



Analyseforudsætninger til Energinet 2025 – Havvind

Baggrundsnotat (høringsudgave)

Kontor/afdeling
Systemanalyse og
innovation

Dato
24. september 2025

J nr.
2025 - 3675

/LSJBR

Indholdsfortegnelse

1. Udviklingen frem mod 2050	2
1.1 Præsentation af AF25-forløbet frem mod 2050	2
1.2. Uddybning af AF25 forløbet og kvalificering ift. AF24	4
2. Metode og antagelser	7
2.1 Generel metode og antagelser ift. modellering af 2050	8
2.2 Konkrete parker, energiøer og yderligere udbygning	9
2.3 Ændringer ift. AF24	14
3. Usikkerheder og følsomhedsberegninger	15
3.1 Usikkerheder ift. AF25-forløbet	15
3.2 Anbefalede følsomhedsberegninger	16
4. Planlagt udvikling	16

Dette baggrundsnotat er en del af Analyseforudsætninger til Energinet 2025 (AF25). AF25 er et målopfyldesscenarie, hvilket vil sige, at AF25 grundforløbet som udgangspunkt er kompatibelt med opfyldelse af de politiske målsætninger og ambitioner på klima- og energiområdet. Det er dog ikke alle målsætninger og ambitioner på klima- og energiområdet, der direkte afspejles i AF25. Desuden specificeres konkrete virkemidler eller tiltag til at indfri de politiske målsætninger og ambitioner ikke.

Energistyrelsen

Carsten Niebuhrs Gade 43
1577 København V

T: +45 3392 6700
E: ens@ens.dk

www.ens.dk



1. Udviklingen frem mod 2050

Danmark råder over store havarealer, hvoraf knap en tredjedel er udlagt til vedvarende energi. Havvindanalysen, som Energistyrelsen udgav i april 2025, finder at der på lang sigt kan være et stort potentiale for udbygning af havvind i dansk farvand. Ifølge Havvindanalysen vil der være et økonomisk rentabelt potentiale på 40-80 GW havvind i dansk farvand på lang sigt.

I AF25 fastholdes ambitionen om 35 GW havvind i dansk Nordsø i 2050 fra *Esbjerg-erklæringen* af 18. maj 2022¹ og *Klimaaftale om grøn strøm og varme 2022* af 25. juni 2022². Sidstnævnte siger, at der skal bygges mere end 35 GW i dansk Nordsø, hvis forholdene og efterspørgslen i Europa tilsiger det. Energiø Nordsøens kapacitet indgår i de 35 GW. Desuden inkluderer fremskrivningen havvind i Kattegat, de indre farvande og Østersøen, herunder Energiø Bornholm.

Siden udgivelsen af AF24 er der sket ændringer i vigtige markedsmæssige forhold for havvind som f.eks. stigende investeringsomkostninger. Disse ændrede markedsforskel har bl.a. medført nogle konkrete forsinkelser af den forventede havvindudbygning. I AF24 var der lagt en forventning om 6 GW radiale havvindmølleparker i primo 2030, idet udbuddet af disse parker blev igangsat i foråret 2024. Ændrede markedsforskel var afgørende for, at der ingen bud kom på de første 3 GW havvind i december 2024, og at udbuddene af de følgende 3 GW i april 2025 blev annulleret. Den 19. maj 2025 indgik regeringen, Danmarksdemokraterne, Socialistisk Folkeparti, Det Konservative Folkeparti, Enhedslisten, Radikale Venstre og Alternativet '*Aftale om udbudsrammer for tre havvindmølleparker*', hvor det blev aftalt at udbyde tre havvindmølleparker (ud af de oprindelige seks) med mere attraktive vilkår, herunder statsstøtte. Forløbet medfører, at de tre genudbudte parker udskydes med 2-3 år i AF25 ift. AF24. Etableringsåret for de resterende tre parker i AF25 følger antagelserne i statsstøtteberegningerne for de tre udbudte parker. Energiø Nordsøen og Energiø Bornholm er også skudt i tid ift. AF24.

Alle årstal i notatet opgøres som primo år, hvilket svarer til det første hele år hvor parkerne er i drift, svarende til året efter etableringsåret.

1.1 Præsentation af AF25-forløbet frem mod 2050

AF25-forløbet for havvind indebærer en udbygning fra den eksisterende havvindkapacitet på ca. 2,7 GW i 2025 til en samlet havvindkapacitet på 44,3 GW havvind i Danmark i 2050, jf. figur 1. Det inkluderer havvindmølleparker til Danmark, havvind forbundet til de to energiøer og havvind til udlandet. I 2050 antages 35 GW opført i den danske del af Nordsøen og den resterende kapacitet

¹ <https://regeringen.dk/aktuelt/tidligere-publikationer/the-esbjerg-declaration/>

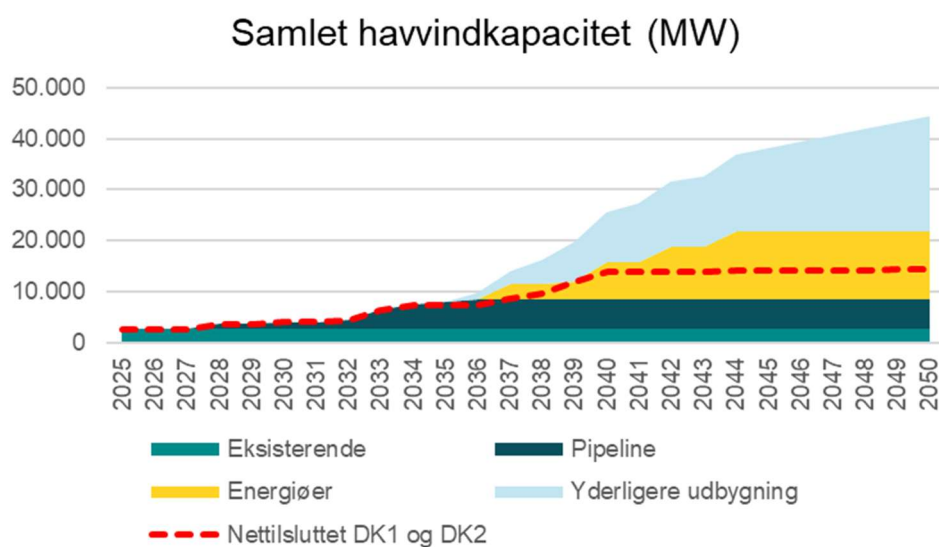
² <https://regeringen.dk/media/11470/klimaaftale-om-groen-stroem-og-varme.pdf>



opføres i indre farvande, Kattegat og Østersøen. I AF25 lægges det således til grund, at havvindkapaciteten i Danmark øges med ca. 41,6 GW fra 2025 til 2050.

Da nogle havvindmølleparker i pipeline enten er aflyst eller udskudt siden AF24, lægges det dog til grund, at havvindudbygningen først rigtigt tager fart et stykke inde i 30'erne, jf. figur 1. Fra 2035 til 2050 lægges det til grund, at der i gennemsnit bygges ca. 2,5 GW havvind i Danmark årligt for at kunne indfri ambitionen om 35 GW i Nordsøen.

Figur 1: Samlet havvind i AF24 (MW)



Fremskrivningen er opdelt i følgende fire kategorier, som gennemgås nærmere i afsnit 2.1:

- **Eksisterende havvind** omfatter parker opstillet frem til og med første halvår 2025.
- **Pipeline** omfatter den forventede havvindudbygning fra andet halvår 2025 frem til og med primo 2034, som følge af kommende og afsluttede udbud, samt parker fra åben-dør ordningen.
- **Energiøer** omfatter Energiø Bornholm og Energiø Nordsøen.
- **Yderligere udbygning** omfatter havvindudbygning i Kattegat, Østersøen og Nordsøen efter 2035. Denne udbygning er ikke omfattet af konkrete politiske aftaler om udbud. Dog er den antagne udbygning i Nordsøen omfattet af ambitionen om 35 GW havvind i dansk Nordsø i *Klimaaftale om grøn strøm og varme 2022* og Esbjerg/ Oostende erklæringerne.

Væsentlige usikkerheder i AF25-forløbet omfatter følgende (jf. også afsnit 3):



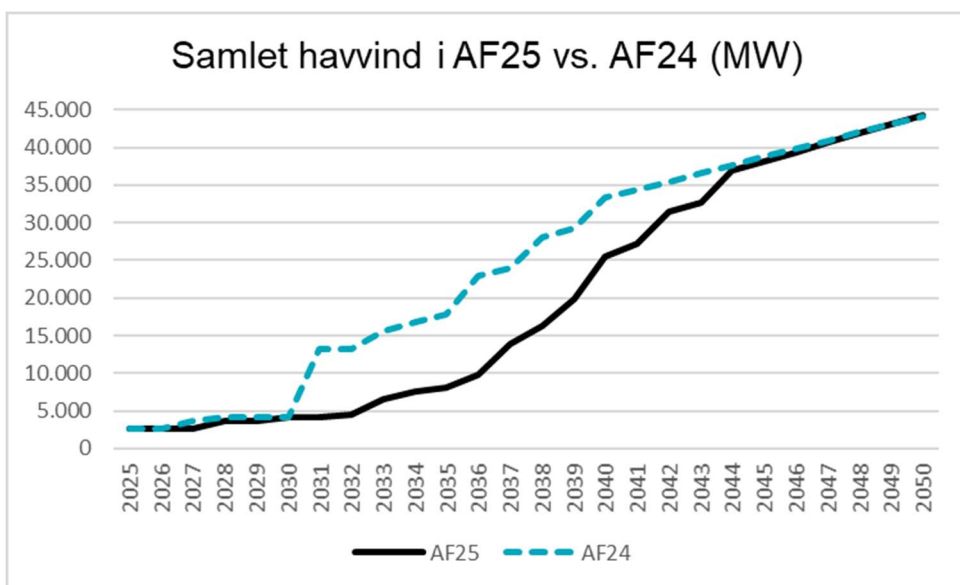
- Den samlede udbygning af dansk havvindkapacitet på lang sigt er behæftet med stor usikkerhed og vil bl.a. afhænge af udfasningen af fossile brændsler, teknologi- og omkostningsudviklingen, samt udlandets produktion og efterspørgsel på energi.
- Det er endnu uvist, hvor meget havvind i dansk farvand der nettilsluttes Danmark eller vores nabolande på lang sigt, da det afhænger af flere faktorer, herunder i hvor høj grad havvind bliver tilsluttet elektrolyseanlæg via direkte linjer.
- Energiøerne og havvindmølleparker forbundet direkte til udlandet er primært møntet på eksport og derfor afhængig af aftaler med udlandet.

1.2. Uddybning af AF25 forløbet og kvalificering ift. AF24

De væsentligste ændringer i AF25 ift. AF24 omfatter udskudt kapacitet i følgende kategorier af havvind (jf. også afsnit 2.2):

- Havvindmølleparker tilsluttet DK1 og DK2
- Energiø Bornholm og Energiø Nordsøen
- Parker forbundet direkte til udlandet

Figur 2 viser forløbet for udbygning af havvind i AF25 sammenlignet med forløbet i AF24. Ovennævnte forsinkelser i havvindudbygningen er afspejlet i forløbet og gør at kurven for AF25 ligger lavere end for AF24 mellem 2030 og 2043, hvorefter havvindudbygningen følger ca. samme forløb. Den samlede danske havvindkapacitet i 2050 ligger på omtrent samme niveau i henholdsvis AF24 og AF25.





Figur 2: Samlet havvind i AF25 vs. AF24

I AF25 antages en samlet nettilslutning af havvind på ca. 14,4 GW i DK1 og DK2 i 2050. Det vil sige, at Energinet kun skal forberede nettilslutning til ca. en tredjedel af fremskrivningens samlede, danske havvindkapacitet i 2050.

Fordelingen heraf er:

- 5,9 GW havvind med fuld nettilslutning i DK1 og DK2
- 5,4 GW nettilslutning til forbrugsanlæg i DK1 og DK2 forbundet til ca. 7,4 GW havvind. Forbrugsanlæg omfatter elektrolyseanlæg og DAC-anlæg, som forsynes af strøm fra havvindmølleparker via direkte linjer.
- 1,2 GW elforbindelse til Bornholm
- 2 GW elforbindelse til Energiø Nordsøen

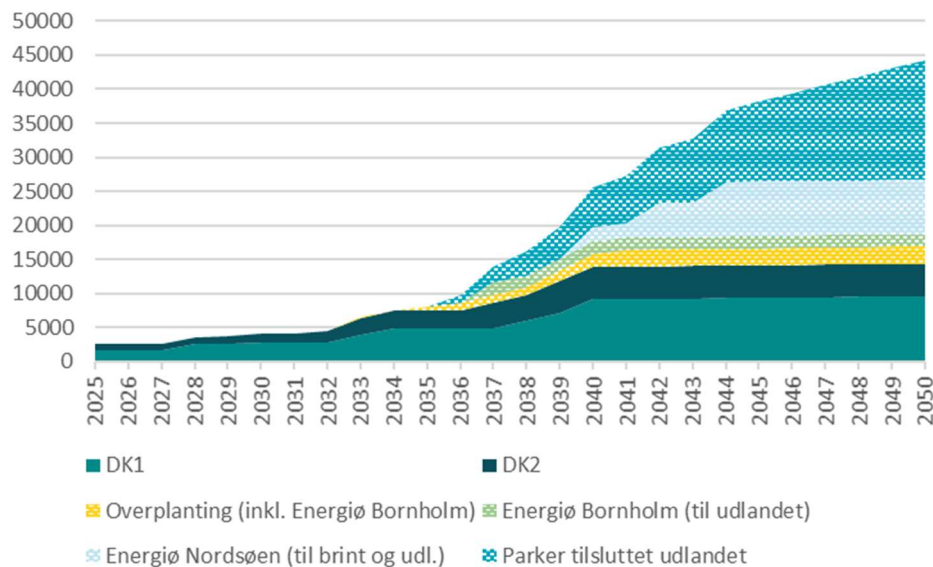
Sidstnævnte kategori af nettilslutning er i Energistyrelsens langsigtede optimeringsmodel repræsenteret ved en ilandføringszone for havvind. Kategorien kan ikke direkte aflæses af figur 3, men indgår under hhv. 'overplanting' og 'DK1'.

De resterende 29,9 GW fordeler sig på havvindmølleparker forbundet direkte til udlandet, energiøer til udlandet, og havvindkapacitet der går til elforbrug 'bag måleren'.

Figur 3 viser den forudsatte udvikling i den samlede havvindkapacitet i AF25 fordelt på budzoner i Danmark, overplanting samt havvind til udlandet. Nettilslutningen til DK1 og DK2 inkluderer 1,2 GW fra Energiø Bornholm og 2 GW fra Energiø Nordsøen. Den resterende kapacitet på energiøerne som nettilsluttes udlandet, er opgjort særskilt i figuren.



Havvind fordelt efter nettilslutning (MW)



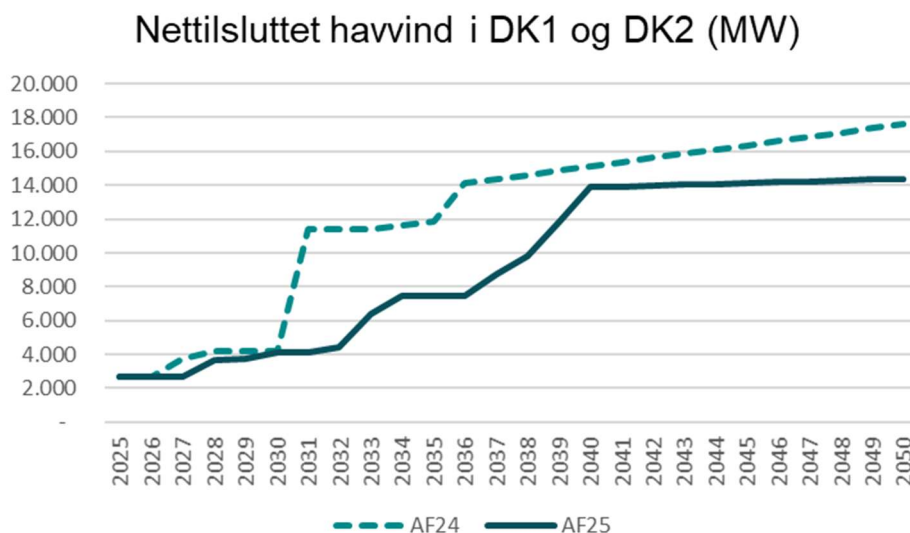
Figur 3: Samlet havvind i AF25 fordelt på elområder og ikke-nettilsluttet kapacitet. Havvind som tilsluttes DK1 eller DK2 er angivet med solid farve. Resten går til elektrolyseanlæg uden nettilslutning, offshore elektrolyse eller tilsluttes direkte til udlandet.

Fordelingen af havvindmølleparker til Danmark og havvindmølleparker til udlandet i 2050 baseres på en økonomisk optimering foretaget i Energistyrelsens langsigtede investeringsmodel (PEERS). Den væsentligste ændring fra AF24 til AF25 i PEERS er, at AF25 simuleringerne baserer sig på et opdateret udlandsscenario (TYNDP24 fremfor TYNDP22).³ Parker til udlandet kan eksporteres som el og potentielt på sigt⁴ som brint fra elektrolyseanlæg på havet, alt efter mulighederne for tilslutning i modtagerlandet og udvikling af teknologierne. Da havvind til udlandet er behæftet med stor usikkerhed og ikke har betydning for Energinets netudbygning, specificeres denne kategori ikke nærmere i AF25.

PEERS-optimeringen skønner, at en større andel af dansk havvind vil gå direkte til udlandet sammenlignet med AF24. Dette medfører en nedjustering af nettilslutningskapaciteten til havvind på ca. 3,2 GW sammenlignet med AF24, jf. figur 4.

³ Jf. også afsnit 3.2 i AF25 Sammenfatningsnotatet.

⁴ [Der er i dag ikke hjemmel til elektrolyse på havet.](#)



Figur 4: Havvindens nettilslutning i DK1 og DK2 i hhv. AF24 og AF25, inkl. forbindelser til de to energikæder.

I tråd med selve havvindudbygningen (figur 2), indføres havvindens nettilslutning langsomt i AF25 end i AF24. Til gengæld følger havvindudbygningen en stejl kurve fra 2036 til 2040, hvor de to energikæder og yderligere 3 GW havvindmølleparker til Danmark ifølge fremskrivningen sættes i drift.

2. Metode og antagelser

Fremskrivningen af havvind i analyseforudsætningerne baseres på flere på forhånd fastlagte antagelser, herunder:

- en pipeline over kommende parker frem mod 2035
- de to energikæder fra primo 2037-2044
- ambitionen om 35 GW havvind i Nordsøen i 2050.

Disse beskrives nærmere i afsnit 2.2.

Derudover er fremskrivningen baseret på resultater for den langsigtede optimeringsmodel PEERS, som simulerer et økonomisk optimeret europæisk energisystem i 2050. Følgende elementer i fremskrivningen fastlægges på baggrund af PEERS optimeringen:

- tilslutning af kystfjern havvind i Nordsøen i 2050
- yderligere udbygning af radial havvind i Kattegat og Østersøen
- graden af nettilslutning/ direkte linjer til forbrug

Disse elementer beskrives i afsnit 2.1.



2.1 Generel metode og antagelser ift. modellering af 2050

2.1.1 Tilslutning af kystfjern havvind i Nordsøen i 2050

Det antages, at den samlede havvindkapacitet i den danske del af Nordsøen er 35 GW i 2050, herunder at Energiø Nordsøen etableres med en kapacitet på 10 GW. Den resterende havvindkapacitet i Nordsøen fordeles mellem Danmark og udlandet ud fra en modelberegnet økonomisk optimering.

Havvindanalysen⁵ har vist at økonomien ved den samlede udbygning af havvind i dansk farvand forbedres ved at en væsentlig del af havvinden tilsluttes direkte til udlandet. Når parkerne ligger langt fra den danske kyst og energien ikke skal bruges i Danmark, kan det således være mere omkostningseffektivt at eksportere energien direkte over havet, end at føre den over dansk landjord. Denne type havvind har i AF25 kategorien havvind 'ej tilsluttet Danmark'.

2.1.2 Yderligere udbygning af radial havvind i Kattegat og Østersøen efter 2035

I Østersøen antages det, at Energiø Bornholm opføres med 3 GW havvindkapacitet, som eksporteres via kabler til Danmark og Tyskland samt med overplantning på 0,4 GW.. Den yderligere udbygning i de øvrige danske farvande (Kattegat og Østersøen) fastlægges af en modelbaseret økonomisk optimering på lang sigt.

2.1.3 Graden af nettilslutning

Fordelingen mellem havvind tilsluttet elnettet direkte (fuld nettilslutning) og havvind tilsluttet elforbrug via direkte linjer (ingen eller delvis nettilslutning) er resultatet af en økonomisk optimering. I PEERS etableres en ilandføringszone som kystnære havvindmølleparker i Nordsøen skal forbinde sig til, og som kystfjerne Nordsøparker kan forbinde sig til, såfremt de forbindes til Danmark. PEERS optimerer derefter mængden af elektrolysekapacitet i ilandføringszonen samt ilandføringszonens andel af den danske DAC-kapacitet. Dette svarer til direkte linjer fra havvinden til hhv. elektrolyse- og DAC-anlæggene. Derudover optimeres elforbindelsen fra ilandføringszonen og videre ind i DK1, svarende til en optimering af den delvise nettilslutning. Kapaciteten af elforbindelsen mellem ilandføringszonen og DK1 indgår i summen af den totale nettilslutning af havvind i Danmark.

AF25 differentierer således mellem tre grader af nettilslutning for havvind:

- **Fuld nettilslutning**, hvor havvinden er fuldt tilsluttet det kollektive elnet og dermed leverer hele el-inputtet til det kollektive elnet i Danmark.

⁵ <https://ens.dk/energikilder/planlaegning-af-fremtidens-havvindmoelleparker>



- **Delvis nettilslutning**, hvor havvinden er tilsluttet et elektrolyseanlæg via direkte linjer, som har delvis nettilslutning til det kollektive elnet i Danmark.
- **Ingen nettilslutning**, hvor havvinden ikke er tilsluttet det kollektive elnet i Danmark.

Der er systemmæssige og økonomiske fordele ved hel eller delvis nettilslutning til det kollektive net: strøm fra havvind kan sælges når elprisen i den forbundne budzone er høj, og strøm fra nettet kan importeres til elektrolyseanlæg når elprisen er lav. Derfor forudsættes det, at havvind uden nettilslutning til det danske elnet kun vedrører parker, som er forbundet til energiøerne eller udlandet.

2.2 Konkrete parker, energiøer og yderligere udbygning

Nedenfor fremgår en beskrivelse af de underliggende forudsætninger inden for de fire kategorier, som fremskrivningen er inddelt i; eksisterende havvind, havvind i pipeline, energiøer og yderligere udbygning.

2.2.1 Eksisterende havvind

Den nuværende danske havvindkapacitet ligger på 2,64 GW. I AF25 antages det beregningsteknisk, at kapaciteten af eksisterende havvindmølleparker fastholdes i hele fremskrivningsperioden, idet det er vanskeligt at vurdere, hvorvidt de eksisterende havvindmølleparker tages ud af drift, levetidsforlænges eller erstattes med nye parker frem mod 2050. Forudsætningerne for de eksisterende havvindmølleparker fremgår af tabel 1 nedenfor.

Tabel 1: Forudsætninger for eksisterende havvindmølleparker

Park	Placering	År for idriftsættelse	Kapacitet (MW)	Fuldlasttimer (MWh/MW)*
Tunø Knob	DK1	1995	5	2.800
Middelgrunden	DK2	2000	40	2.250
HornsRev1	DK1	2002	160	3.806
Rønland (2002)	DK1	2002	4	4.000
Rønland (2003)	DK1	2003	13,2	3.839
Nysted	DK2	2003	165,6	3.255
Samsø (2003)	DK1	2003	20,7	3.430
Frederikshavn (2003)	DK1	2003	7,6	2.763
Horns Rev 2	DK1	2009	209,3	4.056
Avedøre Holme (2009)	DK2	2009	7,2	3.333
Avedøre Holme (2011)	DK2	2011	3,6	3.611
Sprogø	DK2	2009	21	2.810
Rødsand	DK2	2010	207	3.725
Anholt (2012)	DK1	2012	50,4	4.226
Anholt (2013)	DK1	2013	349,2	4.227
Samsø (2018)	DK1	2018	2,3	3.750



Park	Placering	År for idriftsættelse	Kapacitet (MW)	Fuldstimer (MWh/MW)*
Nissum Bredning (Forsøgsmøller)	DK1	2018	28	4.036
Horns Rev 3	DK1	2019	406,7	4.261
Kriegers Flak Vest	DK2	2021	201,6	4.077
Kriegers Flak Øst	DK2	2021	403,2	3.785
Vesterhav Syd	DK1	2024	168	3.869
Vesterhav Nord	DK1	2024	176,4	4.450

* For eksisterende møller anvendes gennemsnittet af de observerede årlige fuldstimer (målinger). Dette er en metodisk ændring ift. sidste år, hvorfor fuldstimerne afviger fra AF24. For Vesterhav Nord, hvor der endnu ikke er data fra et fuldt driftsår, anvendes en vægtning af historiske vejrår. For Vesterhav Syd er data baseret på ét fuldt driftsår.

2.2.2 Havvind i pipeline

Den nuværende pipeline for havvind rækker frem til primo 2035, og indeholder parker, som følger af politiske aftaler om udbud eller åben-dør ordningen. Udbygningen inkluderer overplanting iht. de politiske aftaler. Udbygningen frem mod 2030 er baseret på følgende politiske aftaler og ordninger:

- A. *Energiaftale* af 29. juni 2018⁶
- B. *Klimaaf tale for energi og industri mv.* af 22. juni 2020⁷
- C. Aftaler om Finansloven for 2022, *Delaftale om Investeringer i et fortsat grønnere Danmark* af 4. december 2021⁸
- D. *Klimaaf tale om grøn strøm og varme 2022* af 25. juni 2022⁹
- E. *Marienburg-erklæringen* af 30. august 2022¹⁰
- F. *Aftale om udbudsrammer for tre havvindmølleparker* af 19. maj 2025
- G. *Åben-Dør-ordningen for vedvarende energianlæg på havet*¹¹

I tabel 2 nedenfor fremgår de havvindmølleparker, der forudsættes idriftsat frem til og med 2030. Kolonnen "Ophæng" refererer til ovenstående liste med aftaler. Alle havvindmølleparker antages at have en levetid på 30 år baseret på det seneste udbud af Thor havvindmøllepark og Energistyrelsens Teknologikatalog.

Åben dør-ordningen

Tre ud af fire projekter har siden udgivelsen af AF24 fået etableringstilladelse, og hele kapaciteten medtages nu i fremskrivningen, fremfor kun halvdelen som i AF24. Aflandshage Vindmøllepark har ikke en etableringstilladelse og kapaciteten indgår derfor kun med halv vægt, som svarer til praksis i tidligere analysefremskrivninger.

⁶ Jf. <https://www.kefm.dk/media/6646/energiaftale2018.pdf>

⁷ Jf. [https://kefm.dk/Media/8/8/aftaletekst-klimaaf taleenergi-og-industri%20\(1\).pdf](https://kefm.dk/Media/8/8/aftaletekst-klimaaf taleenergi-og-industri%20(1).pdf)

⁸ Jf. <https://regeringen.dk/media/10930/delaftale-om-investeringer-i-et-fortsat-grønnere-danmark.pdf>

⁹ Jf. [Klimaaf tale om grøn strøm og varme 2022 \(regeringen.dk\)](https://www.kefm.dk/Media/638832600830188706/Aftale%20om%20udbudsrammer%20for%20tre%20havvindmølleparker.pdf)

¹⁰ Jf.

<https://www.kefm.dk/Media/638832600830188706/Aftale%20om%20udbudsrammer%20for%20tre%20havvindmølleparker.pdf>

¹¹ Jf. [Åben dør-ordningen for vedvarende energi-anlæg på havet | Energistyrelsen \(ens.dk\)](https://ens.dk/Åben-dør-ordningen-for-vedvarende-energi-anlæg-på-havet)



Parkerne er skudt med 1-3 år ift. fremskrivningen i AF24. Etableringsårene for Frederikshavn og Jammerland bugt stemmer overens med Klimastatus- og fremskrivning 2025 (KF25), mens Lillebælt Syd er udskudt et år ift. KF25, baseret på de nyeste udmeldinger fra projekterne. Aflandshage fremgik ikke af KF25, som ikke medtager havvindmølleparker uden etableringstilladelse.

Tre havvindmølleparker

Aftale om udbudsrammer for tre havvindmølleparker af 19. maj 2025 omfatter udbud af Hesselø, Nordsøen Midt og Nordsøen Syd. De to Nordsø-parker udbydes med en minimumskapacitet på 1 GW pr. område, som antages tilsluttet det kollektive elnet. Derudover tillades fri overplanting for de to områder, således at koncessionshaverne frit kan etablere kapacitet ud over minimumskapaciteten. I AF24 blev det lagt til grund, at halvdelen af den mulige overplantingskapacitet blev realiseret. Da overplantingskapaciteten ifølge den nyeste aftale er frivillig, og derfor ikke kendes for nærværende, er overplantingskapaciteterne fra AF24 fastholdt i AF25, således at der for Nordsøen Midt og Nordsøen Syd antages 500 MW overplanting¹². For Hesselø er kapaciteten 1 GW med mulighed for 200 MW overplanting. Det antages som i AF24, at halvdelen af den mulige overplantingskapacitet etableres, svarende til 100 MW.

For Nordsøen Midt og Syd antages den overplantede kapacitet etableret to år efter idriftsættelse af minimumskapaciteterne for de enkelte parker. For Hesselø antages kapaciteten inkl. overplanting etableret samme år (ultimo 2032).

Tabel 2 viser forudsætningerne for projekterne i pipeline.

Tabel 2: Forudsætninger for pipeline udbygning

Park	Placering	År for idriftsættelse	Første år med fuld produktion/ primo år	Kapacitet (MW)	Fuldlasttimer (MWh/MW)**	Jf. politisk aftale
Thor	DK1	Ultimo 2027	2028	1.008	4.875	A
Frederikshavn	DK1	Ultimo 2028	2029	72	4.325	G
Lillebælt Syd	DK1	Ultimo 2029	2030	165	4.325	G
Jammerland Bugt	DK2	Ultimo 2029	2030	240	4.325	G

¹² | Aftale om udbudsrammer for tre havvindmølleparker af 19. maj 2025 står der, at minimumseffektætheden ikke vil være lavere end 4 MW/km², mens der ikke er fastsat en øvre effektæthed, ligesom der for områderne i Nordsøen tillades fri overplanting. Såfremt Nordsøen Midt og Syd udbygges med 8 MW/km², vil der være plads til min. 2 GW, svarende til 1 GW overplanting. Det antages beregningsteknisk, at 50 pct. af den estimerede potentielle overplantingskapacitet udnyttes. Det svarer til, at der for Nordsøen Midt og Nordsøen Syd vil blive etableret 500 MW overplanting.



Park	Placering	År for idriftsættelse	Første år med fuld produktion/ primo år	Kapacitet (MW)	Fuldlasttimer (MWh/MW)**	Jf. politisk aftale
Aflandshage	DK2	Ultimo 2031	2032	300 (150 er anvendt i modelkørslerne*)	3.425	G
Hesselø	DK2	Ultimo 2032	2033	1.000 (1.100 inkl. overplanting primo 2033)	4.450	E, F
Nordsøen Midt	DK1	Ultimo 2032	2033	1.000 (1.500 inkl. overplanting primo 2035)	4.800	D, F
Nordsøen Syd	DK1	Ultimo 2033	2034	1.000 (1.500 inkl. overplanting primo 2036)	4.800	D, F

* Der anvendes til brug for modelkørslerne bag AF en sandsynlighedsvægtning på 50% af kapaciteten, da projektet ved udarbejdelsen af AF25 ikke har en etableringstilladelse (juni 2025).

** Fuldlasttimer for nye havvindmølleparker er baseret på sitespecifikke antagelser fra opstiller, konsulentrapporter udarbejdet for Energistyrelsen eller Energistyrelsens Teknologikatalog.

2.2.3 Energiøer

I tillæg til havvindmølleparkerne i pipeline antager AF25 også etablering af Energiø Bornholm og Energiø Nordsøen. Energiøerne fremgår af følgende politiske aftaler:

- H. *Energiaftale* af 29. juni 2018
- I. *Klimaaf tale for energi og industri mv.* af 22. juni 2020
- J. *Tillæg til klimaaf tale om energi og industri af 22. juni 2020 vedr. Ejerskab og konstruktion af energiøer mv.* af 4. februar 2021¹³
- K. *Tillægsaftale om Energiø Bornholm 2022* af 29. august 2022¹⁴
- L. *Marienburg-erklæringen* af 30. august 2022¹⁵
- M. *Tillægsaftale om udbudsrammer for 6 GW havvind og Energiø Bornholm* af 30. maj 2023

Tabel 3 nedenfor angiver et overblik over forudsætningerne for energiøerne.

¹³ Jf.

<https://kefm.dk/Media/637661840231461613/Udbudsforberedende%20delaf tale%20om%20langsigtede%20rammer%20-%20energi%C3%B8%20Nords%C3%B8.pdf>

¹⁴ Jf. <https://kefm.dk/aktuelt/nyheder/2022/aug/bredt-flertal-energie- bornholm-udvides-og-forbindes-til- tyskland>

¹⁵ Jf.

https://www.en.kefm.dk/Media/637975454923038956/Declaration%20of%20Energy%20Ministers_310822.pdf



Tabel 3: Forudsætninger for energier

Park	Placering	År for idriftsættelse	Første år med fuld produktion/ primo år	Kapacitet (MW)	Fuldlasttimer (MWh/MW)*	Politisk ophæng
Energio Bornholm	EØB	2036	2037	3.000 (3.400 inkl. overplanting fra primo 2039)	4.350	G, H, J, K, L
Energio Nordsø (Fase 1)	EØN	2039	2040	4.000 (med elforbindelser på 2.000 til DK1 og 2.000 Tyskland)	4.700	H, I
Energio Nordsø (Fase 2)	EØN	2041	2042	3.000 (forbindes til elektrolyseanlæg på øen)	4.700	H, I
Energio Nordsø (Fase 3)	EØN	2043	2044	3.000 (forbindes til elektrolyseanlæg på øen)	4.700	H, I

* Fuldlasttimer for energierne er afrundet til nærmeste 50. De er baseret på vinddata og korrigeret for skyggeeffekter indenfor parkerne.

Antagelser vedr. Energio Nordsøen

I sommeren 2023 blev det besluttet at udskyde beslutningen om igangsættelse af udbuddet for Energio Nordsøen.

I AF25 antages Energio Nordsøen idriftsat med 4 GW havvind primo 2040 i sin første fase, hvoraf 2 GW forbindes til Tyskland og 2 GW tilsluttes det kollektive elnet i Danmark (DK1). Efterfølgende idriftsættes 3 GW primo 2042 og yderligere 3 GW primo 2044, begge tilsluttet elektrolyse på øen. Det antages at brinten eksporteres til Tyskland via et undersøisk brintrør.

Antagelser vedr. Energio Bornholm

For Energio Bornholm antages fuld idriftsættelse i 2036 (ultimo). Dette er et skøn, da den endelige tidsplan, herunder en evt. gradvis indfasning af havvindkapaciteten, ikke er fastlagt ved udarbejdelsen af AF25.

Ligesom i AF24 antages der 400 MW overplanting primo 2039, svarende til 50 pct. af den estimerede potentielle overplanting for Energio Bornholm.

Overplanting-kapaciteten antages tilsluttet til elektrolyseanlæg på 400 MW, som kan udnytte overskydende strøm fra havvinden, efter kablerne er fyldt op. Det forudsættes, at der etableres en forbindelse på 2 GW til Tyskland samt en forbindelse på 1,2 GW til DK2.

2.2.4 Yderligere udbygning

Ud over de eksisterende parker, parker i pipeline og energierne antages en yderligere udbygning af havvind, som består af havvindmølleparker ilandført i



Danmark og parker ilandført direkte til udlandet. Etableringen af disse parker er forbundet med væsentlig usikkerhed.

Den yderligere udbygning antages at finde sted i alle danske farvande; Nordsøen, Kattegat og Øresund. Den indbefatter bl.a. områderne Kattegat, Kriegers Flak II og Nordsøen Nord, som indgik i aftalen om 6 GW (M) og som alle er forundersøgte. Det antages at disse parker etableres mellem 2035 og 2040. For de øvrige parker i kategorien antages en lineær udbygning af radiale parker til Danmark og udlandet fra 2036 til 2050. Den yderligere udbygning af radiale parker til Danmark indfases med 50 MW årligt, og udbygningen af radiale parker til udlandet indfases med 1,2 GW årligt. Kapaciteten i 2050 fastlægges som beskrevet af PEERS modellen, under forudsætning af at ambitionen om 35 GW i Nordsøen i 2050 opfyldes.

AF forholder sig ikke til hvilke konkrete politiske, markedsmæssige eller økonomiske tiltag, der foranlediger den yderligere havvindudbygning. Dog viser PEERS modelleringen, at der under de anvendte forudsætninger (baseret på TYNDP24 DE) vil være behov for energien i Europa, samt at de radiale havvindmølleparker til Danmark og udlandet som udgangspunkt kan være rentable i europæisk energisystem i 2050 der lever op til EU's målsætninger for grøn omstilling, jf. TYNDP24 DE scenariet.

2.3 Ændringer ift. AF24

I det følgende gennemgås de overordnede ændringer fra AF24 til AF25.

2.3.1 Pipeline

Der er forsinkelser for parkerne i pipeline, både hvad angår udbudsparker og de resterende parker under åben dør ordningen. Kriegers Flak II, Kattegat og Nordsøen Nord er flyttet fra kategorien 'Pipeline' til 'Yderligere udbygning', men med samme antagelser om kapaciteter og overplanting som i AF24.

2.3.2 Energiø Nordsøen og Bornholm

I AF25 fastholdes energiøernes konfigurationer¹⁶ fra AF24, men etableringen er skudt i tid. Energiø Bornholm antages således idriftsat i perioden 2034-2036 fremfor i 2030.

Da der ikke foreligger fornyet politisk beslutning om Energi Nordsøen, og dermed ikke en fornyet tidsplan, som AF kan baseres på, antages alle Energiøen Nordsøens faser udskudt med 4 år ift. AF24. Første fase er dermed i drift primo 2040 i stedet for primo 2036.

¹⁶ Energiøernes konfigurationer består af havvind- og elektrolysekapaciteter samt elforbindelser.



Det bemærkes, at de konkrete idriftsættelsesår, kapaciteter og udlandsforbindelser er behæftet med betydelig usikkerhed, og at forudsætningerne i AF25 blot udgør ét muligt scenarie for de to energier.

2.3.3 Nettilslutning

I AF24 blev 17,6 GW havvind nettilsluttet til DK1 og DK2 frem mod 2050, inklusive tilslutningen til de to energier. I AF25 er den nettilsluttede kapacitet 14,4 GW. Det skyldes bl.a., at der i AF25 er tilføjet et væsentligt elforbrug fra DAC-anlæg, hvoraf størstedelen tilsluttes havvinden via direkte linjer, og dermed tilføjer et forbrug, som ikke kræver nettilslutning. Denne udvikling i teknolog medfører en metodeændring fra AF24 til AF25, hvor efterspørgslen fra DAC-anlæg ikke var medtaget.

2.3.4 Havvindmølleparker med direkte tilslutning til udlandet

I AF25 tilsluttes ca. 17,6 GW havvind direkte i udlandet i 2050. Det svarer til minimum 21,6 GW direkte eksport, hvis havvind som eksporteres via energierne forbindelser tælles med. Dermed skønnes det, at godt halvdelen af dansk havvind vil blive eksporteret til udlandet over havet i 2050.

3. Usikkerheder og følsomhedsberegninger

Forløbet for den fremtidige udbygning af havvind i Danmark frem mod 2050 er behæftet med stor usikkerhed. Energistyrelsen anbefaler derfor, at Energinet foretager følsomhedsanalyser, der belyser konsekvenserne af forskellige udbygningsscenarier, herunder anderledes udbygningsforløb og ændrede kapaciteter for udlandsforbindelser til havvinden.

Havvindanalysen peger dog på, at det i 2050 kan være økonomisk fordelagtigt at ilandføre havvind indenfor 80 km fra kysten i Danmark, og at det dermed hovedsageligt er energien fra havvindmølleparker langt ude i Nordsøen og i Østersen, som eksporteres. Det resultat er relativt robust overfor ændringer i de bagvedliggende antagelser, herunder den europæiske efterspørgsel. Desuden peger analysen på, at dansk havvind er konkurrencedygtig med andre landes havvindudbygning pga. gode vind- og bundforhold, arealrigelighed og den relativt kystnære placering af de fleste sites, hvilket gør udbygningen meget omkostningseffektiv. Disse forhold giver en vis sandsynlighed for, at dansk havvind vil blive efterspurgt af andre lande frem mod 2050.

3.1 Usikkerheder ift. AF25-forløbet

Det er ikke enkelt at fremskrive havvindudbygningen i Danmark frem mod 2050, da tempoet i havvindudbygningen afhænger af en række økonomiske og tekniske forhold, som påvirker havvindens rentabilitet. Der er bl.a. usikkerhed forbundet med den generelle kapacitetsudbygning, graden af tilslutning til det kollektive net samt potentialet for eksport af el og brint til andre lande.



I takt med udbygningen af havvind vil skyggeeffekter i og mellem havvindmølleparker blive gradvist mere udpræget. Dette kan medføre tabt produktion, og parkerne kan få sværere ved at opfylde den produktion af havvindenergi, som lægges til grund for AF.

Skyggeeffekter kan særligt blive en udfordring, såfremt forskellige havvindsopstillere opererer på havarealer, der ligger tæt op af hinanden, og dermed ikke har mulighed for at designe et optimeret layout på tværs af sites. Det er vanskeligt at forudsige omfanget af skyggeeffekter, da det bl.a. afhænger af parkernes mølletæthed, indbyrdes afstand og potentielt havvindudbygningen i udlandet. I Energistyrelsens modellering tages pt. højde for skyggeeffekter indenfor de enkelte parker (ud fra en antaget mølletæthed), men der tages ikke højde for skyggeeffekter mellem parker.

3.2 Anbefalede følsomhedsberegninger

Den langsigtede udbygning af havvind i Danmark er behæftet med stor usikkerhed og vil afhænge af mange faktorer. I Energinets anvendelse af AF25 anbefales det, at der foretages følsomhedsberegninger baseret på variationer i den europæiske energiefterspørgsel og -produktion samt planlagte udlandsforbindelser. Derudover anbefales det, at Energinet analyserer forskellige udfaldsrum for udnyttelsen af havvinden til udlandet, herunder eventuelt udbygning med offshore elektrolyse.

Da der endnu ikke er indgået endelige aftaler om udlandsforbindelser for Energiø Nordsøen, vil Energinet i den videre anvendelse af AF25 også kunne analysere forskellige scenarier for bl.a. årstal for etablering, tilslutning, kapaciteter og elektrolyse-produktion.

4. Planlagt udvikling

Skyggeeffekter mellem parker kan som nævnt ovenfor have stor effekt på parkernes produktion. Derfor arbejdes der på at indsamle mere viden og data om potentielle skyggeeffekter mellem parker mhp. implementering i Energistyrelsens modeller. Dermed sikres det, at balancen mellem produktion og forbrug bedre afspejles i modellerne fremadrettet.

Derudover er det planlagt at udvide havvindfremskrivningen til 2060. Herunder skal der arbejdes med at kvalificere nedtagning, levetidsforlængelse og reinvesterings i parkerne.