

Notat

Grønne forskningsbehov og -potentialer inden for energiproduktion og – infrastruktur- lagring- og konvertering, samt fangst, lagring og udnyttelse af CO₂

Dette dokument er en af otte kortlægninger om grønne forskningsbehov og -potentialer, som er blevet til på baggrund af bidrag fra videninstitutioner, erhvervsliv, organisationer, ministerier og en bred kreds af øvrige interessenter. Kortlægningerne identificerer områder, hvor interessenterne vurderer, at der er behov for yderligere forskning for at understøtte den grønne omstilling i Danmark og globalt. De giver samlet set desuden et billede af det grønne forskningslandskab i Danmark og dets potentiale for at bidrage til den grønne omstilling. Læs mere her: www.ufm.dk/groenforskning.

Der er en tæt sammenhæng mellem områderne beskrevet i denne kortlægning og områderne i følgende øvrige dokumenter:

- 1) Energieffektivisering
- 2) Transport
- 3) Landbrug, jorde og skove.

Indhold

1. Resumé	3
2. Samfundsudfordringerne	4
2.1 Energiproduktion og -infrastruktur	4
2.2 Energilagring og -konvertering samt lagring og udnyttelse af CO ₂	4
3. Forskningsbehov og -potentialer	6
3.1 Produktion af vedvarende energi	6
3.2 Energiinfrastruktur	7
3.3 Energilagring og -konvertering samt lagring og udnyttelse af CO ₂	8
4. Danske forsknings- og innovationsmæssige forudsætninger	10
4.1 Produktion af vedvarende energi	10
4.2 Energiinfrastruktur	10
4.3 Energilagring og -konvertering samt lagring af CO ₂	11
5. Danske erhvervsstyrker	13
6. Klimarådets anbefalinger vedr. forskningsbehov	15
7. Klimapartnerskabernes anbefalinger vedr. forskningsbehov	17
7.1 Klimapartnerskab for Energi og Forsyning	17
7.2 Klimapartnerskabet for Landtransport og logistik	18
7.3 Klimapartnerskabet for Det blå Danmark	19
7.4 Klimapartnerskabet for fødevare- og landbrugssektoren	19
7.5 Klimapartnerskabet for life science og biotech	19
8. Internationale perspektiver	21

1. Resumé

Inden for energiproduktion, infrastruktur, lagring m.v. ligger den primære udfordring frem mod 2030 i at understøtte en kontinuerlig udbygning og integration af billige vedvarende energikilder (VE) i den danske energiinfrastruktur og på tværs af sektorer. Forskningen, udvikling, innovation og demonstration skal i den sammenhæng ikke mindst understøtte den øgede overgang til et elbaseret energisystem med fluktuerende energiproduktion fra sol og vind. Særligt i et 2050 perspektiv har forskellige teknologier til CO₂- og energilagring samt konvertering af strøm fra f.eks. solceller og vindmøller til brint og syntetiske brændsler og brændstoffer, som f.eks. metanol og ammoniak (Power-to-X), pyrolyse og produktion af biobaserede brændsler et stort potentiale nationalt og globalt. Forsknings- og vidensinstitutionerne og flere klimapartnerskaber peger dog på behovet for at forskning, men ikke mindst test og demonstration inden for særligt Power-to-X baserede brændsler, pyrolyse men også fangst og udnyttelse af CO₂, såkaldt Carbon Capture Utilization and Storage (CCUS) igangsættes inden 2030, uanset at den fulde effekt først kommer efter 2030. Klimarådet fremhæver, at der allerede på den korte bane frem mod 2030 kan være et væsentligt reduktionspotentiale og dermed også forsknings-, udviklings- og demonstrationsbehov inden for særligt lagring af CO₂ (CCS), pyrolyse samt til en vis grad Power-to-fuel som supplement til elektrificering. Klimapolitikken i Danmark understøttes generelt af stærke forsknings- og innovationskompetencer inden for produktion af vedvarende energi (VE), forsyningsstrukturen, energiplanlægning, samt veletablerede forsknings-, test og demonstrationsmiljøer inden for mange forskellige lagrings-, konverterings- og udnyttelsesteknologier, der går på tværs af sektorer såsom energi, transport, landbrug og fødevarer samt produktion af kemikalier og materialer. Erhvervslivet, Godkendte Teknologiske Serviceinstitutter (GTS-institutter) og universiteterne har desuden et historisk tæt samarbejde omkring energiforskningen og demonstration i Danmark, som også inkluderer samfundsvidenskabelig og humanistisk forskning i menneskelig adfærd, forretningsmodeller, økonomi, forbrug, og globale værdikæder. Erhvervspotentialet inden for de foreslåede forskningsområder kan være store, er vurderingen fra både klimapartnerskaberne og forsknings- og vidensinstitutioner. Universiteter og fonde fremhæver desuden, at der kan være store erhvervs- og reduktionspotentialer i at knytte forskningsindsatsen og anvendelsen af teknologierne på energiområdet tæt sammen med en generel omlægning af Danmarks økonomi fra en petrokemisk økonomi til en el- og biobaseret økonomi, hvor lagring af CO₂ og metan (CH₄) ikke udelukkende udnyttes til nye brændstoffer, men også udnyttes til at udvikle nye produkter såsom protein til fødevarer, gødning, foder, nye kemiske stoffer, plast og andre materialer m.v. Der forventes endelig at være gode muligheder for at danske universiteter og GTS institutter fortsat og med stor succes kan søge midler inden for flere af temaerne, partnerskaberne og missionerne i det kommende europæiske rammeprogram for forskning og innovation, Horizon Europe, der bl.a. vil koble energiforskning på tværs af klima-, energi- og transportsektorerne. Internationalt er der ligeledes et stort ønske om samarbejde med Danmark.

2. Samfunds-udfordringerne

2.1 Energiproduktion og -infrastruktur

Vindenergi og solenergi er allerede på nuværende tidspunkt så effektivt og billigt, at det i stigende grad kan konkurrere økonomisk med fossil energi. **For at understøtte den forsatte udbygning og integration af vedvarende energikilder (VE) i den danske energiinfrastruktur og på tværs af sektorer er der dog behov for en kontinuerlig udvikling og optimering af teknologier og løsninger for fortsat at nedbringe omkostningerne til VE.** Dette kan samtidig styrke dansk erhvervslivs evne til at bidrage til grøn omstilling i udlandet, f.eks. ved eksport af grøn strøm, grønne brændsler, vindmøller samt generel knowhow inden for området. Fremtidens energisystem i Danmark vil i stort omfang blive elektrisk og baseret på VE. For at realisere det skal der ske en forsat elektrificering og integration af el-baserede energisystemer i den samlede energiinfrastruktur, hvilket vil kræve udbredelse af nye løsninger i en række sektorer. Derudover skal der integreres en stor grad af fleksibilitet i infrastrukturen via bl.a. sektorkobling og energilagring. Mens elproduktionen i Danmark i 2030 forventes at være næsten 100 pct. baseret på VE, vil der stadig være behov for forskning, udvikling samt test og demonstration af teknologier, der kan bidrage til en omlægning af varmeproduktionen til 100 pct. VE i 2030. Biomasse spiller en stor rolle i varmeproduktionen i dag, og der er ligeledes brug for at se på, om den anvendes optimalt i energisektoren.

2.2 Energilagring og –konvertering samt lagring og udnyttelse af CO₂

En omstilling til et klimaneutralt samfund i 2050 vil medføre et behov for, at vedvarende energi fra eksempelvis sol og vind kan lagres, så den kan anvendes, hvor og når der er behov. Termisk energilagring er i dag allerede af stor vigtighed i Danmark med en stor installeret kapacitet i form af varmvandstanke og damlagre i fjernvarmesektoren ligesom varmepumper i fjernvarmesektoren nu rulles ud i stor målestok. **El fra vindmøller har desuden potentialet til at bidrage til at reducere klimabelastningen i andre sektorer ikke mindst i transportsektoren, hvor el-drevne biler kan fungere som el-lagre om natten.** Lagring af el i store batterianlæg kan allerede i dag anvendes til stabilisering af el-nettet både på nationalt (TSO) og regionalt (DSO) niveau, f.eks. til systemydelser der i dag primært varetages af de store kraftværker, men også nye kommende systemydelser fra Energinet. **El kan desuden lagres i kemisk form,** såsom brint, metan, metanol, ammoniak, mv. vha. elektrolyse (også kaldet Power-to-X), katalyse og biokatalyse. Der er ligeledes behov for udvikling af en effektiv og sikker infrastruktur til transport af de nye brændsler. Dette kan muliggøre anvendelse i både tung vejtransport, fly og skibsfart. Der er dog fortsat behov for udviklings- og demonstrationsaktiviteter, samt en efterfølgende industrialiseringsproces for at gøre en sådan energilagring og konvertering

økonomisk attraktiv, energieffektiv og skalerbar. **Det vil endvidere være nødvendigt at udvikle, teste, demonstrere og implementere løsninger til indfangning og lagring af CO₂ fra punktkilder eller atmosfæren, hvis Danmark skal blive klimaneutralt.** Frem mod 2030 vil der være behov for at udvikle, teste og demonstrere teknologier til fangst af CO₂ fra eksempelvis affaldsforbrændingsanlæg, andre forbrændingsprocesser og cementproduktion, og lagre den i undergrunden. Frem mod 2050 vil det ligeledes være nødvendigt at udvikle, teste og demonstrere løsninger til at indfange CO₂ direkte fra atmosfæren for at opnå negative emissioner. Den lagrede CO₂ er en værdifuld ressource, som kan anvendes til produktion af syntetiske brændstoffer og vigtige kemikalier, som i dag fremstilles af fossile ressourcer eller som kulstofkilde i højværdi-mikrobiologiske produktionsprocesser til produktion af enzymer, antibiotika m.v.

3. Forskningsbehov og – potentialer

3.1 Produktion af vedvarende energi

Inden for **vindenergiproduktion** er der behov for at udvikle, teste og demonstrere nye løsninger til f.eks. turbiner og fundamenter, sænke omkostninger i produktionen, samt øge driftssikkerhed og ydeevnen for vindmøller. På havet er der endvidere fortsat behov for øget viden om vind, bølger og jordbundsforhold og nye løsninger til installation, nettilslutning, drift, vedligeholdelse, monitorering og dekommissionering. Desuden er der behov for at undersøge, hvordan de opbrugte olie- og gasfelter, platforme, rørledninger mv. kan bidrage til et fremtidigt, integreret og bæredygtigt offshore energiproduktions- og lagringssystem, specielt i relation til vindenergi. De samme anlæg kan også bruges til CO₂-lagring. Både på havet og på land er der brug for at forske, udvikle, demonstrere implementeringsstrategier, der kombinerer politiske, økonomiske og sociale processer for at opnå en bedre og hurtigere implementering af VE-anlæg. Inden for **solcelleanlæg** retter forskningen sig mod udviklingen af nye solcelletyper, der enten er billigere eller mere effektive end traditionelle solceller, samt udviklingen af styrekomponenter til solcelleanlæg. Der er f.eks. et fortsat forskningsbehov i organiske solceller til at lave papirstynde fleksible solceller. Der er ligeledes et behov for, at der forskes i at gøre solceller mere æstetiske og kompatible med omgivelserne med henblik på at øge implementeringen af solceller i samfundet. Med en øget forskningsindsats kan solvarme ligeledes blive endnu billigere, mere effektivt og herved dække større dele af Danmarks varmebehov. **Biogasproduktionen** er stigende, men tenderer til at være løsrevet fra husdyrproduktionen. Der er behov for øget viden og en kæde-/cirkelbetragtning, hvor dyrenes fodring og indflydelsen på landmandens økonomi og biogaspotentialet kobles med tekniske, husdyrvidenskabelige, bioøkonomiske og økonomiske forskningsdiscipliner. Der er desuden behov for at se på de øvrige bioressourcer, der involveres, ligesom biogas kan produceres i andre værdikæder herunder spildevand, affald og restprodukter. Der er ligeledes et behov for at verificere potentialet for produktion af **biobaseret brændstof** (f.eks. via pyrolyse) evt. kombineret med kulstof-sekvestrering, og afklaring af sekvestreringens effekter på jord-kvalitet og biodiversitet. Hvis det skitserede potentiale viser sig korrekt, kan det skabe et behov for at udvikle en samlet værdikæde fra produktion af plantemateriale til biobaseret brændstof. I forhold til anvendelse af **biomasse** baserer forskningsbehovet sig særligt på at forstå, i hvilket omfang produktionen sker på bekostning af anden arealanvendelse både nationalt og globalt. For at forstå dette er der behov for en tværvideenskabelig indsats involverende dyrkningstekniske såvel som økonomiske drivere lokalt og globalt. Samtidig er der behov for at afsøge helt nye alternative teknologier såsom optimering af rodnet mikrobiomer til øget plantevækst, samt forskning i mulighederne for at anvende dele af biomassen i nye materialer til erstatning af syntetiske fibre og plastik i nye værdikæder. Andre relevante forsknings- og udviklingsaktiviteter inden for biomasseområdet er ressourcehåndtering og energiplanlægning på tværs af sektorer. Skal biogas f.eks. bruges til produktion af varme og el og/eller

fremtidens grønne flydende brændsler i landbruget? Inden for **bølgeenergi** retter behovene sig mod nedbringelse af omkostninger til både investeringer (CAPEX) og drift (OPEX), forbedring af ydeevne, samt forbedring af anlæggenes driftssikkerhed. Der er endvidere et særskilt behov for demonstration af de mest lovende koncepter til havs. Hvis Danmark skal være et grønt foregangsland, hvad angår udrulningen af **varmepumper** i sektorer, der ikke i dag benytter sig af dem, så kan der også være et behov for at forske i udviklingen af fremtidens varmepumper. I forhold til **elmarkedet** er der behov for bedre forudsigelser for den vedvarende energiproduktion bl.a. for at kunne forudsige behov for fleksibilitet fra belastningen og lagringsbehov og kunne byde ind på spot- og balancemarkedet. Inden for **geotermisk energi** er der behov for bedre forståelse af undergrunden mht. reservoiregenskaber samt sikring af langtidsstabil re-injektion af det afkølede vand. Desuden optimering af boreomkostninger.

3.2 Energiinfrastruktur

Der er et stort behov for at videreudvikle **energiinfrastrukturen (el – og gas)** mhp. at opnå et dekarboniseret energisystem, herunder ved integration af de vedvarende energikilder i energisystemet, integration på tværs af sektorer (sektorkobling), intelligent udnyttelse af energien (smart energy) og el-nettet (smart grid), samt integration med andre europæiske landes energisystemer, specielt i forhold til el-systemerne og særligt etableringen af "offshore meshed grids" i Nordsøen. I et energisystem med stigende decentralisering og behov for automatisering er der generelt behov for troværdige og smarte digitale løsninger, som sikrer interoperabilitet og som smidiggør samspillet på tværs af eksempelvis el, varme, gas og vand. Effektiv integration af vedvarende energi fra vind og sol kræver bl.a. **tæt integration med forbrugssiden**, herunder bygninger, industri og transport. Denne integration kræver R&D inden for Internet of Things (IoT), Big-data, Artificial Intelligence (AI) og komponenter til et fleksibelt forbrug. Der er behov for nye og **mere effektive og prisbillige metoder for eltransmission**. For anlæg på land skal der udvikles **alternativer til luftledninger** og konventionelle plastbaserede kabler. For offshore anlæg skal luftledningskonceptet opgraderes som alternativ til søkabler. Desuden skal der forskes i Ultra High Voltage systemer, samt tilslutning af offshore systemer over lange afstande. I forhold til elmarkedet er der **behov for bedre forudsigelser** for den vedvarende energiproduktion bl.a. for at kunne forudsige behov for fleksibilitet fra belastningen og lagringsbehov og kunne byde ind på spot og balancemarkedet. Der er ligeledes behov for at udvikle **fjernvarmesystemerne** hen mod 4. og 5. generation, som vil styrke den samlede systemintegration og smart energy tilgangen (bedre udnyttelse af vedvarende energi, overskudsvarme og lavere energiforbrug). Der skal endelig laves en indsats for at udnytte spildvarme fra forskellige industrier og energisystemer. Dette kræver også ændringer af regulativer og markeder. Der er behov for forskning i **Hybridsystemer**: Fremtidens energisystemer og produktionsenheder vil generelt være meget mere forbundet og vil bestå af flere teknologier og distribuerede enheder, som skal fungere parallelt for at sikre en stabil og sikker energiforsyning – særligt i områder med utilstrækkelig el-infrastruktur. Dette og den stigende grad af elektrificering kræver fundamental gentænkning af infrastrukturen/energisystemet mhp. at gøre det samlede energisystem mere intelligent. Der bør ikke mindst gennemføres en betydelig **større grad af sektorkobling** mellem forsyningsarterne, el, varme, gas og vand, f.eks. ved anvendelse af store varmepumper, samt termiske og elektriske lagre. I forhold til elektrolyse i Power-to-X anlæg er der behov for forskning i systemdesign ved indpasning, dvs. hvor i energisystemet Power-to-X anlæg integreres mest optimalt – på

transmissionsniveau, distributionsniveau eller direkte sammen med produktionsanlæg-gene på offshore ø'erne? Sektorkoblingen sikrer generelt en større fleksibilitet og effektiv udnyttelse af energinfrastrukturen. En række forudsætninger som rette prissignaler, digitalisering mv. skal dog gøre sig gældende for at muliggøre dette potentiale.

3.3 Energilagring og –konvertering samt lagring og udnyttelse af CO₂

Hvis Danmark skal være forbillede for resten af verden og demonstrere gevinsterne ved omstillingen til et elektrificeret samfund, er der behov for at vise, at vi er i stand til både at lagre og nyttiggøre fluktuerende VE-baseret el i andre sektorer. Ideen er at energilagring overtager/erstatte de nuværende turbiner i kraftvarmeanlæg som er baseret på fossile brændsler. **Til stabilisering og udnyttelse af den fluktuerende VE-produktion fra sol og vind er der således behov for at udvikle og demonstrere store ellagringsanlæg** (f.eks. batterier, termiske ellagre, compressed air (CAES) og omvendt osmose vand-kraft) i både TSO og DSO-nettene. Store batterier anvendes allerede i dag i begrænset omfang til systemydelser for Energinet. I fremtiden vil Energinet udbyde nye systemydelser, hvor store batterianlæg vil kunne byde ind med gode systembærende ydelser til erstatning af ydelser fra kraftværkerne. Derudover er der behov for forskning i degradation og sikkerhed i forbindelse med anvendelsen af batterier i køretøjer, skibe og fly samt i stationære applikationer såsom husstands batterier og store anlæg i TSO og DSO-nettene. **Brint** udgør fortsat en interessant energilagringsform og væsentlige fremskridt er nået inden for udviklingen af elektrolyseteknologier med det største effektiviseringspotentiale (alkaline, PEM og SOEC). Dog kræves stadig en fokuseret indsats for at få stordrift muliggjort. Der er generelt et behov for udvikling af **elektrolyseteknologier** med højere effektivitet, hurtigere op- og nedlukningstider, længere levetid og lavere omkostninger, som kan skaleres til 100 MW+ størrelse, udvikling af nye og mere effektive teknologier og processer til syntese af elektrofuels, udvikling af intelligente styringsalgoritmer til Power-to-Fuels anlæg, således at et optimalt samspil mellem anlæg og elnettet sikres. Der er derudover behov for udvikling af metoder til design af hybride energianlæg (Power-to-X i kombination med vind, sol, batterier, super kondensatorer, svinghjul, termiske energilagring i salt eller sten etc.), som sikrer optimal drift af Power-to-Fuels anlæg. Generelt skal OPEX og CAPEX ned. Med henblik på potentiel fremstilling af jetfuels og nye brændstoffer til skibsfart er der et behov for forskning, men især demonstration og markedsmodning af hybridteknologier, f.eks. kombinationen af pyrolyse og elektrolyse. Der er endvidere behov for bioteknologisk strategisk forskning i **mikrobiologisk og enzymatisk omdannelse af affald til biofuels og biogas**. Der skal forskes i **lagring af solenergi** og design/udvikling af såkaldte solvarmebatterier, der kan høste solenergi, lagre energien og afgive den efter behov i en lukket energicyklus uden udledning af CO₂. Koncentreret solvarme kan opbevares i kemiske reaktioner, hvor reaktionsvarmen senere (om natten) kan omdannes til strøm til EI-nettet. **Termisk energilagring** er allerede af stor vigtighed i vores energisystem med en enorm installeret kapacitet i form af varmtvandstanke og damlagre i fjernvarmesektoren. Men behovet for varme og køling forventes at stige, og derfor må nye, effektive termiske lagringsmetoder udvikles og demonstreres og eksisterende teknologier videreudvikles og raffineres. Det gælder både høj- og lavtemperaturlagre, f.eks. i faseskiftende materialer, kombineret med højtemperaturvarmepumper, der sikrer en optimal konvertering. **Sæsonlagring af varmt vand i reservoirer i undergrunden** synes at have et stort potentiale. Der kræves en forsknings- og teknologisk indsats i lighed med den indsats, der er brug for til

geotermisk energi (reservoirforståelse, sikring af stabilt flow samt optimering af boreomkostninger). **Energilagering i sten** ved høje temperaturer (over 600 grader C) er testet, og har vist positive resultater. En videreudvikling i forhold til materialer og lageringsopbygning er nu nødvendig. **Mekanisk lagring** med svinghjulet i centrum er en lovende teknologi, som forventes at kunne bidrage positivt til at løse væsentlige udfordringer i fremtidens energisystem. **Termoelektrika** er materialer, der kan konvertere energi mellem elektrisk energi og termisk energi. Det kan altså bruges både til elproduktion (hvor der findes store temperaturgradient) og til generering af kulde/varme, hvor dette ellers er svært at lave. Der kræves betydelig forskning i materialer, der kan lave strøm ved mindre temperaturforskelle, og for udvikling af bæredygtige materialer (cirkulær økonomi) for dette.

Forskningsbehovet inden for **CCUS** (Carbon Capture Utilization and Storage) er knyttet til udvikling og implementering af teknologier til opsamling, kemisk omdannelse, udnyttelse og/eller lagring af CO₂. Såfremt løsningerne kan udvikles og implementeres, kan der være **store tekniske reduktionspotentialer** tilknyttet særligt i relation til at fange og lagre CO₂ fra enkelte store højkoncentrationspunktkilder såsom produktion af byggematerialer, affaldsforbrændingsanlæg og biomasse kraftvarmeproduktion. Der er generelt behov for udvikling af teknologier, der er både mere effektive og billigere i etablerings- og driftsfasen, dvs. OPEX og CAPEX skal ned. Der er samtidig behov for en styrket forskning i **de geologiske forudsætninger for lagring af CO₂**. Afhængigt af forholdene i undergrunden, herunder jordlagene typer og placering samt porøsitet og permeabilitet, kan større eller mindre mængder lagres. Der er ligeledes behov for udvikling og optimering af de materialer, der anvendes ved CO₂-lagring, samtidigt med at der skal udvikles robuste analysemetoder, der kan monitorere og forebygge udslip af drivhusgasser fra de etablerede lagre. For at nå klimamålene i 2050 er der desuden behov for ekstra forskning til at **trække CO₂ direkte ud af atmosfæren**. Det ideelle er at bruge vedvarende energi til at trække CO₂ ud af atmosfæren. Der er desuden behov for at forske i **øget optag og lagring af CO₂ i biomasseproduktion** eller som blåt kulstof i marine økosystemer, f.eks. alger.

4. Danske forsknings- og innovationsmæssige forudsætninger

4.1 Produktion af vedvarende energi

- De danske forskningsmiljøer har en række stærke kompetencer inden for produktion, herunder udvikling af kritiske elektriske komponenter, optimering og styring af vedvarende energi, f.eks. vindenergi og bio- og bølgeenergi.
- De danske forskningsmiljøer har stærke kompetencer inden for udvikling, test og opskalering af højeffektive og stabile polymer- og perovskite- solceller. Forskningsmiljøer omkring efterforskning og udnyttelse af geotermisk energi er vel-etablerede.
- Danske forskningsmiljøer har gennem de senere år oparbejdet væsentlig kompetencer, specielt inden for solceller, magnetiske materialer, termoelektrika, elektrisk systemintegration og bioenergi.
- Der er adgang til en stærk teknisk infrastruktur til nanokarakterisering (inkl. internationale synkrotronfaciliteter) med henblik på forskning i en lang række energiteknologier, herunder fotovoltaiske og termoelektriske materialer (lys/varme til strøm), foto-katalytiske materialer til brintproduktion fra vand, bæredygtige magnetiske materialer og bio-brændstoffer, batteri-teknologier og brintlagring.
- Der er desuden væsentlige test- og forskningsinfrastrukturer i og omkring Danmark, som biogasforsøgsanlægget på Foulum, det nationale testcenter for vindmøller i Østerild og Høvsøre, Lindø Offshore Renewables Center (LORC), Blæst Blade Test Center, bølgeenergitestcentret DanWEC i Hanstholm eller GreenLab Skive.
- GTS-institutter laver simuleringer af store infrastrukturetablinger til havs, udskibning, inspektioner samt avancerede monitoreringssystemer og komponent- og systemtest af energianlæg. Herudover foregår test og udvikling af batterier, mikrobændelsesceller og værdiskabelse af biomasse.
- GTS-institutterne har også stærke kompetencer inden for brandtekniske analyser, systemdesign og brandtest målrettet både offshore vindmøller og procesindustrien f.eks. hydrogen og ammoniak.

4.2 Energiinfrastruktur

- Der er stærke danske forskningsmiljøer inden for eldistributionssystemer (smart grids og intelligente energisystemer), hybridanlæg og energiøkonomi, herunder forholdet mellem business models, markeder og regulering.

- De samme forskningsmiljøer har solide kompetencer inden for algoritmer for optimering og styring, forudsigelse af el-produktionen, og hvordan der kan beregnes risici i forhold til markedet.
- GTS-institutterne har avancerede faciliteter til test og udvikling af sektorkobling og fleksibilitet i forsyningssektoren, hvor batterier, varmepumper, solceller, elbils-ladere mv integreres i et samlet testmiljø.
- De danske energiaktører er samlet omkring en accelereret datadreven digitalisering af energiinfrastrukturen.
- GTS-institutterne arbejder ligeledes med digitale infrastrukturer inden for Power-to-X området, med fokus på cybersikkerhed og brugerinddragelse og -adfærd.

4.3 Energilagring og –konvertering samt lagring af CO₂

- Der er stærke danske forskningsmiljøer inden for en række konverterings- og lagringsmetoder.
- Forskning inden for materialer adresserer batteri-teknologier, brintlagring og magnetiske materialer til mekanisk energilagring, højtemperaturs-energilagring. Universiteter er desuden begyndt at opbygge kompetencer inden for energilagring, især med fokus på flowbatterier og indpasning af systemer i energiforsyningen. Der er gjort store fremskridt inden for magnesium og calcium faststof batterier som forventes at have en langt større energitæthed end de kendte lithium batterier.
- Der er stærke kompetencer inden for termisk energilagring i forskellige former såvel som fangst og lagring og konvertering af gasser. Kompetencer inden for udvikling af monitoreringsløsninger til udslip af uønskede gasser fra bl.a. CCS forefindes på GTS-institutterne.
- Der ligeledes stærke kompetencer inden for elektrolyseteknologier og Power-to-X, herunder energisystemanalyse-/energiplanlægningsforskning, der omhandler, hvordan Power-to-X teknologierne spiller sammen med det resterende energisystem
- Der forskes desuden i kombinationen af pyrolyse og elektrolyse til fremstilling af jetfuels.
- GTS-institutterne har stærke kompetencer og laboratoriefaciliteter inden for varmepumper, batterier, synteseprocesser til el-baserede brændstoffer og kemikalier, Elektro Fuels til køretøjer, skibe og fly, CCUS, herunder. udvikling af monitoreringsløsninger til udslip af uønskede gasser fra bl.a. CCS.
- GTS-institutterne har også stærke kompetencer inden for brandtekniske analyser, systemdesign og test af batteriinstallationer og procesindustrien f.eks. hydrogrogen og ammoniak.
- Forskning i den digitale transformation af energisektoren er veletableret og omhandler brug af big data, IoT, og avanceret modellering.
- Flere forskningsmiljøer undersøger mulighederne for at udnytte undergrunden i det område til CCS-løsninger.
- Der forskes ligeledes i algedyrkning til kulstoflagring og i blåt kulstof i marine økosystemer samt kunstig fotosyntese.
- Danmark har særlige kompetencer inden for biologiske konverteringsteknologier, f.eks. til udvikling af nye enzymer og biokatalytiske metoder, til enzymatisk omdannelse af CO₂ til kemikalier eller materialer, nye bioteknologiske produktionsmetoder, udvikling af produktionsorganismer, der danner biomasse på CO₂.

- Danmark har desuden forskningskompetencer i metoder til værdiskabende genanvendelse via omdannelse af husholdningsaffald og plastik, der kan erstatte CO₂ producerende forbrænding, udvikling af nye enzymer, der kan erstatte kemiske/termiske processer og dermed markant reducere drivhusgasudledningen, mikrobiombaserede systemer, der bidrager til mere effektiv CO₂ optag i planter.

5. Danske erhvervsstyrker

- Danmark eksporterede i 2019 for 71,8 mia. kr. grøn energiteknologi og services ud af en samlet dansk eksport af energiteknologi m.v. på 120,6 mia. kr. Til sammenligning var eksporten af grøn energiteknologi på 43,3 mia. kr. i 2010.
- Der er et stærkt samspil mellem forskning på universiteter, GTS og industrien på energiområdet.
- Virksomhederne bidrager i stor stil til forskningen på energiområdet, hvor ca. en tredjedel af virksomhederne har udgifter til forsknings- og udviklingsaktiviteter, hvilket er relativt højt sammenlignet med andre danske erhvervsområder. Energiområdet er også i front med udtagning af patenter.
- Virksomhederne har adgang til gode test- og demonstrationsfaciliteter Green Labs udbyder f.eks. støtte midler til test- og demonstrationsfaciliteter i regi af EUDP-programmet.
- Danmark er base for flere af verdens største vindmølleproducenter og har et meget stort antal globale underleverandørvirksomheder.
- Inden for flydende vind er Danmark også centralt positioneret.
- I Danmark er bølgeenergiområdet erhvervsmæssigt domineret af en god håndfuld mindre, men internationalt velrenommerede, iværksættervirksomheder.
- Danmark har desuden flere virksomheder inden for design, udvikling og drift af solcellefarme og har gode forudsætninger for udvikling af bygningsintegrerede solcelleløsninger.
- Danmark har mange års erfaring med at omstille kraftvarmeværker fra kul til bioenergi, samt installation af biomasse- og biogasanlæg.
- Danmark har stor erfaring med det liberaliserede elmarked og store internationale aktører. Netselskaberne har sikret at mere end 50% af elproduktionskapaciteten er tilsluttet decentralt i dag.
- Der er et stort potentiale for en dansk erhvervsmæssig styrkeposition inden for Power-to-X på lidt længere sigt, idet Danmark har flere komparative fordele: Konkurrencedygtige elpriser, stort VE-potentiale og et stærkt elnet med gode forbindelser til udlandet; et effektivt gassystem med adgang til gaslagre, som også kan lagre brint; en førende position inden for biogas som kan blive en vigtig komponent i kulstofbaserede Power-to-X produkter; et fjernvarmesystem der kan udnytte værdien af overskudsvarme ved energikonvertering; en DataHub og en velfungerende håndtering af data til understøttelse af nye, grønne forretningsmodeller.
- Der er i Danmark betydelig ekspertise inden for olie- og gasudvinding, der kan anvendes til udnyttelse af geotermisk energi.
- Anvendelse af CCUS finder i Danmark kun sted ved Korskro Biogasanlæg, som sælger oprenset CO₂ til produktion af drikkevarer. Globalt er der 19 storskalaanlæg i drift globalt, 4 under opførsel og yderligere 28 anlæg, som er under udvikling.
- De danske virksomheder inden for energilagring er toneangivende inden for de processer, der anvender brint til at lave de relevante kemikalier for Power-to-X.

- Der er ikke p.t. tilknyttet store erhvervsstyrker til CCUS i Danmark. Oplagte potentielle partnere er den nuværende olieindustri og affaldsforbrændingsanlæg, som også er inde i en omstilling.
- Inden for koblingen af CCUS med biomasse er der få danske aktører, der anvender CO₂ som ressource eller vha. bakteriel proces omdanner CH₄ til protein til dyrefoder og dermed indirekte bidrager til at reducere drivhusgasemissioner eller anvender Hydrothermal Liquefaction til at omdanne fast biomasse til olieprodukter (primært diesel + benzin).
- Danmark er førende inden for bioteknologisk forskning, der udvikler enzymer til mikroorganismer til erstatning for kemiske/termiske processer og til reduktion af klimapåvirkninger fra landbrug, akvakultur og plantebrug. Der arbejdes med enzymatisk omdannelse af organisk affald.

6. Klimarådets anbefalinger vedr. forskningsbehov

Klimarådet har fokus på, hvordan Danmark når sine klimamål på den mest effektive måde. Rådet konstaterer, at en dansk klimaindsats med fokus på kendte omstillingselementer ikke er nok til at nå målet om 70 pct. reduktion i 2030 (det såkaldte "implementeringsspor"). Der udestår ca. 10 procentpoint svarende til ca. 8 mio. ton. Derfor er der behov for yderligere indsatser og flere omstillingselementer, hvilket i Klimarådets analyse går under navnet "udviklingssporet" for at understrege, at denne indsats i første omgang især kræver strategisk udvikling. De offentlige myndigheder kan ifølge Klimarådet spille en vigtig rolle ved at lægge de langsigtede strategiske linjer og ved at understøtte de forskellige led i udviklingskæden fra forskning og udvikling over demonstrationsprojekter til egentlig markedsmodning. Særligt på transport- og landbrugs- og jordbrugsområdet er der udviklingsbehov, men Klimarådet peger også på flere væsentlige udviklings- og forskningsbehov på energiområdet i et 2030- og 2050 perspektiv:

1. **CO₂-fangst og lagring (CCS).** Klimarådet vurderer, at udvikling af CCS-teknologi giver en billigere vej til CO₂reduktioner end CO₂-fangst og brug-teknologien (CCU). Samlet set vurderer Klimarådet, at der er et potentiale for CCS i industrien på ca. 2,5 mio. ton om året, hvoraf halvdelen kan realiseres før 2030 ud fra et groft skøn. Danmark har et lille antal større industrielle udledere af CO₂, hvor CCS kan overvejes. En enkelt virksomhed udledte i 2018 ca. 2,2 mio. tons CO₂. Det vil være muligt at fjerne størstedelen af disse udledninger med CCS, efter andre mere omkostningseffektive tiltag såsom grøn cement og energieffektiviseringer er gennemført. Klimarådet anbefaler derudover også udvikling af CCS-anlæg i forbindelse med affaldsforbrænding, bioagasanlæg og biomassebaseret kraftvarme.
2. **Pyrolyse** anvendes på biogene kulstofkilder som afgasset gylle, spildevandsslam og halm og kan lagres i form af biokoks, som bidrager til negative udledninger, mens det producerede brændstof kan regnes som CO₂-neutralt. Potentialet for pyrolyse vurderes som meget stort, men det afhænger dels af den teknologiske udvikling, dels af øget afklaring om udfordringer og fordele ved biokoks og dels af lovgivningsmæssige barrierer, der kan gøre det svært at bruge biokoks til at opnå negative udledninger. DTU vurderer ifølge Klimarådet, at der er et teknisk potentiale for drivhusgasreduktioner ved pyrolyse og produktion af brændsler på 12 mio. tons CO₂e årligt. Det fordeler sig med 5,8 mio. ton CO₂e kulstofbinding fra biokoks, 2,1 mio. ton CO₂e fra undgåede metan- og lattergasudledninger og 4,2 mio. ton CO₂ fra brændsler, hvis der tilsættes 39 petajoule brint. Klimarådet understreger, at teknologien endnu er uafprøvet. Skulle teknologien vise sig at fungere, og i skala, vurderer Klimarådet, at en tredjedel af det samlede potentiale kan realiseres før 2030.

3. **Elbaserede brændsler/brændstoffer eller Power-to-X.** Danmark kan med fordel støtte udbredelsen af elektrolyseteknologi for at sikre billig VE-baseret brint i fremtiden til brug i bl.a. gasnettet, færger og fly. Generelt for Power-to-X gælder dog, at det er en relativt ineffektiv anvendelse af elektricitet. Derfor opnås der langt mindre klimagevinster pr. kWh grøn strøm her end ved direkte elektrificering, hvor en enhed el fortrænger flere enheder brændsel, f.eks. ved elbiler eller varmepumper. Klimarådet vurderer derfor også, at Power-to-X primært er relevant som supplement til den direkte elektrificering, men vil blive nødvendig på den længere bane, når vi skal af med de sidste udledninger. For at sikre, at Danmark har teknologierne klar, når de skal levere i større skala, er Danmark derfor nødt til at støtte udviklingen og opskalere elektrolysekapaciteten, så omkostningerne kan komme ned.

7. Klimapartner- skabernes anbefalinger vedr. forskningsbehov

Ud af regeringens 13 klimapartnerskaber er Klimapartnerskabet for Energi og Forsyning særligt relevant for energiproduktion m.m. I det omfang, de øvrige partnerskaber kommer med anbefalinger af relevans for energiområdet, og som vurderes at medføre forskningsbehov, er de også kort refereret nedenfor.

7.1 Klimapartnerskab for Energi og Forsyning

Klimapartnerskabet for Energi og Forsyning vurderer, at Danmark frem mod 2030 kan reducere sin CO₂-udledning med 64% med forholdsvis kendte og skalerede løsninger på energiområdet. Her er der tale om energieffektiviseringer, udskiftning af fossile brændsler med eldrevne varmepumper og erstatning af fossildrevne køretøjer med elkøretøjer, samt øget biogasanvendelse. Klimapartnerskabet præsenterer en omfattende plan for at bidrage til 2030 reduktionsmålet, hvor fokus først og fremmest er på anbefalinger til nye politiske strategier, ny regulering, udbud og investeringsstøtte.

Hvis energiområdet derudover skal bidrage med reduktioner i andre sektorer for at nå 70 pct. målet, kan reduktionerne ifølge partnerskabet kun findes gennem en væsentlig opskalering af kendte energiteknologier i kombination med teknologier, som i dag er relativt umodne, og som skaleres til et niveau, som i dag synes svært at realisere. Ud over en markant større udbygning med havvind og en markant større indfasning af flere elbiler i 2030 end de elbiler, som er inkluderet i reduktionen mod 64% (i alt 1,5 mio. elbiler), drejer det sig om kommercielt set umodne teknologier som brintbaserede brændsler (Power-to-X) og CO₂-fangst eller CCUS. Alle fire tiltag er absolut nødvendige for at hente yderligere reduktioner efter 2030 og nå målet om fuld klimaneutralitet i 2050. Derfor er det ikke lige så afgørende, hvor meget hvert af de tre tiltag bidrager med af reduktioner frem mod 2030, som det er afgørende, at alle tiltag indgår i den strategiske og politiske planlægning allerede fra i dag og frem mod 2050.

CCS

Partnerskabet kommer ikke selv med anbefalinger til en yderligere forskning i CCS, men anbefaler derimod, at der tages (fundamentalt) politisk stilling til, hvordan og i hvilket omfang CCS skal bruges i Danmark. Der bør i givet fald etableres de regulatoriske og økonomiske forudsætninger for opsætning af CCS-anlæg på én eller flere af de største danske punktkilder, herunder affaldsenergianlæg. Klimapartnerskabet foreslår oprettelsen af nye støtterejimer og målrettede udbudsrunder, som skal skabe incitamentet til opførelse af anlæg på danske punktkilder.

Power-to-X

Hvad angår udviklingen af brintbaserede brændsler (Power-to-X) peger klimapartnerskabet til gengæld på, at der er behov for en dedikeret og langsigtet forsknings- og demonstrationsindsats, som baserer sig på følgende elementer:

- Prioritering af fyrtårne i forskningsindsatsen bl.a. i EUDP og Innovationsfonden, så særlige områder prioriteres på tværs af forsknings-, udviklings- og markedsmodningskæde.
- Særligt fokus på demonstrationsindsatsen, så Danmark bliver blandt de førende Power-to-X-nationer.
- 200 mio. kr./årligt målrettet Power-to-X-forsknings- og udviklingsmidler. Dette kan f.eks. udmøntes i demonstration af medium skala Power-to-X-produktion (f.eks. metanol- eller ammoniak-anlæg), ny teknologi i storskala (metaniseret biogas), nye typer elektrolyseteknologier og optimal drift af elektrolyseanlæg i forhold til elsystem og lagring.

Ud over forsknings- og demonstrationsbehovet anbefaler klimapartnerskabet, at der udarbejdes en styrende tiårig køreplan for brintbaserede brændsler med fokus på, hvordan staten og industrien i samarbejde kan nedbringe etablerings- og anvendelsesomkostningerne. Der bør dels afsættes støttemidler til industriel skalering som virkemiddel til omkostningsreduktioner på vej mod kommerciel bæredygtighed og dels udpeges relevante placeringer, hvor blandt andet overskudsvarme kan udnyttes.

Klimapartnerskabet understreger, at prioriteringen af indsatsen løbende vil skulle opdateres i takt med, at teknologier spredes og udvikles. Der er endnu ikke skaleret produktion eller forbrug af Power-to-X i Danmark, og det vides ikke med sikkerhed, hvilke Power-to-X-brændsler der på verdensmarkedet vil erstatte de fossile brændstoffer. Det kan være brint, metanol, Fischer-Tropsch-diesel, dimetylæter (DME) og/eller ammoniak.

7.2 Klimapartnerskabet for Landtransport og logistik

Elektrofuels og power-to-x - nye innovative drivmidler

Partnerskabet peger på, at der er et behov for forskning i i power-to-x og elektrofuels med det sigte at kunne opstille et *brugbart power-to-fuel anlæg* i Danmark i 2030. Elektrofuels vil kunne sikre en gennemgående grøn omstilling af hele transportsektoren. Teknologien er i dag forholdsvis dyr sammenlignet med for eksempel biogas eller brint, og kan vanskeligt forventes at blive realiseret i stort omfang inden 2030. Men med et samlet mål om et CO₂-neutralt Danmark og Europa inden 2050 er det nødvendigt at igangsætte projektet allerede nu, så målet kan nås i tide.

7.3 Klimapartnerskabet for Det blå Danmark

National strategi til udvikling af power to x

Klimapartnerskabet foreslår, at regeringen udarbejder en strategi for introduktion af storskala Power-to-X projekter i Danmark. For at sikre udvikling af nye grønne brændstoffer er det nødvendigt med et strategisk samarbejde mellem energisektoren, regeringen og de største aftagere af brændstof, såsom skibs- og luftfarten.

Demonstrationsskib anno 2030

Klimapartnerskabet foreslår, at der, i samarbejde mellem offentlige og private aktører, etableres et demonstrationsskib, der kan vise, hvordan forskellige elementer i et CO₂-neutralt skib spiller sammen. Her bør der være fokus på fremtidens skib anno 2030, med tanke på en højere grad af standardiseret energieffektiv modulopbygning, simple el-motorer og eksempelvis brændselsceller. Muligheden for EU-finansiering af et sådant flagskib, der optimerer hele den maritime værdikæde, bør undersøges.

Energiinfrastruktur til danske havne

Klimapartnerskabet foreslår, at de regulatoriske barrierer for energiproduktion i danske havne kortlægges og fjernes. De danske havne bør inkluderes i planlægningen af fremtidens elnet, så der både tages højde for efterspørgsel efter el til skibe, der ligger ved kaj, og skibe, der skal have ladet batterier op til videre sejlads.

7.4 Klimapartnerskabet for fødevare- og landbrugssektoren

Biokul (skyclean)

Partnerskabet anbefaler, at der etableres et antal større, flerårige og udfordringsdrevne forskningspartnerskaber, som sikrer tværfaglighed og myndighedsinddragelse og nedbryder søjletænkning. Det er især afgørende, at der sikres tilstrækkelige forsknings- og investeringsmidler til virkemidlerne græsprotein, biokul (SkyClean), biofiltre og stoffet x (foder).

Særligt biokul er et forsknings- og udviklingsområde med relevans for energiområdet, som har fokus på at levere ikke-fossile brændstoffer til tung transport. Klimapartnerskabet for fødevare- og landbrugssektoren peger på, at biokul rummer et stort klimapotentiale for flytrafik (Skyclean). Gennem såkaldt pyrolyse omdannes resthalm, restfibre fra biogas og andre restprodukter til biokul, der lagrer kulstof i jorden. Pyrolysegassen kan bruges til en række formål, eksempelvis produktion af bio-olie, der ved anvendelse af grøn brint, kan omdannes til flydende brændstoffer som blandt andet flybrændstof. Der efterlyses 400 mio. kroner til projektet.

7.5 Klimapartnerskabet for life science og biotech

Partnerskabet anbefaler, at man formulerer en national strategi for Carbon Capture Utilization & Storage (CCUS). Strategien bør sætte rammevilkår, et forsknings- og ud-

viklingsmæssigt fokus, kortlægge barrierer og anbefale nødvendig infrastruktur. Derudover anbefaler partnerskabet, at der uddeles udviklings- og etableringsstøtte til flagskibsprojekter inden for Carbon Capture Utilization & Storage, der kan understøtte teknologisk udvikling af løsninger til lagring af CO₂ og udnyttelse af CO₂, eksempelvis til Power-to-X eller til produktion af alternative proteiner, polymerer, biokemikalier mv.

8. Internationale perspektiver

Danmark kan ikke nå i mål med at realisere klima- og energimålsætningerne uden internationalt samarbejde. Deltagelse i europæisk og globalt forsknings- og innovations-samarbejde på energiområdet giver bl.a. danske forskere og virksomheder adgang til ny eller særlig viden, flere forskningsmidler og talenter. Samtidig bidrager det internationale samarbejde til at synliggøre danske forskningsstyrker og grønne danske løsninger og teknologier og kan derved styrke Danmarks konkurrenceevne, vækst og beskæftigelse. Analyser viser desuden, at adgang til internationale netværk og partnerskaber er af afgørende betydning for kvaliteten af dansk forskning, ligesom disse netværk og partnerskaber er en god måde at koble nationale F&I-programmer og initiativer sammen med EU-initiativer og globale indsatser.

Dansk energiforskning har en betydelig tyngde i europæisk forankrede forskningsprojekter, og danske partnere er generelt populære – ikke mindst inden for grøn energiproduktion, infrastruktur og energisystemanalyse. I det nuværende EU rammeprogram for forskning og innovation er Danmark det land i EU, der (målt per capita) indtil videre har hentet næstflest midler hjem fra delprogrammet ”Secure, Clean and Efficient Energy” (2014-2018). De danske energiforskningsaktører i EU-projekterne er både virksomheder såvel som universiteter. De danske virksomheder har været særligt succesfulde med deltagelse i større demonstrationsprojekter f.eks. inden for offshore energi og strategiske partnerskaber inden for bl.a. brint og brændselsceller. På universitetssiden er der ligeledes aktiv og bred deltagelse i både forsknings- og demonstrationsprojekter og strategiske partnerskaber.

Det kommende EU-rammeprogram, Horizon Europe, faciliterer energiforskning på tværs af klima-, energi- og transportsektoren ud fra det perspektiv, at der er mange fælles udfordringer, potentialer og teknologiske synergier mellem de tre sektorområder. Da vi i Danmark allerede har stor erfaring med at samtænke disse områder, er der alt andet lige et stort potentiale for danske aktører i Horizon Europe, både for forskningsinstitutioner, virksomheder og slutbrugerrepræsentanter. Desuden vil Horizon Europe anlægge et mere holistisk orienteret fokus på F&U projekternes miljø- og klimamæssige effekter, herunder hvordan de kan bidrage til at understøtte EU's overordnede klima-, energi- og miljøpolitiske målsætninger under *European Green Deal*, og ligeledes understøtte de store internationale aftaler som Parisaftalen og det globale samarbejdsinitiativ ¹Mission Innovation.

Med det nye Horizon Europe etableres en række større, strategiske EU-partnerskaber med fokus på grøn omstilling, integrering og lagring af vedvarende energi, smarte byer mv. Ud over projektf finansiering giver disse partnerskaber adgang til internationale netværk med de allerbedste aktører uden for Danmark og til ny viden. Partnerskaberne har

¹ Initiativet blev lanceret i 2015 og skal styrke forskningen i rene energiteknologier. Formålet er at fremskynde omstillingen til grønne og bæredygtige energiløsninger gennem teknologisk innovation.

også til formål at koble nationale F&I programmer og initiativer tættere sammen med EU- og globale-initiativer for at opnå synergi. De kommende partnerskaber vil stort set alle have et fokus på klimaudfordringer. Nedenstående er en liste over de partnerskaber, der umiddelbart vurderes relevante for dansk forskning (listen med eksempler er ikke nødvendigvis udtømmende):

- Clean Energy Transition
- Clean Hydrogen
- Sustainable, Smart and Inclusive Cities and Communities

Som et nyt tiltag i Horizon Europe har man desuden besluttet at oprette fem såkaldte missioner til at finde løsninger på nogle af de europæiske borgeres største udfordringer, ikke mindst klimaudfordringer. På energiområdet er det besluttet at definere en mission vedr. "Climate-neutral and smart cities", hvor der forventes at blive indgået kontrakter med 100 europæiske byer om at blive CO₂ neutrale inden for en overskuelig fremtid. De konkrete mål og fokusområder inden for missionen forventes at blive defineret i løbet af 2020, og hvis denne nye store satsning skal blive til gavn for klimaarbejdet i Danmark er der behov for at engagere sig i arbejdet.

Der er også perspektiver i et styrket samarbejde med lande uden for Europa. Dette samarbejde hviler ofte på bilaterale samarbejdsaftaler på regerings- og/eller institutionsniveau og involverer de offentlige forskningsfinansierende fonde.

Bilateralt samarbejde kan f.eks. omfatte et fælles opslag og finansiering af aktiviteter under forskning, teknologi og innovation inden for bestemte teknologier eller fagligt-tekniske områder, f.eks. energiproduktion og –infrastruktur, energilagring og –konvertering, eller bestemte verdensmål, missioner eller globale udfordringer, der indbefatter et tværdisciplinært samarbejde og f.eks. involverer myndigheder, virksomheder og forsknings- og uddannelsesinstitutioner.

De danske innovationscentre rundt om i verden fremhæver og vurderer, at der er efterspørgsel efter et bilateralt F&U-samarbejde med Danmark inden for områder som f.eks. energiproduktion og –infrastruktur, energilagring, –konvertering og –lagring med bl.a. USA, Tyskland, Brasilien, Kina, Indien og Korea. Konkrete samarbejdsområder er f.eks. (off shore) vindenergi (inkl. systemintegration), biobrændsel, naturgas og biomethan, power-2-x, brintbrændstof, energilagringssystemer og batteriteknologier.

Det bilaterale samarbejde kan styrkes gennem en tæt national koordinering og opbygning af stærkere bilaterale netværk og flere projektsamarbejder samt ved at koble indsatsen tættere til programmer og aktiviteter i regi af internationale organisationer. Det gælder Horizon Europe, men også andre aktører og programmer som f.eks. EUREKA, International Energy Agency (IEA) eller Mission Innovation.