationsstrategi". *Altinget: forskning*, 25. februar 2020. <http://www.altinget.dk/forskning/artikel/s-vi-skal-have-en-groen-innovationsstrategi>.
- Klima-, Energi og Bygningsministeriet, og Ministeriet for Forskning, Innovation og Videregående Uddannelse. 2015. "Kortlægning af offentlig grøn energiforskning, -udvikling og demonstration i Danmark". <https://www.ft.dk/samling/20151/almedel/ufu/spm/168/svar/1333465/1647668.pdf>.
- Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet. 1999. *Bekendtgørelse om statstilskud til forskning og teknologisk udvikling på energiområdet*. Bd. BEK nr 596 af 25/06/1999. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/1999/596>.
- . 2007. *Lov om et Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram*. Bd. LOV nr 555 af 06/06/2007. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2007/555>.
- . 2008. *Lov om fremme af vedvarende energi*. Bd. LOV nr 1392 af 27/12/2008. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2008/1392>.
- . 2010. *Lov om ændring af lov om et Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram og lov om statstilskud til dækning af udgifter til kuldioxidafgift i visse virksomheder med et stort energiforbrug*. Bd. LOV nr 1606 af 22/12/2010. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2010/1606>.
- . 2021a. "Faktaark. Den samlede strategiske indsats for udbredelse af fangst og lagring af CO₂". https://kefm.dk/Media/637750803072968157/Faktaark_Den%20samlede%20strategiske%20indsats%20for%20udbredelse%20af%20fangst%20og%20lagring%20af%20CO%E2%82%82_V02.pdf.
- . 2021b. "Regeringens strategi for Power-to-X". <https://kefm.dk/Media/637751860733099677/Regeringens%20strategi%20for%20Power-to-X.pdf>.
- . 2021c. "Ny aftale sikrer større lokal indflydelse på kystnær grøn energi". 2. juni 2021. <http://kefm.dk/aktuelt/nyheder/2021/jun/ny-aftale-sikrer-stoerre-lokal-indflydelse-paa-kystnaer-groen-energi->.
- . 2021d. "Klimaprogram 2021". [https://kefm.dk/Media/63768492369666735/Klimaprogram%202021%20\(DIGITAL\).pdf](https://kefm.dk/Media/63768492369666735/Klimaprogram%202021%20(DIGITAL).pdf).
- . 2021e. "Fremtidens grønne brændstoffer". <https://kefm.dk/Media/637751860685972853/Fremtidens%20gr%C3%B8nne%20br%C3%A6ndstoffer.pdf>.
- Klimarådet. 2017a. "Teoretiske betragtninger om støtte til vedvarende energi".
- . 2017b. "Fremtidens vedvarende energi. 5 centrale pointer om mål, udbygning og støtte i en kommende energiaftale".
- . 2022a. "Statusrapport 2022. Danmarks nationale klimamål og internationale forpligtelser".
- . 2022b. "Svært at nå 2030-målet uden en ambitiøs afgift på drivhusgasser". 21. marts 2022. <https://klimaraadet.dk/da/nyheder/svaert-naa-2030-maalet-uden-en-ambitioes-afgift-paa-drivhusgasser>.
- Lindø Offshore Renewable Center. 2021. "About | Lorc". 2021. <https://www.lorc.dk/about>.
- Lu, Y., Z.A. Khan, M.S. Alvarez-Alvarado, Y. Zhang, Z. Huang, og M. Imran. 2020. "A critical review of sustainable energy policies for the promotion of renewable energy sources". *Sustainability (Switzerland)*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

85086918760&doi=10.3390%2fsu12125078&partnerID=40&md5=fc9cb81c0f0c71cd4d59ec2130ed-fef1.

- Lund, Henrik, Brian Vad Mathiesen, Jakob Zinck Thellufsen, Peter Sorknæs, Miguel Chang, Mikkel Strunge Kany, og Iva Ridjan Skov. 2021. "IDAs Klimasvar 2045 – Sådan bliver vi klimaneutrale". Ingeniørforeningen IDA. https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/413672453/IDAs_klimasvar_2045_ver_02062021.pdf.
- Markard, J., og R. Petersen. 2009. "The offshore trend: Structural changes in the wind power sector". *Energy Policy*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-67650217670&doi=10.1016%2fj.enpol.2009.04.015&partnerID=40&md5=89a413eb9acb8806ae546333113a63be>.
- Megavind. 2007. "Denmarks future as leading centre of competence within the field of wind power". https://megavind.winddenmark.dk/sites/megavind.winddenmark.dk/files/media/document/Denmarks_future_as_leading_centre_of_competence_within_the_field_of_wind_power.pdf.
- . 2013. "The Danish Wind Power Hub. Strategy for Research, Development, and Demonstration". https://megavind.winddenmark.dk/sites/megavind.winddenmark.dk/files/media/document/Megavind_-_The_Danish_Wind_Power_Hubpdf.pdf.
- . 2017. *Annual Research & Innovation Agenda 2017*. Megavind.
- . 2018. "Annual Research & Innovation Agenda 2018". <https://megavind.winddenmark.dk/sites/megavind.winddenmark.dk/files/media/document/Annual%20Agenda%202018.pdf>.
- . 2019. "Annual Research & Innovation Agenda 2019". https://megavind.winddenmark.dk/sites/megavind.winddenmark.dk/files/media/document/report_research_inno_2019_web.pdf.
- . 2020. "Annual Research & Innovation Agenda 2020". <https://megavind.winddenmark.dk/sites/megavind.winddenmark.dk/files/media/document/Megavind%20Annual%20Research%20%26%20Innovation%20Agenda%202020%20-%20full%20report.pdf>.
- Mendonça, Miguel, Stephen Lacey, og Frede Hvelplund. 2009. "Stability, Participation and Transparency in Renewable Energy Policy: Lessons from Denmark and the United States". *Policy and Society* 27 (4): 379–98. <https://doi.org/10.1016/j.polsoc.2009.01.007>.
- Meyer, Niels I. 2007. "Learning from Wind Energy Policy in the EU: Lessons from Denmark, Sweden and Spain". *European Environment* 17 (5): 347–62. <https://doi.org/10.1002/et.463>.
- Meyer, Niels Ivan. 2004. "Renewable Energy Policy in Denmark". *Energy for Sustainable Development* 8 (1): 25–35. [https://doi.org/10.1016/S0973-0826\(08\)60388-9](https://doi.org/10.1016/S0973-0826(08)60388-9).
- Miljø- og Energiministeriet, red. 1996. *Energi 21: regeringens energihandlingsplan*. København.
- Ministeriet for Forskning, Innovation og Videregående Uddannelse. 2012. "FORSK2020 - Strategiske forskningshorisonter". <http://ufm.dk/publikationer/2012/filer-2012/forsk2020-hovedkatalog.pdf>.
- Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling. 2008. "FORSK2015 - Et prioriteringsgrundlag for strategisk forskning".
- . 2009. *Grøn forskning: status og perspektiver*. Kbh.; Albertslund: Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling; [Eksp.] Schultz Grafisk.
- Mortensen, Henrik Bach. 2018. *The Valuation History of Danish Wind Power*. Aalborg University Press.
- Mowery, D.C. 2012. "Defense-related R&D as a model for 'grand Challenges' technology policies". *Research Policy* 41 (10): 1703–15. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.03.027>.
- Neij, Lena, og Per Dannemand Andersen. 2013. "A Comparative Assessment of Wind Turbine Innovation and Diffusion Policies". I *Energy Technology Innovation: Learning from Historical Successes and Failures*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139150880>.
- Nielsen, Toke Rammer, Ekkart Kindler, Henrik Madsen, Lasse Engbo Christiansen, Mark Bernhard Riis, Frida Frost, Henrik W. Bindner, m.fl. 2020. "Smarte Energisystemer er vejen frem: DTU Sektorudviklingsrapport". Report. *Smarte Energisystemer er vejen frem*. Technical University of Denmark.
- OECD. 2015. "Effective Innovation Policies". I *The Innovation Imperative*, 121–51. Organisation for Economic Co-operation and Development. <http://www.oecd-ilibrary.org/content/chapter/9789264239814-8-en>.
- Olesen, Jørgen E, Svend Christensen, Peter Ruhdal Jensen, Ejnar Schultz, Claus Rasmussen, Kristine Howe Kjer, Torsten Nygård Kristensen, m.fl. 2021. "Roadmap for Sustainable Transformation of the Danish Agri-Food System".
- Olsen, Birgitte Egelund. 2021. "Acceptance Issues in the Transition to Renewable Energy: How Law Supposedly Can Manage Local Opposition". *Danish Utility Regulator's Anthology Project Series on Better Regulation in the Energy Sector Vol 1*.
- Partha, Dasgupta, og Paul A. David. 1994. "Toward a new economics of science". *Research Policy*, Special Issue in Honor of Nathan Rosenberg, 23 (5): 487–521. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(94\)01002-1](https://doi.org/10.1016/0048-7333(94)01002-1).

- Pettersson, Maria, Kristina Ek, Kristina Söderholm, og Patrik Söderholm. 2010. "Wind Power Planning and Permitting: Comparative Perspectives from the Nordic Countries". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14 (9): 3116–23. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.008>.
- Ratinen, M., og P. Lund. 2012. "Analysing changes in electricity industries against actors and technologies: Utility to business transformations in Denmark, Germany, Finland and Spain". *Journal of Technology Management and Innovation*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84865651064&doi=10.4067%2fs0718-27242012000200008&part-nerID=40&md5=fd5e405b3efdb1edee95651f6e98fe78>.
- Regeringen. 2012. *Danmark - Løsningernes land. Styrket samarbejde og bedre rammer for innovation i virksomhederne*. Ministeriet for Forskning, Innovation og Videregående Uddannelse. <http://ufm.dk/publikationer/2012/filer-2012/danmark-loesningernes-land.pdf>.
- . 2017. "Danmark – klar til fremtiden. Regeringens mål for dansk forskning og innovation". <https://ufm.dk/publikationer/2017/filer/ufm-dk-klar-til-fremtiden-2017-final-web-0512.pdf>.
- . 2022. "Danmark kan mere II", april, 26.
- Regeringen (Socialdemokraterne, Det Radikale Venstre, Socialistisk Folkeparti, Venstre, Dansk Folkeparti, Enhedslisten, og Det Konservative Folkeparti. 2012. "Aftale om den danske energipolitik 2012-2020". https://ens.dk/sites/ens.dk/files/EnergiKlimapolitik/aftale_22-03-2012_final_ren.doc.pdf.
- Regeringen (Socialdemokraterne og Radikale Venstre), Konservative, Kristendemokraterne, Socialistisk Folkeparti, og Venstre. 1999. "Elreformen".
- Regeringen, Socialdemokratiet, Dansk Folkeparti, Enhedslisten, Liberal Alliance, Alternativet, Radikale Venstre, Socialistisk Folkeparti, og Det Konservative Folkeparti. 2015. "Aftale om fordeling af forskningsreserven (herunder provenu fra reform af førtidspension og fleksjob af juni 2012) i 2016".
- Regeringen (Socialdemokratiet), Venstre, Dansk Folkeparti, Radikale Venstre, Socialistisk Folkeparti, Enhedslisten, Det Konservative Folkeparti, Liberal Alliance, og Alternativet. 2020. "Klimaaftale for energi og industri mv. 2020". [https://kefm.dk/Media/8/8/aftaletekst-klimaaftale-energi-og-industri%20\(1\).pdf](https://kefm.dk/Media/8/8/aftaletekst-klimaaftale-energi-og-industri%20(1).pdf).
- Regeringen (Socialdemokratiet), Venstre, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti, Radikale Venstre, Enhedslisten, Det Konservative Folkeparti, m.fl. 2021. "Aftale om et grønnere, sundere og teknologisk stærkere Danmark. Fordeling af forskningsreserven mv. i 2022". <https://ufm.dk/lovstof/politiske-aftaler/endelig-aftale-et-gronnere-sundere-og-teknologisk-staerkere-danmark.pdf>.
- Regeringen, Venstre, Dansk Folkeparti, Enhedslisten, og Det Konservative Folkeparti. 2013. "Aftale om fordeling af forskningsreserven i 2014 til tværgående forskningsinitiativer". <https://ufm.dk/lovstof/politiske-aftaler/fordeling-af-forskningsreserven-i-2014-til-tvaergaaende-forskningsinitiativer/fordeling-af-forskningsreserven-i-2014-til-tvaergaende-forskningsinitiativer.pdf>.
- Regeringen, Venstre, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti, Enhedslisten, Liberal Alliance, og Det Konservative Folkeparti. 2014. "Aftale om fordeling af forskningsreserven (herunder provenu fra reform af førtidspension og fleksjob af juni 2012) i 2015". <https://ufm.dk/lovstof/politiske-aftaler/fordeling-af-forskningsreserven-i-2015/aftale-om-fordeling-af-forskningsreserven-i-2015.pdf>.
- Regeringen (Venstre, Liberal Alliance og Det Konservative Folkeparti), Socialdemokratiet, Dansk Folkeparti, Enhedslisten, Alternativet, Radikale Venstre, og Socialistisk Folkeparti. 2018. "Energiaftale 2018". <https://kefm.dk/media/6646/energiaftale2018.pdf>.
- Regeringen (Venstre og Det Konservative Folkeparti), Socialdemokraterne, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti, Det Radikale Venstre, og Kristeligt Folkeparti. 2003. "Aftale mellem om udviklingen af det danske energimarked og en styrkelse af udviklingen af nye energi teknologier." <https://ens.dk/sites/ens.dk/files/EnergiKlimapolitik/aftale090503.pdf>.
- Regeringen (Venstre og Det Konservative Folkeparti), Socialdemokraterne, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti, Det Radikale Venstre, og Ny Alliance. 2008. "Aftale om den danske energipolitik i årene 2008-2011".
- Regeringen (Venstre og Det Konservative Folkeparti), Socialdemokraterne, Socialistisk Folkeparti, Det Radikale Venstre, og Kristendemokraterne. 2004. "Aftale vedr. vindenergi og decentral kraftvarme mv. (opfølgning på 19. juni 2002 aftalen)". https://ens.dk/sites/ens.dk/files/EnergiKlimapolitik/aftale_29marts_vindenergi_decentral_kv.pdf.
- Regeringen (Venstre og Det Konservative Folkeparti), Socialdemokratiet, Socialistisk Folkeparti, Det Radikale Venstre, og Kristeligt Folkeparti. 2002. "Politisk aftale om udskydelse af VE-bevismarkedet, skrotningsordningen for vindmøller, energibesparelser, liberalisering af naturgasmarkedet mm.", juni, 2.
- Regeringen, Venstre, Radikale Venstre, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti, Enhedslisten, Det Konservative Folkeparti, m.fl. 2020. "Aftale om fordeling af forskningsreserven samt midler fra reserven til genstart af dansk økonomi samt særlige udfordringer afledt af COVID-19 i 2021 mv." <https://ufm.dk/lovstof/politiske-aftaler/endelig-aftale-om-fordeling-af-forskningsreserve-og-mere.pdf>.

- Regeringen, Venstre, Radikale Venstre, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti, Enhedslisten, Det Konservative Folkeparti, Alternativet, Nye Borgerlige, og Liberal Alliance. 2019. "Aftale om fordeling af forskningsreserven (herunder provenu fra reform af førtidspension og fleksjob af juni 2012) i 2020". <https://ufm.dk/lovstof/politiske-aftaler/forskningsreserve-enderlig-aftale-til-hjemmeside-docx.pdf>.
- Regeringen, Venstre, Socialistisk Folkeparti, Radikale Venstre, og Det Konservative Folkeparti. 2022. "Aftale om grøn skattereform for industri mv.", juni, 21.
- Regeringen, Venstre, Socialistisk Folkeparti, Radikale Venstre, Enhedslisten, og Det Konservative Folkeparti. 2022a. "Aftale om etablering af en grøn fond".
- . 2022b. "Klimaafale om grøn strøm og varme 2022", juni, 24.
- Regeringens klimapartnerskaber. 2019. "Kommissorium for Grønt Erhvervsforum". https://em.dk/media/13419/kommissorium-for-groent-erhvervsforum_121119.pdf.
- Retsinformation. 2014. "Lov om Danmarks Innovationsfond". 2014. <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=162389>.
- Robinson, Douglas K. R., og Mariana Mazzucato. 2019. "The evolution of mission-oriented policies: Exploring changing market creating policies in the US and European space sector". *Research Policy*, New Frontiers in Science, Technology and Innovation Research from SPRU's 50th Anniversary Conference, 48 (4): 936–48. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.10.005>.
- Ropenus, Stephanie, og Henrik Klinge Jacobsen. 2015. "A Snapshot of the Danish Energy Transition Objectives, Markets, Grid, Support Schemes and Acceptance. Study". I . Agora Energiewende. https://backend.orbit.dtu.dk/ws/files/117987933/Agora_Snapshot_of_the_Danish_Energy_Transition_WEB.pdf.
- Rosenhagen, Camilla, Svend E Hougaard Jensen, Peter Møllgaard, og Søren Bo Nielsen. 2009. "Analyse af dansk energiforskning Er bevillingerne store nok, og er prioriteringerne rigtige.pdf". Centre for Economic and Business Research. <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/967419>.
- Skatteforvaltningen. 2021. "E.A.4.3.1 Regel og lovgrundlag". februar 2021. <https://skat.dk/SKAT.aspx?oid=2061601>.
- Sovacool, Benjamin K. 2013. "Energy policymaking in Denmark: Implications for global energy security and sustainability". *Energy Policy*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84881662549&doi=10.1016%2fj.enpol.2013.06.106&partnerID=40&md5=a88f0b5c5472d06e2319e73b2e173bc9>.
- Sovacool, Benjamin K., og Janet L. Sawin. 2010. "Creating Technological Momentum: Lessons from American and Danish Wind Energy Research". *The Whitehead Journal of Diplomacy and International Relations* 11 (2): 43–57.
- Sperling, Karl, Frede Hvelplund, og Brian Vad Mathiesen. 2010. "Evaluation of Wind Power Planning in Denmark – Towards an Integrated Perspective". *Energy* 35 (12): 5443–54. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.06.039>.
- Steinmueller, Ed. 2010. "Economics of Technology Policy". I , redigeret af B. Hall og N. Rosenberg, 2:1181–1218. Amsterdam: North Holland. <https://sro.sussex.ac.uk/id/eprint/27119/>.
- Styrelsen for Forskning og Uddannelse. 2017. "FORSK2025 - fremtidens løfterige forskningsområder". Teknologisk Institut. 2020. "Verdens ledende Science & Engineering-regioner". <https://atv.dk/sites/atv.dk/files/media/document/Teknologisk%20Institut%202020A.%20Verdens%20ledende%20Science%20%26%20Engineering-regioner%20-%20portr%C3%A6t%20af%2030%20regioner%20med%20markante%20S%26E-styrker.pdf>.
- Toke, D. 2015. "Renewable energy auctions and tenders: How good are they?" *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84994204445&doi=10.5278%2fijsepm.2015.8.5&partnerID=40&md5=e68c67d62f0c3d523062937e1e4184b8>.
- Tödtling, Franz, og Michaela Tripl. 2005. "One Size Fits All?: Towards a Differentiated Regional Innovation Policy Approach". *Research Policy*, Regionalization of Innovation Policy, 34 (8): 1203–19. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.01.018>.
- Uddannelses- og Forskningsministeriet. 2014. *Lov om Danmarks Innovationsfond*. Bd. LOV nr 306 af 29/03/2014. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2014/306>.
- . 2017. *Lov om Danmarks Forsknings- og Innovationspolitiske Råd og Danmarks Frie Forskningsfond*. Bd. LOV nr 384 af 26/04/2017. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2017/384>.
- . 2020a. "Faktabilag. Grønne partnerskaber", 2.
- . 2020b. "Fremtidens grønne løsninger. Strategi for investeringer i grøn forskning, teknologi og innovation".

- . 2021. *Lov om ændring af lov om Danmarks Innovationsfond, lov om Danmarks Forsknings- og Innovationspolitiske Råd og Danmarks Frie Forskningsfond og lov om Danmarks Grundforskningsfond (Justering af Danmarks Innovationsfonds formål og opgaver, henlæggelse af særlige virkemidler til fonden og justering af bestyrelsens kompetencer m.v.)*. Bd. LOV nr 1188 af 08/06/2021. <https://www.retsinformation.dk/eli/ltta/2021/1188>.
- Uddannelses- og Forskningsstyrelsen. 2021. "Finansiering af grøn forskning og innovation i 2020". <https://ufm.dk/publikationer/2021/filer/kortlaegning-af-finansiering-af-gron-forskning-og-innovation-i-2020.pdf>.
- Valentine, Scott Victor. 2013. "Wind Power Policy in Complex Adaptive Markets". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 19 (marts): 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.018>.
- Vestervang, Steen, Bodil Harder, Jørn Borup Jensen, Kirsten Klüver, Thomas Bjerre, Jeppe Gents, og Steen Hartvig Jacobsen. 2011. "Energi 2011". https://ufm.dk/publikationer/2011/filer-2011/energi2011_dk_low_korrigeret.pdf.
- Weber, K. Matthias, og Harald Röhracher. 2012. "Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change: Combining insights from innovation systems and multi-level perspective in a comprehensive 'failures' framework". *Research Policy*, Special Section on Sustainability Transitions, 41 (6): 1037–47. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.10.015>.
- Østergaard, Jacob, Frede Blaabjerg, og Nicolaos Antonio Cutululis. 2021. "Professorer: Smarte løsninger kan gøre energierne mindst 20 milliarder billigere". *Forsyning*. 27. oktober 2021. <https://www.altinget.dk/forsyning/artikel/professorer-smarte-loesninger-kan-goere-energieerne-milliarder-billigere>.
- Aalborg Universitet. 2022. "AAU får en central rolle i Innovationsfondens MissionGreenFuels-partnerskab". Aalborg Universitet. 2022. <https://www.aau.dk/aau-far-en-central-rolle-i-innovationsfondens-mission-greenfuels-partnerskab-n30500>.
- Aalborg Universitet, ARC, ARGO, BIOFOS, Copenhagen Malmö Port, COWI, CPH, m.fl. 2021. "Innomission Roadmap. Leveraging Danish strengths to mature and scale up e-fuels for transport". https://innovationsfonden.dk/sites/default/files/2021-08/Appendix%204_%201112-00012A%20-%20Innomission%20Roadmap%20Leveraging%20Danish%20strengths%20to%20mature%20and%20scale%20up%20e-fuels%20for%20transport.pdf.
- Aalborg University, Aarhus University, Den Jyske Højskole, Roskilde University, Design School Kolding, Technical University of Denmark, University of Copenhagen, m.fl. 2021. "A Circular economy with a focus on plastics and textiles A 2030 & 2050 Roadmap". 2021. https://innovationsfonden.dk/sites/default/files/2021-08/Appendix%206%20_%201112-00007A%20-%20Circular%20economy%20with%20a%20focus%20on%20plastics%20and%20textiles%20A%202030%20%26%202050%20Roadmap.pdf.

—

DEA

Tænk tanken DEA
Fiolstræde 44
1171 København K
www.dea.nu