



Fremskrivning af landvind

Kontor/afdeling
Systemanalyse

Dato
28. august 2019

IMRN/MIS

Dette notat beskriver forudsætninger for fremskrivning af landvind – nedtagning, udbygning og produktion.

Den resulterende kapacitetsudbygning fremgår af regnearket med udvalgte forudsætninger, der kan findes på www.ens.dk/basisfremskrivning.

Notatet beskriver forudsætninger for kommercielle møller samt forsøgsmøller uden for de to nationale testcentre. Det betyder, at forudsætninger vedr. husstandsmøller (dvs. møller med en kapacitet på mindre end eller lig med 25 kW) samt forsøgsmøller inden for de to nationale testcentre ikke medtages i dette notat.

Fremskrivningen medtager:

- Faktisk udbygning og nedtagning som følge af det afholdte teknologineutrale udbud i 2018
- Forventet udbygning og nedtagning som følge af de kommende teknologineutrale udbud i 2019-2024
- Forventet udbygning uden for udbud
- Forventet udbygning med forsøgsmøller som følge af de aftalte puljer i 2018-2024 til forsøgsmøller uden for de to nationale testcentre
- Forventet udbygning som følge af overgangsordning for landvindmøller

Fremskrivninger der rækker helt frem til 2025, 2030 og længere er behæftet med væsentlig usikkerhed, uanset hvor detaljerede analyser der lægges til grund for forudsætningerne. Grundforløbet suppleres derfor med et sandsynligt udfaldsrum udarbejdet på baggrund af følsomhedsberegninger på de mest betydende parametre, i dette tilfælde møllernes levetid og udbygning med nye møller.

I det følgende er forudsætninger og resultater beskrevet for perioden frem til 2040.

Nedtagning af eksisterende møller

Ved udgangen af 2018 var der ca. 4.200 møller (ca. 4.350 MW) i drift, hvilket fremgår af figuren herunder fordelt efter opstillingsår.

Energistyrelsen

Carsten Niebuhrs Gade 43
1577 København V

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

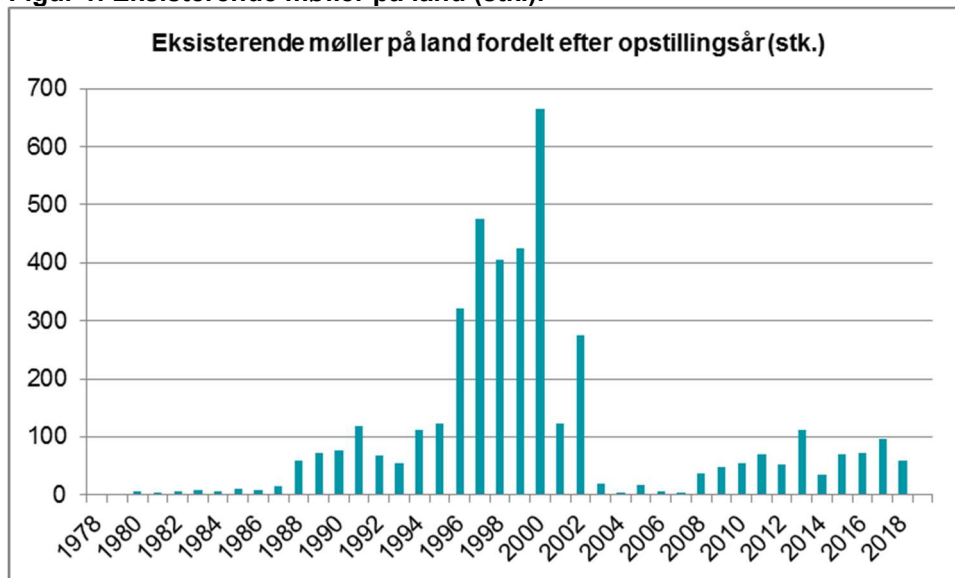
www.ens.dk



Bruttoudbygningen har i nogle perioder været høj mens den i andre perioder har ligget næsten helt stille. I perioden 1996-2002 blev der i gennemsnit sat knap 430 møller (godt 320 MW) op årligt, mens der er i en efterfølgende periode fra 2003-2007 næsten ikke blev sat nye møller op. De seneste 5 år er der i gennemsnit sat knap 70 møller (ca. 210 MW) op årligt.

15 % af de møller der er i drift i dag er 25 år eller ældre, mens hele 57 % er 20 år eller ældre. Af de møller, der er i drift i dag, udgør møller opstillet i perioden 1996-2002 knap 65 %. Levetiden for denne gruppe af møller har således afgørende betydning for, hvornår den største nedtagning kan forventes at ske.

Figur 1. Eksisterende møller på land (stk.).



Hvad driver nedtagningen?

Tidspunktet for hvornår en mølle tages ned afhænger af den økonomiske levetid. Når en mølle er ude af en given tilskudsordning er det forholdet mellem den forventede fremtidige markedspris på el og de forventede fremtidige omkostninger til drift og vedligehold, der afgør hvorvidt det kan betale sig at holde liv i møllen. Samtidig afhænger det af hvorvidt en mølle "står i vejen" for et fremtidigt mølleprojekt, da en stor del af møllerne netop tages ned for at gøre plads til nye møller (repower). En vigtig forudsætning for at møller tages ned er derfor, at der fortsat er mulighed for opstilling af nye møller.



Hvor gamle bliver møller opstillet til og med 2007?

Energinet udarbejdede i foråret 2016 en analyse af levetiden for møller opstillet til og med 2007¹. Analysen viste, at der sandsynligvis kan være god økonomi i at holde liv i en stor del af møllerne, om end analysen er behæftet med betydelig usikkerhed. I analysen arbejdes med fire møllekategorier med hver deres levetid, jf. tabellen herunder.

Tabel 1. Estimeret levetid ifølge Energinets analyse "Nedtagning af gamle landmøller" (hovedforløb).

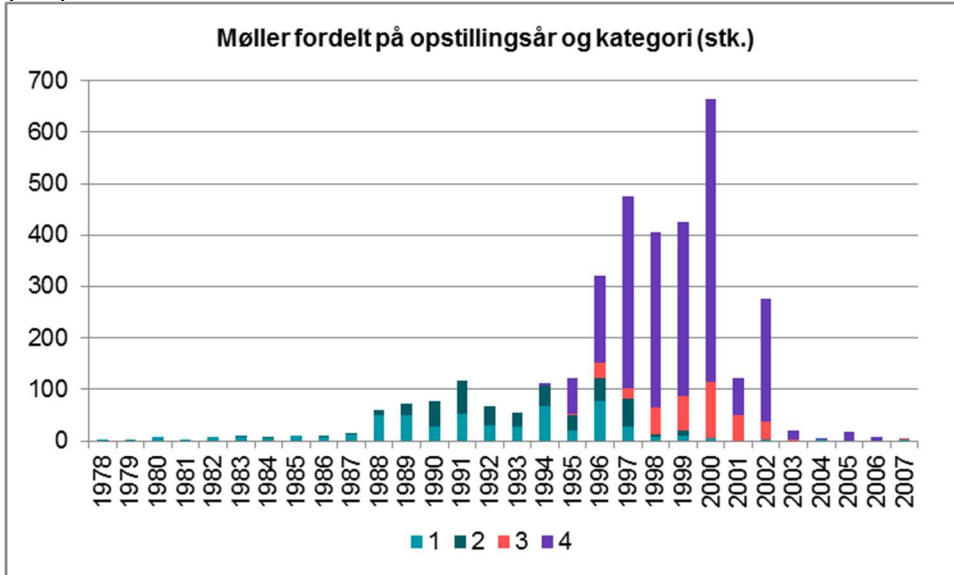
Kategori	Kapacitet (kW)	Fuldlasttimer (h)	Estimeret levetid (år)
1	<600	<1800	25
2	<600	≥1800	27
3	≥600	<1600	27
4	≥600	≥1600	29

Energinets analyse har været udgangspunkt for forudsætninger om levetid i Energistyrelsens fremskrivninger siden 2016. De til fremskrivningen anvendte modeller regner på mølleårgange. Med udgangspunkt i resultaterne i tabellen ovenfor er der derfor beregnet vægtede levetider pr. mølleårgang for de møller, der stadig er i drift, og som er opstillet til og med 2007.

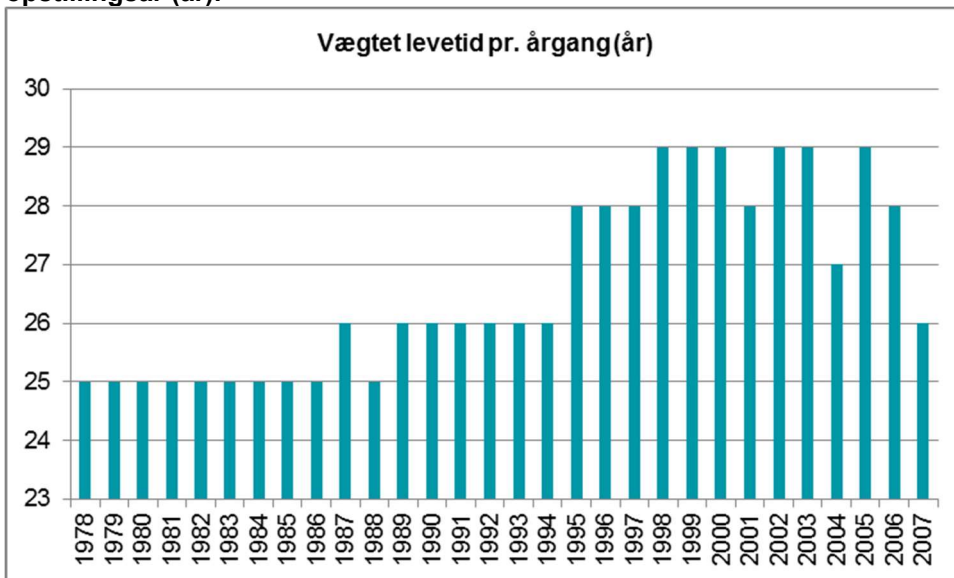
Figurerne herunder viser hvordan møller opstillet til og med 2007 fordeler sig på de fire kategorier i Energinets analyse samt de af Energistyrelsen beregnede vægtede levetider for hver mølleårgang.

¹ <https://energinet.dk/Analyse-og-Forskning/Analyser/RS-Analyse-Juni-2016-Nedtagning-af-gammel-landvind> (Analyse - Nedtagning af gamle landmøller (2016)).

Figur 2. Møller opstillet til og med 2007 fordelt på opstillingsår og kategorier (stk.).



Figur 3. Vægtet levetid for møller opstillet til og med 2007 fordelt på opstillingsår (år).



På baggrund af resultaterne i ovenstående figur er mølleårgangene grupperet, og der regnes med levetiderne i tabellen herunder. At regne med særskilte levetider for hver enkelt mølleårgang, kan signalere en præcision, der ikke nødvendigvis harmonerer med virkeligheden, da Energinets analyse som nævnt er behæftet med en vis usikkerhed. Derfor er det i forhold til fremskrivningen valgt at gruppere mølleårgangene.



Da de anvendte forudsætninger er behæftet med en vis usikkerhed og samtidig har stor betydning for udviklingen frem mod 2030, suppleres grundforløbet med et sandsynligt udfaldsrum. Energinets analyse er i høj grad baseret på dialog med branchen, hvis forventninger til fremtiden i vid udstrækning påvirkes af det aktuelle elprinsniveau. Siden analysens udarbejdelse er elpriserne steget, hvilket kan trække i retning af længere levetider. Samtidig viser en opgørelse over nedtagne møller siden 2012, hvor den seneste skrotningsordning ophørte, en kortere levetid, hvilket kan trække i retning af kortere levetider. Der er således faktorer der trækker i begge retninger i forhold til forudsætninger om levetid i grundforløbet.

Tabel 2. Antal og alder på nedtagne møller siden 2012.

	Antal (stk.)	Gennemsnitlig levetid (år)
2012	29	21
2013	42	16
2014	90	20
2015	110	22
2016	178	23
2017	160	23
2018	14	21

Udfaldsrummet baseres på baggrund heraf på en simpel tilgang med plus/minus 2 år i forhold til forudsætningerne i grundforløbet, jf. tabellen herunder.

Tabel 3. Levetider for møller opstillet til og med 2007 (år).

	1978-1986	1987-1994	1995-2007
Grundforløb	25	26	28
Kortere levetid	23	24	26
Længere levetid	27	28	30

Hvor gamle bliver møller opstillet fra 2008 og frem?

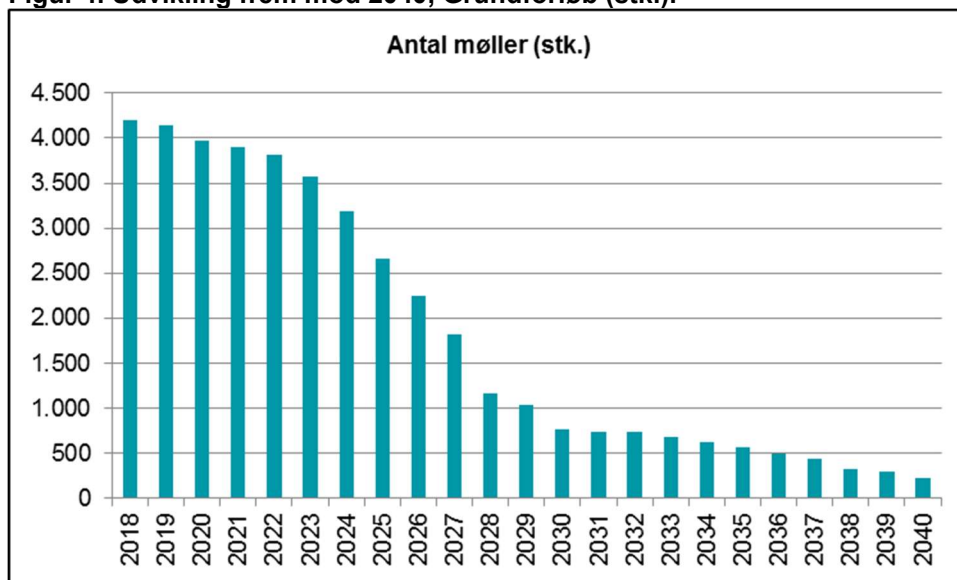
Levetiden for møller opstillet efter 2007 baseres på seneste vurderinger i Energistyrelsen og Energinets Teknologikatalog. Det betyder, at der for møller opsat fra 2008 og frem regnes med levetiderne i tabellen herunder, hvor både forudsætninger for grundforløb og udfaldsrum fremgår. Det bemærkes, at levetiderne i teknologikataloget er tekniske levetider, som i praksis kan afvige fra økonomiske levetider.

**Tabel 4. Levetider for møller opsat 2008 og frem (år).**

	2008-2020	2021-2030	2031-
Grundforløb	25	27	30
Kortere levetid	25	25	25
Længere levetid	35	35	40

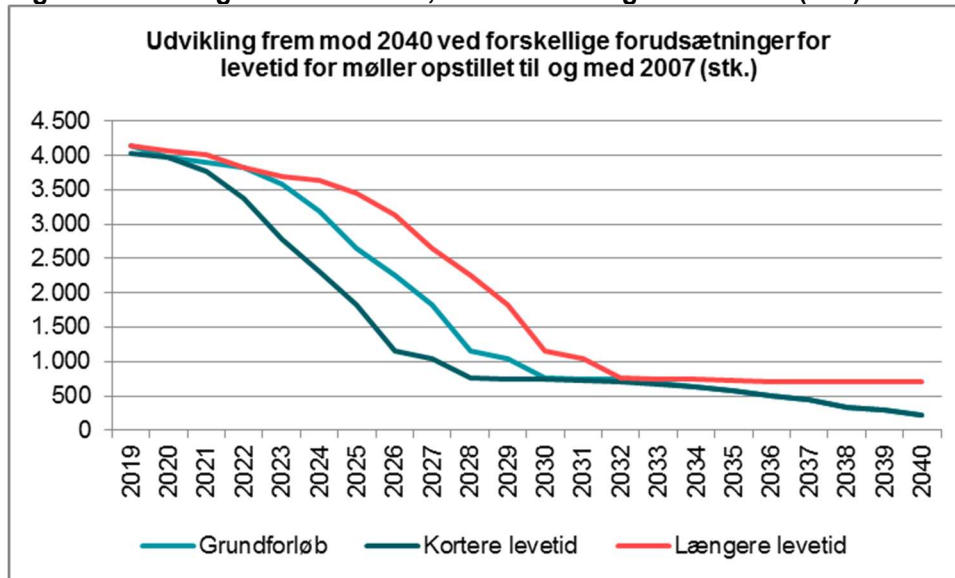
Udvikling frem mod 2040

På baggrund af ovenstående forudsætninger fås udviklingen frem mod 2040 som vist på figurerne herunder. På grund af de store mølleårgange opstillet i perioden 1996-2002 vil der med en markedsdrevet udvikling² være en relativ flad udvikling frem mod midt 2020'erne, hvorefter den største nedtagning kan forventes at finde sted.

Figur 4. Udvikling frem mod 2040, Grundforløb (stk.).

² Med en markedsdrevet udvikling menes en udvikling, der ikke er påvirket af politisk fastsatte virkemidler til reduktion af antal møller, eksempelvis en skrotningsordning eller et krav om at der kun kan stilles nye møller op hvis der samtidig nedtages nogle gamle møller.

Figur 5. Udvikling frem mod 2040, Grundforløb og udfaldsrum (stk.).



Ændringer fremadrettet

Da Energinets analyse er foretaget i 2016, planlægger Energistyrelsen at igangsætte en opdateret analyse af forventede levetider for eksisterende møller. Analysen forventes at indeholde en vurdering af omkostninger ved de større og mindre reparationer, der må forventes at komme når møllerne bliver 20/25/30 år.

Som før nævnt afhænger levetiden også af hvorvidt en mølle "står i vejen" for et fremtidigt mølleprojekt. Det betyder, at en del af møllerne i praksis kan forventes at have kortere levetid end levetiderne beskrevet ovenfor, da der også kan være god økonomi i at sælge møller til de udviklere, der ønsker at opstille nye møller.

Energinets analyse tager ikke højde for, at en del af møllerne derfor potentielt har en levetid, der er kortere end de levetider, der fremgår af tabellen ovenfor. Der foreligger på nuværende tidspunkt ikke et analytisk grundlag for at forudsætte hvor stor en del af møllerne, der lever kortere, og det er dermed ikke muligt her at foretage en korrektion af levetiderne i Energinets analyse. På nuværende tidspunkt er det kun muligt at sige noget om den gennemsnitlige alder på de møller, der er nedtaget siden 2012, hvor den seneste skrotningsordning ophørte, men ikke noget om årsagerne. Årsagerne er dog nødvendige at kende, for at kunne lave vurderingen af forventet levetid for de møller, der fortsat er i drift.

Energistyrelsen vil derfor ligeledes igangsætte en analyse af årsager til nedtagning af møller siden 2012, for derved at kunne lave en opdateret analyse af forventede levetider.



Opsummering

Til fremskrivningen anvendes levetiderne i tabellen herunder.

Tabel 5. Levetider for møller opsat 2008 og frem (år).

	1978- 1986	1987- 1994	1995- 2007	2008- 2020	2021- 2030	2031-
Grundforløb	25	26	28	25	27	30
Kortere levetid	23	24	26	25	25	25
Længere levetid	27	28	30	35	35	40

For at forbedre analysegrundlaget for fastsættelse af forudsætninger om levetiden for eksisterende møller planlægges to analyser:

1. Opdatering af Energinets nedtagningsanalyse fra 2016.
2. Udarbejdelse af analyse af årsager til nedtagning af møller siden 2012.

Udbygning med nye møller

Udbygning med nye møller forventes at ske enten via de teknologineutrale udbud, eller på markedsvilkår, herunder med aftaler om afsætning af hele eller dele af produktionen i såkaldte PPA'er. Hertil kommer udbygning med forsøgsmøller uden for de to nationale testcentre.

Hvad driver udbygningen?

Historisk set har udbygningen været drevet af kommunernes planlægning og af de skiftende tilskudssystemer. Det har betydet en gennemsnitlig udbygning med knap 70 møller (ca. 210 MW) årligt de seneste 5 år inklusiv forsøgsmøller uden for de to nationale testcentre. Også fremadrettet vil lokaldemokratiet i kommunerne have afgørende betydning for udbygningen, da forudsætningen for at kunne opstille nye møller på land er en vedtaget lokalplan. Dertil kommer, at udvikling af et vindmølleprojekt tager tid, ikke mindst i forhold til lokalisering og godkendelse af arealet³.

Hvad bliver udbygningen på kort sigt, 2019-2021?

På nuværende tidspunkt er der identificeret 9 projekter med en vedtaget lokalplan. De 9 projekter består af 126 møller eller ca. 470-525 MW afhængig af endeligt valg af møllemodel. 3 projekter (hvoraf et af

³ Sammenlagt tager processen 5-7 år, før vindmøllen leverer strøm til nettet, jf. Dansk Energis VE Outlook 2019 side 12 (https://www.danskenergi.dk/sites/danskenergi.dk/files/media/dokumenter/2019-02/VE_Outlook_2019_0.pdf).



projekterne er en del af et større projekt) bestående af 40 møller eller 165 MW vandt i det teknologineutrale udbud i 2018. De øvrige 6 projekter bestående af 86 møller eller ca. 305-360 MW forventes også at blive realiseret, da de er så langt i planlægningsprocessen og allerede har afholdt en del udviklingsomkostninger. Realiseringen forventes at ske enten via de kommende teknologineutrale udbud, alternativt på markedsvilkår med PPA'er.

Hertil skal lægges et projekt ved Odder (3 møller og samlet 6 MW), der etableres på overgangsordningen for mindre projekter, der har været fanget i klagenævn og derfor ikke kunne nå at blive etableret på den gamle 25-øreordning.

De vedtagne projekter antages etableret i perioden 2019-2021 svarende til udbygningen i tabellen herunder. Herudover forventes udbygget med forsøgsmøller svarende til de aftalte puljer for årene 2018-2019, med etablering i 2019-2020.

Tabel 6. Udbygning 2019-2021 ekskl. forsøgsmøller uden for testcentre.

	Stk.	MW
2019	3	6
2020	40	165,5
2021	86	340 ⁴

Tabel 7. Udbygning med forsøgsmøller uden for testcentre 2019-2021.

	Stk.	MW
2019	1	10
2020	5 ⁵	25

Hvad bliver udbygningen på længere sigt efter 2021?

Udbygningen på længere sigt er forbundet med væsentlig usikkerhed. Hvor lave budpriserne bliver i de teknologineutrale udbud og hvor mange projekter der realiseres uden for udbud er svært at spå om. Det vurderes, at de projekter som deltager i udbuddene, men ikke vinder, vil med overvejende sandsynlighed blive realiseret på anden vis, da de har været længe undervejs og allerede har afholdt en del udviklingsomkostninger.

I forhold til de teknologineutrale udbud i 2020-2024 forventede man i forbindelse med energiaftalens indgåelse, at udbuddene ville resultere i en årlig udbygning på ca. 215 MW landvindækvivalenter. Heri indgik en

⁴ Der er antaget en ligelig fordeling mellem 3,6 MW, 4,2 MW og 4,3 MW møller.

⁵ Antal kendes ikke endnu. Antaget gennemsnitligt 5 MW pr. mølle.



forventning om en faldende støttesats fra ca. 10 øre/kWh i 2020 til ca. 5 øre/kWh i 2024 (vind og sol). Hvis priserne bliver lavere, som udbuddet i 2018 kunne indikere, vil der samlet set kunne forventes en noget større udbygning med vind og sol. Det bemærkes dog, at man ikke ud fra en enkelt udbudsrunde kan konkludere at dette så er det nye niveau.

Samtidig er kommunernes planlægning afgørende for hvor mange projekter, der godkendes og dermed potentielt kan realiseres. De seneste 5 år har kommunerne som nævnt fundet plads til knap 70 møller eller 210 MW årligt. Teknologiu udviklingen, der går i retning af stadig større møller, gør det sværere at finde egnede placeringer og kan øge modstanden. Samtidig vil de med energiaftalen aftalte elementer om indførelse af salgsoption og fondskonstruktion gøre det mere attraktivt for kommunerne at planlægge for nye projekter ligesom det kan reducere modstanden.

Herudover sker der i øjeblikket en konsolidering i markedet, hvor aktørerne samler sig i større selskaber, hvor udbygningen historisk har været præget af små selskaber. Det betyder, at udbygningen må forventes at kunne fortsætte på trods af indførelse af konkurrence.

Markedet for PPA'er er ikke på nuværende tidspunkt velbelyst, hvilket medfører en usikkerhed i forhold til potentialet for projekter med denne form for finansiering. En yderligere afdækning af markedet for PPA'er vil indgå i konsolideringen efter dette års fremskrivning.

Med teknologineutrale udbud, PPA'er og den forventede elprisudvikling for øje vurderes det rimeligt, at antage en udbygning, svarende nogenlunde til den historiske udbygning de seneste 5 år, svarende til den udbygning lokaldemokratiet i kommunerne har kunnet finde plads til.

Fra 2025 er der endnu ikke aftalt udbud og udbygningen og den fremskrevne udvikling er derfor baseret på forventningerne til PPA'er, elprisudviklingen og teknologiu udviklingen. Med forventning om fortsat teknologiu udvikling og stigende elpriser i markedet samt meldinger fra industri og aktører vurderes det ikke usandsynligt at antage, at udbygningen efter 2025 kan fortsætte på samme niveau, som i perioden til 2025. Dog vil udviklingen i denne periode være forbundet med betydelig større usikkerhed.

Den fortsatte teknologiu udvikling mod stadig større møller, samt at det med energiaftalen bliver muligt at opstille tidssvarende og dermed højere møller end de nuværende max 150 meter betyder, at de møller der forventes opstillet i fremtiden har en gennemsnitlig større kapacitet pr. mølle end historisk. På baggrund heraf antages der i grundforløbet en fremtidig



udbygning med 55 møller årligt til 2025, 50 møller årligt i 2026-2030 og derefter 45 møller årligt. Det giver en årlig udbygning målt i MW på 220 MW til 2025 og 225 MW derefter. Udbygningen rummer både kommercielle møller samt forsøgsmøller og samles under et, da størrelsen af de aftalte puljer til forsøgsmøller i 2020-2024 endnu ikke er fastlagt.

Tabel 8. Årlig udbygning efter 2021 inkl. forsøgsmøller uden for centre.

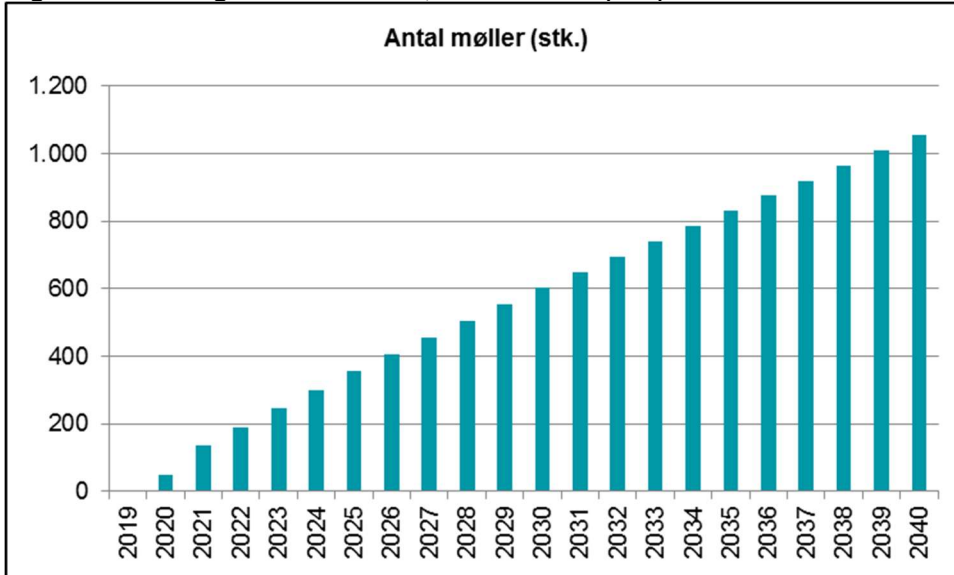
	MW pr. mølle	Stk.	MW
2022-2025	4,0	55	220
2026-2030	4,5	50	225
2031 og frem	5,0	45	225

Da de anvendte forudsætninger er behæftet med stor usikkerhed og samtidig har stor betydning for udviklingen frem mod 2030, suppleres grundforløbet med et sandsynligt udfaldsrum. Som øvre udbygningsforløb antages en udbygning på 70 møller årligt svarende nogenlunde til den historiske udbygning de seneste 5 år målt i antal møller. Som nedre udbygningsforløb antages en udbygning på 40 møller årligt til 2025 svarende nogenlunde til udbygningen i 2014, der var det år med lavest udbygning de seneste 5 år. Efter 2025, hvor der ikke længere er aftalt afholdelse af teknologineutrale udbud, er udviklingen langt mere usikker og der er risiko for at udbygningen går mere eller mindre i stå. Efter 2025 antages et nedre udbygningsforløb på 10 møller årligt svarende nogenlunde til den gennemsnitlige udbygning i perioden 2003-2007, der var historisk lav.

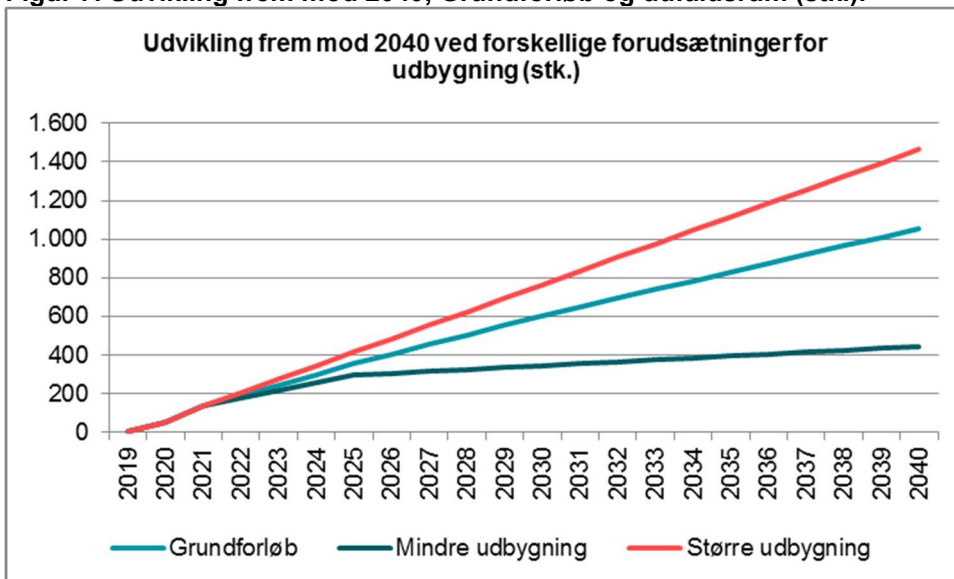
Udvikling frem mod 2040

På baggrund af ovenstående forudsætninger fås udviklingen frem mod 2040 som vist på figurerne herunder.

Figur 6. Udvikling frem mod 2040, Grundforløb (stk.).



Figur 7. Udvikling frem mod 2040, Grundforløb og udfaldsrum (stk.).

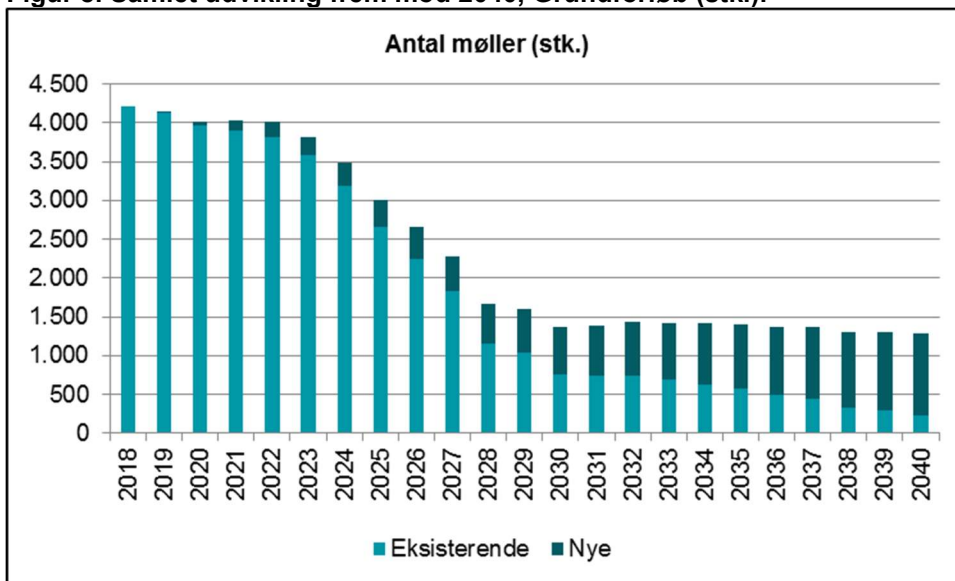




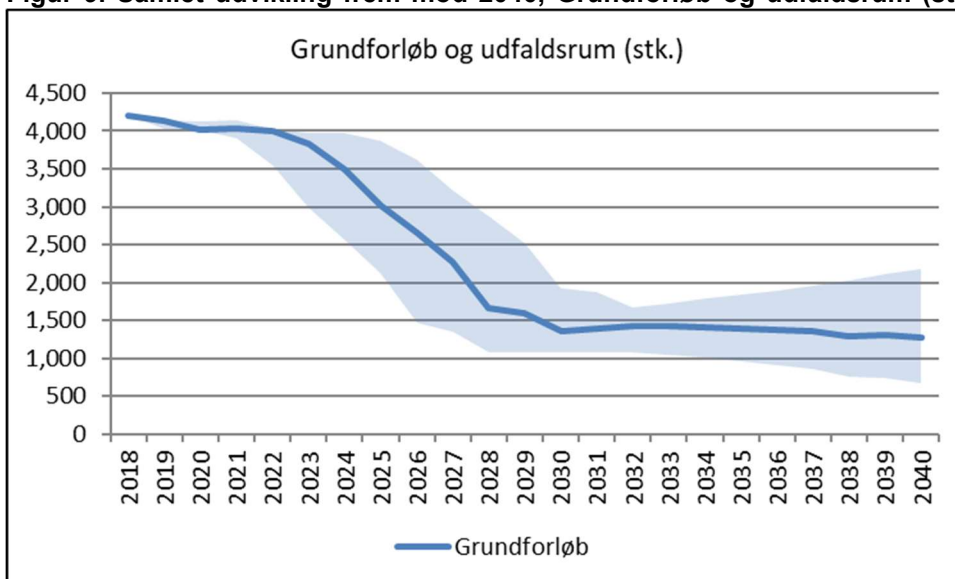
Samlet udvikling i antal og MW frem mod 2040

På baggrund af ovenstående forudsætninger om nedtagning og udbygning fås udviklingen frem mod 2040 som vist på figurerne herunder. Udfaldsrummet er beregnet ved at kombinere kortere levetid med mindre udbygning og længere levetid med større udbygning for at vise ekstremerne af de anvendte forudsætninger. I praksis er der en vis sammenhæng mellem levetid og udbygning, således at kortere levetid måske snarere vil hænge sammen med større udbygning.

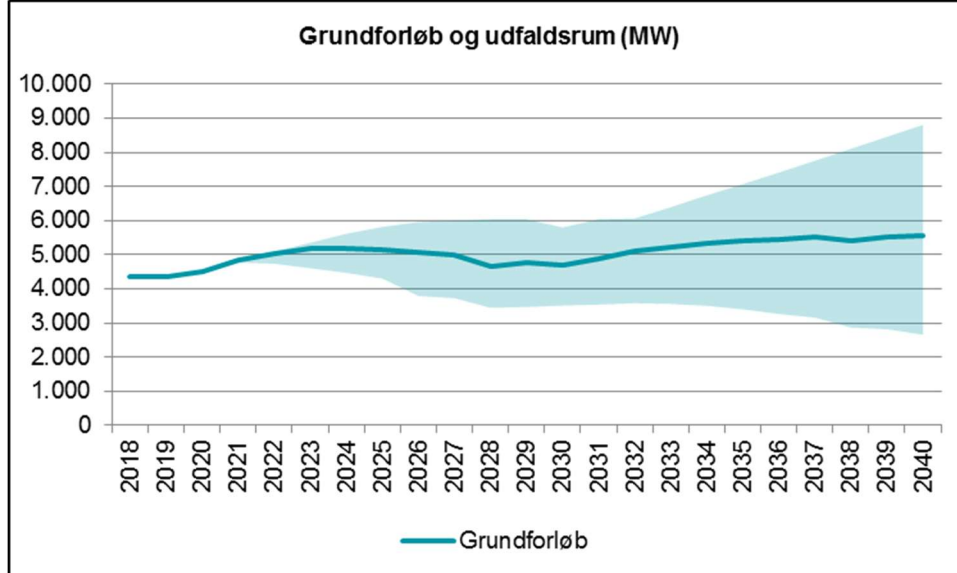
Figur 8. Samlet udvikling frem mod 2040, Grundforløb (stk.).



Figur 9. Samlet udvikling frem mod 2040, Grundforløb og udfaldsrum (stk.).



Figur 10. Samlet udvikling frem mod 2040, Grundforløb og udfaldsrum (MW).



Elproduktion

Forventet elproduktion beregnes på baggrund af forudsætninger om årlige fuldlasttimer.

For møller idriftsat til og med 2018 anvendes observerede årlige fuldlasttimer, der er normeret ift. et normalt vindår og afrundet til nærmeste 50. Så vidt muligt er anvendt et gennemsnit af årene 2008-2018. For møller idriftsat senere end 2008 er anvendt et gennemsnit af så mange år som muligt. Der skelnes mellem møller idriftsat før 2008, møller idriftsat i perioden 2008-2012 og møller idriftsat 2013-2018. Ligeledes skelnes mellem møller i Østdanmark og Vestdanmark.

For møller idriftsat fra 2019 og frem baseres årlige fuldlasttimer på seneste vurderinger i Energistyrelsen og Energinets Teknologikatalog⁶ og der skelnes ikke mellem møller i Østdanmark og Vestdanmark. Fuldlasttimer for nye møller er i sagens natur behæftet med en vis usikkerhed, især da dagens møller sandsynligvis ikke er identiske med de møller, der sættes op i fremtiden, da teknologien er under konstant udvikling. Desuden er det sværere for landvind end havvind at vurdere hvor præcist de fremtidige møller stilles op og dermed hvad vindforholdene og fuldlasttimerne er. De anvendte forudsætninger fremgår af tabellen herunder.

⁶ For møller opstillet som følge af de teknologineutrale udbud i 2018 og 2019 er der udarbejdet en særskilt vurdering med udgangspunkt i konkrete projekter. Vurderingen viser, at fuldlasttimerne for disse er på samme niveau som data i teknologikataloget.

**Tabel 9. Årlige fuldlasttimer for eksisterende og nye møller på land (timer).**

	Før 2008	2008- 2013	2014- 2018	2019- 2025	2026- 2030	2031 og frem
Østdanmark	1.800	2.650	3.400	-	-	-
Vestdanmark	1.950	2.950	3.100	-	-	-
Danmark	-	-	-	3.400	3.500	3.600

Udvikling frem mod 2040

På baggrund af ovenstående forudsætninger fås udviklingerne frem mod 2040 som vist på figuren herunder.

Figur 11. Samlet udvikling frem mod 2040, Grundforløb (TWh).