



....

Havvind til Danmark og Europa

Strategisk sigte for dansk
havvind mod 2040

Juni 2023



Indhold

Forord	4
Samfundsgevinster fra havvind kan vokse i fremtiden, hvis fundamentet er på plads	6
Executive summary	
Paradigmeskift for dansk havvind efter 2030 kalder på højere ambitioner og kendte rammevilkår	10
Hurtig og bæredygtig havvindudbygning til 50 GW i 2040 vil skabe store samfundsgevinster	12
Skab tempo og eksportsikkerhed via el- og brintinfrastruktur samt konkurrencedygtige industrivilkår	14
Kapitel 1: Styrket værdikæde, international efterspørgsel og infrastruktur bliver afgørende for dansk havvind efter 2030	
Den årlige vindudbygning i Europa skal fordobles mod 2030, men Europas industrielle værdikæde er presset	20
Politiske hensigtserklæringer på op til 300 GW havvind i Europa skal omsættes til handling	22
Udbygning af energiinfrastruktur til el og brint binder et grønt Europa sammen	24
Accelereret grøn omstilling i Europa medfører markant stigende i elforbrug	26
Brint og PtX brændstoffer kan blive en gamechanger for udbygning af vedvarende energi	28
Kapitel 2: Scenarier for havvind i Danmark	
Dansk havvindudbygning afhænger af Europas grønne tempo og internationalt marked for grønne brændstoffer	32
Dansk havareal har et kæmpe teknisk potentiale for havvindproduktion	34
Nye koncepter kan skabe konkurrencedygtig el og brint fra havvind både tæt på og langt fra kysten	36
Kapitel 3: Pejlemærke på 50 GW havvind i 2040	
Pejlemærke på 50 GW havvind i 2040 skal gøre Danmark klar til fremtidig grøn efterspørgsel	40
Kraftig havvindudbygning vil bidrage markant til energiuafhængighed og dansk nettoeksport	42
Danmarks globale klimabidrag kan overstige nationale CO ₂ -reduktioner efter 2030	44



Kapitel 4: Anbefalinger om fremtidige rammevilkår for havvind

Nye rammevilkår skal på plads for at kunne indfri dansk havvindpotentiale	48
Den industrielle værdikæde skal styrkes	50
Markedsdrevet udbygning kan sikre et højt tempo og fleksibilitet	52
Ny brintinfrastruktur skal forbinde dansk vedvarende energi med stort forbrug i Europa	54
Globale klimamål i 2030 skal gøre Danmark klar til paradigmeskiftet for havvind	56
Design enkle og forudsigelige betalingsmodeller for både et stats- og markedsdrevet havvindspor	58
Bæredygtighed kan fremtidssikre dansk havvind	60

Bilag: Beregningsforudsætninger

Udbygning af elektrolysekapacitet i Danmark	64
Globalt klimabidrag fra PtX-brændstoffer til skibe og fly samt eksport af el og brint/PtX	66



Forord

Green Power Denmark ønsker med denne rapport at sætte gang i en samtale om havvind frem mod 2040.

Indfrielse af havvindens fulde potentiale i Danmark er en opgave, der kræver omtanke og visionære beslutninger i tide. Der skal træffes beslutninger både for vores produktions- og industrivirksomheder, udbygning med vedvarende energi og nødvendig energiinfrastruktur samt anvendelse af de grønne elektroner og molekyler. Visionære beslutninger der hver for sig er vigtige trædesten, og som samlet skal lægge solide spor for havvinden frem mod 2040. Green Power Denmark tager nu hul på at stille de svære spørgsmål, fordi vi ved, at det vil tage tid at komme med gode svar, som kan sikre havvind til Danmark og Europa – også efter 2030.

Vi benytter i rapporten en 'Future Back'-tankegang. Det betyder, at vi lægger et strategisk sigte for, hvilken rolle havvind i Danmark skal spille i tiden efter 2030 og frem til 2040. Det gælder i omstilling af vores energisystem, i samfundsbidrag og i kampen mod klimaforandringer ud over landets grænser. Fra det strategiske sigtepunkt i 2040 spoler vi tilbage, og spørger, hvilke fokusområder vi skal zoomer ind på, hvilke beslutninger vi skal træffe og hvilke nye tilgange vi skal tage i anvendelse for at lykkes.

50 GW havvind i 2040

Green Power Denmark mener, at 50 GW havvind i Danmark i 2040 vil være et ambitiøst pejlemærke for havvindudbygning i de danske farvande – et pejlemærke, der kan bringe os videre fra 2030 og hen mod de langsigtede visioner i 2050, hvor der i dag ikke er et erklæret dansk mål.

Jo mere havvind vi kan bygge, jo lavere el- og energipriser får vi til gavn for erhverv, forbrugere og den grønne omstilling. Efter et 2022 med høje energiomkostninger i hele Europa og et fokus på at blive uafhængig af russisk gas efter Ruslands invasion af Ukraine, bør det stå som en klar erkendelse, at det er bedre at planlægge efter for meget grøn energi end at ende med for lidt og for dyr energi. Blot få års forsinkelse af sol- og vindudbygning kan koste danske elforbrugere 25. mia. kr. om

året i 2030 – det er altså både dyrt og risikabelt ikke at planlægge rettidigt¹.

Vigtige beslutninger er allerede taget i 2023. Den historiske aftale om udbudsrammer for de kommende udbud og senest den opdaterede havplan er begge aftaler, som har stor betydning for, hvordan vi baner vejen frem mod en grøn fremtid. Men vi må forsat arbejde for at nå i mål med flere afgørende beslutninger. Det gælder særligt for bl.a. kommende brintinfrastruktur og for et markedsdrevet spor for udbygning med havvind, der tager højde for de historiske statsstøtte- og konkurrenceretlige potentielle udfordringer med den tidligere åben dør-ordning.

Og vores pejlemærke i 2040? Vi skal indstille vores GPS til at genberegne ruten frem mod havvind i 2040. Future Back-tankegangen viser os, at vi skal have et nyt blik på processer og planlægning: Myndighedernes processer skal gøres enkle og smidige, og planlægningen skal ske på tværs af nationale havarealer.

Regionalt og sikkerhedspolitisk perspektiv

Danmark har de bedste havvindressourcer af alle landene omkring Nord- og Østersøen, både når det drejer sig om vindforhold, havdybde og kompetencer. Vi kan i Danmark bidrage markant til kampen mod klimaforandringerne ved at omdanne vores vind til grøn strøm, der enten kan bruges som erstatning for sort strøm eller som råstof i den grønne brint og PtX brændstoffer på et globalt marked. Rapporten taler ind i det faktum, at der er lighedstegn mellem energipolitik og udenrigs- og sikkerhedspolitik. Mere havvind er både rigtigt og vigtigt. For den vedvarende energi er grøn, sikker og billig energi. Det har Danmark og vores venner og allierede brug for så meget af som muligt.

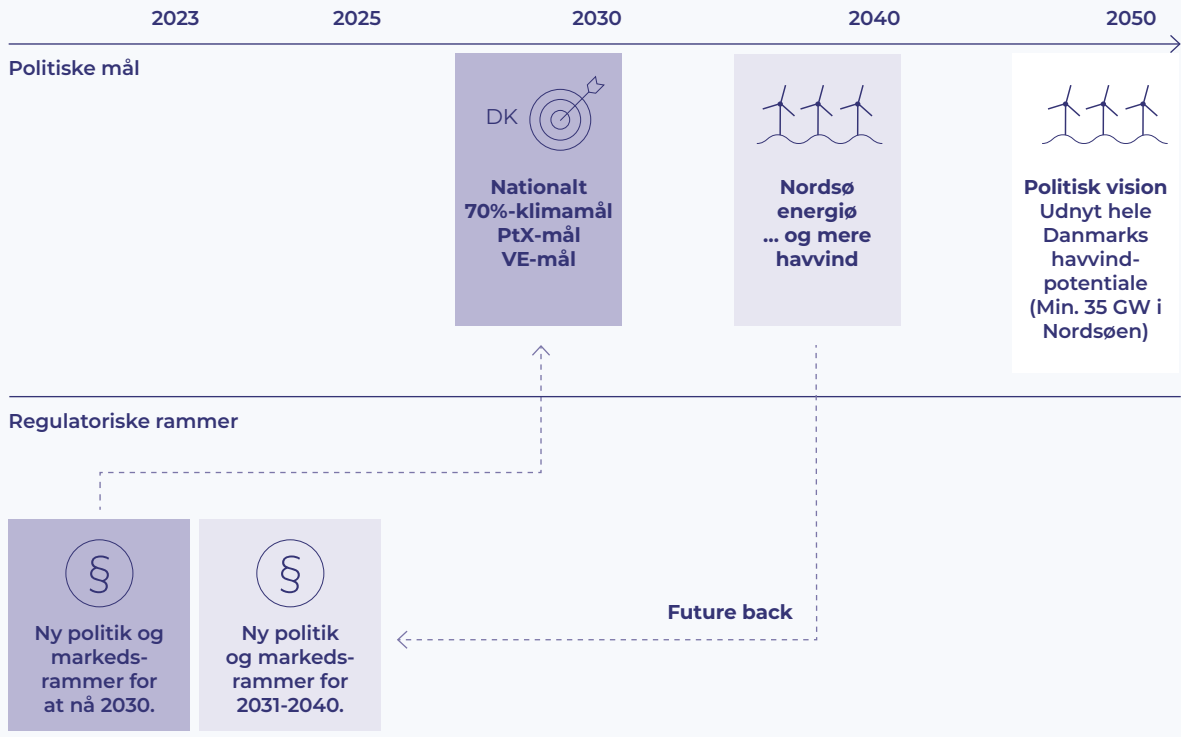
Regionalt skal vi være med til at skabe Europas grønne kraftværk baseret på havvind, hvor vi har høj energisikkerhed. Regeringen lagt grundstenene med Esbjerg-, Marienborg-, og Oostendeerklæringerne, hvor en række europæiske lande er gået sammen med fælles ambitioner for havvind. Her indgår mål om 400 GW havvind i Nordsøen og Østersøen i 2050.

¹ Udpluk af Green Power Danmarks Elprisoutlook 2023", [link](#).

² Klimaaftale om grøn strøm og varme 2022", [link](#)

Figur 1: Rammevilkår samt politiske mål og visioner for havvind

Ny politik og markedsrammer skal bringe havvind videre efter 2030 og hen mod den politiske vision om at udnytte hele Danmarks havvindpotentiale².



For at få det fulde potentiale af havvindressourcen ser Green Power Denmark stort potentiale i at styrke havvindsamarbejdet på tværs af lande og aktører. På sigt kan det ske i en organisation, der samler lande med stor elproduktion fra havvindmøller, som OPEC i dag samler olieproduktioner.

Vinden blæser liv i økonomien

Vindmølleindustrien er en vækstdriver og en stor arbejdsgever i Danmark. En tiltagende udbygning af havvind i Danmark – og vores nabolande – vil derfor kunne mærkes på beskæftigelsen og samfundsøkonomien. Vindmøller og nye PtX teknologier skaber beskæftigelse i en bred værdikæde og i hele landet. Da havvind i fremtiden er meget mere end blot produktion af grønne

elektroner, og teknologier, anvendelser, skala og ikke mindst aftagere vil ændre sig markant, skal vi i Danmark kende vores besøgstid for at komme i front (og blive der) i det nye globale marked for grønne brændsler og produkter baseret på grøn strøm som råstof.

Dette paradigmeskifte kan betyde grobund for nye styrkepositioner og øget samfundsbidrag – hvis vi forstår at udnytte det.

Sammen bygger vi fremtiden for havvind. Så vi kan ankomme i en fremtid i 2040, vi ønsker for os selv og de kommende generationer.

God læselyst!
Kristian Jensen



Samfundsgevinster fra havvind kan vokse i fremtiden, hvis fundamentet er på plads

Den grønne energisektor har stor samfundsøkonomisk værdi i dag og endnu højere fremadrettet

Den grønne energiindustri har stor samfundsøkonomisk betydning og er afgørende for at kunne indfri de politiske ambitioner om markant mere grøn energi, bedre energisikkerhed og -uafhængighed, CO₂-reduktion samt mulighederne for at udnytte Danmarks styrkeposition på det grønne område til at skabe vækst. Øverst til højre vises, hvilke fire overordnede aftryk havvind har på samfundet.

I 2022 var Danmarks eksport af grøn energiteknologi og -service ca. 106 mia. kr.¹, hvoraf vindteknologi og services udgjorde ca. 44 mia. kr., og energisektoren beskæftiger ca. 73.000 årsværk. Fremadrettet vil bl.a. udbygning af havvind og PtX øge den grønne beskæftigelse idet 1 GW (gigawatt) havvindprojekt med tilhørende brintanlæg vurderes² at skabe omkring 3.800 årsværk alene i byggefasen af havvind og brintanlæg. Indfrielse af PtX-strategiens øvre mål om 6 GW elektrolyse i 2030 vurderes³ at skabe over 30.000 nye fuldtidsjobs og kan øge teknologiekporten med over 30 mia. kr. om året samt skabe indtægt fra eksport af brint.

En svær transition til 2030 skal danne fundamentet for fremtidens samfundsgevinster

Danmarks udbygning for havvind og tilhørende PtX anlæg og infrastruktur kan alene frem mod 2030 kræve op mod 300 mia. kroner i investeringer⁴. Det er en hi-

storisk stor mulighed og udfordring. På den korte bane står vindmølleindustrien med udfordringer fra højere råvarepriser, knaphed på fabrikker og arbejdskraft. Samtidig skal der opskaleres med ny teknologi og infrastruktur for at få havvindudbygningen mod 2030 til at blive succesfuld i Danmark. Konkurrencen fra udlandet om at tiltrække investorer og grønne industrier er høj, f.eks. målt på økonomiske midler og rammevilkår i bl.a. USA samt europæiske lande som Tyskland og Frankrig.

Havvind forventes på længere sigt at kunne levere endnu billigere grøn elproduktion. På figur 3 ses dette i form af reducerede levetidsomkostning (LCOE) mod 2030 og 2050. Det skyldes bl.a. forventning om markant øget produktionsvolumen på havvindmøller samt fortsatte storskalaeffekter på mølle- og havvindparker samt ny teknologiiinnovation. Havvind har derfor potentialet til både at blive et konkurrencedygtigt grønt råstof til elektrificering og PtX – både i en europæisk og global sammenhæng.

Med de perspektiver kan Danmark altså veksle store vindressourcer på havet til en række samfundsgevinster, hvilket er illustreret øverst til højre. Jo mere havvind vi kan bygge, jo lavere energipriser får vi til gavn for erhverv, forbrugere og den grønne omstilling. I erkendelsen af de høje energiomkostninger, som har ramt Europa efter krigen i Ukraine, bør det stå klart, at det er bedre at planlægge efter for meget grøn energi end at ende med for lidt og for dyr energi.

¹ Eksport af grøn energiteknologi og -service svarer til omkring 11 procent af Danmarks samlede vareeksport

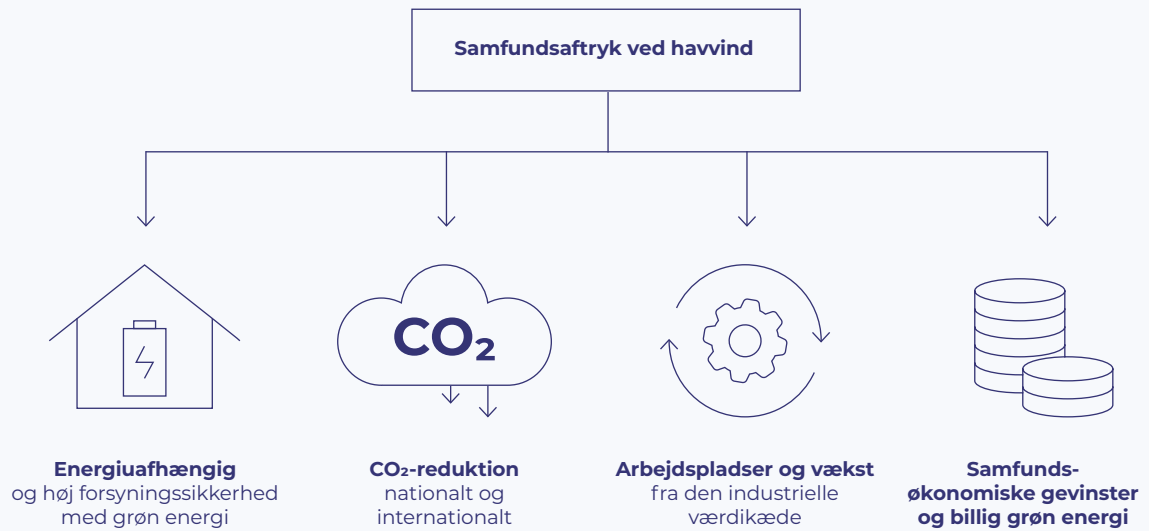
² KPMG (2023), [link](#)

³ Rambøll på vegne af Dansk Energi ("Power-to-X muligheder og erhvervspotentialer", 2021, [link](#))

⁴ Overslag på baggrund af 10 GW havvind samt elektrolyse og el- og brintinfrastruktur

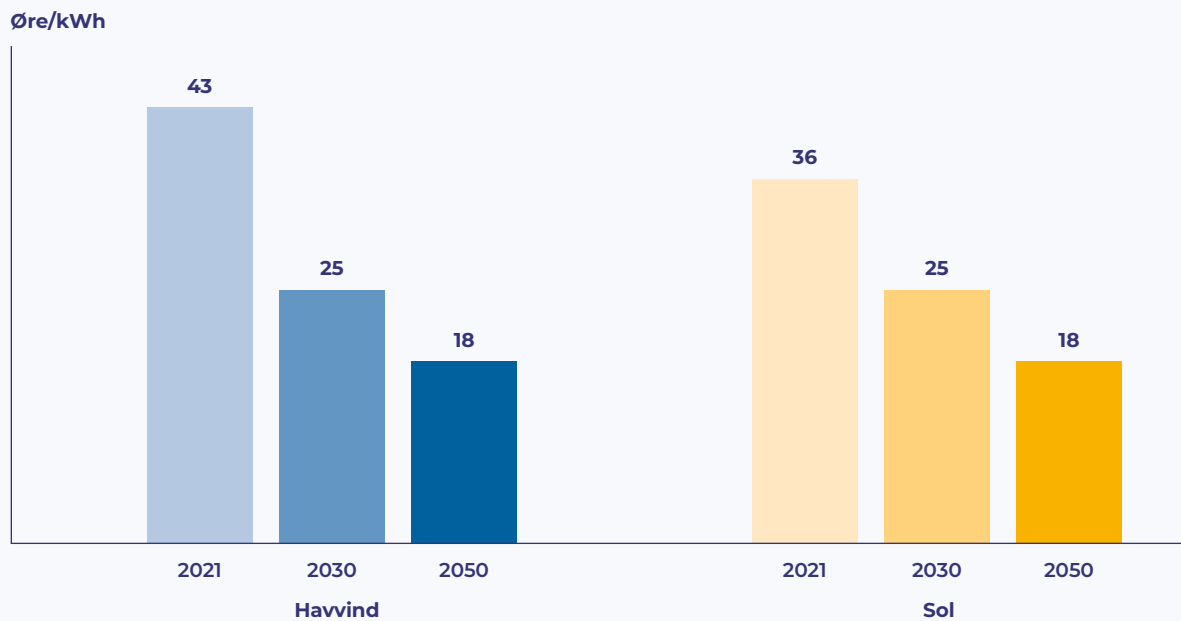
Figur 2: Samfundsaftryk ved havvind

Havvind i Danmark leverer samfundsaftryk i form af energiuafhængighed, CO₂-reduktioner, vækst og samfundsøkonomiske gevinster.

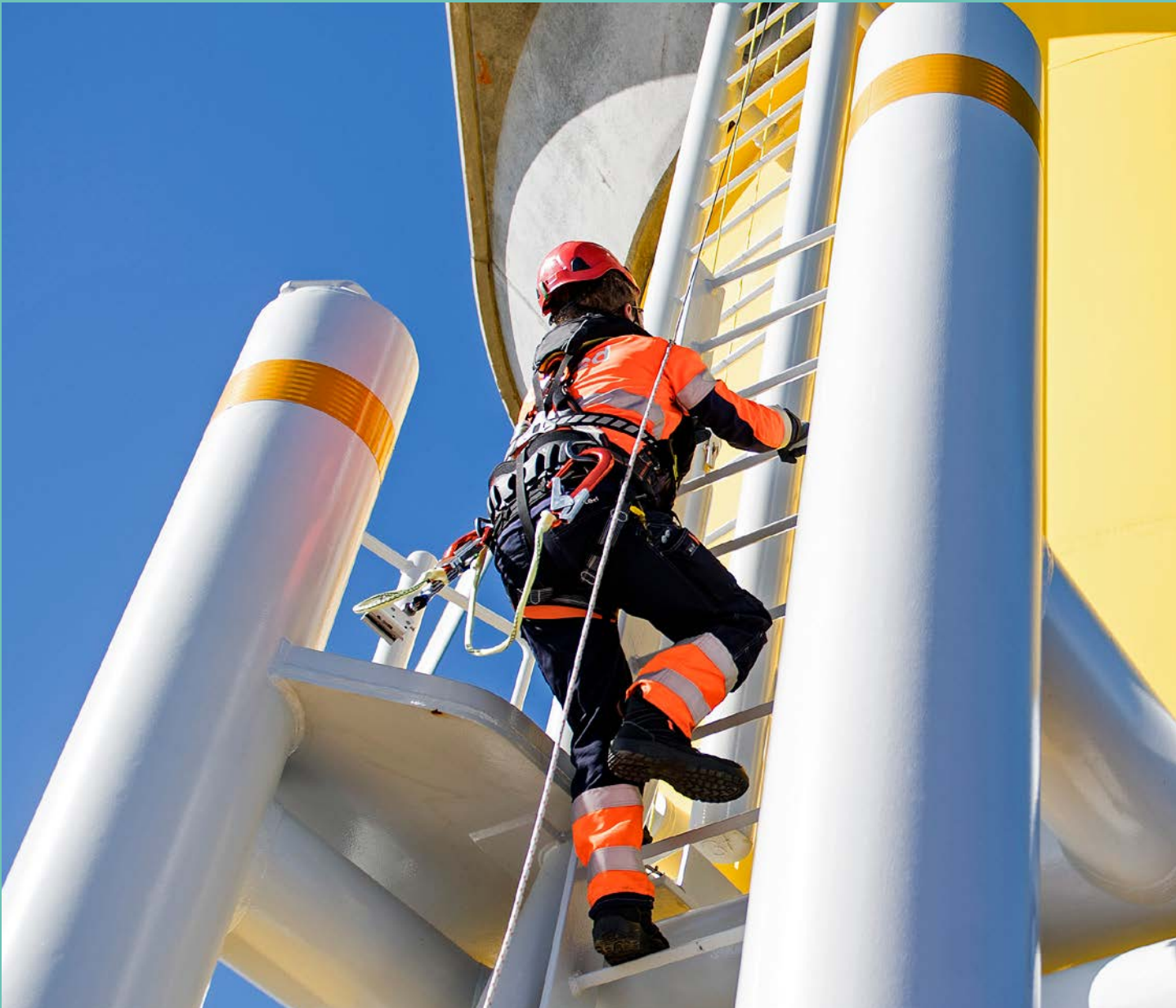


Figur 3

Levetidsomkostninger (LCOE) for havvind i Europa. Net zero emission scenario. Øre/kWh.



Kilde: IRENA, 2022. IEA Net zero emission forecast for udvikling i LCOE for havvind og solceller i Europa.



Executive summary





Paradigmeskift for dansk havvind efter 2030 kalder på højere ambitioner og kendte rammevilkår

Fra nationalt til internationalt paradigme for dansk havvindproduktion

Når kalenderen skriver 2030 forventes det, at den danske produktion af vedvarende energi dækker det danske elforbrug. Det betyder dog ikke, at der ikke er gode grunde til at udbygge yderligere med havvind i Danmark. Øget elforbrug til elektrificering og brint/PtX er vejen til at fortrænge fossile brændstoffer i både Danmark og Europa.

Danmark er en del af en region med potentiale for stor videreudbygning med grøn elproduktion. Yderligere udbygning af dansk havvind har hermed potentiale til at bidrage til internationale CO₂-reduktioner, energiafhængighed samt værdi for det danske samfund.

Potentialer for systemintegration skal indfries, hvis Danmark skal forblive et foregangsland for havvind

Danmark anses i dag som et foregangsland for havvind, hvilket både inspirerer omverdenen og skaber danske erhvervs-mæssige muligheder. Politiske visioner om bl.a. energigør og en langsigtet udnyttelse af hele havvindspotentialet skal omsættes til konkret handling for at Danmark kan forblive et foregangsland for havvind.

Havvindmarkedet forventes globalt at vokse til tæt på 2000 GW i 2050, og i Europa er de politiske visioner visioner på 300-400 GW havvind i 2050. Det betyder, at andre lande i fremtiden får behov for best-practice eksempler og erfaringer for at udbygge havvinden markant.

Her skal Danmark være et udstillingsvindue på havvind, der er etableret i højt tempo, i stor skala, med bæredygtige tiltag og til konkurrencedygtige priser – og

demonstrere de næste generationer af havvind samt effektive integration af havvinden med elsystemet og videreanvendelse af elektronerne.

Paradigmeskiftet skaber en markedsdrevet efterspørgsel post 2030, som kræver kendte rammevilkår

De langsigtede udviklingstendenser for havvind peger på store skift indenfor både den industrielle værdikæde, havvindsproduktionen, energiinfrastrukturen og markedet/anvendelsen af den grønne energi fra havvinden. Disse bevægelser er illustreret nedenfor.

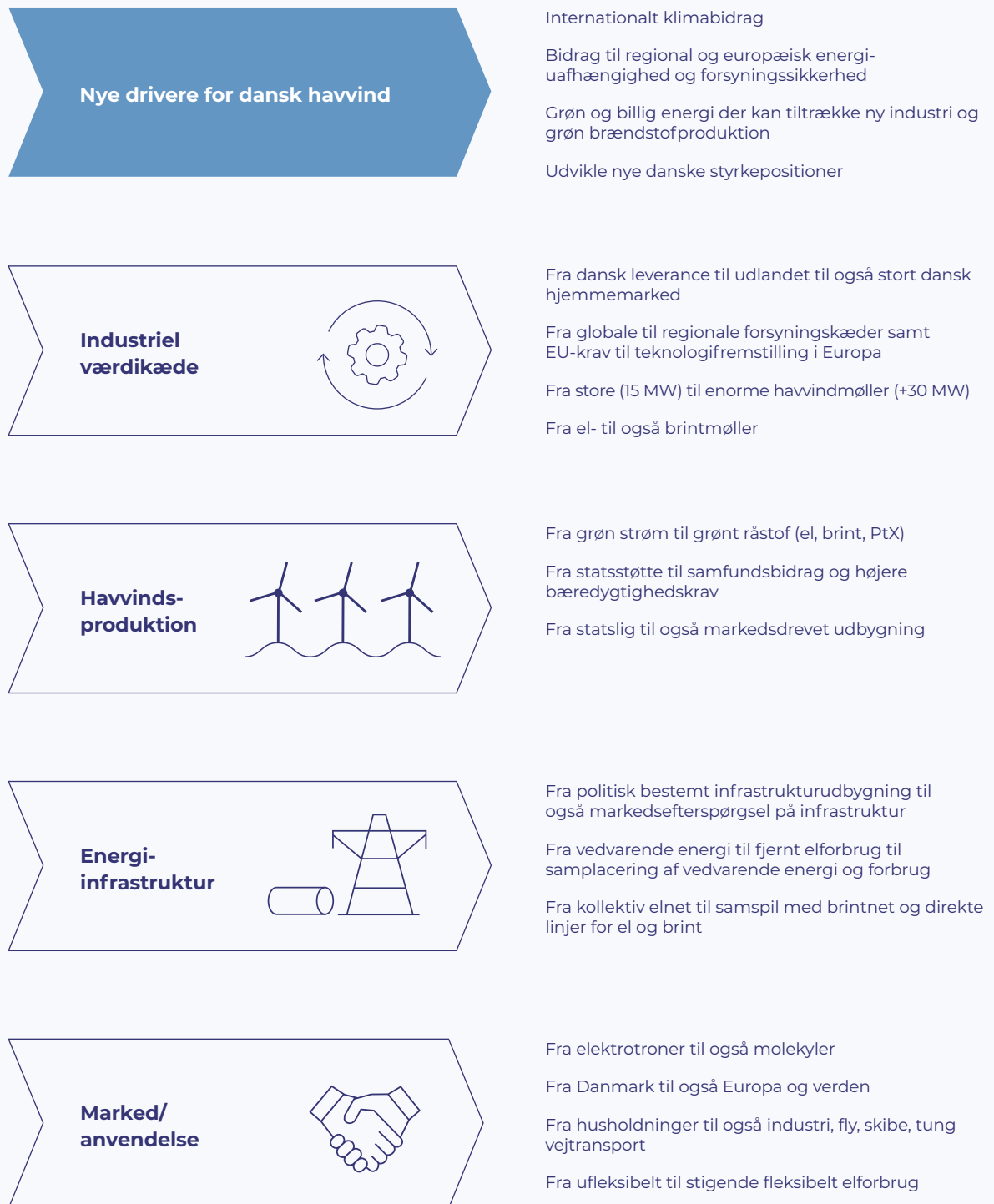
Det skifte, vi står over for, leder også til en erkendelse af, at efter 2030, er det ikke alene statslige udbud og nationale klimamål, der skal drive udbygningen. I stedet bliver det den internationale markedsefterspørgsel, der afgør behovet for udbygning med havvindmøller, energiinfrastruktur og grønne brændsler i Danmark. Dette paradigmeskifte stiller krav til kendte rammevilkår, der planlægges i god tid med henblik på at give udviklere og investorer sikkerhed.

Politikerne skal levere rammevilkår for havvindudbygningen i Danmark, der gør det muligt og attraktivt for branchen at opnå ambitioner og målsætninger om grøn, kvalitetsbevidst energiproduktion på havet.

For at havvind i storskala kan lykkes bliver havvindproduktionen, PtX og el- og brintinfrastruktur til hinandens forudsætninger og er essentielle i forhold til at balancere fremtidens energisystem. Danmark kan derfor under de rigtige forudsætninger levere havvind og systemintegration, der er både omkostningseffektiv, tager hensyn til bæredygtighed og bidrager til samfundet.

Figur 4: Udviklingstendenser og nye drivere skaber paradigmeskift for havvind i Danmark

Mulige udviklinger indenfor industri, produktion, energiinfrastruktur og anvendelse





Hurtig og bæredygtig havvindudbygning til 50 GW i 2040 vil skabe store samfundsgevinster

Green Power Denmark sætter med denne rapport fokus på havvind mod 2040 og de markedsrammer der skal til, for at Danmark kan indfri de store klima- og erhvervsmuligheder, som ligger gemt ude på havet, hvor vinden næsten altid blæser. Danmark står foran en unik mulighed for at accelerere den grønne omstilling, ikke bare hos os selv, men også i Europa via udbygning af havvind i en markant større skala end tidligere. Efter 2030 skal havvind ikke bare levere grøn strøm til Danmark, men også grønt råstof til elektrificering og PtX i Europa.

Markedsinteresse for havvind i 2030 overstiger de langsigtede, politiske 2050-mål for havvind

Danmark har i dag cirka 2,3 GW havvind. Den politiske aftale fra 30. maj 2023 sikrer, at der tilføjes op til 14 GW via statslige udbud¹. De langsigtede, politiske aftaler svarer til ca. 1,5 GW havvind pr. år mellem 2030 og 2040, primært drevet af udbygningen af energiøen i Nordsøen. Det danske bidrag til Esbjerg- og Marienborgdeklarationerne svarer til ca. 45 GW dansk havvind i 2050. Figur 5 viser, at markedsinteressen for havvind i Danmark allerede i 2030 er på dette niveau.

Der har været, og er stadig, en stor interesse for markedsdrevne havvindprojekter. Eksempelvis udgjorde den tidligere åben dør-ordning samlet set over 23 GW havvind, hvilket var et klart signal fra branchen om den store interesse for at bygge støttestreger havvind i Danmark. Der er fortsat et ønske om et markedsdrevet spor, hvor der er mulighed for at øge kapaciteten yderligere via overplantning (vindproduktion ikke indført i elnettet), samt et kommercielt ønske om at udvikle offshore brintproduktion længst ude i den danske del af Nordsøen. Hertil kommer muligheden for overplantning (vindproduktion ikke indført i elnettet), samt der er kommercielt ønske om at udvikle offshore brintproduktion længst ude i den danske del af Nordsøen. Hele denne markedsinteresse kan ikke realiseres inden 2030, men

det viser, at Danmark bør planlægge efter en 'hellere for meget end for lidt'-tankegang for at kunne muliggøre havvindsudbygning, der møder fremtidens efterspørgsel efter både grøn strøm, brint og PtX-brændstoffer i takt med elforbrug og nye erhverv såsom fly, skibe og industri i Europa skal bruge markant mere grøn energi.

Pejlemærke på 50 GW havvind i Danmark i 2040 vil klargøre til stor fremtidig grøn efterspørgsel

Green Power Denmark anbefaler derfor et pejlemærke på 50 GW havvind i 2040, svarende til udbygning med omtrent 3-3,5 GW pr. år over det næste årti.

Green Power Denmark vurderer på længere sigt et teknisk potentiale på over 200 GW havvind i Danmark, såfremt en tredjedel af det danske havareal benyttes til havvind. Ved høj, grøn efterspørgsel i Europa samt fra nye, grønne brændstoffer vurderer Green Power Danmark der kan være behov for op til 75-100 GW havvindudbygning i Danmark i 2050.

Stort dansk internationalt klimabidrag via nettoeksport af el, brint og PtX-brændstoffer

Et pejlemærke på 50 GW havvind i 2040 vil føre til en tyvedobling af den nuværende danske havvindproduktion. Halvdelen af denne energiproduktion skal forventeligt eksporteres til udlandet i form af el eller brint eller bruges til produktion af grønne PtX-brændstoffer til f.eks. skibe og fly. Danmarks globale klimabidrag fra eksport vil hermed skønsomt være ca. 40 mio. tons CO₂-reduktion i år 2040. I perioden efter 2030 kan det globale klimabidrag fra bl.a. havvind hermed overstige den nationale CO₂-reduktion. Udbygning af konkurrence- og bæredygtig havvind efter 2030 bør derfor være en klimamæssig nøgleprioritet for, at Danmark kan levere et vigtigt, globalt klimabidrag, der både kan inspirere og give Danmark grøn vækst og velstand.

¹ 9 GW udbud samt mulighed for overplantning antaget 5 GW overplantning. Overplantning vil afhænge markedsaktørers interesse som kan være både højere og lavere end 5 GW ekstra havvind.

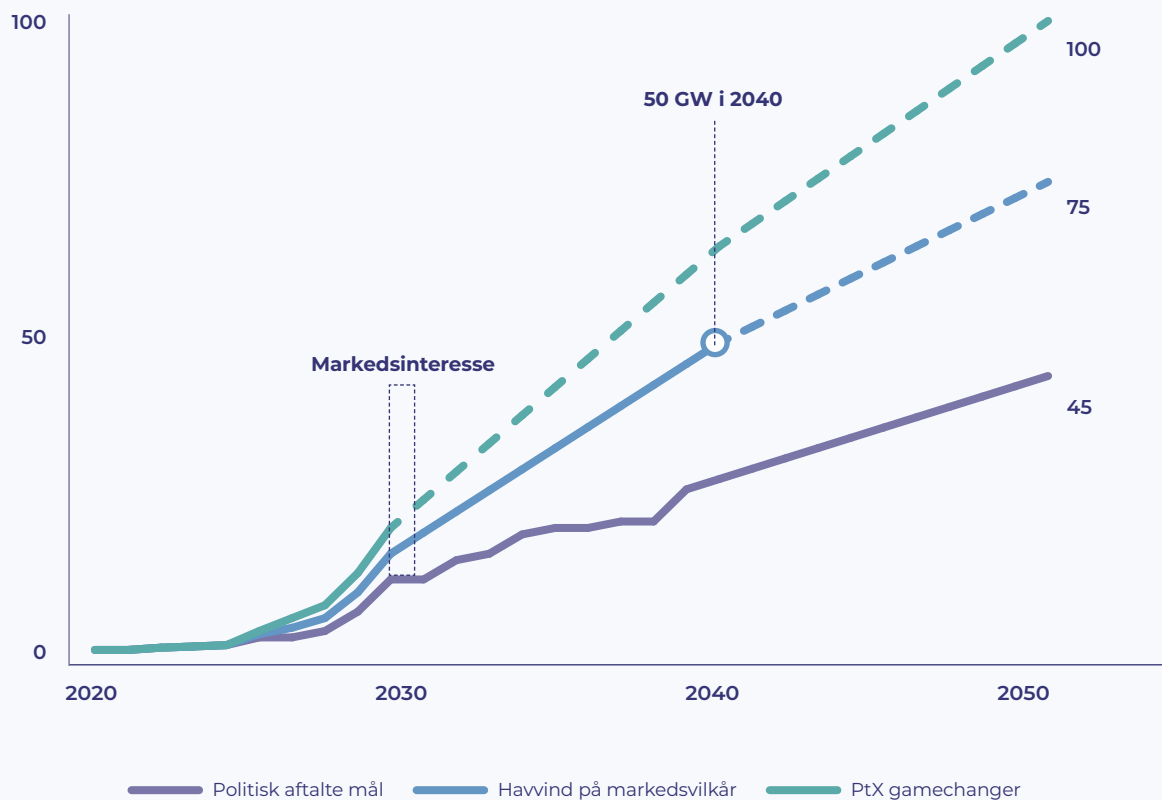
50 GW havvind i 2040 medfører positive samfundsgevinster:

1. 50 GW dansk havvind i 2040 har potentiale til store samfundsgevinster i form af bl.a. nationalt og internationalt klimabidrag, energiuafhængighed, grøn vækst og jobskabelse samt samfundsøkonomiske aftryk.
2. 50 GW dansk havvind i 2040 vil føre til en tyvedobling af den nuværende danske havvindproduktion. Omtrent halvdelen af denne energiproduktion skal forventelig eksporteres til udlandet i form af el eller brint eller bruges til produktion af grønne PtX-brændstoffer til f.eks. skibe og fly.
3. 50 GW dansk havvind i 2040 kan bidrage til, at Danmarks globale klimabidrag overstiger de nationale CO₂-reduktioner efter 2030, hvilket er et direkte resultat af den øgede eksport – en global reduktion på ca. 40 mio. tons CO₂ i 2040.

Figur 5: Scenarier for havvind i Danmark

Udfaldsrum for havvindudbygning i Danmark, hvor strategisk sigte mod 50 GW i 2040 anbefales

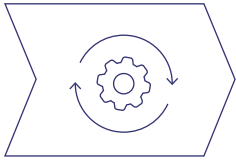
Havvind i Danmark (GW)



Note: "Politiske aftale mål" svarer til Analyseforudsætninger 2022 alternativt forløb med større udnyttelse af Nordsøen.



Skab tempo og eksportsikkerhed via el- og brintinfrastruktur samt konkurrencedygtige industrivilkår

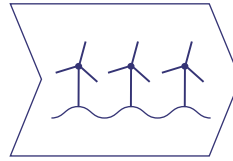


Styrk den industrielle værdikæde

For at sikre den danske vindmølleindustri bliver en del af den store udbygning med vedvarende energi, som vil se i de kommende år, er det vigtigt, at den danske værdikæde understøttes med god rammevilkår, som dels kan være med til at etablere nye produktionsfaciliteter, understøtte de eksisterende og sikre en robust materialesourcing i og uden for Europa.

Uden en stærk logistik-, videns- og fremstillingsindustri i Danmark får samfundet ikke nær så stort bidrag ud af havvindudbygningen. Den seneste Net-Zero Industry Act lægger op til, at Europa skal fremstille mindst 40 procent af en række strategisk vigtige, grønne teknologier, herunder vindmøller, elektrolyse og nye elnetsteknologier.

Det vil kræve en stor indsats fra medlemslandene, der selv skal styrke de industrielle værdikæder. For at undgå flaskehalse i den industrielle værdikæde og bidrage til EUs målsætninger, foreslår Green Power Denmark øget investeringsfradrag til grønne produktionsfaciliteter, der af EU er karakteriseret som "Strategic Net-Zero Industries", bl.a. vind og elektrolyseteknologi.

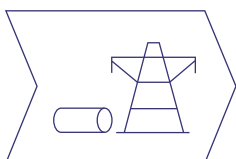


Skab en markedsdrevet udvikling og bedre arealadgang for havvindudbygning

Der er i fremtiden fortsat behov for to spor: Et statsstyret og et markedsdrevet. Et stærkt markedsdrevet spor kan accelerere udbygningen, men det kræver, at staten giver mulighed for at markedet også selv kan udpege og udvikle arealer til etablering af havvindmølleparker.

En markedsdrevet udbygning er afgørende for at skabe større forretningsmæssig innovation og fleksibilitet for udviklerne i planlægnings- og anlægsfasen, samt sikre at udbygning tilpasses efterspørgsel på el og brint/PtX. Øgningen af havareal reserveret til VE-produktion fra 15 til 30 procent i den opdaterede havplan er et fornuftigt første skridt, der giver vished til branchen. Dog er der fortsat behov for at sætte havvinden fri i et markedsdrevet spor i tillæg til det statslige udbygningsspor.

Selvom Danmark i øjeblikket er en havvindsnation, er investeringer i havvind i hård international konkurrence. Derfor er det vigtigt at fremtidige konkurrencevilkår designes med tanke på, at jo mere staten skal tjene på havvind, jo dyrere bliver slutprodukter og jo lavere bliver dansk havvinds konkurrenceevne relativt til andre lande.

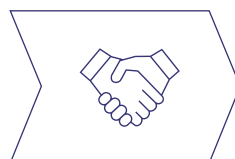


Planlæg og anlæg ny, kollektiv el- og brintinfrastruktur nu og opjustér løbende efter behov.

Samarbejdsaftalen mellem Danmark og Tyskland om etablering af brintinfrastruktur fra Jylland til Tyskland i 2028 gør det er afgørende at beslutte finansiering for første etape af den danske brintinfrastruktur hurtigst mulig i 2023. Dette vil muliggøre brinteksport til det forventede store, tyske brintmarked og være afgørende for havvindudvikling i Danmark mod 2030.

En fremtidssikret havvindsudbygning efter 2030 kræver, at el- og brintinfrastruktur i Østersøen og Nordsøen planlægges snarest muligt i samarbejde med lande i regionen. Her er der forventeligt behov for stor politisk opbakning for at TSO-samarbejder kan blive omsat til handling.

Kommercielle aktører behov for at kende de nye, kollektive energiknudepunkter for at kunne planlægge markedsdrevet havvindudbygning og evt. direkte linjer på el og brint. Det anbefales at udarbejde planer for havarealer og energiinfrastruktur, som kan realisere mindst 50 GW dansk havvind i 2040 og være skalerbare til 75-100 GW i danske farvande i 2050.



Beslut mål for globalt klimabidrag i 2030

Dansk havvind kan levere meget mere grøn strøm end der efterspørges i forhold til nationale klimamål. Globale klimamål i 2030 skal bl.a. sikre produktion af grønne brændstoffer, som endnu ikke er konkurrencedygtige, og hvor der ikke er velfungerende markeder og infrastruktur.

Konkret foreslår Green Power Denmark mål i 2030 for eksport af 10 TWh el og 15 TWh brint, samt grøn brændstofproduktion til internationale fly og skibe svarende til 35 procent af den nuværende optankning i Danmark. Disse anvendelser vil forventelig være afgørende for efterspørgslen efter dansk havvind frem mod 2040 og årene derefter.

Målene kan hermed skabe øget sikkerhed for investorer i vedvarende energi og PtX og for aftagere, der er afhængige af tilgængelige grønne brændstoffer for at kunne omstille.



Lav strategiske rammevilkår for havvindproduktion mod 2040

1. **Styrk den industrielle værdikæde i Danmark** med et øget investeringsfradrag målrettet anlæg og udbygning af grønne produktionsfaciliteter.
2. **Skab et politisk mulighedsrum** for en kombination af både statslig- og markedsdrevet udbygning af havvind.
3. **Design rimelige konkurrencevilkår** for de investorer, der vil bygge havvind i Danmark. Det er afgørende for tempo og mulighed for at konkurrere på et internationalt marked.
4. **Planlæg og anlæg ny, kollektiv energiinfrastruktur til el og brint.** Omstillingen kan kun accelerere ved hurtige, politiske beslutninger, der kan understøtte dansk havvindudbygning og leve op til efterspørgslen fra europæiske aftagere.
5. **Sæt bindende mål for globalt klimabidrag** i 2030 for produktion af grønne brændstoffer til internationale fly og skibe samt eksport af el, brint og teknologi. Udvikling af brint og grønne brændstoffer kræver bedre økonomiske rammevilkår i Danmark.

Figur 6: To spor for udbygning af havvind i Danmark

To spor med henholdsvis statslig- og markedsdrevet udbygning af havvind er nødvendigt for at sikre en udbygning som i højere grad er tilpasset efterspørgslen.







Kapitel 1

Styrket værdikæde, international efterspørgsel og infrastruktur bliver afgørende for dansk havvind efter 2030





Den årlige vindudbygning i Europa skal fordobles mod 2030, men Europas industrielle værdikæde er presset

Fra danske pionerer til globalt marked for havvind teknologi

Den danske vindindustri har revolutioneret hele verdens måde at tænke energi på og samtidig været med til at reducere omkostningerne på vindenergi, hvilket har gjort teknologien konkurrencedygtig og øget den globale efterspørgsel.

Det globale marked for vindmøller er fordoblet siden 2015, og fremskrivninger viser, at det globale havvindsmarked kan stige til mod 2000 GW i 2050¹.

Teknologisk udvikling og omkostningsreduktioner har bidraget til, at EU har sat ambitiøse udbygningsmål for havvind i 2030 og 2050. Figur 7 illustrerer den årlige vindudbygning mellem 2014-2021 og udbygningsbehovet for både land- og havvindmøller frem mod 2030 i Europa, hvis de europæiske landes politiske hensigter skal imødekommes.

I perioden 2020-2030 viser fremskrivningen, at den årlige udbygning af vindenergi skal fordobles fra 14 GW til 29 GW hvert år i indeværende årti sammenlignet med den gennemsnitlige udbygning i periode 2014-2021².

Udbygningsniveauet har været 14 GW om året mellem 2014-2021. Hvert år udbygningen udskydes bliver det sværere for industrien at levere rettidigt og omkostningseffektivt.

Den industrielle værdikæde i Danmark og Europa er presset

Men i dag er den industrielle værdikæde i Danmark og Europa presset. På trods af et stigende salg af vindmøller globalt, har vestlige vindmølleproducenter oplevet faldende og negativ indtjening, mens kinesiske vindmølleproducenter har stigende indtjening.

Grundet fokus udelukkende på priskonkurrence og stigende omkostninger til materialer og logistik har vestlige vindmølleproducenter haft faldende indtjening på driften på trods af en global stigning i markedets størrelse. Vestlige mølleproducenter havde et negativ driftsresultat på 40 mia. kr., og en overskudsgrad svarende til -15 pct. i 2022³. Deres overskudsgrad har været negativ siden 2020, og dermed har de samlede omkostninger i driften overgået salget af vindmøller.

Tendensen omfatter ikke kun vindmølleproducenterne, men skaber ringe i vandet, og rammer hele værdikæden. Dermed kan det blive en udfordring for den danske og europæiske vindindustri at geare deres virksomheder til at levere på de ambitiøse udbygningsmålsætninger.

Global konkurrence øger presset og understreger vigtigheden af adgang til materialer

Kinesiske producenter har i høj grad været skærmet mod stigende omkostninger grundet Kinas lokale

¹ Energy Transition Outlook 2022, DNV

² World Energy Outlook 2021, Announced Pledges Scenario, Det Internationale Energiagentur (IEA)

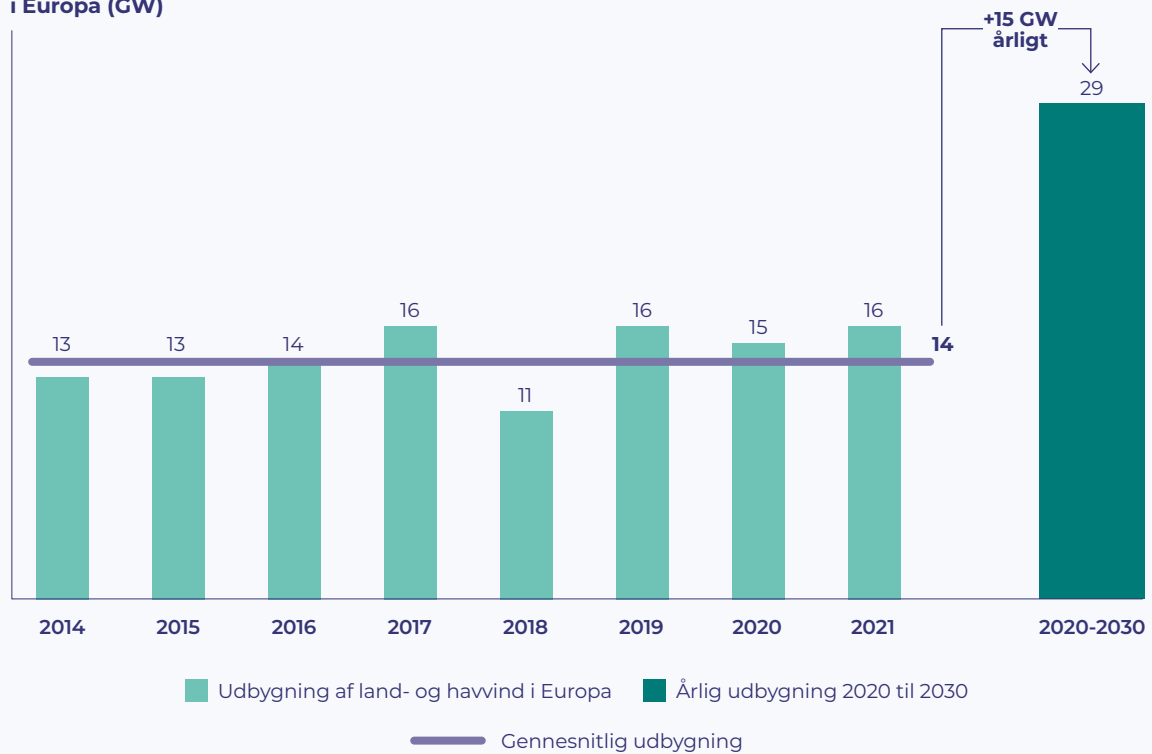
³ Global wind Turbine Order Analysis, Wood Mackenzie, Q1-2023

⁴ "Strategic net-zero technologies" er snart kommercielt modne til at klare sig på markedsvilkår og har betydeligt potentiale for hurtig opskalering og bidrag til EU's dekarboniseringsmål.

Figur 7

Historisk årlig udbygning af vindmøller i Europa og årlig udbygningstempo hvis europæiske politiske hensigtserklæringer i 2030 skal imødekommes.

Vindmøller installeret i Europa (GW)



Note: Den realiserede udbygning i Europa stammer fra WindEurope, og den forventede årlige udbygning for at opnå de politiske hensigtserklæringer i 2030 er baseret på IEA's Announced Pledges Scenario. I figuren fokuseres alene på vindmøller, mens der samtidig også forventes en stor udbygning af solceller både i Danmark og Europa.

Kilde: IEA World Energy Outlook 2021

værdikæder og et stærkt hjemmemarked. Det preser den danske og vestlige konkurrencedygtighed og kan øge den i forvejen store afhængighed af import af vindteknologi og materialer fra Kina. I 2021 og 2022 er priserne på råmaterialer, fragt og energi steget globalt set. F.eks. er kobber- og stålpriser steget med hhv. 60 procent og 50 procent fra 2020 til 2021. Derfor har EU-Kommissionen særligt fokus på, at sikre europæisk konkurrenceevne og forsyningssikkerhed i den grønne omstilling. For at sikre, at den europæiske industri er

gearet til den grønne omstilling har Kommissionen med Net Zero Industry Act lagt op til, at Europa skal fremstille mindst 40 procent af en række strategisk vigtige, grønne teknologier⁴.

Det omfatter massive, private og offentlige investeringer, hvis Danmark og Europa skal levere på udbygningsmålsætningerne samtidig med at bygge en bæredygtig og robust europæisk værdikæde med adgang til materialer regionalt.



Politiske hensigts- erklæringer på op til 300 GW havvind i Europa skal omsættes til handling

Det politiske ambitionsniveau er højt, og potentialet er endnu større

I løbet af de to seneste år er der blevet indgået en række erklæringer på tværs af europæiske regeringer, som sætter høje ambitioner for udbygning af havvind i Nord- og Østersøen.

I foråret 2023 underskrev ni energiministre fra europæiske lande den såkaldte Oostende-erklæring. Frankrig, Luxembourg, Norge, Storbritannien og Irland tilsluttede sig Esbjerg-erklæringen, som blev underskrevet af Danmark, Tyskland, Belgien og Holland i forbindelse med North Sea Summit tilbage i 2022. Hensigten med deklARATIONEN er at omdanne de nordeuropæiske farvande til et grønt kraftcenter for hele Europa. Ambitionsniveauet for udbygning af havvind er at etablere over 110 GW i 2030 og tæt på 300 GW i 2050^{1,2}.

I forbindelse med Baltic Sea Energy Security Summit underskrev Danmark, Sverige, Tyskland, Finland, Polen, Letland, Litauen og Estland Marienborg-erklæringen. Aftaleparterne har i deklARATIONEN underskrevet en ambition om at etablere 20 GW havvind i Østersøen senest i 2030, og anerkender at Østersøen har et potentiale på op mod 93 GW havvind³.

I dag leverer 30 GW havvind grøn strøm til Europa. Det har taget lidt over 30 år at realisere. De nuværende

politiske ambitioner sigter efter at fordoble havvindskapaciteten allerede i 2030, mens der i løbet af 2022 ikke blev taget investeringsbeslutning om ét eneste havvindprojekt i hele Europa. Europæiske energiministre vil opnå ca. 270 GW i 2050.

Nordeuropæiske farvande kan levere størstedelen af EU's behov for havvind i 2050

I Nord- og Østersøen er forholdene for at etablere havvind særlig gode. Der er få steder i verden hvor man har så gode vindforhold kombineret relativt lave havdybder, eksisterende havneinfrastruktur og adgang til flere centrale elforbrugsområder. Med de politiske hensigts-erklæringer vil fremtidens havvindmølleparker til el-og brintproduktion i Nordsøen kunne levere størstedelen af EU-landenes og resten af Europas forventede behov.

Nord- og Østersøen kan blive Europas fremtidige grønne kraftværk, når Europa skal elektrificeres og udfase de fossile brændsler. Udover at bidrage til grøn energiproduktion vil de europæiske farvande forblive et hotspot indenfor havvindteknologi og -løsninger med betydelige afledte samfundsgevinster. Den danske værdikæde har kompetencerne til at blive en ledende aktør. Det gælder ikke kun i forbindelse med danske projekter, men ligeledes den forventede europæiske og globale marked.

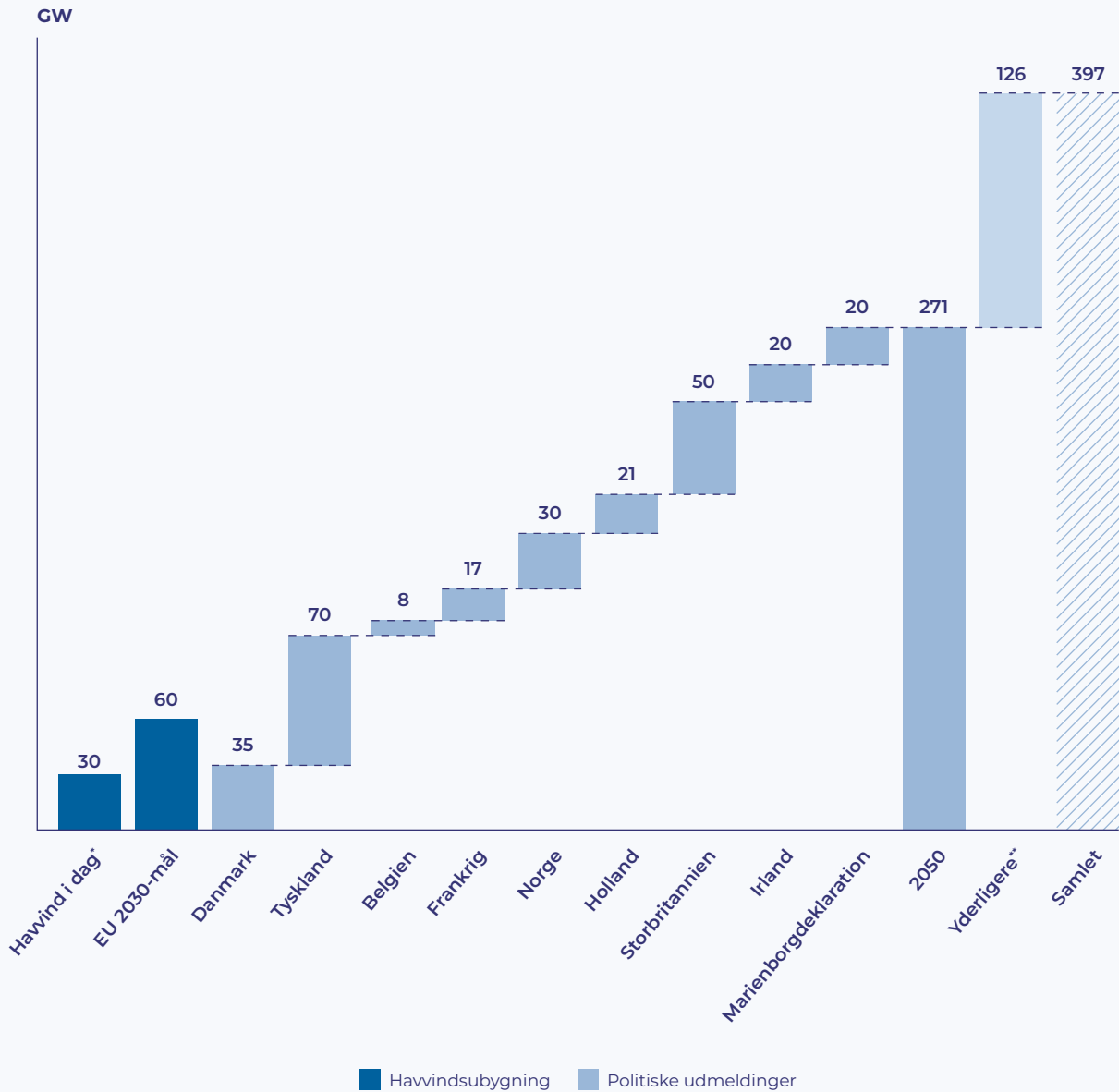
¹ "Ostend Declaration on the North Seas as Europe's Green Power Plant", 2023

² "The Esbjerg Declaration on the North Seas as Europe's Green Power Plant", 2022

³ "The Marienborg Declaration", The Baltic Sea Energy Security Summit, 2022

Figur 8

Installeret havvind i dag samt ambitioner i Oostende- og Marienborgdeklarationen [GW].



Note: *) "Havvind i dag" omfatter hele Europa og ikke kun EU-27 medlemmernes havvindkapacitet. Tæt på halvdelen af den europæiske havvindkapacitet er installeret i Storbritannien. ****) "Yderligere"** dækker over at Holland undersøger hvorvidt 70 GW havvind i 2050 er plausibelt samt Marienborgdeklarationen anerkender Østersøen har et potentiale på op mod 93 GW.

Kilde: Wind Europe, Oostende- og Marienborg-erklæringen



Udbygning af energiinfrastruktur til el og brint binder et grønt Europa sammen

Infrastruktur understøtter Europas grønne omstilling

Energiinfrastruktur forbinder forbrug og produktion – især når energisystemer er baseret på varierende og decentral produktion. Det omfatter både infrastruktur nationalt, men lige så vigtig mellem landegrænser.

En veludviklet energiinfrastruktur på land og havet spiller en afgørende rolle, når det kommer til at udnytte det fulde potentiale for vedvarende energi, brint og sektorkobling i forbindelse med den grønne omstilling. Det bliver afgørende at sikre afsætningsmuligheder for at udnytte energien fra havet og på land. Det omfatter både transport af elektroner og molekyler.

Innovative og ambitiøse infrastrukturprojekter kan øge samhandel og udnyttelsen af vedvarende energi

Store, langsigtede investeringer i infrastrukturen er væsentligt for at realisere en effektiv og omkostningseffektiv udnyttelse af de danske havvindarealer. EU har i forbindelse med *Connecting Europe Facility Energy* afsat 43 mia. kr. til medfinansiering af projekter af fælles interesse (PCI) mellem 2021-2028. Midlerne skal hjælpe med at skabe et sammenkøbt, smart og digitaliseret europæisk energisystem.

Et eksempel kunne være den danske energiø i Nordsøen som skal ses som et kombineret infrastruktur- og

havindsprojekt med henblik på omkostningseffektiv energiudnyttelsen i Nordsøen. Energiøen er et ambitiøst og innovativt projekt som på sigt kan blive en del af en større sammenkøbt infrastruktur i Nordsøen.

Med et sammenkøbt energisystem i Nordsøen åbnes der op for et større markedspotentialer, hvor elektricitet og brint kan handles og udveksles mellem landene, og skaber et integreret energimarked.

Det vil skabe et mere robust og pålideligt energisystem samt øge udnyttelsen af dansk havvind. Figuren til højre afspejler et avanceret og sammenkøbt energisystem i Nordsøen samt en vision for den væsentlige brintinfrastruktur i Tyskland, som især er relevant for Danmark mhp. eksport af brint.

Energien fra havet skal levere grøn energi til husholdninger og industri i Danmark og Europa

Storskala havindsudbygning skal levere grøn elektricitet til husholdninger og industri i hele Europa. Derfor er prioritering af infrastrukturinvesteringer på land vigtigt, idet udbygningen muliggør og øger tilslutningsmuligheder af havvindparker til det eksisterende elnet. Samtidig skal der etableres et brintnet.

I marts 2023 indgik Danmark og Tyskland en samarbejdsaftale, som har til formål at understøtte en markedsdrevet udrulning af en landbaseret brintin-

¹ KEFM, 2023

Figur 9: Simplificeret vision for udbygning af energiinfrastruktur



Note: Illustrationen afspejler ikke konkrete aftaler, men skal nærmere ses som en overordnet vision for den kommende udbygning på land og i Nord- og Østersøen.
Kilde: North Sea Wind Power Hub, European Hydrogen Back bone (2022).

infrastruktur og -integration mellem Vestdanmark og Nordtyskland allerede fra 2028¹. Derudover arbejdes der også på planer om brintrør fra Bornholm til Tyskland i Lubmin, hvor Nord Stream 2-gasrørene kunne komme i spil. Østersøen med brintinfrastruktur i bl.a. Tyskland.

Danmarks nabolande er allerede i fuld gang med at planlægge den omfattende brintinfrastruktur. Tyskland forventer f.eks. allerede at have de første brintrør klar i [2026], og ifølge den nationale brintstrategi vil tyskerne efterspørge ca. 95-125 TWh brint i 2030. Brintforbruget skal i størst mulig omfang dækkes af grøn brint, og størstedelen vurderes at skulle importeres.



Accelereret grøn omstilling i Europa medfører markant stigende elforbrug

Fossil uafhængighed kræver massiv udbygning med ny, grøn el og brint i Europa

EU's ambitiøse mål om at være klimaneutral i 2050 forudsætter, at der over de næste årtier skal udfases enorme mængder fossil energi til fordel grønne alternativer.

Den fossile uafhængighed og accelererede elektrificering medfører en markant stigning i ambitionsniveauet og efterspørgslen efter elektricitet samt grøn brint. Det øger dermed behovet for investeringer i VE-udbygning og tilhørende infrastruktur.

Helt konkret skal forbruget af fossil energi udfases over de næste 30 år¹. Samtidig er behovet for en hurtig omstilling blevet accelereret markant efter Ruslands invasion af Ukraine, som har resulteret i, at Europa af sikkerhedspolitiske hensyn vil gøre sig uafhængige af russisk gas.

Grøn strøm er fremtidens energi

Fremskrivninger viser, at den europæiske vej til klimaneutralitet vil drives af direkte eller indirekte elektrificering. Elektrificering, grøn brint og PtX er de centrale veje til at fortrænge fossil energi i alle dele af samfundet. Både indenfor husholdninger, erhverv, industri, landtransport, fly og skibe samt til balancering af el-systemet.

På den baggrund forventer man, at det samlede elforbrug i Europa mere end fordobles frem mod 2050. Heraf forventes op mod ca. 35 procent af det samlede elforbrug at gå til grøn brint, hvis brinten skal være produceret via vedvarende energi og PtX. Efterfølgende kan brinten anvendes til f.eks. e-fuels og i fremstillingsindustrien, og omstille de sektorer som ikke direkte kan elektrificeres.

Strøm fra vedvarende energikilder herunder havvindmøller vil være afgørende for elektrificeringen af samfundet og for at opnå klimaneutralitet i 2050. Den grønne strøm vil ikke udelukkende komme fra havvind, men også komme fra en stor udbygning af landbaserede anlæg bl.a. solceller og landvindmøller.

100 GW havvind i 2030 alene til brintproduktion

EU har ambitionen om at producere 10 mio. tons grønt brint i 2030². Det svarer til, at der skal etableres ca. 100 GW havvind, hvis strømmen til EU's egen brintproduktion alene produceres via grøn strøm fra havvindmøller.

Til sammenligning er der i dag etableret ca. 30 GW havvind i hele Europa³. Yderligere vurderer EU at have et lige så stort behov for import af grøn brint. Det vidner om et endnu større potentiale end de 100 GW, og skulle det vise sig muligt at producere inden for EU fx i Nordsøen kan vi minimere importen og dermed afhængigheden.

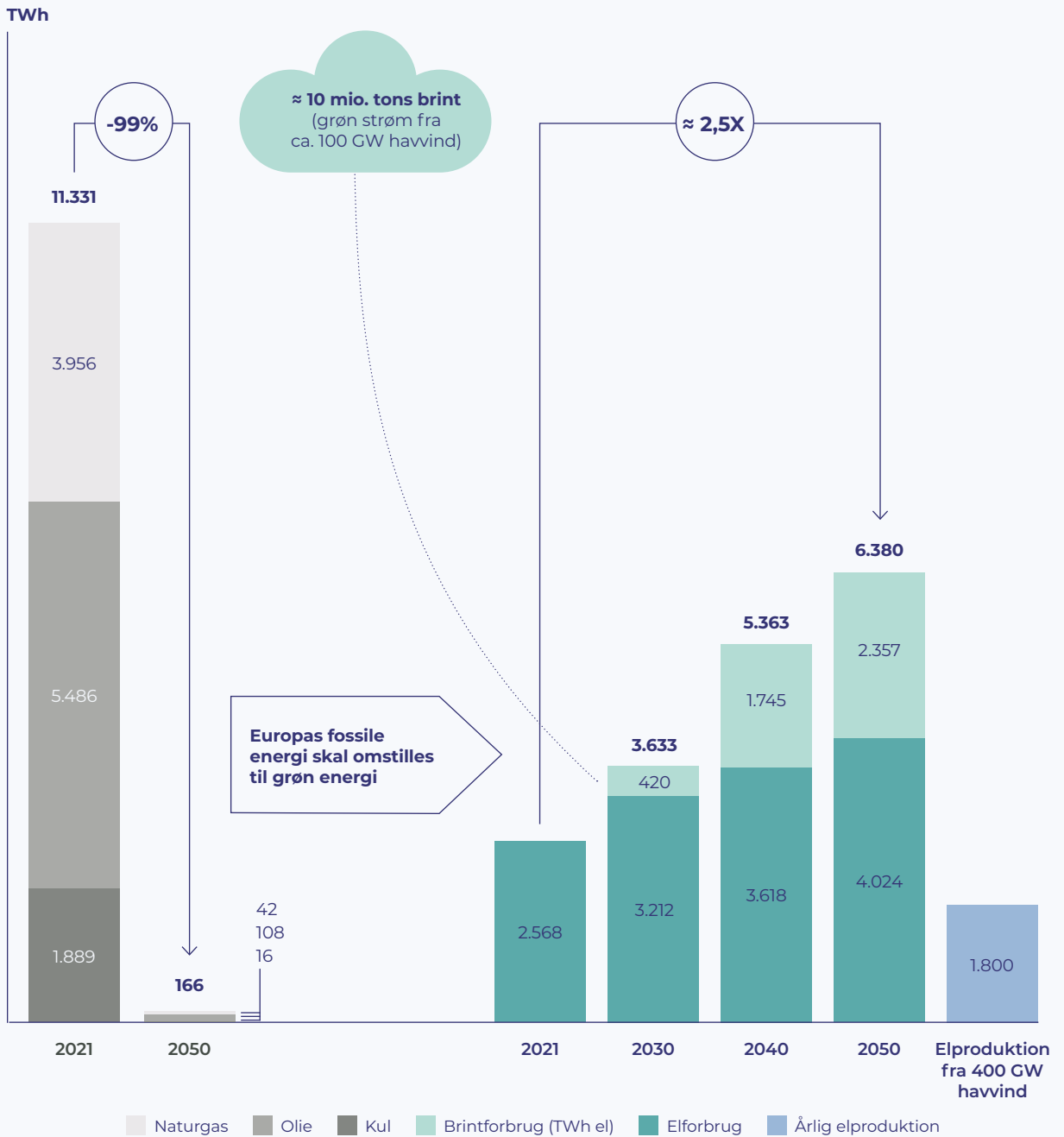
¹ TYNDP 2022 Scenario Report, ENTSOE (2022)

² REPowerEU, EU-Kommissionen

³ Annual Offshore Wind Energy 2022 Statistics, Wind Europe

Figur 10

Elektrificering og udfasning af fossil energi resulterer i stigende direkte og indirekte elforbrug frem mod 2050.



Note: Fremskrivningen afspejler en udviklingssti mod et klimaneutralt EU-27 i 2050 og baserer sig på ENTSOE's Distributed Energy-scenarie. Scenariet drives af en vilje i samfundet til at opnå en energiautonomi baseret på regionale vedvarende energikilder og markant reduktion af energiimporten. Det er antaget, at brintforbruget i fremskrivningen er produceret på grøn strøm via elektrolyse (PtX). I 2030 svarer elforbruget til elektrolyse til omtrent 10 mio. tons brint og i 2050 til omtrent 50 mio. tons brint.

Kilde: Eurostat, ENTSOE og egne beregninger.



Brint og PtX brændstoffer kan blive en gamechanger for udbygning af vedvarende energi

Globalt efterspørgsel på brint og PtX-brændstoffer forventes at stige markant

På figuren ses to estimater fra IEA for udvikling i den globale efterspørgsel på brint og brinholdige brændstoffer. Figuren viser at det globale brintforbrug forventes at blive ca. 4-7 gange højere i 2050 svarende til ca. 270-530 mio. tons brint, hvilket vil kræve investering i ca. 2000-4000 GW elektrolyse¹.

Til sammenligning er EU's RePowerEU ambition 10 Mt brintproduktion i Europa i 2030, og i fremskrivning på forrige side forventes omkring 50 mio. tons i 2050. Danmarks PtX-strategi 2030-mål svarer til ca. 0,5 mio. tons grøn brint. Der er generelt stort fokus på at erstatte fossilt-produceret brint særligt i industrien med brint der har intet eller markant lavere CO₂-aftryk. Figuren viser, at også en række nye anvendelser af brint og PtX-brændstoffer forventes.

Grønne brændstoffer til fly og skibe er på tærsklen til et gennembrud

PtX kan spille en særlig rolle indenfor bl.a. omstilling af skibs- og luftfart og dele af kemisk industri, hvor det primært er nye, grønne brændstoffer, som er løsningen på omstillingen. Udfordringen for PtX-brændstoffer til skibe og fly er bl.a. et stort prisspænd i forhold til fossile alternativer samt manglende VE-udbygning til at øge brændstofproduktionen.

Luftfarten kan, hvis økonomiske rammevilkår er på plads, erstatte fossil jetfuel én-til-én med biofuels eller e-jetfuel. På længere sigt spås el og brint også at få en

rolle som grønne løsninger.² EU har vedtaget ReFuel Aviation, der sætter mål for grønne SAF-brændstoffer (sustainable aviation fuels) til luftfart i Europa fra 2025 til 2050, hvor der minimum skal være 70 procent SAF og minimum 35 procent PtX-brændstoffer i Europa.

Indenfor skibsfart forventes forskellige kombinationer af PtX-brændstoffer (metanol, ammoniak, brint) at blive udbredte løsninger, og adskillige kommercielle skibe, der kan sejle på grønne brændstoffer, er allerede i drift³. Skibsfartens internationale organisation IMO står overfor at fastlægge CO₂-mål for skibsfarten i 2050, hvor et højt mål vil øge den globale efterspørgsel på PtX-brændstoffer markant.

20 procent af global brintforbrug går til PtX-brændstoffer

Ca. 20 procent (55-100 mio. tons brint) af det globale brintforbrug forventes i 2050 ifølge IEA at være PtX-brændstoffer (ammoniak og syntetiske brændstoffer såsom metanol, e-jetfuel, e-diesel mv) til bl.a. fly, skibe og kemisk industri. Disse PtX-brændstoffer kan relativt billigt sejles over lange afstande, og derfor kan produktionen overstige forbruget i regioner af verden med gode forudsætninger for produktion.

Europa kan som helhed ende som nettoimportør af PtX-brændstoffer, men Danmark har stort potentiale til at blive nettoeksportør af PtX-brændstoffer i en fremtid med billigere havvindteknologi og veludbygget energiinfrastruktur.

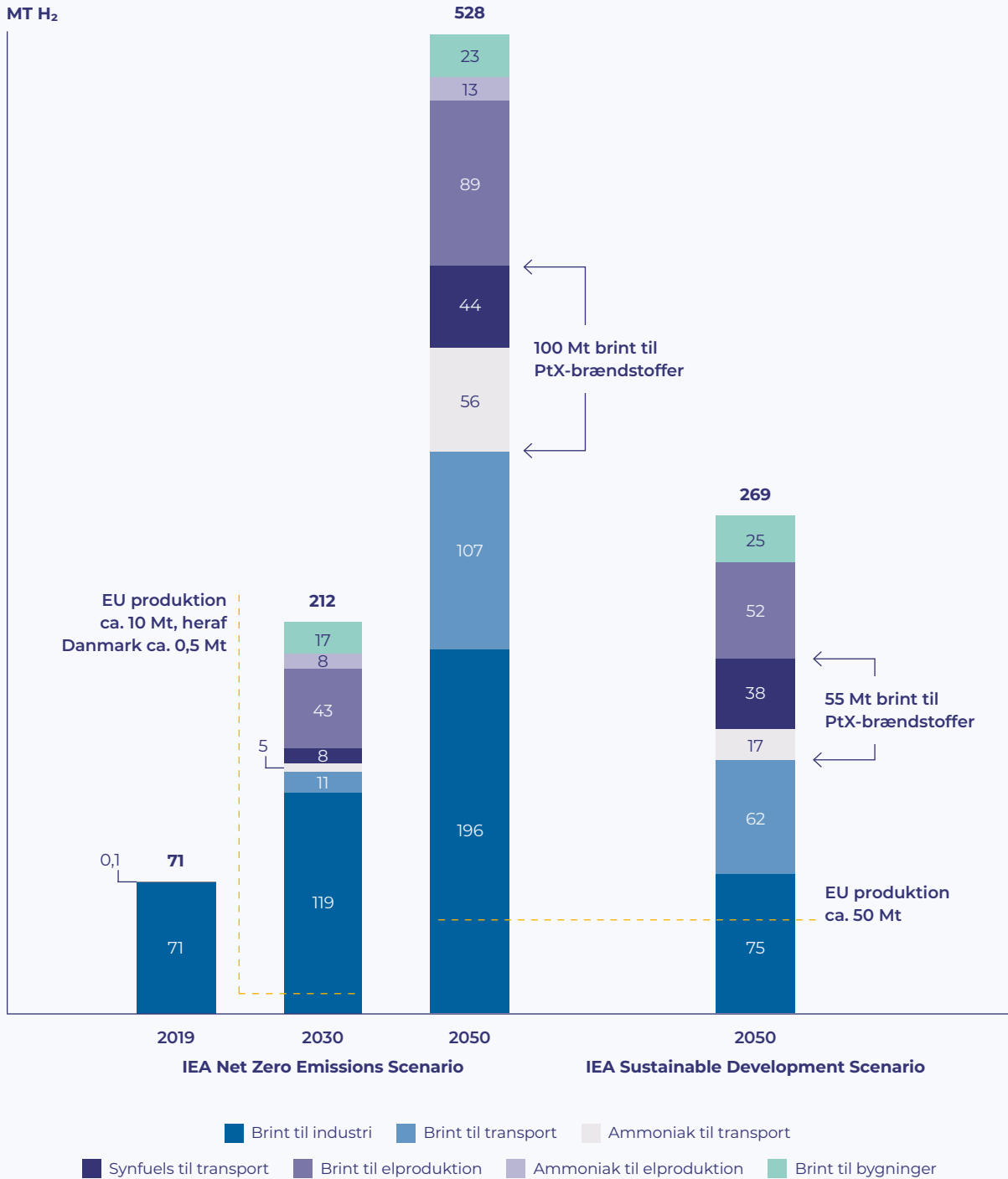
¹ Forudsat elektrolyse-produceret brint suppleres af bl.a. "blå brint" (brint fra naturgas)

² Grøn omstilling af luftfarten med Power-to-X-brændstoffer, Green Power Denmark 2022, [link](#)

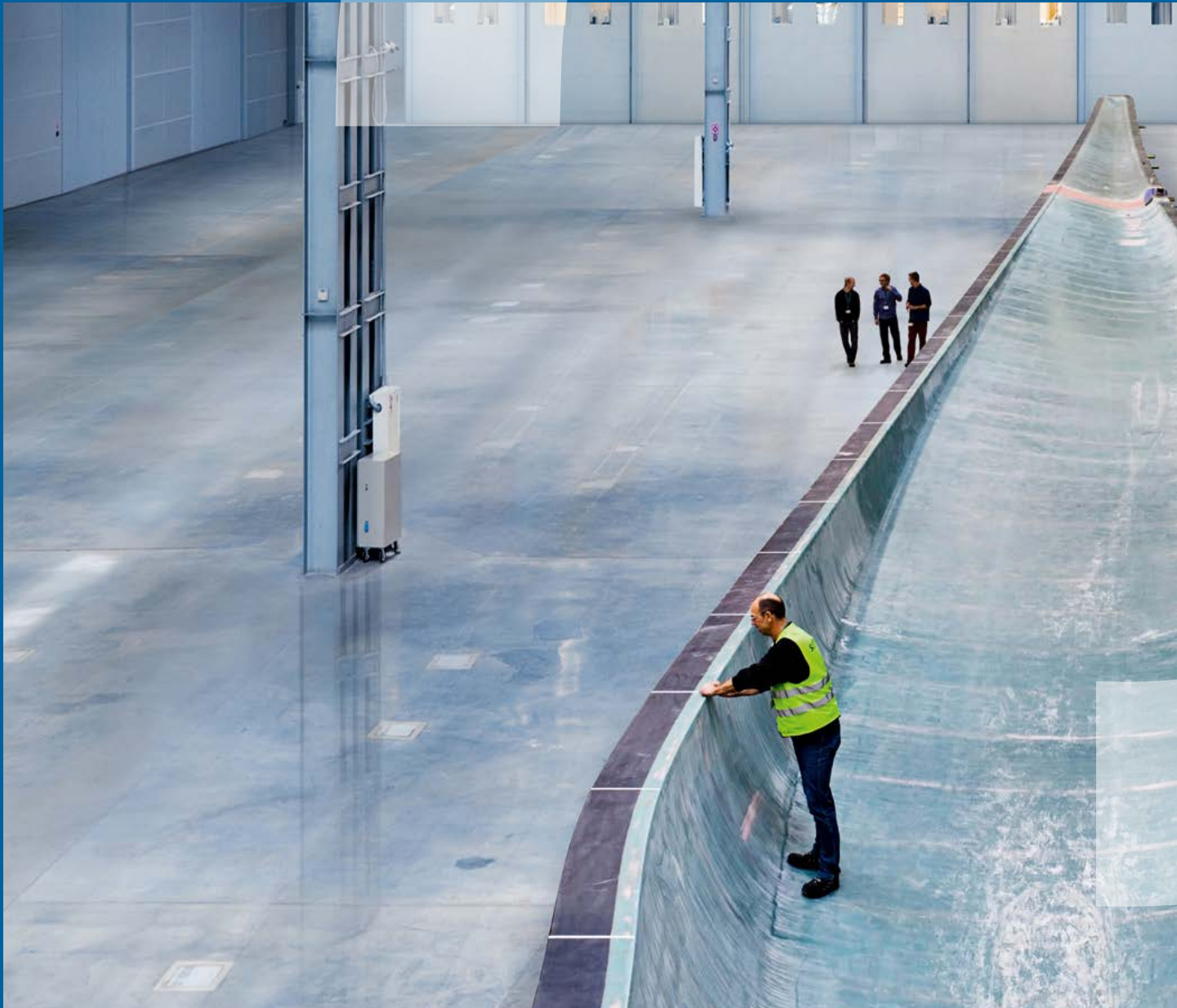
³ Skibsfarten kan i dag bruge el til kortere distancer samt e-metanol til en lang række fartøjer med kendt motorteknologi. E-ammoniak er begyndende kommercielt tilgængelige til forskellige fragtskibe og forventes i takt med motorudvikling og sikkerhedsstandarder at blive yderligere udbredt. Gennembrud for brændselsceller til skibsfart kan åbne for at benytte bl.a. brint i større omfang til skibsfart.

Figur 11: Global brintefterspørgsel

Efterspørgsel efter brint og brintbaserede brændstoffer per sektor (i megaton brint).



Kilde: Fremskrivninger fra IEA spår det globalt brintforbrug på ca. 270-530 Mt brint i 2050. Til sammenligning er EU's RePowerEU ambition 10 Mt brintproduktion i Europa i 2030, og fremskrivning forventer omkring 70 Mton i 2050. Danmarks PtX-strategi 2030-mål svarer til ca. 0,5 Mton grøn brint.





Kapitel 2

Scenarier for havvind i Danmark





Dansk havvindudbygning afhænger af Europas grønne tempo og internationalt marked for grønne brændstoffer

Scenarier for havvind i Europa på 300-500 GW i 2050

For at illustrere den fremtid, der venter for udbygning af havvind, har Green Power Denmark tegnet tre scenarier som bygger på forskellige forudsætninger om såvel den samlede udbygning af havvind i Europa (primært i Nord- og Østersøen) og den andel heraf Danmark vil levere. I tabellen ses scenarier, der illustrerer udfaldsrummet for europæisk havvind på hhv. 300, 400 og 500 GW mod 2050.

Efterspørgslen efter havvind i Europa afhænger af en række politiske, markedsmæssige og teknologiske faktorer. Nogle af de væsentlige parametre, der vil afgøre størrelse og tempo på det europæiske havvindmarked, kan være konkurrenceevne ift. øvrig produktion, tempo for udbygningen af energiinfrastruktur, særligt el og brint, samt den industrielle værdikæde.

Desuden udvikling i efterspørgsel på el fra industri i Europa, bl.a. påvirket af udfasning af naturgas, europæiske energipriser og CO₂-priser på import af varer til Europa¹ samt efterspørgsel fra elektrisk transport, bl.a. person-, vare- og lastbiler og efterspørgsel fra PtX, bl.a. til omstilling af brintforbrug i industrien, tung vejtransport, fly og skibe.

Scenarier for dansk havvind mod 2040 og 2050 viser stort udfaldsrum

Scenarier for dansk havvind antager at udbygning i Danmark i høj grad vil afhænge af udbygning og efterspørgslen i resten af Europa, samt i hvor høj grad dansk havvindpotentiale kan omdannes til konkurrencedygtig el, brint og PtX-brændstoffer. Scenarierne er vist på

figur 12, der også viser, at selv meget ambitiøse scenarier på op mod 100 GW dansk havvind i 2050 vil være lavere end det tekniske potentiale for havvind i Danmark, jf. side 35. Scenarierne er beskrevet herunder:

1. **"Politisk aftalte mål"**: Udbygning til ca. 300 GW havvind i 2050 for Nord- og Østersøen, som svarer til nuværende politiske aftaler, jf. side 23. Dansk havvind leverer politisk aftalte bidrag² i 2050, i alt ca. 45 GW havvind heraf 35 GW i Nordsøen.
2. **"Havvind på markedsvilkår"**: Udbygning til ca. 400 GW havvind i 2050 for Nord- og Østersøen, som svarer til politiske aftaler og yderligere potentialer, jf. side 23. Dansk havvind leverer pga. stor konkurrencedygtighed i en europæisk sammenhæng et højt bidrag på 50 GW i 2040 og 75 GW i 2050. Dette til en betydelig nettoeksport af el og brint. Desuden antages dansk produktion af PtX-brændstoffer i 2040 svarende til forbruget i fly og skibe, der tankes i Danmark, samt at Danmark herefter bliver nettoeksportør af PtX-brændstoffer frem mod 2050.
3. **"PtX gamechanger"**: Udbygning til ca. 500 GW havvind i 2050 for Nord- og Østersøen drevet af høj konkurrencedygtighed af havvind samt høj global efterspørgsel på PtX-brændstoffer. For Danmark antages at havvind kan producere brint og PtX brændstoffer til yderligere industrier og særligt til fly og skibe. Danmark antages derfor allerede at blive nettoeksportør af PtX-brændstoffer i 2040 og yderligere i 2050 svarende til omkring 3% af det globale marked med høj efterspørgsel på syntetiske PtX-brændsler, jf. s. 28-29.

¹ EU's CBAM, Carbon boarder ajustment mechanism

² Analyseforudsætninger til Energinet 2022, AF2022, Alternativt forløb med større udnyttelse af Nordsøen

Figur 12

Øverst: Udvikling i dansk klimabidrag fra 1990-2022 samt fremskrivning til 2030 og 2040 med 50 GW havvind og estimeret CO₂-reduktion fra dansk eksport af el og brint. **Nederst:** Forslag til internationale.

Havvind i Danmark (GW)



Scenarie for dansk havvind	1. "Politisk aftalte mål"	2. "Havvind på markedsvilkår"	3. "PtX gamechanger"
Årlig udbygning 2031-2040 DK	1-1,5 GW/år	3-3,5 GW/år	4,5 GW/år
2040: Havvind DK (GW)	29	50	65
2050: Havvind DK (GW) og % af EU	45 (ca. 15% i EU)	75 (ca. 17% i EU)	100 (ca. 20% i EU)
2050: Havvind Nord- og Østersøen ialt (GW) (se s. 23)	300 GW 250 GW i Nordsøen +50 GW i Østersøen	400 GW 300 GW i Nordsøen +100 GW i Østersøen	500 GW +Ny havvind til brint/ PtX til Industri eller brændstoffer
2050: PtX-brændstoffer fra DK (Mt brint) og % af globalt marked (se s. 29)		1,6 Mt (2,9%) af 55 Mt brint til globalt syntetisk fuel marked, jf. IEA sustainable development	3,2 Mt (3,2 %) af 100 Mt brint til globalt syntetisk fuel marked, jf. IEA Net zero emission



Dansk havareal har et kæmpe teknisk potentiale for havvindproduktion

Danmarks havarealer kan potentielt rumme plads til over 200 GW havvind

Det tekniske havvindpotentiale i Danmark er opgjort til over 200 GW havvind, hvilket ses på kortet og tabellen til højre. Opgørelsen er lavet ved at inddele Nordsøen i tre områder (N1-N3), Østersøen i to områder (Ø1-Ø2) og herudover et skøn for farvande tæt på land. Havvindkapaciteter er beregnet på baggrund af områdernes opgjorte arealer gange mølletæthed og en korrektionsfaktor¹. Det samlede areal i de medtagne havområder svarer til ca. 35.000 km² ud af Danmarks i alt ca. 105.000 km² havareal, altså ca. 33 procent. Det bemærkes at især det nuværende olie og gasområde længst ude i Nordsøen bidrager med omtrent halvdelen af det samlede potentiale. Ligeledes har antagelse for mølletæthed pr. km² stor indflydelse på opgørelsen af gigawatt-potentialet.

Det tekniske havvindpotentiale kan i praksis ikke udnyttes fuldt ud pga. hensyn til andre aktører som også skal benytte havet. Hertil kommer usikkerhed fra vindskyggeeffekter over lange afstande, som i fremtiden bør undersøges nærmere for at vurdere konsekvensen af massiv havvindudbygning i Nord- og Østersøen. Opgørelsen af teknisk potentiale skal ses som et groft skøn over muligheder for havvind.

Dansk havareal rummer forskellige muligheder og udfordringer for havvind

Herunder er en kort beskrivelse af de forskellige zoner som havarealet er inddelt i:

Zone N1: Området rummer, ud over den besluttede Thor Havvindmøllepark, fire zoner til statslige udbud, hvoraf tre af dem sendes i udbud i 2024. Parkerne forbindes forventelig til land via elkabler, hvoraf dele af elproduktionen føres videre i det kollektive elnettet og

dele bruges 'lokalt', enten med direkte ellinjer til brintproduktion og ny brintinfrastruktur i nærheden eller til PtX eller andet elforbrug i nærheden.

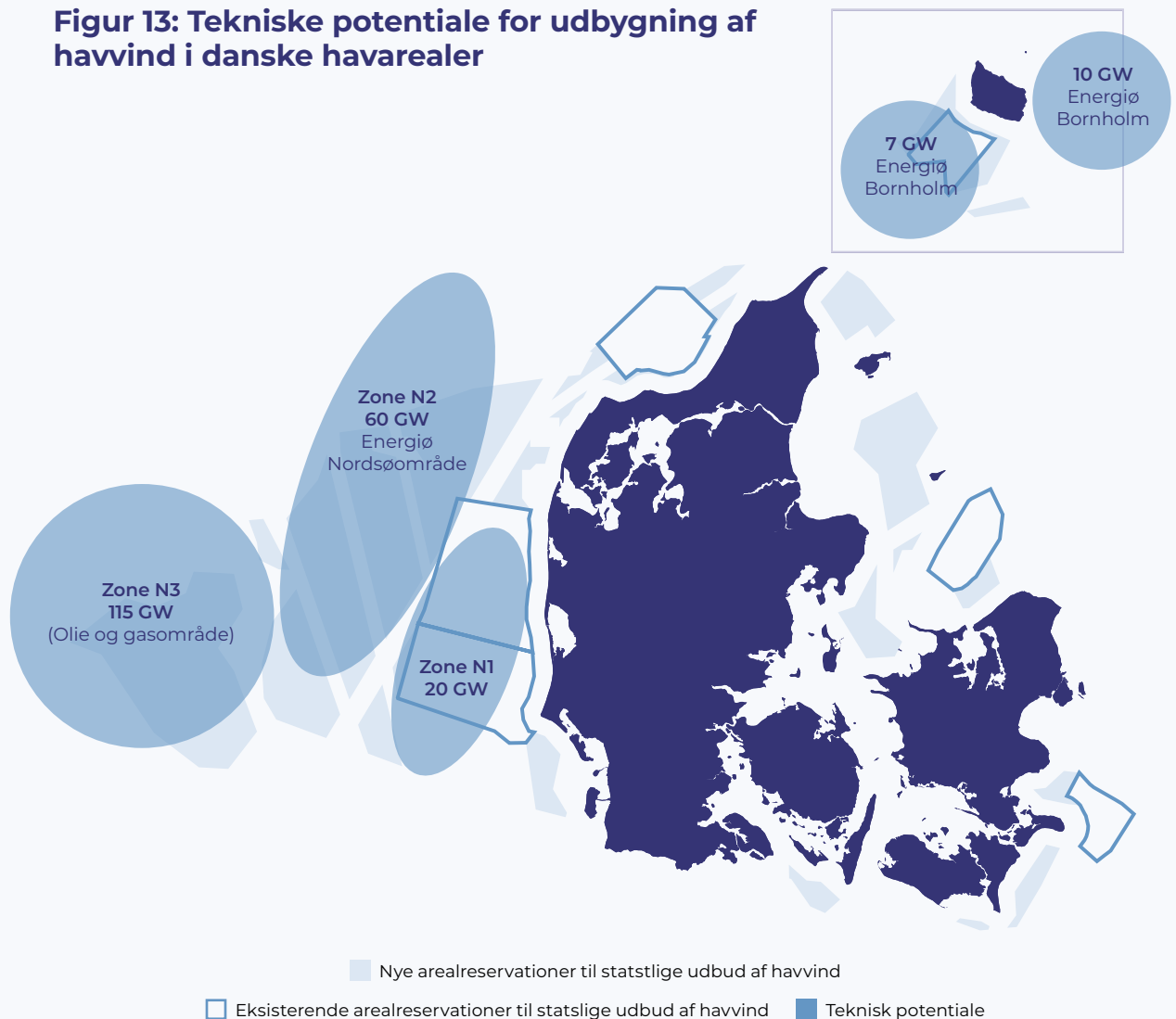
Zone N2: Energiøen i Nordsøen ligger i området 80 km vest for Thorsminde. Selve energiøen forventes i udbud inden længe og skal stå klar i 2033 sammen med minimum 3 GW havvind, der tilsluttes Jylland via elkabel. Energiøen skal udbygges til 10 GW havvind, og det er endnu ikke besluttet, hvordan den resterende havvind skal tilsluttes Danmark og evt. nabolande, eller om energiøen skal rumme konvertering til f.eks. brint/PtX. Zonen i Nordsøen rummer plads til betydelig mere havvindproduktion, herunder potentielt flere energiøer.

Zone N3: Det nuværende olie- og gasområde, hvor tilgængeligt havareal er meget stort, men afstanden til land er relativ lang. Området udgør størstedelen af det nye areal til havvind som er tilføjet i Havplanen¹. Området rummer mulighed for både el- og brintproduktion, afhængig af hvordan der kan skabes konkurrencedygtig, samlet økonomi i produktion og transport af energien. Lokal anvendelse af havvindressourcen til f.eks. brint/PtX-konvertering, til lokalt elforbrug (offshore datacentre) eller til elektrificering af olie- og gasplatforme bliver undersøgt. Produktion af brint forventes forholdsvis billigt at kunne bringes i land med rør. Det er nødvendig med en langsigtet plan for sameksistens mellem havvindudbygning i områder med olie og gasudvinding samt CO₂-lagring.

Zone Ø1+Ø2: EnergiØ Bornholm er beliggende ca. 15 km sydvest for Bornholm og er planlagt at blive tilsluttet Bornholm og herfra med elkabler til Sjælland og Tyskland. En brintforbindelse til Tyskland undersøges også. Øst for Bornholm giver større havdybde krav om flydende havvind.

¹ Faktaark – Danmarks havplan, [link](#)

Figur 13: Tekniske potentiale for udbygning af havvind i danske havarealer



Zone	Areal (km ²)	Teknisk havvind potentiale (GW)
Øvrig – indre farvande og tæt på land (skøn)		20
N1	2.925	19
N2	9.106	60
N3	17.703	115
Ø1	755	7
Ø2	1.536	10
Samlet	35.025	231
Procent af havareal i alt	33 pct.	
Havareal i alt	105.000	

Note: Arealer er beregnet ud fra havplanen fratrukket eksisterende naturområder (Natura2000), sejlrender etc. Møletæthed er anvendt ca. 9 MW/km² på baggrund af middelværdier mellem lav tæthed f.eks. Danmark (4,5 MW/km²) og meget høj tæthed f.eks. Belgien (14 MW/km²), i praksis vil projektudviklere lave en økonomisk optimering ift. vindskyggeeffekter, omkostninger til infrastruktur og møller mv. Korrektionsfaktor er sat til 30 pct. reduktion der tager hensyn til diverse begrænsninger i mølledesign.

Kilde: Egne estimater for arealer i zoner pba. Havplanen[1]. Samlet havareal pba. Offshore Wind Champion, 2023, [link](#).



Nye koncepter kan skabe konkurrencedygtig el og brint fra havvind både tæt på og langt fra kysten

Havvind ilandført som el kan via sektorkobling give billig el, brint og varme

Danmark har pga. sektorkobling mellem el- og fjernvarmesystemer samt i fremtiden også sektorkobling via brintinfrastruktur gode muligheder for at omsætte havvind til både strøm, brint/PtX og varme til aftagerne i Danmark og udlandet. Dette er illustreret på koncept 1, hvor havvind ilandføres via elkabler og på land konverteres dele af produktionen til brint og overskudsvarme.

Brint kan produceres i perioder med høj havvindproduktion samt når der er lav elmarkedspris. Tilsvarende kan havvind afsættes i elnettet og elmarkeder i perioder med højere elmarkedspriser. Konvertering til brint skaber fleksibilitet og reducerer omkostninger til udbygning af elnettet.

Energistyrelsen¹ vurderer at Danmark har potentiale for minimum 35-60 GW havvind i Nordsøen baseret på ilandføring via elkabler. Det er i dag mest realistisk måde til at ilandføre havvind, og herefter evt. konvertere dele til brint. I baggrund for PtX-strategien² er beregnet produktionspriser for dansk brint baseret på forventede priser i elmarkedet, som viser, at Danmark både i 'nærmere fremtid' og 'på længere sigt' kan levere konkurrencedygtig brintproduktion til en rørbunden europæisk brintinfrastruktur.

Offshore brint- og PtX-produktion bliver vigtigt for havvind langt fra kysten

Både produktions- og transportomkostningen er afgørende for konkurrencedygtigheden af havvind langt fra kysten. Der arbejdes derfor med forskellige koncepter, som kan sænke omkostningen ift. 'almindelige' havvindparker (1-2 GW) forbundet til land over lange afstande.

Koncept 2 viser Energihøer/hubs i 10 GW skala giver pga. storskala lavere omkostninger til især elinfrastruktur, som er en væsentlig omkostning⁴. En ø/hub rummer også potentialet til på længere sigt at konvertere strøm til offshore brint/PtX-produktion, som vil reducere ilandføringsomkostninger yderligere.

Koncept 3 illustrerer udvikling af løsninger som kan konvertere brint direkte i vindmøllen, såkaldte 'brintmøller', hvor elektrolyseanlægget placeres på havvindmøllen, som hermed kun bygges til at producere brint, hvilket potentielt kan give besparelser i mølledesign og til infrastruktur. Energinet³ har estimeret brintproduktionspriser fra havvind på 100 km afstand til land til 2-2,5 USD pr. kg brint i 2030 for både brintmøller samt ø/hub koncept. Teknologisk udvikling for havvindmøller, elektrolyse samt udbygning af offshore infrastruktur vil være afgørende for, hvordan el og brint produceres mest effektivt langt fra kysten.

¹ Energistyrelsen (2022), "Offshore Wind Potential in the North Sea", [link](#)

² "Regeringens strategi for Power-to-X", [link](#)

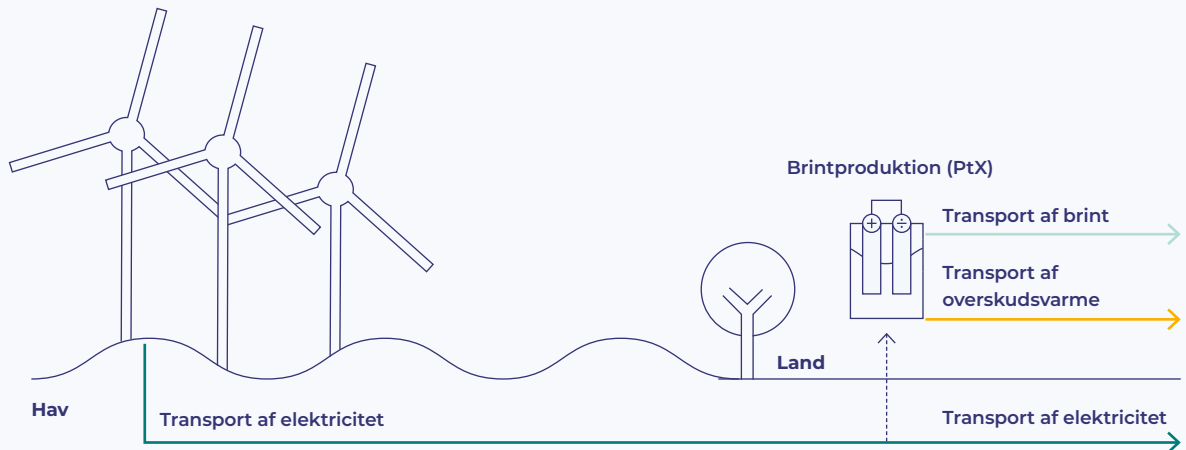
³ Energinet Systemperspektivanalyse 2022.

⁴ I Energihø Nordsøen udgør elinfrastruktur i form af elkabler og transformere på havet og land omkring 45 pct. af omkostningerne, mens havvindmøller og fundamenter forventes at udgøre omkring 50 pct. og selve øen udgør 5 pct.

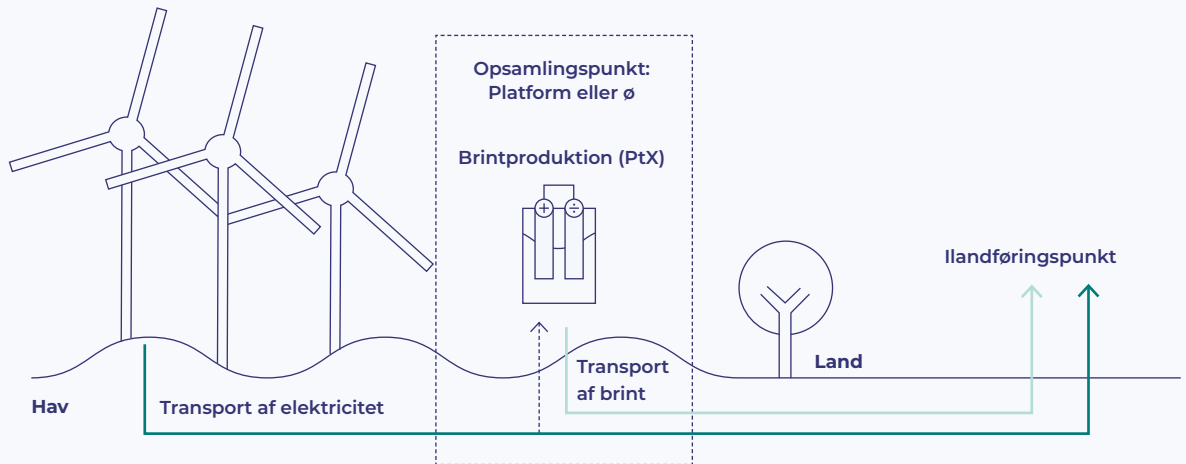
Figur 14: Konvertering og ilandføring af havvindenergi

Illustration af forskellige koncepter til at omdanne havvind tæt på og langt fra land til konkurrencedygtig el, brint eller PtX-brændstof.

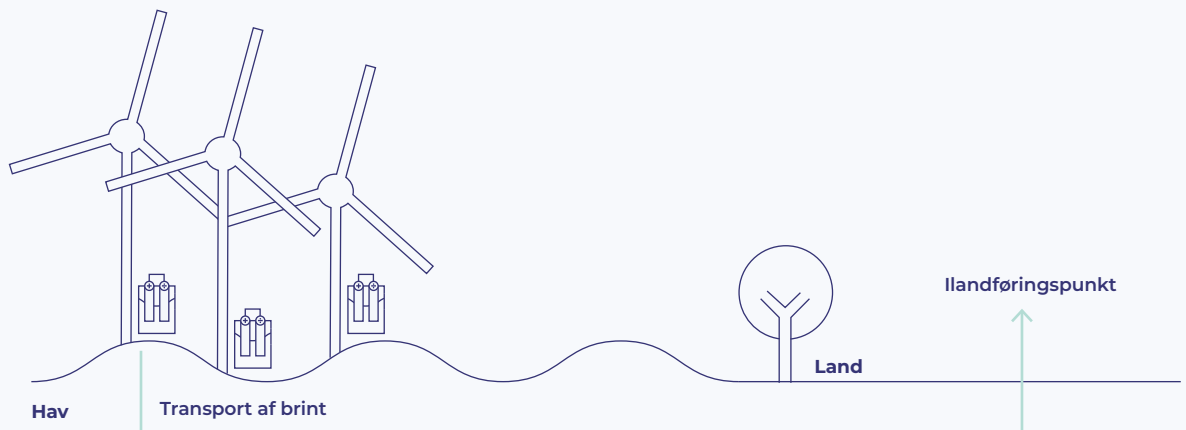
Koncept 1: Ilandføring som el og sektorkobling på land



Koncept 2: Energiø/hub langt fra land hvor el, brint eller begge dele kan ilandføres fra



Koncept 3: Brintmøller – brintproduktion integreret i havvindmøllen







Kapitel 3

Pejlemærke på 50 GW havvind i 2040





Pejlemærke på 50 GW havvind i 2040 skal gøre Danmark klar til fremtidig grøn efterspørgsel

Politiske planer for 2050 er ved at blive overhalet af markedsinteresse i 2030

Figuren viser vejen til opfyldelse af dansk bidrag til politiske aftaler for udbygning i Nord- og Østersøen ("politisk aftalte mål").

Her ses den politiske aftale om minimum 13 GW i 2030 samt en forventning om ca. 29 GW i 2040 for at holde kursen mod omkring 45 GW havvind i 2050. Dermed udbygges ca. 15 GW mellem 2030 og 2040, hvoraf ca. 10 GW er fra energigø i Nordsøen. Det svarer til ca. 1,5 GW/år i udbygningstempo.

Det ses på figuren, at der ud over den politisk aftalte udbygning i 2030 er stor markedsinteresse for yderligere udbygning i det danske havareal ("Havvind på markedsvilkår"). Åben dør-projekter viste interesse for over 20 GW havvind.

Potentialet for overplanting er estimeret til 5 GW i forbindelse med de statslige udbud, hvilket kommer

ud over de 9 GW, der gøres plads til i elnettet. Der er desuden også kommerciel interesse for bl.a. offshore brintproduktion langt ude i Nordsøen. Den samlede markedsinteresse i 2030 for havvind er hermed på niveau med den politiske aftalte havvindudbygning mod 2050.

Pejlemærke om minimum 50 GW dansk havvind i 2040

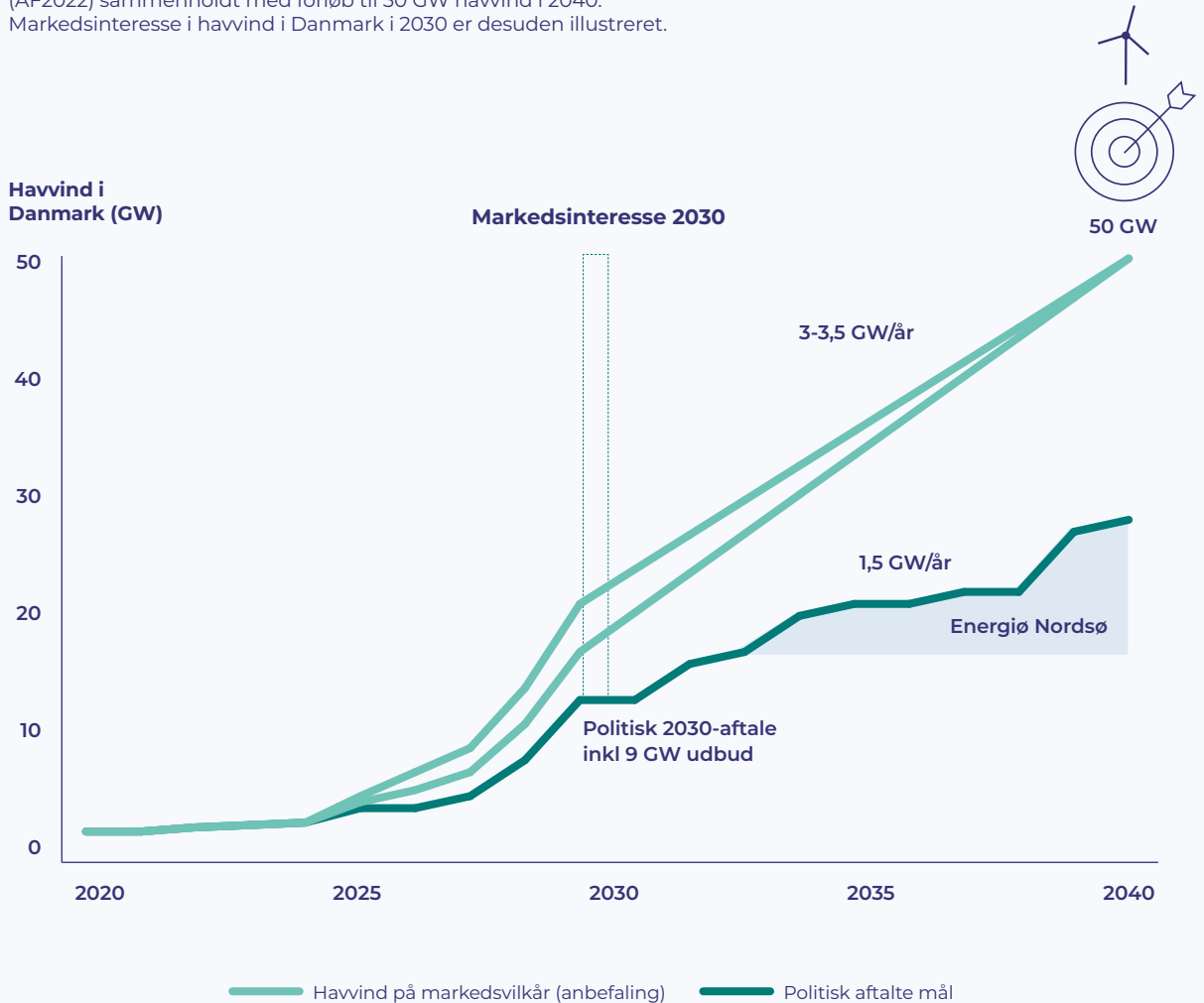
For at imødekomme den indikerede markedsinteresse for havvind, bør staten fokusere på at skabe forudsætningerne for at Danmark kan høste størst mulig samfundsværdi af størst mulig havvindudbygning ved at sikre gode rammevilkår og infrastruktur. Til det formål er der brug for et pejlemærke at navigere efter.

Et pejlemærke for udbygning af dansk havvind mod 2040 bør tage både den nuværende markedsinteresse men også yderligere efterspørgsel i betragtning. Scenarierne i rapportens kapitel 2 viser, at Danmark forventer

¹ EU har vedtaget regler for ikke-biobaserede brændstoffer (RNFBO), som udgør det regelsæt, der bestemmer, hvornår brint kan betegnes som grønt i Europa. Elprisområder med VE-andel over 90 pct. bliver automatisk kvalificeret som grøn brint, det forventes Danmark at opnå inden 2030 såfremt planer om VE-udbygning bliver realiseret.

Figur 15

Energistyrelsen fremskrivning for havvind i Danmark (AF2022) sammenholdt med forløb til 50 GW havvind i 2040. Markedsinteresse i havvind i Danmark i 2030 er desuden illustreret.



Note: "Politisk aftale mål" er Analyseforudsætninger 2022. Markedsinteresse er summen af overplanting, åben dør-projekter og far-offshore havvind til brintproduktion.

ligt kan udbygge mere havvind i en fremtid med øget efterspørgsel efter grøn el, brint og PtX-brændstoffer. Det anbefales derfor at planlægge efter minimum 50 GW havvind i danske havarealer frem mod 2040. Dette kræver klargøring af rammevilkår såsom adgang til havarealer og infrastruktur, som kan sikre mulighed for i gennemsnit ca. 3-3,5 GW opført havvind hvert år i 2030'erne, jf. figuren. Ved at planlægge ambitiøst sikres

det, at f.eks. energiinfrastruktur i Nord- og Østersøen er planlagt i rette tid og skala og i samarbejde med øvrige europæiske lande.

En fortsat kraftig udbygning af grøn strøm fra havvind vil desuden stille Danmark gunstigt for at skabe en PtX-industri, bl.a. ved at brintproduktion i Danmark automatisk lever op til EU's krav til grøn brint (RFNBO¹).



Kraftig havvindudbygning vil bidrage markant til energiuafhængighed og dansk nettoeksport

Energiuafhængighed kræver store mængder grøn energi, fleksibel anvendelse og lagring

Udbygning til 50 GW havvind i 2040 vil sammen med mere landbaseret vind og sol omtrent tidobles¹ den samlede danske grønne elproduktion fra ca. 30 TWh i dag til tæt på 300 TWh. Dette åbner for en række nye anvendelsesmuligheder til elektrificering, brint og PtX-brændstoffer i Danmark, og vil hermed mindske afhængigheden af importerede gas- og olieprodukter, som særligt transportsektoren og dele af industri og husholdninger i dag er afhængige af.

Det er helt afgørende at forbedre indpasningen af vind og sol i energisystemet i en fremtid med ti gange så meget fluktuerende produktion. I dag balanceres vedvarende energi i det danske elsystem særligt ved hjælp af fleksible kraftværker og stærke elforbindelser til udlandet. I fremtiden vil konvertering og lagring af el til bl.a. fjernvarme, brintinfrastruktur (rør og lagre), PtX-brændstoffer eller i mindre skala i batterier kunne bidrage til at sikre et energisystem i balance. De lagerbare grønne gasser, brændstoffer samt batterier kan også bidrage til fremtidens elforsyningsikkerhed sammen med kraftværker og elforbindelser.

Nettoeksportør af grøn energi i 2030 som øges frem mod 2040

På figuren ses det at Danmark allerede i 2030 kan blive nettoeksportør af grøn energi. Dette vil bidrage europæisk grøn omstilling og energiuafhængighed samt skabe samfundsøkonomisk værdi i Danmark. Eksporten af el og brint forudsætter en veludbygget el- og brintinfrastruktur fra Danmark til udlandet, både til land og på havet.

Danmark vil med denne kraftige udbygning af vedvarende energi kunne eksportere EU-godkendt² grøn brint i 2030. Der antages derfor eksport af minimum 15 TWh brint i 2030.

I 2040 antages omtrent halvdelen af produktionen fra havvind at blive eksporteret til nabolande i form af særligt el og brint. Tyskland vurderes³ i 2040 at have behov for tæt på 400 TWh brintimport, heraf ca. 150 TWh forventes med rørført brint via land, hvor Danmark er oplagt leverandør. Brinteksport fra Danmark er antaget at være 50-100 TWh i 2040, hvor det konkrete niveau vil blive afgjort af hvor meget brint nabolande vil aftage og hvor meget nyt forbrug af brint der opstår i Danmark.

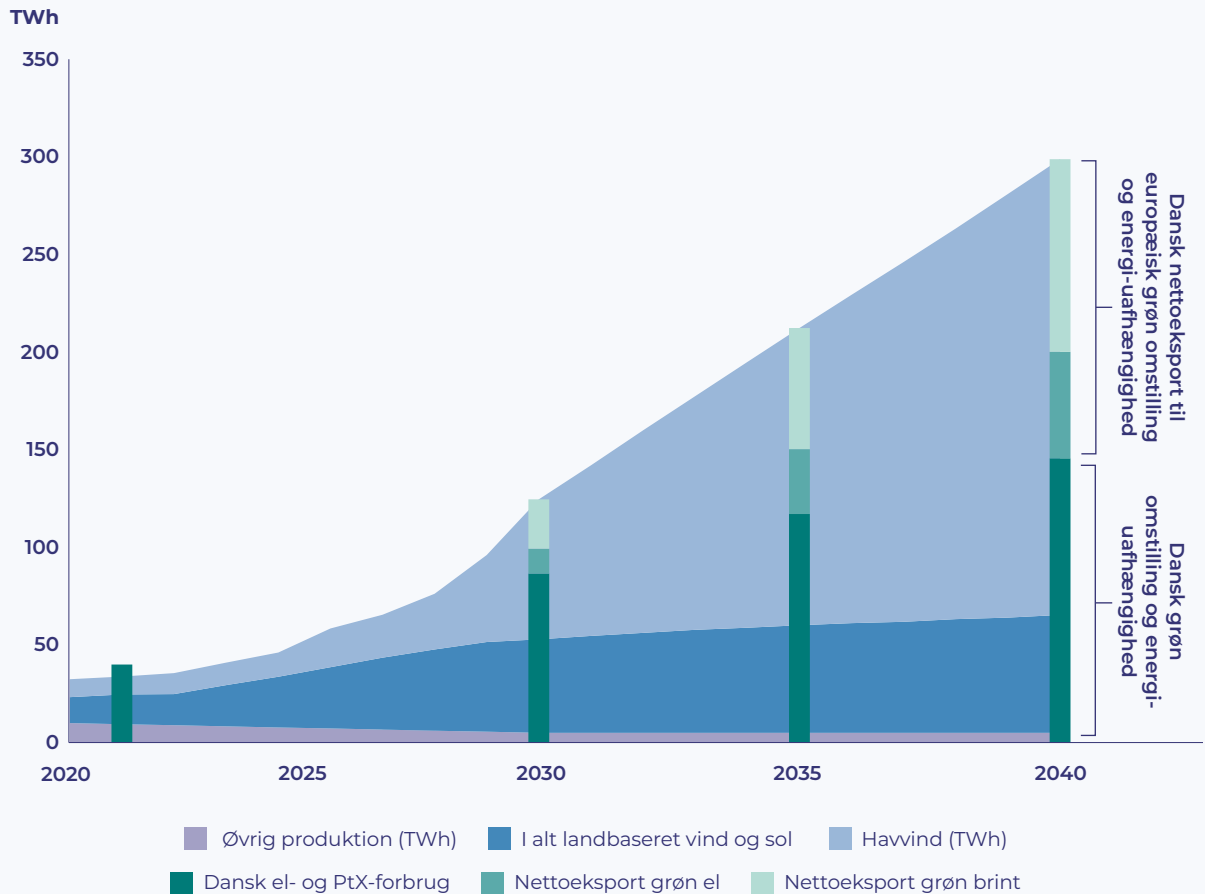
¹ Beregningen er lavet ved pba. Analyseforudsætninger 2022 med opjusteret kapacitet for havvind og elektrolysekapacitet (se bilag s. 64-65 for uddybning). Udbygningen af vind og sol på land følger Analyseforudsætninger 2022, og det er ikke vurderet om udbygningen særligt efter 2030 kan eller vil gå hurtigere. Fordelingen af vedvarende energi til hhv. el, brint og PtX er kun illustrativ og konsekvens af en række antagelser for forbrugsomstilling og eksport.

² Se note på forrige side om RNFB-ogregler for automatisk grøn brint ved VE-andele over 90%.

³ Energinet og Gasunie, Hydrogen market assessment report for Denmark and Germany, 2023, [link](#)

Figur 16

Elproduktion i Danmark opdelt på havvind, landbaseret vedvarende energi og termisk i scenarie med 50 GW havvind i 2040. Desuden er illustreret anvendelsen af elproduktionen opdelt på nationalt elforbrug, eksport af el og eksport af brint.



Note: "Nettoeksport brint/PtX" er eksport af brint i rør til udlandet samt eksport af ammoniak samt PtX-brændstoffer til fly og skibe, såfremt produktionen overstiger optankning i Danmark (svarende til 5,6 mio tons CO₂-udledning). "Dansk elforbrug inkl dansk PtX anvendelse" er klassisk elforbrug og elektrificering, PtX-brændstoffer til udenrigsfly og -skibe der optankes i Danmark samt øvrig brint/PtX-potentialer (op til 2,8 mio tons CO₂-reduktion, jf. opgørelser i dansk PtX-strategi). Øvrig produktion fra kraftværker har de seneste år været omkring 10 TWh el/år, og antages at falde frem mod 2030.



Danmarks globale klimabidrag kan overstige nationale CO₂-reduktioner efter 2030

Stor klimagevinst ved accelereret havvindudbygning

Der vil være store nationale og internationale klimagevinster ved at udbygge havvind massivt i fremtiden. På figuren er illustreret klimaeffekter fra havvind og øvrig dansk VE-produktion i scenariet "Havvind på markedsvilkår", jf side 32-33. Klimabidraget opstår som følge national elektrificering, grønne brændstoffer til fly og skibe samt nettoeksport af el og brint.

Figuren øverst viser historisk udvikling i emissioner fra 1990 til 2022, samt fremskrivning under en række antagelser frem mod 2050, bl.a. at nationale emissioner når 70 procent reduktion i 2030 og opnår nettonul i 2045 og 110 procent reduktion ift. 1990-niveau i 2050.

For internationale klimabidrag fra hhv. eleksport og brint/PtX svarer det til CO₂-fortrængning¹ fra 50 GW havvind i 2040 samt 75 GW i 2050. Dette ses at der kan opnås tæt på 40 mio tons CO₂-reduktioner som internationalt klimabidrag i 2040, og at dette kan stige til omkring 60 mio tons CO₂-reduktioner i 2050.

Internationalt klimabidrag kan overstige national klimainsats efter 2030

Figuren nederst viser at internationalt klimabidrag mellem 2030 og 2040 kan stige til omkring 27 mio. tons CO₂-reduktion, mens nationale reduktioner skønsmæssigt kan blive ca. 16 mio tons CO₂ i samme periode². Dette understreger vigtigheden af at Danmark får sat mål og midler i værk der kan indfri potentialet for udbygning af havvind som hermed kan levere et stort internationalt klimabidrag i fremtiden. Dette skal ske nu og parallelt med at opnå det nationale 70%-mål i 2030.

Fra et klimamæssigt synspunkt er en dansk merindsats lige meget værd, om den leverer accelereret nationalt eller international bidrag. Eksport af grøn energi vil ikke tælle med på Danmarks nationale CO₂-regnskab, men vil hjælpe lande der er afhængige af import af grøn energi (som fx Tyskland) eller sektorer, hvor omstilling går langsomt, som fx skibe og fly, og hermed give et globalt klimabidrag.

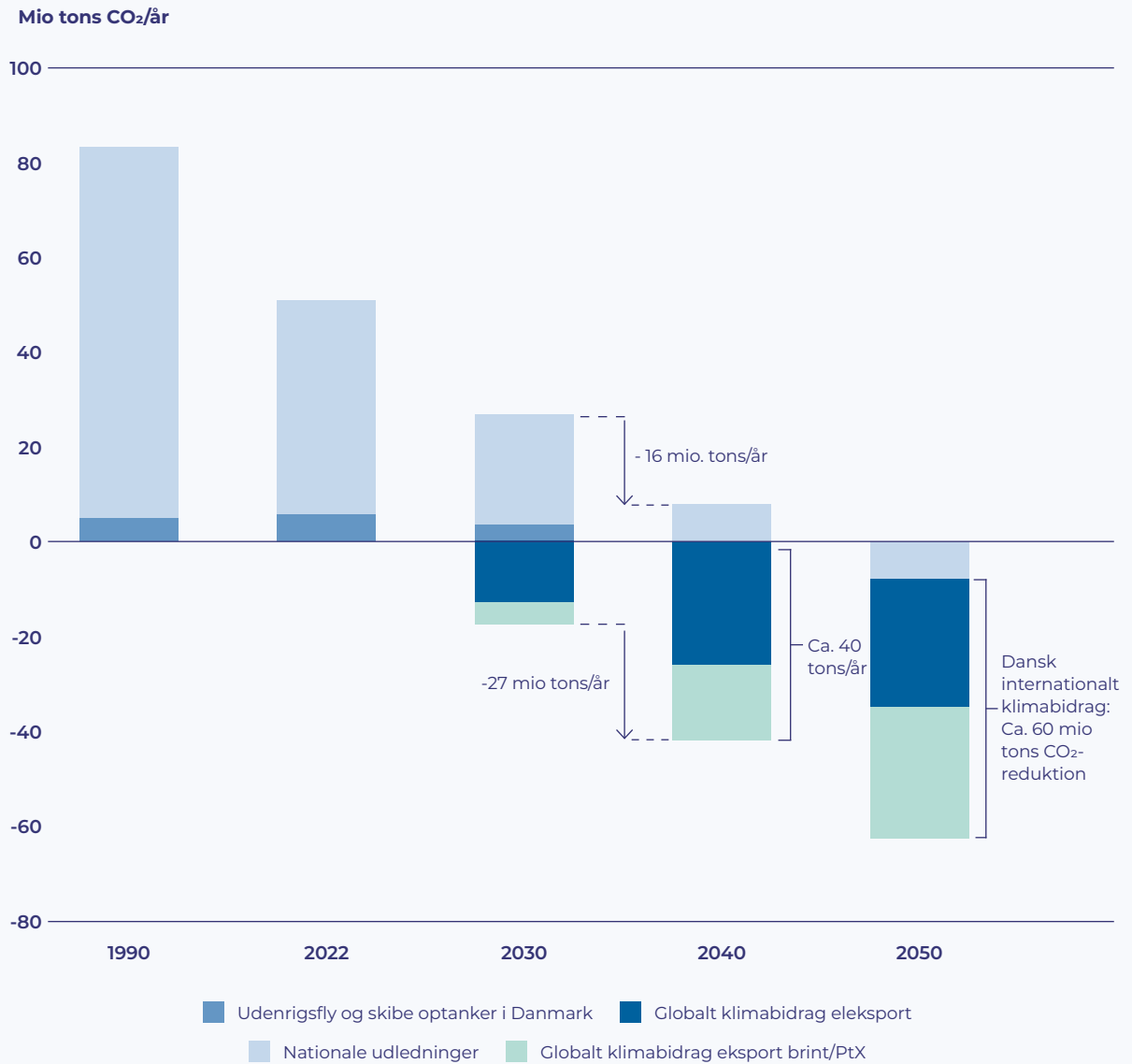
¹ Antagelser for CO₂-reduktioner findes i Bilag s. 67. Der er forskellige usikkerheder ift. fordeling af energiekspport og CO₂-fortrængningen, så beregningen skal anses for en illustration af mulige CO₂-reduktioner. Der er ikke medregnet eventuelle klimagevinster fra dansk teknologiekspport.

² Ved 90 procent national CO₂-reduktion i 2040, som er en lineær reduktion fra 70 procent i 2030 til 100 procent i 2045.

Figur 17

Udvikling i klimaemissioner fra 1990-2022 samt fremskrivning af globale klimabidrag til 2050 i scenariet "Havvind på markedsvilkår", se side 32-33.

Desuden fremskrivning af nationale udledninger til 70% og 110% reduktion i hhv. 2030 og 2050.







Kapitel 4

Anbefalinger om fremtidige rammevilkår for havvind





Nye rammevilkår skal på plads for at kunne indfri dansk havvindpotentiale

Danmark står efter 2030 med havvindmuligheder til international efterspørgsel, som det kræver kendte rammevilkår for markedsaktører at klargøre sig på og indfri. I løbet af 2020'erne og frem mod 2040 skal den industrielle værdikæde styrkes, der skal etableres en markedsdrevne havvindudbygning samt ny energiinfrastruktur og nye markeder.

På Figur 18 er vist vigtige rammevilkår for hver del af værdikæde, samt rammevilkår som er tværgående. Green Power Denmark arbejder for at få klarlagt og forbedret alle disse rammevilkår, men i dette kapitel er lavet anbefalinger til udvalgte emner (markeret på figuren) som vurderes er særligt vigtigt for både at nå mål mod 2030 og række frem mod pejlemærket om 50 GW havvind i 2040. Figur 19 viser at rammevilkår for arealadgang til havvind er afgørende for hvor stor del af det tekniske havvindspotentiale som kan omsættes til havvindudbygning. Tilsvarende er konkurrencedygtigheden af havvind i Danmark, bl.a. målt på økonomi og kvalitet, afgørende for hvor meget af det tilgængelige havareal der er energiinfrastruktur og aftagere til at nyttiggøre.

I kapitlets næste sider uddybes anbefalinger for de udvalgte emner, her følger en kort introduktion:

Industriel værdikæde: Sats på skalering af fabrikker, havne, veje og andet 'hardware'

Der er hårdt brug for, at Danmark og Europa tilvejebringer tilstrækkelige produktionsfaciliteter, dvs. fabrikker som kan producere 'hardware', samt infrastruktur i form af havne og veje og tilstrækkelig arbejdskraft til den grønne omstilling.

Havindsproduktion: Skab tilgængeligt havareal og øvrige rammer til markedsdrevet udbygning af havvind

For at kunne indløse de danske farvandes store tekniske potentiale er det essentielt, at der udbydes rigelige mængder havareal til VE-udbygning. På store dele af arealerne bør der være mulighed for at udbygge havvind på markedsdrevne præmisser. Green Power Denmark finder det afgørende, at muligheden for markedsdrevet udvikling i Danmark bevares. I en ny model, der tager højde for de historiske statsstøtte- og konkurrenceretlige potentielle udfordringer med åben-dør.

Energiinfrastruktur: Etabler et tværeuropæisk brintnet

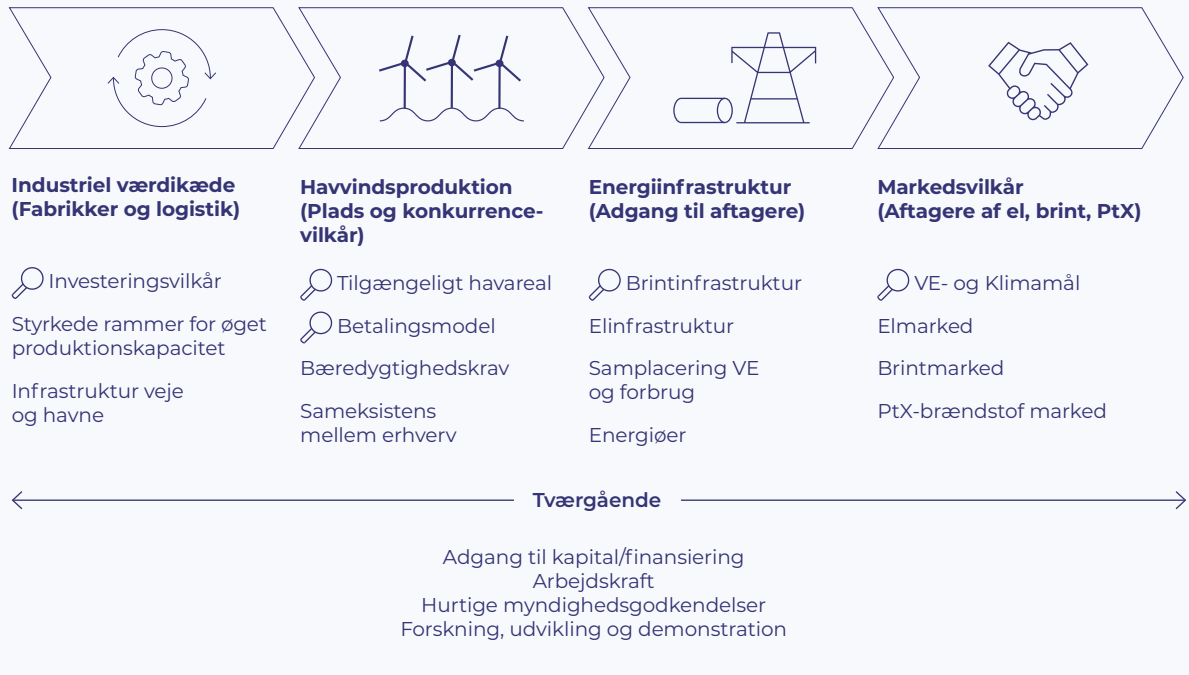
Ny brintinfrastruktur skal forbinde Danmark med resten af Europa. Det blev klart under seneste Nord-søtopmøde, hvor i alt ni lande er gået sammen om at etablere store mængder havvind, men også udbygge den brintinfrastruktur, som skal bidrage til at opnå medlemslandenes klimamål.

Markedsvilkår: Beslut globale klimamål i 2030 for Danmark

Mål for produktion af brændstoffer til skibe og fly samt eksport af el, brint og teknologi er afgørende for at Danmark leverer et vigtigt globalt klimabidrag allerede i 2030. På længere sigt vil veludbyggede markeder for el, brint og PtX-brændstoffer forventelig drive udviklingen af de anvendelser som dansk havvind kan levere til.

Figur 18: Rammevilkår for havvind

Oversigt over rammevilkår for industrien, produktion, energiinfrastruktur og marked samt tværgående rammer for bl.a. kapital, arbejdskraft, myndighedsgodkendelser og F&U og demonstration. Kapitlet dykker ned i emnerne markeret med 'lup'-ikon.



Figur 19: Faktorer der påvirker udbygning af havvind

Illustration af udbygning af havvind afhænger af arealadgangen for havvind samt konkurrencedygtigheden af dansk havvind.





Den industrielle værdikæde skal styrkes

Den grønne, industrielle værdikæde i Danmark og Europa er stærk, men presset. Det skyldes ulige konkurrencevilkår, usikkerhed om rammevilkår, mangel på investeringer i vedvarende energi og udfordringer med arbejdskraft. Bedre og mere stabile ramme- og konkurrencevilkår er afgørende for at have en konkurrencedygtig, industriel værdikæde inden for både vindindustrien og PtX, som kan sikre et stort samfundsbidrag til Danmark.

"We need offshore wind turbines – and we need a lot of them"

I øjeblikket har Danmark en af de stærkeste og mest kompakte værdikæder i verden. Vi leverer komponenter og videndeler til det internationale marked, og flere danske virksomheder har store markedsandele inden for lige præcis dét felt, de har specialiseret sig i. Historisk flair for innovation og nytænkning har bragt os til, hvor vi er nu, men ændringer i markedet lægger et pres på Danmarks værdikæde. Allerede nu er Danmark sammen med andre vestlige mølleproducenter for havvind presset på pris og adgang til ressourcer.

Hvis kommende havvindsudbygningen i Europa skal leveres af den danske og europæiske værdikæde er politisk bevågenhed og fokus på industripolitik vigtig. EU's Net-Zero Industry Act (NZIA) og i EU's Critical Raw Materials Act (CRM Act) lægger bl.a. op til, at Europa selv skal fremstille mindst 40 procent af en række strategisk vigtige grønne teknologier for at styrke Europas uafhængighed og øge vestlige producenters mulighed for at levere hardware og teknologi til den grønne om-

stilling og elektrificering. Det vil kræve en aktiv indsats fra EU-medlemslandene, at styrke vigtige industrier i den nye globale konkurrencesituation.

Investeringsfradrag kan øge udbygning af produktionsfaciliteter

På figur 20 ses en aftagende indtjening i driften hos vindmøllefabrikanter gennem en længere årrække bl.a. på grund af øget priskonkurrence og stigende omkostninger. Manglende kapital kan begrænse de vestlige producenter og underleverandører i at investere og opskalere produktionen af vindmølleteknologi mm. Hvis tendensen ikke vendes, kan det begrænse virksomhedernes konkurrenceevne samt evne til at opskalere og endeligt forsinke den grønne omstilling.

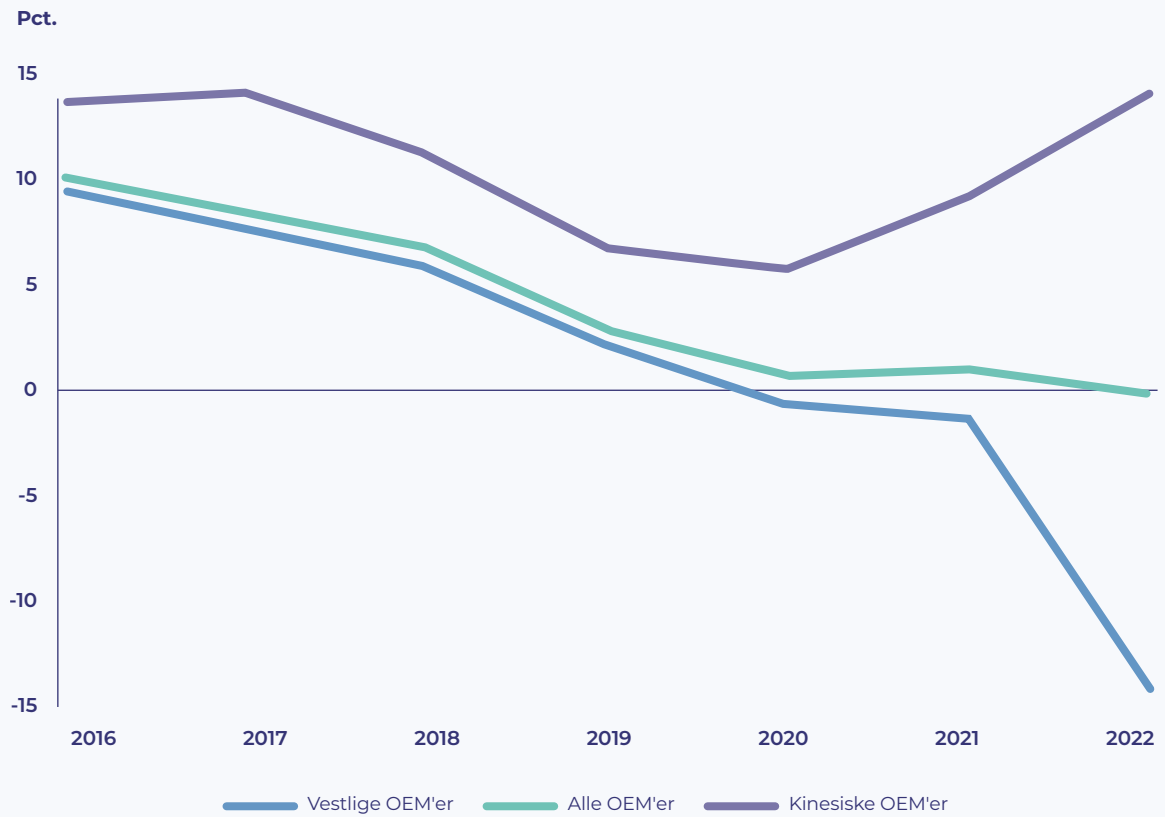
EU-Kommissionen vurderer¹ at der frem til 2030 er behov for omkring 100 mia. kr i investeringer i fabrikskapacitet til Net-zero teknologi, og at omkring 20 mia. kr. skal statslig medfinansiering. Hermed vil afhængigheden af teknologiimport til Europa blive sænket, men det kræver nationalstater hjælper med forbedrede økonomiske rammer for investeringer i produktionsfaciliteter.

Green Power Denmark anbefaler på den baggrund, at der beslutes et investeringsfradrag målrettet grønne produktionsfaciliteter, dvs. fabrikker, der kan levere de af EU udpegede "Strategic Net-zero Technologies". Det giver sikkerhed og stabilitet til de virksomheder, som skal levere teknologier til den danske grønne værdikæde, som i sidste ende gør, at Danmark kan leve op til de mange ambitioner.

¹ Investment needs assesment and funding availabilities to stregthen EU's Net-Zero technology manufacturing capacity¹, European Comission, 2023, [link](#)

Figur 20

Vægtet EBIT-margin for globale vindmøllefabrikanter



Note: Vestlige vindmøllefabrikanter (OEM'er) har haft faldende indtjening i driften. Det skyldes bl.a. øget priskonkurrence og stigende omkostninger til især materialer og logistik. Kinesiske producenter har i høj grad været skærmet fra stigende omkostninger grundet regionale industrielle værdikæder og et stabilt hjemmemarked. Det kan skabe udfordringer for den danske og europæiske værdikædes mulighed for at levere på de danske og europæiske ambitioner på bl.a. vindområdet.
Kilde: Wood Mackenzie (2023).



Markedsdrevet udbygning kan sikre et højt tempo og fleksibilitet

Den danske havbund er kilde til store gevinster, hvis adgangen til arealerne udnyttes klogt. Green Power Denmark efterspørger regulatoriske rammer, der kombinerer statsdrevet udbud af havvind sammen med en markedsdrevet udbygning, hvilket i fællesskab sikrer tempo og investeringssikkerhed.

Sæt havvinden fri og tillad markedsdrevet udbygning

Green Power Denmark ser et stort behov for, at der reserveres arealer til statslige udbud og at døren åbnes til en ny model for markedsdreven udbygning – det gælder både for projekter frem mod 2030 og mod 2040. Tidligere kapitler har redegjort for, hvordan der fremadrettet forventes en markant efterspørgsel – både til direkte elektrificering og indirekte via brinproduktion.

Vished om et markedsdrevet spor vil kunne bidrage til at havarealerne udnyttes optimalt med henblik på at kunne imødekomme efterspørgslen. Statslige udbud fungerer som et godt værktøj til at sikre en basis pipeline til samfundets generelle elforbrug og dekarbonisering.

En markedsdreven udbygning supplerer de statslige udbud idet sådanne projekter fungerer som direkte kilder til forsyningssikkerhed for kommercielle aftagere. Det sker bl.a. via direkte linjer, der forbindes med industrielle aftagere og vil være afhængig af geografisk lokation, afsætningsmuligheder og ikke mindst kommercielle partnerskabssynergier.

Green Power Denmark ser her et behov for at åbne for markedsdreven udbygning ved kystnære havarealer, hvor der er mulighed for samplacering mellem havvindsproduktion og storskala forbrug. Denne type af

havvindsprojekter der baseres på kommercielle vilkår, har en højere grad af frihed til at tænke i alternative løsninger, der er samfundsøkonomisk hensigtsmæssige – her kan f.eks. nævnes dansk produktion af PtX og dekarbonisering af den tunge industri.

Markedsdreven udbygning giver forsyningssikkerhed og fleksibilitet

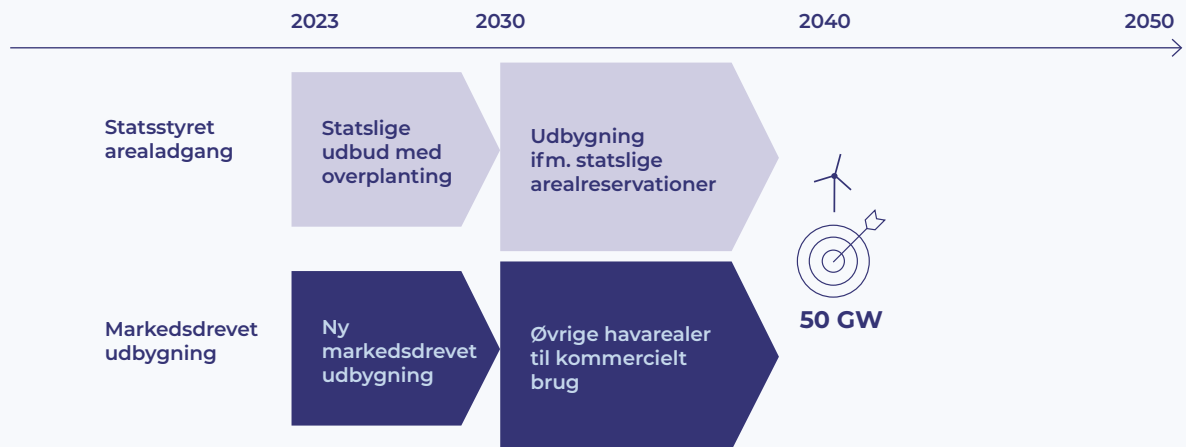
Green Power Denmark anbefaler, at Danmark fortsat muliggør et markedsdrevet spor, som kan bidrage med fleksible designs, der kan resultere i innovative synergier mellem producenter og aftagere. En markedsdreven udbygning har den særlige fordel, sammenlignet med statslige udbud, at de skaber større fleksibilitet for udviklerne i planlægnings- og anlægsfasen, hvilket øger mulighederne for at integrere nye teknologier og fleksible markedsdesigns, der i sidste ende sikrer konkurrencedygtige priser.

Projektudviklere kan i et markedsdrevet spor få frie hænder til at pege på egnede arealer, der kan anvendes til produktion af grøn strøm og som råstof til PtX på den mest omkostningseffektive måde. VE-projekter, der udpeges af markedsaktørerne, kan planlægges i tæt samspil med slutbrugere, der ønsker at dekarbonisere, hvilket kan lede til innovative synergier mellem aktørerne.

Der er i markedsdreven udbygning også større mulighed for en højere grad af fleksibilitet. Det kommer til udtryk i projekter, der forsøger at optimere udnyttelsen af nettet. Projekter, der designes med fleksibilitet for øje, bidrager med grøn energi, der implementeres på en måde, der er mere systemkompatibel. Grundlæggende er disse forbrugsintegrerede projekter designet

Figur 21

Auktionsbaseret arealadgang for havvind efter 2030



Note: Ved statsstyret arealadgang forstås havvindprojekter med statslig planlægning af arealer, miljø- og havbundsundersøgelser, POC (point of connection) samt evt. kapacitetsbegrænsning i elnettilslutning. Disse betingelser udbydes til markedsaktører, hvor vinderen færdiggør projektet dvs. møller og infrastruktur frem til det aftalte POC. Ved markedsdrevet udbygning forstås havvindprojekter, hvor markedsaktører efterspørger et konkret havareal enten f.eks. i en auktion eller ved at initiere et udbud. Vinderne af arealet færdiggør projekt f.eks. ved at gennemføre miljø- og havbundsundersøgelser samt indgå aftale om infrastruktur og POC.

til at matche efterspørgslen, hvilket i bund og grund gør disse projekter til forsyningsikkerhedsmaskiner – set fra et samfundsmæssigt perspektiv.

Havplanen prioriterer og præciserer sameksistens

Green Power Denmark hilser den opdaterede havplans melding om 30 procent havareal til VE-produktion velkommen. Adgang til arealer er en grundlæggende præmis, der muliggør danske og europæiske ambitioner for VE-produktion. Konkret har der været et behov for at afklare dels hvordan og hvor Danmarks havarealer udbydes til udviklerne. De danske farvande benyttes af mange forskellige aktører med forskellige aktiviteter og formål.

Green Power Denmark anser den opdaterede havplan som en vigtig ramme for fastlæggelse af, hvor havvindmøller kan sameksistere med andre aktiviteter på havet, såsom erhvervsfiskeriet og beskyttede områder. Den

opdaterede havplan indeholder klare afgrænsninger mellem reservation til VE-produktion og andre aktiviteter, men åbner samtidig op for områder, hvor der er plads til sameksistens.

Green Power Denmark forstår sameksistens som havområder der, i vidt omfang, kan anvendes til flere forskellige formål. Sameksistens med naturhensyn skal således tage højde for interaktioner mellem økosystemer og effekter af VE-udbygning.

Havplanens præcisering af sameksistens åbner dermed for etablering af havvindmølleparker, der designes efter sameksistens mellem havvindmøller og naturhensyn. Dertil kommer den nye havnaturfond der er en vigtig nyskabelse til at understøtte forskning i, hvordan VE-produktion bedst muligt kan sameksistere med særlige naturhensyn. Dette kan på sigt bidrage til et rigt datagrundlag, og en modning af kommende kvalitative kriterier med et biodiversitetssigte i udbygningen med havvind frem mod 2040.



Ny brintinfrastruktur skal forbinde dansk vedvarende energi med stort forbrug i Europa

En stor del af transporten til brintforbrugere forventes at ske via brintinfrastruktur, som kan supplere elnettet både til lands og til havs. Konkrete planer i bl.a. Tyskland, Holland og Danmark peger på, at Nordeuropa kan revolutionere energiforsyningen med ny brintinfrastruktur allerede inden 2030. Samlet kan et tværoeuropæisk brintnet integrere enorme mængder vind og sol.

Financiering af brintinfrastruktur skal på plads i 2023 for at eksport og havvindprojekter kan

Samarbejdsaftalen mellem Danmark og Tyskland om etablering af brintinfrastruktur fra Jylland til Tyskland i 2028 gør det afgørende at beslutte finansiering for første etape af den danske brintinfrastruktur¹ hurtigst mulig i 2023.

Dette vil muliggøre brinteksport til det forventede store, tyske brintmarked og være afgørende for havvindudvikling i Danmark mod 2030.

Etableringen af brintinfrastruktur kræver staten påtager sig en del af risikoen, dvs. dimensionerer infrastrukturen til fremtidige behov og laver vilkår der gør det attraktivt for de første brugere af infrastrukturen at tilslutte sig.

Udvikling af bl.a. havvindprojekter i Danmark frem mod 2030 kan nyde fordele af klare planer og udførelse af brintinfrastruktur. Grundlæggende er den europæiske brintinfrastruktur rammesættende for, hvor brint produceres og forbruges og dermed, hvilke lande der kan nyde gevinsterne af industri og eksport.

Europas nye energiknudepunkter på havet skal sammentænkes og besluttes

Green Power Denmark ser et stort behov at planerne for brintinfrastrukturen fra Danmark og til resten af Europa afklares hurtigst muligt. Det skal bl.a. sikre at havvindudvikling og elinfrastruktur kan sammentænkes med ny brintinfrastruktur og hermed omsættes til konkret eksport.

På baggrund af de tidligere kapitler, ser Green Power Denmark et behov for, at der udarbejdes planer for havarealer og energiinfrastruktur, som kan realisere og realisere mindst 50 GW dansk havvind i 2040 og være skalerbare til 75-100 GW i danske farvande i 2050.

Det er essentielt, at de kommercielle aktører får kendskab og indflydelse på de nye kollektive energiknudepunkter for at kunne planlægge markedsdrevet havvindudbygning og evt. direkte linjer på el og brint. En fuldudbygget dansk brintinfrastruktur vurderes² at koste over 100 mia. kr. hvoraf en betydelig del kan være infrastruktur på havet som eksport til nabolande.

Udnyt den politiske opbakning til langsigtede TSO-samarbejdsaftaler, der understøtter hastighed

Frem mod 2040 forventes der en markant og eksponentiel stigende efterspørgsel på brint, se f.eks. figur 10. Det er derfor vigtigt, at udviklingen af bl.a. brintinfrastruktur understøtter de europæiske samarbejdsaftaler for havvind, som bl.a. Esbjerg- og Marienborgerklæringerne og senest Nordsørklæringen indgået i Oostende har taget de første spadestik til. Her er det f.eks. positivt,

¹ På TSO-niveau er det særligt den 'hydrogen backbone' i Jylland, som vurderes at koste 10-20 mia kr i investeringer.

² CIP-fonden, 2023, [link](#)

Figur 22



Note: Illustrationen afspejler ikke konkrete aftaler, men skal nærmere ses som en overordnet vision for den kommende udbygning på land og i Nord- og Østersøen.
Kilde: North Sea Wind Power Hub, European Hydrogen Back bone (2022).

at ni gas-TSO'er på Nordsøtopmøde i Oostende har indgik i samarbejdsaftaler om at udvikle brintinfrastruktur og brintmarkeder i fællesskab.

Den politiske opbakning skal understøttes af nationale økonomiske rammer, der sikrer proaktiv udbygning af brintinfrastruktur ned gennem Europa, eftersom dette

er en central forudsætning for at levere nok brint til at møde den voksende efterspørgsel. Så snart staten i samarbejde med Danmarks nabolande fastlægger de kollektive motorvej for energi og molekyler, kan private aktører levere den nødvendige havvind, etablere direkte el- og brintlinjer og sørge for at vi når i mål med de høje europæiske ambitioner.



Globale klimamål i 2030 skal gøre Danmark klar til paradigmeskiftet for havvind

Danmark skal øge klimaambitionen for 2030 og suppleres 70 procent-målet med tre nye klimamål for Danmarks internationale klimaaftryk med henblik på eksport af el, brint, PtX-brændstoffer og energiteknologi.

Når Danmarks næste grønne kapitel skal skrives, skal bindende internationale klimamål i 2030 føre an

I 2020 vedtog Folketinget klimaloven som et skandinavisk eksempel på fremsynede mål for reduktioner. Danmarks klimamål er ambitiøse og et godt skridt i retningen mod et klimaneutralt samfund. Der er brug for at øge ambitionsniveauet dér, hvor Danmark kan bidrage mest til at bekæmpe de globale klimaforandringer, og hvor der samtidig mangler at komme effektive markeder på plads. Derfor ser Green Power Denmark et behov for, at de danske klimamål opdateres med tre bindende mål for globalt klimabidrag i 2030:

1. PtX brændstoffer til udenrigsfly og -skibe til resten af verden

Danmark skal som et foregangsland allerede i 2030 tage ansvar for internationale emissioner fra fly og skibe relateret til Danmark. Der skal sættes et nyt selvstændigt klimamål for produktion af grønne brændstoffer (via PtX) i 2030 svarende til CO₂-reduktion på minimum 2,4 mio. ton. Målet svarer til en reduktion på 35 procent af CO₂-udledningerne relateret til optankning af international luftfart og skibsfart på dansk jord (udenrigsfly- og skibe i Danmark) i 2030 sammenlignet med udledningsniveauet i 1990.

2. Øget eksport af energiteknologier og -services til resten af verden

Danmark er verdensmestre i grøn omstilling af energisystemer, elektrificering og udviklingen af grønne energiteknologier. Danske virksomheder udvikler

og producerer de meste effektive grønne løsninger. Samtidig har vores offentlige institutioner den nødvendige erfaring og generelle viden om regulering og implementering til, at Danmark samlet set kan levere et væsentligt bidrag til verdens grønne omstilling af energiforbruget. Eksport af energi-teknologier og -services bør øges med mindst 35 procent i 2030 sammenlignet med 2022.

3. Danmark som nettoeksportør af grøn strøm og brint

Green Power Denmark anbefaler, at Danmark i 2030 skal være nettoeksportør af minimum 10 TWh grøn strøm og minimum 15 TWh grøn brint. Danmark har muligheden for at blive nettoeksportør af grøn el og brint efter 2030 pga. gode VE-ressourcer og tætte placering til Centraleuropa, både til at levere grøn strøm i eksisterende elnet og brint via ny rørforbunden brintinfrastruktur til Tyskland. Dansk nettoeksport af grøn energi vil samtidigt bidrage til øget vækst og indtægter i Danmark.

Klimamål skal følges op med forbedrede økonomiske rammevilkår for brint og PtX-brændstoffer

Det er afgørende for at nå de opstillede internationale klimabidrag i 2030 at Danmark stimulere markedet for produktion af grønne molekyler. I øjeblikket er et udbud på 1,25 mia. kr. til grøn brint i gang, og det skal følges op med både yderligere støttemidler, f.eks. via mulighederne i Temporary State Aid, som en del af EU's Green Deal Industrial Plan.

Danmark skal bl.a. undersøge muligheder for at få etableret en støttemekanisme² målrettet hydrogenbaserede produkter til sektorer der ikke er lette at dekarbonisere, f.eks. skibe og fly.

¹ Link: Klimakrisen kræver, at vi sætter os nye klimamål | Green Power Denmark.

² Dette kan f.eks. Være en CfD-mekanisme, som dækker prisspændet mellem fossile og grønne brændstoffer.

Mulig udvikling i drivere for investeringer i havvind



Figur 23: Green Power Denmarks forslag til tre nye klimamål

Green Power Denmarks forslag til mål for globale klimabidrag i 2030, som kan guide mod fremtidens behov før effektive markeder er på plads.





Design enkle og forudsigelige betalingsmodeller for både et stats- og markedsdrevet havvindspor

Den nære fremtid: Statslige udbudsrammer for 9 GW med mulighed for overplanting

I maj 2023 landede den vigtige tillægsaftale om udbudsrammerne for 6 GW havvind med mulighed for overplantning samt 3 GW for Energiø Bornholm.

Aftalen introducerer nye elementer til udbudsrammerne: En betalingsmodel, der består af koncessionsbetalinger i kombination med et statsligt medejerskab på 20 procent af kapaciteten der ikke vedrører Energiø Bornholm, adgangskrav der indebærer sociale klausuler og bæredygtighed bl.a i form af monitorering af havnatur og biodiversitet, krav om positiv påvirkning af havmiljøet og biodiversiteten samt ikke mindst etablering af en økonomisk stærk havnaturfond.

Med aftalen er skinnerne lagt for tiden frem til 2030, og udgør et godt afsæt for det strategiske sigte frem mod 2040.

Fremtidige betalingsmodeller med løbende betalinger, der følger indtjening fra VE-produktion

Green Power Denmark peger på, at det er afgørende i god tid før 2040, at se nærmere på hvordan betalings-

modellerne efter 2030 bør designes for at understøtte langsigtede, stabile rammer, der gør Danmark til et attraktivt marked for investeringer i havvind. Green Power Denmark ønsker, at der ses bredt på mulige betalingsmodeller til staten.

Vi opfordrer til, at myndigheder og havvindsaktørerne på baggrund af de indhentede erfaringer med det kommende statslige medejerskab evaluerer modellen og tager stilling til fremtiden.

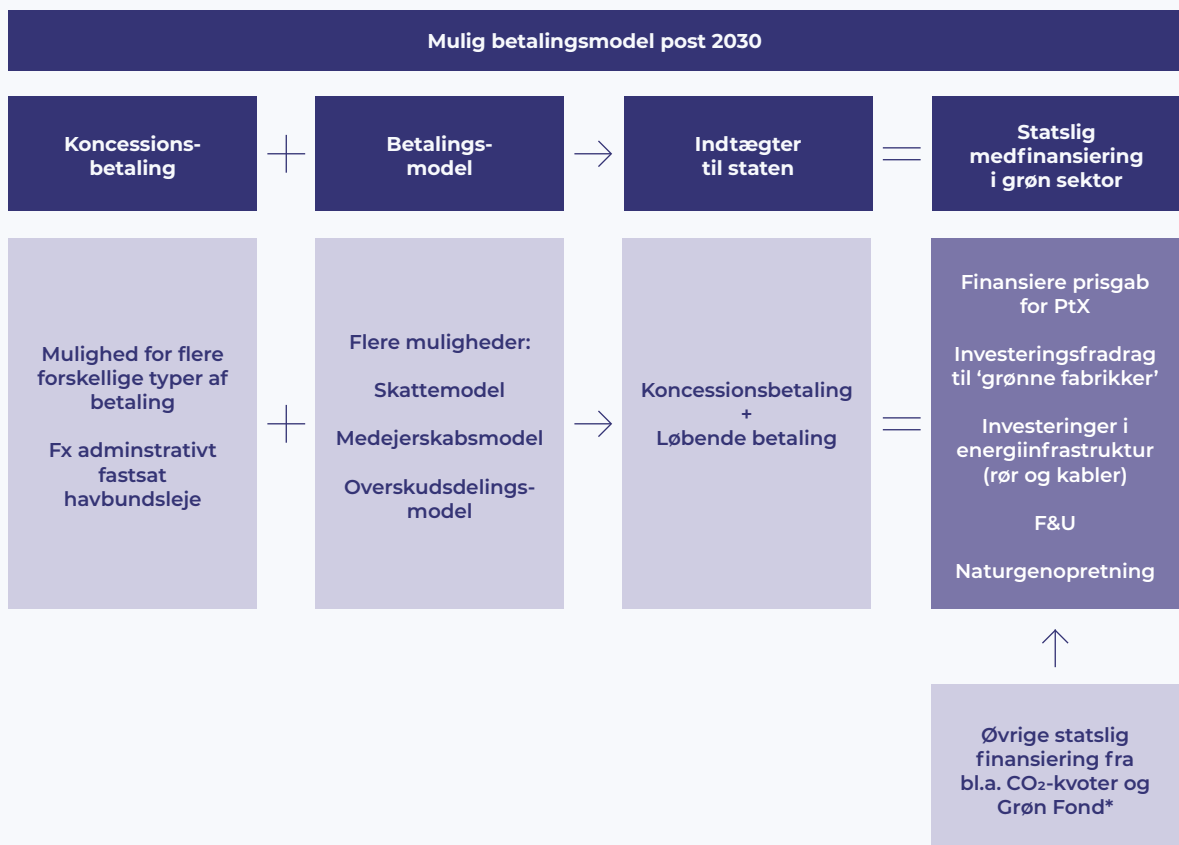
Her peger Green Power Denmark på, at betalingsmodeller der følger indtjening fra VE-produktionen er afgørende for at understøtte de øvrige samfundskritiske funktioner, som havvinden kan være med til at varetage, bl.a i form af systemintegration, genanvendelighed af komponenter, naturpositiv etablering og drift af parkerne, nedbringelse af miljøpåvirkning generelt pba. LCA analyser og ikke mindst forretningsmæssig innovation. Fremtidige betalingsmodeller skal indrettes klogt med disse hensyn for øje.

"Cirkulært bidrag" til den danske grønne sektor

Uanset hvilken fremtidig betalingsmodel havvind i Danmark skal honorere, mener Green Power Denmark,

Figur 24: Betalingsmodeller for havvind post 2030

Stabile rammevilkår tillader virksomheder at lave de nødvendige store og langsigtede private investeringer, som politikerne og klimamålsætninger opstiller. Vi skal derfor allerede nu i gang med at udvikle betalingsmodellerne, der skal udrulles efter 2030. På den måde kan vi sikre transparens for investorer med betalingsmodeller, der afspejler den løbende reelle værdiskabelse fra havvind til el og brint/PtX. Green Power Denmark foreslår, den mulighed at staten øremærker provenu fra havvindudbygningen til at medfinansiere den grønne sektor.



Note: * I juni 2022 blev der indgået politisk aftale om at etablere en Grøn Fond, som reserverer i alt 53½ mia. kr. til den grønne omstilling mod 2040. Aftaleparterne var enige om, at det grønne råderum bl.a. skal bidrage til udbygning af havvind, PtX og pyrolyse og grøn gas.

at indtægter fra projekterne bør øremærkes til Danmarks grønne omstilling på langt sigt.

Green Power Denmark opfordrer til, at de indtægter staten får fra den fremtidige udbygning målrettes den grønne omstilling med henblik på at levere på klimamålsætningerne og bidrage til at Danmark kan fastholde den grønne førertrøje på globalt plan.

Den kommende havnaturfond er et godt eksempel på, hvordan indtægter fra havvindmølleparkerne kan bidrage til at skabe rammerne for at opnå havnaturfondens todelte formål: At skabe forskning om sameksistens mellem VE og natur i verdensklasse, og understøtte omkostningseffektiv naturgenopretning.



Bæredygtighed kan fremtidssikre dansk havvind

De nye udbudsrammer sikrer bæredygtighed på kort sigt

De nye udbudsrammer for havvind hæver barren for bæredygtighed og naturhensyn for de statslige udbud frem mod 2030. I alt syv adgangskrav indebærer bl.a., at koncessionshaver skal monitorere de natur- og miljøeffekter, som havvindmøllerne har, koncessionshaver skal udføre livscyklusanalyser på komponent- og projektniveau og der stilles krav til genanvendelige møllevinger.

Derudover skal nogle af havvindmølleparkerne opføres på baggrund af natur-inkluderende design, som betyder, at vindmøllerne opstilles på en måde, som har en gavnlig effekt på omkringliggende natur. Udbud frem mod 2030 afgøres fortsat med pris, som den afgørende faktor, hvilket er hensigtsmæssigt grundet det aktuelle behov for tempo og acceleration i udbygningen.

Non-price-kriterier som et konkurrenceparameter, der driver udvikling

Green Power Denmark mener, at minimumskrav til bæredygtighed i udbudsrammerne for de 9 GW slår de rigtige takter an. Non-price kriterier bliver et endnu vigtigere konkurrenceparameter fremover for at drive udvikling i state-of-the art havvind, og opfordrer til at kriterier kommer til at indgå klogt også i designet af fremtidens havvindudbud. Non-price-kriterier kan inddeles i særligt to kategorier: Bæredygtighedsudbud, der fokuserer på naturhensyn, øget biodiversitet og sameksistens og innovationsudbud, der fokuserer på systemintegration og forretningsmæssig innovation.

Green Power Denmark understreger vigtigheden af, at der frem mod 2040 skal etableres havvind, der falder indenfor rammerne af begge kategorier. Et øget fokus på non-price-kriterier medfører en række positive effekter, som gavner den danske industri, der kan udmærke sig på kvalitet i en international konkurrence, hvor et ensidigt fokus på pris forventeligt reduceres over tid.

Derfor er det vigtigt og rigtigt, at vi i dette årti indhenter erfaring fra kvalitative tiltag og deres effekter såvel fra dansk udbygning med havvind som fra vores nabolande. Erfaringerne fra dette årti og tydelighed om de kvalitative kriterier i de fremtidige udbud, kan i kombination understøtte at branchen kan etablere havvind af højeste kvalitet for havvindnationerne frem mod 2040.

Behov for data, videndeling og transparente målemetoder

Særligt tre elementer er vigtige for videreudvikling af non-price-kriterierne fremadrettet: Data, videndeling og målemetoder.

Green Power Denmark hilser den kommende havnaturfond velkommen og understreger behovet for at gøre havnaturfonden til et permanent organ, der særligt fokuserer på viden om sameksistens mellem VE-produktion og den omkringliggende natur.

Allerede i dette årti er der et stort behov for at igangsætte forskningsprojekter, der har til formål at fylde videnshuller og indsamle data, som kan bidrage til at udvikle



løsninger på de udfordringer, som forskning viser, at der findes i forbindelse med VE-produktion, bæredygtige komponenter, monitorering og biodiversitet.

Green Power Denmark arbejder for, at der frem mod 2040 fastlægges industristandarder der muliggør tilrettelæggelse og opgørelse af dekarboniserings- eller biodiversitetsindsatser på en objektiv og sammenlignelig måde.

Kvalificerede målemetoder skal bidrage til transparens i vurderinger af non-price-tiltag, men anvendelsen af objektive, kvantificerbare og robuste non-price evalueringskriterier er for øjeblikket en udfordring. Der er endnu ikke udviklet verificerbare og harmoniserede industristandarder på dette område, og det hæmmer level-playing field og sektorens sikkerhed i disse indsatser.





Bilag

Beregnings- forudsætninger



Udbygning af elektrolysekapacitet i Danmark

Figur 25 viser den antagne elektrolysekapacitet frem mod 2040 i scenariet "Havvind på markedsvilkår" med 50 GW havvind i 2040. Der er generelt forudsat 5000 fuldlasttimer for elektrolysekapaciteten i rapporten ved omregning til brintproduktion. Desuden 70% elektrolysevirkningsgrad for omregning til elforbrug.

Elektrolysekapaciteten er i 2030 antaget til ca. 9 GW og ligger hermed over det politiske mål på 4-6 GW elektrolyse i 2030, men under markedetsinteressen¹ på op til 14 GW i Danmark, hvortil muligheden for overplantning fra statslige havvindudbud frem mod 2030 kan give yderligere ny interesse for brintproduktion.

I 2040 er antaget 30 GW elektrolyse i Danmark, hvilket kan svare til omkring 10% af EU's samlede brintproduktion i 2040². Tysklands forventede import af rørført brint på land i 2040 svarer alene til omkring 30 GW elektrolyse i 2040³.

Den forudsatte anvendelse af brintproduktionen fra elektrolysekapaciteten i 2030 og 2040 er illustreret i tabellen på modsatte side. Fordelingen mellem f.eks. brint til eksport i rør og øvrige anvendelser er usikker og

afhænger af hvordan efterspørgsel udvikler sig til disse anvendelser i både ind og udland. Alle anvendelserne kan potentielt efterspørge endnu mere brint i både 2030 og 2040, hvilket er antaget i rapportens scenarie "PtX gamechanger" som øger markedsmuligheden for havvind i Danmark yderligere.

Elprisen påvirkes af samspillet med havvind og fleksibel elektrolysekapacitet

Samspillet mellem udbygning af bl.a. havvind (og land-baseret vind og sol) og elektrolysekapacitet vil have betydelig indflydelse på elprisen. Green Power Denmark har via analyser i elsystemmodellen Balmorel beregnet scenarie med 50 GW havvind og 30 GW elektrolyse i 2040 i Danmark i sammenhæng med markant udbygning af vedvarende energi og brintproduktion i resten af Europa. Der ses et elprisbillede som minder om scenarier med lavere havvind- og elektrolysekapaciteter i både Danmark og udland. Ligheden skyldes at øget brintproduktionen i høj grad antages prisfleksibel og derfor vil forbruge strøm i perioder med øget vindproduktion og hermed bidrage til at øge elprisen i disse perioder. Green Power Denmark fremlægger resultater for elpriser i senere publikation.

¹ Markedsdialog om brintinfrastruktur 2022 (energinet.dk), link.

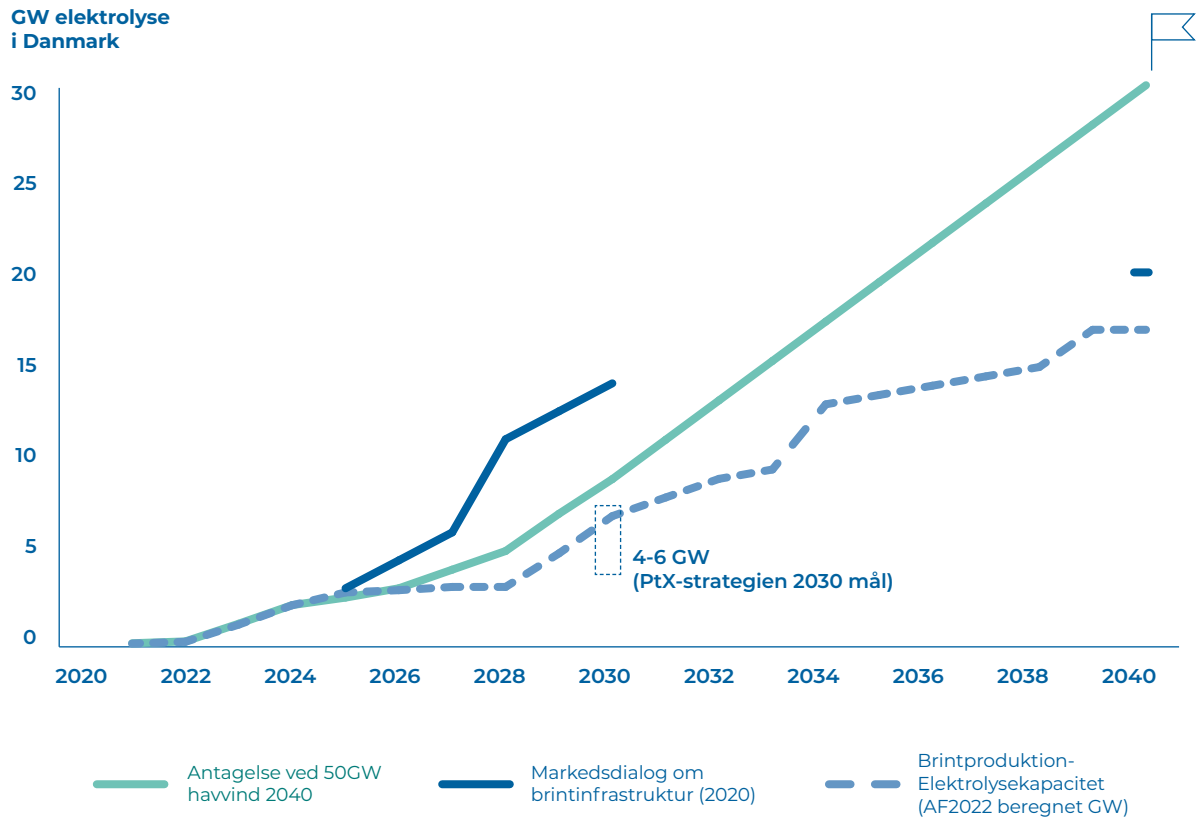
² ENTSOE's Distributed Energy. Hvis ca. 35 mio. tons brint skal laves med elektrolyse kræver det ca. 300-400 GW elektrolysekapacitet.

³ Energinet og Gasunie, Hydrogen market assessment report for Denmark and Germany, 2023, link.

Figur 25

Produktion af havvind til 50 GW i 2040 samt landvind og sol. Desuden VE-produktion som går til eksport af el og brint.

GW elektrolyse i Danmark



Fordeling af elektrolysekapacit på anvendelser (GW)	2030	2040
Nationalt (på land)	0,5	2,6
Fly og skibe	3,3	7,7
Eksport i brintrør	4,3	13,8
Nye industrier & øvrig eksport (ammoniak etc.)	0,8	5,9

Globalt klimabidrag fra PtX-brændstoffer til skibe og fly samt eksport af el og brint/PtX

Ved eksport af grøn el, brint og PtX-brændstoffer fortrænges fossile brændstoffer som hermed skaber et globalt klimabidrag. Figuren viser at eksport af el og brint bidrager med ca. 40 mio. tons CO₂ i 2040 i scenariet "Havvind på markedsvilkår". Hertil kommer ca. 5 mio. tons fra grønne brændstoffer til internationale fly og skibe, samt et mindre bidrag fra PtX anvendt nationalt¹. Fordelingen mellem anvendelsen til hhv. el, brint og brændstofproduktion påvirker CO₂-reduktionen fra af havvindproduktion.

Det globale klimabidrag fra eleksport er et skøn² baseret på fortrængning af gennemsnitlig CO₂-indhold i europæisk elproduktion over perioden, samt CO₂-reduktion fra elektrificering dvs. effekten af at el erstatter fossile brændstoffer i bl.a. transport, husholdninger og industri. Klimaeffekten fra eleksport til elektrificering afhænger af, hvad der fortrænges og med hvilken teknologi.

PtX-brændstoffer til fly og skibe

I tabellen er vist antagelser for klimagevinst fra produktion af PtX-brændstoffer til fly og skibe. I scenariet "Havvind på markedsvilkår" antages at der produceres

PtX-brændstoffer svarende til anbefalet globalt klimamål i 2030, og i 2040 produktion svarende til 100% af optankningen i Danmark i fly og skibe (klimaeffekt på 5,6 mio. tons CO₂). I perioden frem mod 2050 antages nettoeksport af grønne brændstoffer.

I scenariet "PtX gamechanger" er illustreret hvordan en accelereret efterspørgsel på grønne brændstoffer til fly og skibe kan føre til øget produktion og hermed klima-effekt. Der antages en fordobling af produktionen i 2040 og 2050, svarende til klimaeffekt på 11 og 22 mio. tons CO₂ i hhv. 2040 og 2050. Til sammenligning udleder dansk opererede fly og skibe i udlandet i dag hhv. 6 og 35 mio. tons CO₂. Udledninger i Europa er ca. 150 og 180 mio. tons CO₂ fra hhv. fly⁴ og skibe⁵.

Produktionen af PtX-brændstoffer i 2050 vil i scenarierne "Havvind på markedsvilkår" og "PtX gamechanger" svare til ca. 1,6 og 3,2 Mton brint. Det samlede globale efterspørgsel efter flydende PtX-brændstoffer til transport og industri forventes at være 55-100 Mton brint i 2050, jf. Figur 11.

¹ Regeringens strategi for Power-to-X, [link](#). Tabel 1 angiver "robuste potentialer af usikker størrelse" (bl.a. til national brug i vejtransport og industri), hvor det øvre skøn for CO₂-reduktionen i disse kategorier er antaget opnået i 2045, svarende til ca. 2 mio tons CO₂ er opnået i 2040.

² Dansk Energi, VE-outlook 2019, [link](#). I gennemsnit er klimaeffekten ved elektrificering ca. 600 gCO₂ pr. kWh nyt elforbrug på tværs af transport, varme og industri – i beregningen i denne rapport er antaget en løbende reduktion svarende til en CO₂-reduktion fra elektrificering falder fra ca. 400 til 350 gCO₂ pr. kWh nyt elforbrug mellem 2030 til 2040. Hertil kommer CO₂-reduktioner i elsystemet på ca. 100 gCO₂ pr. kWh.

³ 43% reduktionen ift. 2019 svarer til 35% reduktion ift. 1990-niveau.

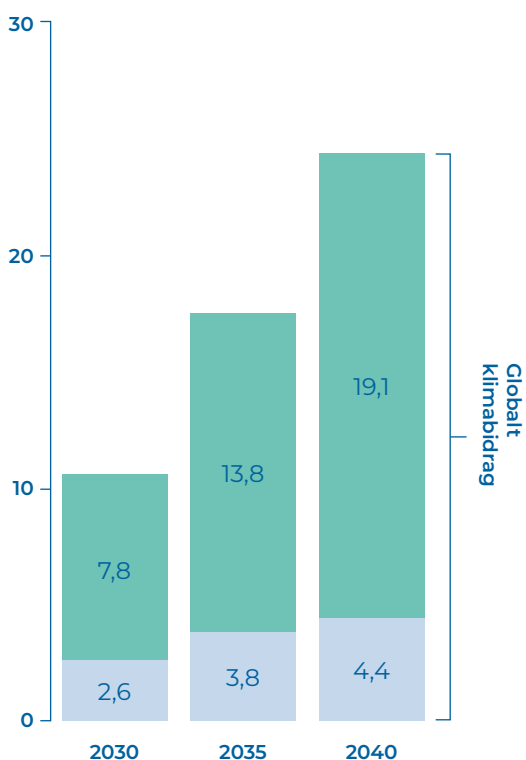
⁴ "Destination 2050 – A route to net zero European Aviation", [link](#)

⁵ The EU Maritime Profile – environment, EMSA, European Maritime Safety Agency, 2022, [link](#)

Figur 26

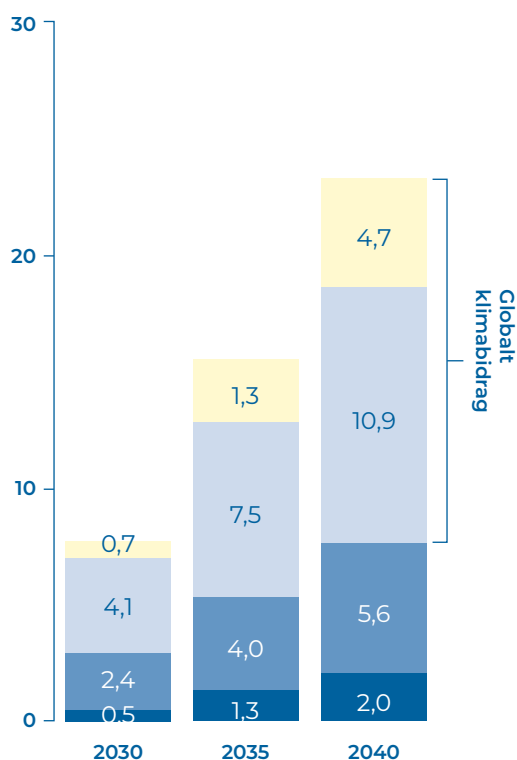
Forudsætninger for beregning af CO₂-reduktioner fra eleksport og PtX i scenariet "Havind på markedsvilkår".

Eleksport klimabidrag (mio. tons CO₂)



- CO₂-reduktioner i elsystemet fra eleksport
- CO₂-reduktioner elektrificering fra eleksport

Brint/PtX klimabidrag (mio. tons CO₂)






- Nationalt (på land)
- Fly og skibe
- Eksport i brintrør
- Nye industrier & øvrig eksport (ammoniak etc)

Scenarier for PtX-brændstoffer til fly og skibe % af optankning i 2019 i Danmark samt klimaeffekt i mio. tons CO ₂	2030	2040	2050
"Havind på markedsvilkår"-scenarie	43% ³ 2,4 mio. tons CO ₂	100% 5,6 mio. tons CO ₂	200% 11 mio. tons CO ₂
"PtX gamechanger"-scenarie		200% 11 mio. tons CO ₂	400% 22 mio. tons CO ₂



Green Power Denmark
+45 35 30 04 00
info@greenpowerdenmark.dk

-  @GreenPowerDK
-  Green Power Denmark
-  greenpowerdenmark

© Green Power Denmark 2023

