Regeringens klimapartnerskaber

Energi- og forsyningssektoren

I MÅL MED DEN GRØNNE OMSTILLING 2030

Sektorkøreplan for energi- og forsyningssektorens bidrag til 70%-målsætningen

MARTS 2020

Præambel: Vi står sammen om klimamål gennem grøn vækst

Vi 13 klimapartnerskaber har arbejdet intensivt på at løse en både svær og vigtig opgave: Nemlig på én og samme tid at udvikle konkrete forslag til regeringen om, hvilke indsatser som vil kunne bidrage til at nå målet om at reducere Danmarks CO_2-udledning med 70% i 2030 og gøre Danmark til et foregangsland for resten af verden.

Vi er gået til opgaven med det udgangspunkt, at vi på samme tid skal gøre Danmark og danskerne rigere – og verden mere bæredygtig. Hvis vi skal nå målet, vil det kræve store investeringer. Derfor skal bæredygtighed og vækst følges ad. Og derfor skal vi som samfund være klar til at prioritere investeringer i klima. I dansk erhvervsliv er vi klar til at løfte vores del af opgaven i et tæt partnerskab med regeringen og Folketinget – og resten af samfundet.

Fremtidig økonomisk vækst er forudsætningen for, at vi har råd til at løse klimaudfordringerne på en måde, hvor vi samtidig har et godt og velfungerende samfund. Det kræver, at vi sikrer Danmarks konkurrenceevne og skaber vækst og nye job samtidigt med, at vi omsætter klimaambition til handling.

Klimaudfordringen er global. Vi skal nå vores nationale mål uden at skubbe aktiviteter ud af landet. Vi skal lave en reel grøn omstilling af vores samfund, som målbart reducerer udledningen af klimagasser globalt set – og det skal ske ved udvikling og ikke afvikling. Med vores indsats som inspiration til handling skal vi arbejde internationalt i bl.a. regi af FN og EU for at sikre fald i de globale emissioner og for at øge udviklingen af grønne danske løsninger, som vi kan eksportere til resten af verden.

I de 13 klimapartnerskaber står vi sammen om at bidrage til, at Danmark lever op til de politiske målsætninger.

Vi ser frem til, at forslagene bæres videre over i en konkret, samlet klimahandlingsplan, der skal indeholde to klare mål: At bidrage til at løse klimaudfordringen herhjemme og globalt og samtidig sikre et stærkt erhvervsliv, flere danske arbejdspladser og et mere velstående samfund.

Forslagene fra de 13 klimapartnerskaber er af gode grunde ikke tænkt sammen, og mange forslag går på tværs af sektorer og brancher. Næste skridt er derfor en samlet klimaplan. Her er det helt afgørende, at den samlede klimaplan redegør for konsekvenserne af hvert enkelt initiativ – og at planen som helhed sikrer, at den grønne omstilling går hånd i hånd med fortsat vækst og velstand i Danmark.

Vi håber, at alle vores forslag læses i den ånd og sammenhæng, som vi her har beskrevet.

Regeringens Klimapartnerskaber

Forord

Klimaforandringerne er vor tids største udfordring. De valg, vi træffer i dag, har afgørende betydning for den klode, vi efterlader til kommende generationer. Vi skal være vores ansvar bevidst og standse den globale opvarmning, som allerede i dag udgør en alarmerende trussel mod vores livsbetingelser her på kloden. Det kalder på handling i en hidtil uset grad.

Regeringen og Folketinget har skruet op for ambitionerne og sat et mål om 70% lavere CO_2-udledning i 2030 sammenlignet med 1990 og fuld klimaneutralitet i 2050. Samtidig har regeringen bedt erhvervslivet om hjælp til, hvordan samfundet skal realisere CO_2-reduktionerne. Den fremstrakte hånd giver en unik mulighed for, at Danmark og et stærkt, grønt erhvervsliv kan vise globalt lederskab. Sammen har vi alle forudsætninger for at lykkes.

Aldrig har det været så klart, at en grøn fremtid baseret på 100% vedvarende energi er inden for rækkevidde. Vi ved nu, at en gennemgribende grøn omstilling kan lade sig gøre uden at gå på kompromis med vores fundamentale velstand og det samfund, vi kender. Siden 2014 er prisen på havvind styrtdykket, grøn el fra landvindmøller og solceller er næsten støttefri, biogas bliver billigere, bæredygtig biomasse har hjulpet os af med kullet, danskerne har været garanteret strøm i stikkontakten, og energieffektive løsninger holder energiforbruget nede. Det har kunnet lade sig gøre, fordi en vedholdende, politisk indsats har drevet grønne investeringer i erhvervslivet. Det skal vi blive ved med.

I den danske energi- og forsyningssektor har vi gennemgået et omfattende skifte fra fossil til grøn energi på rekordtid. Det har givet os et solidt fundament at stå på, og derfor skal vi også hæve barren yderligere. Vi har ambition om en stort set fossilfri energi- og forsyningssektor i 2030, men det er ikke nok. Danmark kommer ikke i mål, medmindre transportsektoren og industrien samtidig halverer forbruget af fossile brændsler, og landbruget reducerer sine udledninger. Svaret på den monumentale udfordring skal ikke være at lukke virksomheder og landbrug eller at forhindre danskerne i at kunne eje en bil. Svaret bør være at erstatte den fossile energi med energi, der er grøn og vedvarende. Den erstatning kan vi i energi- og forsyningssektoren godt levere, bare vi kommer hurtigt nok i gang.

Den omstilling, Danmark skal igennem i de kommende ti år, vil give os mulighed for at gøre grøn energi til kernen af Danmarks fremtidige vækst og velstand og styrke danske virksomheders konkurrencekraft. Dansk energiteknologi sælges allerede til kunder overalt i verden. Med danske kompetencer og ressourcer kan Danmark også eksportere store mængder grøn energi og blive en vigtig del af Europas grønne omstilling. Den billige og grønne energi giver også rige muligheder for nye sektorkoblinger og åbner for at udvikle en helt ny industri anlagt på nye, brintbaserede brændsler, der kan erstatte fossile brændsler. Dansk energiteknologi kan sammen med de rigelige mængder af grønne energiressourcer, vi råder over, skabe en ny og omfattende industriel aktivitet i Danmark.

Omstillingen af Danmark til et bæredygtigt grønt samfund vil kræve omfattende beslutninger i alle dele af det danske samfund. Med de 13 klimapartnerskaber på tværs af erhvervslivet har regeringen og Folketinget skabt en historisk mulighed for at gennemføre en omfattende omstilling af samfundet i partnerskab med erhvervslivet. 70%-målsætningen fordrer et nyt partnerskab mellem både erhvervsliv, regering og Folketinget. Et partnerskab, der hviler på en gensidig aftale om, at erhvervslivet bidrager med omfattende investeringer i ny teknologi og infrastruktur, mens politikerne skaber de nødvendige rammevilkår for at gennemføre omstillingen.

Der skal tages nogle klare og langsigtede valg hurtigt.

I dette første oplæg til en sektorkøreplan beskrives, hvordan energi- og forsyningssektoren vil knække klimakoden i partnerskab med politikere og det øvrige erhvervsliv. Det danske samfund har potentialet til at gøre det, hvis vi vil.

Rigtig god læselyst.

FORMAND FOR ENERGI- OG FORSYNINGS-SEKTORENS KLIMAPARTNERSKAB

Henrik Poulsen
CEO Ørsted

ADVISORY BOARD FOR ENERGI- OG FORSYNINGS-SEKTORENS KLIMAPARTNERSKAB

Henrik Andersen
CEO Vestas

Jens Rasmussen
CEO Eurowind Energy

Jesper Hjulmand
CEO SEAS-NVE

Kim Grøn Knudsen
EVP Haldor Topsøe

Lars Therkildsen
CEO HOFOR

Martin Rune Pedersen
VP Total

Niels Duedahl
CEO Norlys

Ole Hvelplund
CEO Nature Energy

Thomas Egebo
CEO Energinet

Indhold

Køreplanen kort fortalt 05
Fra mål til national strategi til handling på 18 måneder 08
Vision: Klimaudfordringen indeholder en historisk stor mulighed for Danmark 14

1.0
Energi- og forsyningssektorens opgave og tilgang 16

2.0
En fossilfri energi- og forsyningssektor i 2030 bringer Danmark halvvejs i mål 22

2.1. Siden 1990 har energi- og forsyningssektoren reduceret sin udledning med 58% 22
2.2. Energi- og forsyningssektoren kan reducere sin udledning med mere end 95% frem mod 2030 24
2.3. Nye teknologiske løsninger er nødvendige for at reducere den resterende udledning 34
2.4. Omstilling i energi- og forsyningssektoren kræver mere vedvarende energi 34

3.0
Grøn omstilling i øvrige sektorer skal bringe Danmark hele vejen i mål 36

3.1. Udledningen i øvrige sektorer skal ca. halveres mod 2030 36
3.2. Alle grønne løsninger skal i spil for at gennemføre den grønne omstilling 38
3.3. Det grønne Danmark i 2030 42

4.0
Energi- og forsyningssektoren kan levere grøn energi til den fulde omstilling 46

4.1. Produktionen af grøn energi skal øges markant, og udbygningen skal sættes i gang nu 48
4.2. Styrkelse af infrastrukturen skal være på forkant med fremtidens energibehov 62

5.0
Dansk grøn energi kan bidrage til international omstilling og dansk eksport 74

5.1. Store mængder grøn dansk strøm kan erstatte fossile brændsler i Danmarks nabolande 74
5.2. Power-to-X kan bidrage til at erstatte fossile brændsler i Europas industri og transport 76
5.3. Et øget dansk bidrag til den europæiske omstilling kræver, at eksportinfrastrukturen styrkes 79
5.4. En forøget eksport af energiteknologi- og -rådgivning kan også bidrage med internationale CO_2-reduktioner 80

6.0
Omstillingen vil kræve store investeringer, men regningen for den enkelte er håndterbar 82

6.1. Der skal investeres ca. 32 mia. kr. mere om året i grøn teknologi, vedvarende energiproduktion og infrastruktur mod 2030 84
6.2. Tariffer for eldistribution forventes ikke at stige 88
6.3. Omstillingen koster samfundet ca. 15 mia. kr. i 2030 90

7.0
En grøn samfundskontrakt om vejen mod klimaneutralitet 100

Metode 129
Bidragsydere til klimapartnerskabet for energi- og forsyningssektoren 132

Køreplanen kort fortalt

1.0 Energi- og forsyningssektorens opgave og tilgang

For at nå 70%-målsætningen i 2030 skal udledninger på tværs af sektorer reduceres med 26 mio. ton CO_2, svarende til mere end den samlede reduktion i perioden 1990 til 2019. Det vil kræve en markant indsats på tværs af alle sektorer. Energi- og forsyningssektorens sektorkøreplan tager først og fremmest udgangspunkt i Energistyrelsens Basisfremskrivning og dernæst en udviklet fortrængningsmodel, som estimerer en række reduktionstiltag. Sektorkøreplanen lægger til grund, at 70%-målsætningen skal realiseres, og giver et estimat på det fremtidige grønne energibehov på tværs af sektorer. Denne tilgang er valgt for at kunne nå frem til en vurdering af, hvilke tiltag og ikke mindst hvilke investeringer det vil kræve i energi- og forsyningssektoren for at understøtte den grønne omstilling i øvrige sektorer. Der er imidlertid flere usikkerheder og faktorer, som spiller ind, fx usikkerheder forbundet med hvilke teknologier, der vil være markedets fortrukne i 2030. Både fortrængningsmodellen og indsatsen vil derfor løbende skulle tilpasses, bl.a. i takt med spredning og udvikling af teknologier og forbrugerpræferencer, og når arbejdet i alle 13 klimapartnerskaber er afsluttet. Til gengæld giver modellen et detaljeret bud på en omkostningseffektiv vej til at finde de nødvendige reduktioner, der gør, at Danmark kan indfri 70%-målsætningen fuldt ud.

2.0 En fossilfri energi- og forsyningssektor i 2030 bringer Danmark halvvejs i mål

På skuldrene af en energieffektivisering, der har reduceret behovet for energi markant, er energi- og forsyningssektorens udledning reduceret med 58% fra 32 mio. ton i 1990 til 13 mio. ton i 2019. Med fortsat energieffektivisering og yderligere initiativer målrettet udfasning af fossil energi kan energi- og forsyningssektoren reducere sin udledning til ca. 1 mio. ton i 2030. Det betyder, at sektoren samlet vil have reduceret sin udledning med mere end 95% siden 1990. Initiativerne er udfasning af det resterende kul i kraftværkerne og naturgas til fjernvarmeproduktion, udfasning af naturgas og olie i individuel opvarmning, CO_2-fangst på store punktkilder, reduktion af plast i affaldsenergien og reduktion af naturgasforbruget til energiproduktionen i Nordsøen. Reduktionerne fra energi- og forsyningssektoren forventes at bidrage med ca. halvdelen af den samlede nødvendige danske reduktion fra 2019 til 2030.

3.0 Grøn omstilling i øvrige sektorer skal bringe Danmark hele vejen i mål

Af Danmarks samlede udledning på 47 mio. ton CO_2 i dag kommer 33 mio. ton CO_2 fra andre sektorer end energi- og forsyningssektoren. Heraf kommer 19 mio. ton CO_2 fra anvendelsen af fossile brændsler, mens 14 mio. ton CO_2 vedrører ikke-energirelateret udledning fra landbrug, miljø og industrigasser. Med potentialet for en yderligere reduktion på 13 mio. ton CO_2 i energi- og forsyningssektoren og en forventet reduktion i den ikke-energirelaterede udledning på 4 mio. ton CO_2 er der brug for, at øvrige sektorer ca. halverer deres fossile energianvendelse svarende til 9 ud af 19 mio. ton CO_2, for at Danmark kommer i mål med 70%-målsætningen.

4.0 Energi- og forsyningssektoren kan levere grøn energi til den fulde omstilling

Udfasningen af fossile brændsler i energi- og forsyningssektoren og øvrige sektorer medfører en øget efterspørgsel på vedvarende energi, som energi- og forsyningssektoren skal levere, for at den fulde omstilling af Danmark kan gennemføres. Behovet for produktionskapacitet og infrastruktur kan mindskes med energieffektiviseringer, fleksibelt forbrug og lagring. Energibehovet fra vedvarende energi forventes at stige med 64% til 125 TWh i 2030. For at levere den store mængde vedvarende energi skal havvind udbygges fra 1,7 til 7,6 GW, landvind fra 4,4 til 6,1 GW og sol fra 1,2 til 8,8 GW. Biogasproduktionen skal øges fra 4,4 TWh i 2019 til 13,3 TWh i 2030, og en fuld industrialisering af Power-to-X skal igangsættes. Elnettet skal opgraderes til transport af meget mere el end i dag; herunder forventes slutforbruget fra eldistributionsnettet at stige fra 34 TWh i 2019 til 58 TWh i 2030, og slutforbruget fra eltransmissionsnettet forventes at stige fra 1 TWh til 13 TWh. Fleksibelt forbrug og smarte løsninger kan begrænse behovet for udbygning, men den øgede elproduktion fra fluktuerende vedvarende energikilder vil også kræve flere udlandsforbindelser. Der vil også ske forandringer i gas- og varmeinfrastrukturen, og der skal etableres en infrastruktur, som understøtter udviklingen af Power-to-X. Desuden vil der være behov for tiltag, som understøtter forsyningssikkerheden, når der er mindre elproduktion fra fleksible energikilder.

5.0 Dansk grøn energi kan bidrage til international omstilling og eksport

Danmark har en unik mulighed for at bidrage til den internationale omstilling ved eksport af store mængder grøn elektricitet produceret ved havvind samt Power-to-X-produkter til erstatning af fossile brændsler i den internationale transport og industri. En forøgelse af eksporten vil bygge videre på Danmarks mangeårige position som grøn pionernation og vil kunne bidrage markant til EU's målsætning om klimaneutralitet i 2050. Samtidig kan Danmark øge sin allerede store, globale eksport af teknologi og rådgivning til energieffektiviseringer og produktion af vedvarende energi. Ud over at bidrage med CO_2-reduktioner vil en øget eksport skabe eksportindtægter og arbejdspladser på tværs af hele Danmark. Eksporten af energiråvarer vil kræve en udbygning af eksportinfrastruktur til elektricitet, og at Danmark får etableret grundlaget for Power-to-X-produktion i løbet af 2020'erne. Øget infrastruktur til samhandel med nabolande vil samtidig udgøre en helt afgørende ventil til at reducere risici, både økonomisk og i forhold til forsyningssikkerheden, hvis udbygningen af vedvarende energi ikke matcher behovet for energi i Danmark hele vejen mod 2030.

6.0 Omstillingen vil kræve store investeringer, men regningen for den enkelte er håndterbar

Når Danmark har nået 70%-målsætningen i 2030, har energisektoren og energikunderne gennemført betydelige investeringer i vedvarende energi, energiinfrastruktur og ny energieffektiv teknologi. Det er energi- og forsyningssektorens vurdering, at mer- og ekstrainvesteringer samlet set løber op i ca. 32 mia. kr. årligt i årene frem til og med 2030. De investeringer kan realiseres, hvis den politiske regulering understøtter de rigtige investeringsbeslutninger. Der skal investeres i vores fælles energiinfrastruktur, og ikke mindst skal elsystemet gøres klar til et fordoblet elforbrug og de mange yderligere vindmøller og solceller, som tilsluttes systemet. Gas- og varmesystemet vil også undergå store forandringer.

Den samlede meromkostning for samfundet opgøres til ca. 15 mia. kr. i 2030. Det svarer til ca. 5.000 kr. om året pr. husstand. Det er for den enkelte husstand et mærkbart beløb, men fra i dag og frem til 2030 forventes den gennemsnitlige danske husstands bruttoindkomst at stige med 90.000 kr. Danskerne vil derfor i 2030 både få et mere klimaansvarligt energiforbrug og bruge en mindre andel af det samlede husholdningsbudget på energi, end de gør i dag.

Med uændrede afgiftsstrukturer, der i høj grad beskatter fossile brændselskilder, forventes statskassen at miste indtægter svarende til ca. 23 mia. kr. i 2030. I tillæg hertil vil staten skulle afsætte støttemidler i form af tilskud og målrettede afgiftslettelser, for at sikre at umoden teknologi kan udvikles og skaleres op, og de potentielt negative implikationer for den danske konkurrencekraft kan imødegås. Med forbehold for anbefalingerne fra de øvrige partnerskaber vurderes behovet for støttemidler at ligge i størrelsesordenen 5-7 mia. kr. årligt frem til 2030.

7.0 En ny, grøn samfundskontrakt på vejen mod klimaneutralitet

Et nyt partnerskab mellem privatsektor, regering og Folketing skal sikre de nødvendige investeringer og den nødvendige politik, der kan lede Danmark til 70% reduktion i 2030 og fuld klimaneutralitet i 2050. Omfanget og hastigheden af de nødvendige investeringer i konkurrencedygtig teknologi og i ny, umoden teknologi vil kræve, at der investeres på forkant med efterspørgslen, i forventning om at politik vil drive behov og efterspørgsel. Det kan kun lade sig gøre at tiltrække ny kapital, hvis samfundet er villig til at dele de risici, der følger med, fx gennem fastprisaftaler. Energi- og forsyningssektoren efterspørger en gensidig, grøn samfundskontrakt konsistent med 70%-målsætningen og præsenterer forslag til ændret regulering og rammevilkår for 12 indsatsområder, der kan sikre Danmarks grønne omstilling.

Fra mål til national strategi til handling på 18 måneder

At gennemføre køreplanen for energi- og forsyningssektoren frem mod 2030 vil betyde en gennemgribende omstilling af den måde, hvorpå sektoren forsyner det danske samfund med energi. Det er kun muligt med en samlet og strategisk tilgang til de beslutninger, der skal træffes, og hvis den nødvendige beslutningskraft er til stede hos politikere og erhvervsledere. Det forudsættes, at regeringens kommende klimahandlingsplan bygger videre på den vedtagne Energiaftale fra 2018, fx ved at de allerede besluttede planer for landvind, sol og havvind gennemføres i det omfang og inden for de tidsplaner, som er aftalt.

Der er brug for en national klimastrategi. Klimaloven har sat et ambitiøst mål. Danmark skal reducere sin samlede udledning med 70% i 2030. Det betyder, at Danmark de næste 10 år skal reducere med tæt på samme mængde, som Danmark har reduceret de foregående 30 år. Det er en opgave, som alle dele af det danske samfund skal bidrage til. Bliver reduktionerne ikke leveret i dele af økonomien, vil der være andre, som må påtage sig at gennemføre større reduktioner for at nå målet. Præcis hvilke tiltag, det besluttes at gennemføre, har betydning for, hvor meget fossil energi der skal erstattes med vedvarende energi. Derfor har vi som energi- og forsyningssektor behov for klarhed om den samlede klimastrategi, som regering og forligspartierne bag klimaloven vil forfølge, hvis vi skal kunne udvikle den energi- og forsyningssektor, der skal levere grøn energi til hele Danmark i 2030 og 2050. De fleste investeringer i energi- og forsyningssektoren tager lang tid at forberede og gennemføre, så vi skal i gang nu, hvis vi skal nå i mål. Tilsvarende skal energikunderne hurtigst muligt have sigtbarhed, så de kan engagere sig og træffe beslutninger, der støtter op om 70%-målsætningen. Regering og Folketing skal være opmærksomme på, at omkostningerne kan stige betragteligt, hvis der træffes for mange investeringsbeslutninger i de kommende år, som ikke er grønne. Så selv om 2030 kan synes som langt ude i fremtiden, er de beslutninger, vi træffer i de kommende år, helt afgørende for om Danmark kan føre sine klimaambitioner ud i livet.

Det kalder på en national klimastrategi, der bygger på indspil fra alle 13 klimapartnerskaber. For energi- og forsyningssektorens vedkommende, er det afgørende, at strategien løfter 5 nødvendige opgaver.

Opgave 1. Sæt et styrende mål om mindst 95% reduktion af udledningerne fra energi- og forsyningssektoren

Opgave 2. Sæt et styrende mål om halvering af den samlede afbrænding af fossil energi i bygninger, transport og industri

Opgave 3. Udarbejd en styrende tiårig køreplan for brintbaserede brændsler med fokus på, hvordan staten og industrien i samarbejde kan nedbringe etablerings- og anvendelsesomkostningerne

Opgave 4. Sæt et mål for udbygning af vedvarende energi, som sikrer tilstrækkelig kapacitet til at understøtte en fuld, grøn omstilling af Danmark

Opgave 5. Sæt rammer for udvikling af den danske energiinfrastruktur, som understøtter en fuld, grøn omstilling af Danmark

Den nationale klimastrategi skal være besluttet senest medio 2020

20 afgørende beslutninger skal sikre handling. Den nationale strategi er det første skridt, som skal sætte en klar retning Strategien skal følges op af konkrete beslutninger, der skal sikre handling. Energi- og forsyningssektoren giver sit bud på 20 afgørende beslutninger, som skal bringe den nationale strategi videre og skabe grundlag for den handling, som er afgørende for, at Danmark når i mål. På nogle områder kan beslutningerne træffes hurtigt, fordi beslutningsgrundlaget allerede er tydeligt, og fordi den teknologiske risiko er begrænset. På andre områder skal handlingen og beslutningerne modnes. På alle områder gælder det, at beslutning om den retning og ambition, vi som land skal forfølge, må træffes nu, og baseres på bred politisk opbakning. Fremtiden vil i alle tilfælde være usikker, og den valgte kurs vil skulle tilpasses. Derfor skal beslutningerne ledsages af politisk vilje til at korrigere kursen, i takt med at markeder, teknologi og forbrugeradfærd udvikler og forandrer sig.

De 20 afgørende beslutninger skal træffes senest medio 2021

Beslutninger skal bakkes op af regulering. Beslutningerne skal følges op af regulering, som understøtter omstillingen. Energi- og forsyningssektoren giver vores anbefalinger til den detailregulering, der kan sikre, at de private investeringer kan foretages i de grønne alternativer, i udbygning af vedvarende energi og i energiinfrastruktur, så vi kan være klar i tide og klar til at udfylde vores rolle som energi- og forsyningssektor – både nationalt og internationalt.

Langsigtet plan for finansiering. På tværs af alle klimapartnerskabernes anbefalinger bør regeringen fastlægge den langsigtede finansiering af den nationale klimastrategi, som kan 1) imødegå tabet af indtægter, som følge af skift fra fossil til grøn energi, 2) imødegå stigende energiomkostninger for de laveste indkomstgrupper og det mest konkurrenceudsatte erhvervsliv, samt 3) finansiere de nødvendige tilskud til modning og spredning af ny grøn teknologi.

Ambitiøs international klimapolitik. I forlængelse af en national klimastrategi bør regeringen forfølge en ambitiøs international, og ikke mindst europæisk, klima- og energipolitik. For alle erhvervssektorer vil en international og europæisk klima- og energipolitik i tråd med de danske ambitioner være gavnlig. Det skaber lige konkurrencevilkår, åbner markedet for de mest klimaeffektive aktører i alle sektorer og øger tiltroen til, at de teknologiske løsninger udvikles langt hurtigere. Særligt det europæiske samarbejde er afgørende, fordi der heri ligger en række regulatoriske begrænsninger som fx statsstøtteregler, regler for EU's indre energimarked mv., som også er med til at definere rammerne for den nationale klimastrategi. Regeringen bør derfor fortsat presse på for, at EU's reduktionsmål i 2030 hæves til 50-55% og for styrkelse af det europæiske CO_2-kvotesystem ved at reducere mængden af tilgængelige kvoter og eventuelt inkludere flere sektorer. Det er også vigtigt at præge globale regelsæt, fx i regi af internationale agenturer for søfart og luftfart som IMO og ICAO[1].

[1] International Maritime Organization, International Civil Aviation Organization.

20 Klimabeslutninger

Opgave 1. Sæt et styrende mål om mindst 95% reduktion af udledningerne fra energi- og forsyningssektoren

1. Beslut en fuld og mest muligt fremrykket udfasning af kul i den danske kraftvarmeproduktion.

2. Beslut, hvordan naturgas skal udfases af individuel opvarmning inden 2030, og etablér en handlingsplan, så kunderne har tid til at forberede sig på at skifte til en anden opvarmning (varmepumpe, biogas og fjernvarme).

3. Beslut en ny regulering for fjernvarmesektoren, der understøtter overgangen til 100% grøn energi og tager højde for forskelle i varmeområder og de forskellige teknologiske løsninger, samt prioriterer investeringer i alternativer til øget biomasse-anvendelse og fastsæt, at alt biomasse-anvendelse til energiformål skal følge de kommende lovpligtige bæredygtighedskriterier.

4. Beslut, at plast skal udsorteres af affaldet, og udarbejd en langsigtet strategi, der øger genanvendelsen.

5. Beslut, at CO_2-fangst (udnyttelse og lagring) skal være en del af en national klimastrategi, og etablér de regulatoriske og økonomiske forudsætninger for, at der kan opsættes CO_2-fangst på én eller flere af de største danske punktkilder, herunder affaldsenergianlæg.

6. Beslut i samarbejde med offshore-branchen at udarbejde en handlingsplan for en effektivisering og delvis elektrificering af olie- og naturgasproduktionen i Nordsøen.

Opgave 2. Sæt et styrende mål om halvering af den samlede afbrænding af fossil energi i bygninger, transport og industri

7. Beslut en ny bilbeskatning, der understøtter en forceret udbredelse af grønne personbiler, så incitamenter til valg af benzin- og dieselbiler helt forsvinder før 2030, og supplér det med en offensiv indsats for planlægning og udpegning af arealer til etablering af ladepladser.

8. Beslut, at alle nye kontrakter om levering af kollektiv transport – busser, færger, taxaer og tog – skal baseres på fossilfri løsninger.

9. Beslut at fjerne de regulatoriske barrierer for energieffektivitet, som identificeret i alle klimapartnerskaberne, og gør dette til et selvstændigt indsatsområde i en national klimastrategi.

10. Beslut en plan for udfasning af kul, olie og naturgas i industrien, hvor det er teknisk muligt, og hjælp industrien til at overgå til grønne alternativer såsom el, brintbaserede brændsler og biogas.

Opgave 3. Udarbejd en styrende ti-årig køreplan for brintbaserede brændsler med fokus på, hvordan staten og industrien i samarbejde kan nedbringe etablerings- og anvendelsesomkostningerne

11. Beslut en strategi og køreplan for anvendelse af brintbaserede brændsler (Power-to-X). Afsæt støttemidler til industriel skalering, som virkemiddel til omkostningsreduktioner på vej mod kommerciel bæredygtighed, og udpeg relevant placering, hvor blandt andet overskudsvarme kan udnyttes.

Opgave 4. Sæt et mål for udbygning af vedvarende energi, som sikrer tilstrækkelig kapacitet til at understøtte en fuld, grøn omstilling af Danmark

12. Beslut, at der ved årlige udbud fra 2021 til 2024 samlet skal etableres mindst 5 GW havvindmølleparker til idriftsættelse før 2030, hvoraf der allerede i Energiaftalen 2018 er vedtaget op til 3 GW, og at der skal skabes fleksibilitet til, at der efter behov kan bygges mere inden 2030 – også igennem Åben Dør.

13. Beslut en køreplan for den samlede udbygning af vedvarende energi og transmissionsinfrastruktur i Nordsøen og Østersøen frem mod 2050, herunder at ét af de første udbud af havvind inden 2024 skal indgå i etableringen af én eller flere energi-øer, der inden 2030, skal forbindes til andre lande, og som efter 2030 skal indgå i et '"Nordsø-grid" og/eller "Østersø-grid".

14. Beslut en handlingsplan, der giver mulighed for en ambitiøs udbygning med sol og vind på land, som stemmer overens med det samlede behov for vedvarende energi og kapaciteten i elnettet. Gennemfør de allerede aftalte teknologineutrale udbud. Indgå en forpligtigende aftale med kommunerne som sikrer, at den nødvendige plads stilles til rådighed.

15. Beslut at øge mængden af biogas i den danske energiforsyning i 2030, stil krav om en stadig mere omkostningseffektiv produktion, og bak det op enten med krav til kunderne om at aftage en fastsat volumen eller støt produktionen.

Opgave 5. Sæt rammer for udvikling af den danske energiinfrastruktur, som understøtter en fuld, grøn omstilling af Danmark

16. Beslut, at den økonomiske regulering af eldistributionsselskaber og Energinet skal muliggøre en omkostningseffektiv udbygning af distributions- og transmissionsnettet til forlods at kunne understøtte det øgede elforbrug.

17. Beslut, at der skal implementeres tidsdifferentierede tariffer, og at data skal stilles til rådighed for, at markedsaktører kan udvikle fleksibilitetsprodukter, energilagre mv., der er attraktive for energikunderne og bidrager til udjævning og reducering af elforbruget over døgnet.

18. Beslut, at målet for den danske forsyningssikkerhed skal tage højde for et energisystem, der er indrettet efter 70%-målsætningen med mere fluktuerende energiproduktion og væsentligt mindre kraftværkskapacitet.

19. Beslut en plan for udbygning af transmissionsinfrastrukturen (på land og hav), understøttet af effektive beslutningsprocesser, så investeringerne ikke forsinkes.

20. Beslut en plan for gasinfrastrukturen, herunder hvilke dele af gasnettet der skal lukkes, og hvornår, samt hvordan gasinfrastrukturens kvaliteter indenfor energitransport og -lagring kan understøtte Power-to-X-brændsler og grønne gasser.

Køreplan fra klimastrategi til klimahandling

2021+ 2021+ 2030

Klimahandling

70%

Detailregulering

De 5 opgaver og de tyve beslutninger understøttes af detailregulering. Dette uddybes i kapitel 7.

Investeringer

Efterspørgsel og risikodeling understøtter, at husholdninger og privat erhvervsliv – heriblandt energi- og forsyningssektoren – kan mobilisere de nødvendige investeringer. Dette uddybes i kapitel 6.

Resultatet af mange beslutninger truffet af mange aktører på meget kort tid

Husholdninger og privat erhvervsliv

Vision Klimaudfordringen indeholder en historisk stor mulighed for Danmark

Danmark har alle forudsætninger for at gøre en ambitiøs grøn omstilling til en gevinst for klimaet, vores virksomheder og danskerne, men det vil kræve beslutsomhed og store forandringer på tværs af det danske samfund. De folkevalgte må sætte retningen med de nødvendige ambitioner, beslutninger og rammevilkår. Erhvervslivet må demonstrere dets vilje og evne til at innovere og, investere og omsætte forandringerne til løsninger, som kan eksporteres til resten af verden. Borgerne må være parate til at investere i bolig-, energi- og transportløsninger, der støtter op om ambitionen.

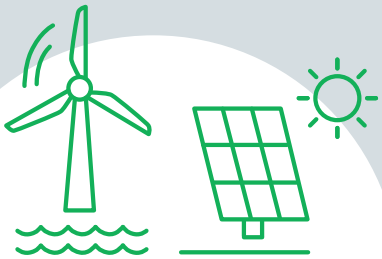
Det er en formel, som allerede har placeret Danmark blandt verdens førende lande inden for grøn teknologi, og vi står med en historisk mulighed for at udbygge og kapitalisere på denne position. Hvis vi går ind i forandringerne med en bedre samarbejdsevne på tværs af samfundet og større strategisk mod og beslutsomhed end andre lande, kan Danmark vise vejen i kampen mod klimaforandringerne og styrke vores langsigtede konkurrenceevne.

Det handler om et fremtidigt Danmark med adgang til store mængder af grøn energi til konkurrencedygtige priser. Et land, hvor danske hjem, transportløsninger og hele erhvervssektoren forsynes med grøn energi, og hvor *Made in Denmark* er lig med bæredygtighed. Et land, som sælger grøn energi, teknologi og viden til hele verden, og som samtidig trækker investeringer til landet fra virksomheder, som gerne vil have adgang til vores grønne energi, innovationskraft og stabile rammevilkår. Et land, som skaber grøn vækst og grønne arbejdspladser, hvor danske arbejdstagere udgør en grøn arbejdsstyrke i verdensklasse. Og et land, hvor forsyningssikkerheden fortsat er helt i top.

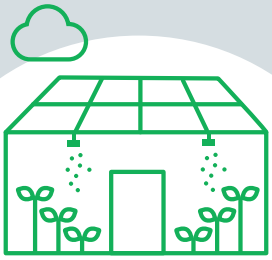
Hertil kommer muligheden for at eksportere store mængder af grøn elektricitet og grønne brændsler, som kan erstatte de store indtægter, Danmark historisk har hentet fra olie og naturgas i Nordsøen. Det kan understøtte en fortsat sund samfundsøkonomi og bidrage til betydelige CO_2-reduktioner i europæiske lande, som ikke selv har vind-og solressourcer til en fuld grøn omstilling.

Det Danmark kan i dag virke som en abstrakt vision, men det er bestemt ikke uden for rækkevidde. Hvis vi har modet og beslutningsevnen og kan mobilisere et bredt samarbejde på tværs af det danske samfund, så kan vi tage meget store skridt i den rigtige retning over de kommende ti år.

Energi- og forsyningssektoren er klar til at yde vores bidrag. Vi glæder os til fremtiden og til at være med til at fremtidssikre Danmarks konkurrenceevne og position som et foregangsland i kampen for en bæredygtig verden.



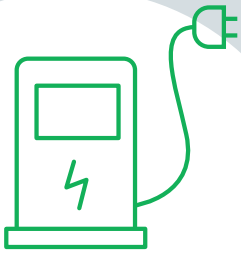
Store mængder af grøn energi, teknologi og viden til hele verden



Grøn vækst og grønne arbejdspladser – en grøn arbejdsstyrke i verdensklasse

Høj forsyningssikkerhed og konkurrence-dygtige priser

Made in Denmark er lig bæredygtighed – uanset branche



Energieffektivitet, fleksibilitet og smarte løsninger

1.0 Energi- og forsynings-sektorens opgave og tilgang

For at nå 70%-målsætningen i 2030 skal udledninger på tværs af sektorer reduceres med 26 mio. ton CO_2, svarende til mere end den samlede reduktion i perioden 1990 til 2019. Det vil kræve en markant indsats på tværs af alle sektorer. Energi- og forsyningssektorens sektorkøreplan tager først og fremmest udgangspunkt i Energistyrelsens Basisfremskrivning og dernæst en udviklet fortrængningsmodel, som estimerer en række reduktionstiltag. Sektorkøreplanen lægger til grund, at 70%-målsætningen skal realiseres, og giver et estimat på det fremtidige grønne energibehov på tværs af sektorer. Denne tilgang er valgt for at kunne nå frem til en vurdering af, hvilke tiltag og ikke mindst hvilke investeringer det vil kræve i energi- og forsyningssektoren for at understøtte den grønne omstilling i øvrige sektorer. Der er imidlertid flere usikkerheder og faktorer, som spiller ind, fx usikkerheder forbundet med hvilke teknologier, der vil være markedets fortrukne i 2030. Både fortrængningsmodellen og indsatsen vil derfor løbende skulle tilpasses, bl.a. i takt med spredning og udvikling af teknologier og forbrugerpræferencer, og når arbejdet i alle 13 klimapartnerskaber er afsluttet. Til gengæld giver modellen et detaljeret bud på en omkostningseffektiv vej til at finde de nødvendige reduktioner, der gør, at Danmark kan indfri 70%-målsætningen fuldt ud.

Danmark har siden 1990 reduceret sin CO_2-udledning med 34%, svarende til en reduktion på ca. 24 mio. ton CO_2 fra 1990 og til i dag. Målsætningen om at reducere med 70% i 2030 betyder, at Danmark skal reducere med yderligere 26 mio. ton CO_2 fra i dag og frem til 2030. Det svarer til, at Danmark de næste 10 år skal reducere med tæt på samme mængde CO_2, som Danmark har formået at reducere de foregående 30 år, jf. Figur 1.

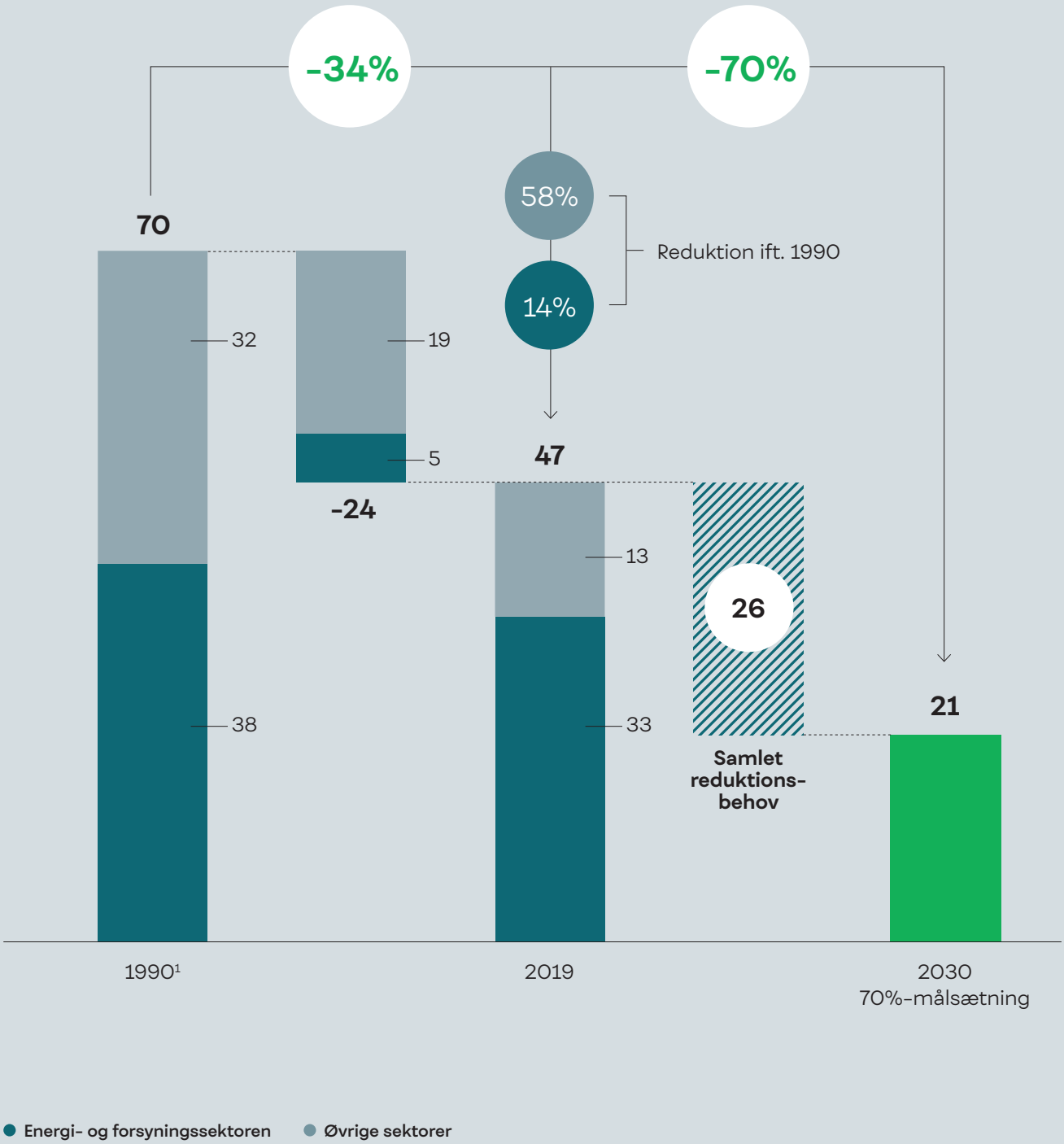
70%-målsætningen betyder, at Danmark vil skulle gennemgå en omfattende, grøn omstilling af hele det danske samfund med signifikante bidrag fra alle sektorer. Omstillingen vil kræve, at de resterende fossile brændsler i energi- og forsyningssektoren udfases og forudsætter derudover væsentlige reduktioner i fossilanvendelsen i andre sektorer. Desuden vil energieffektiviseringer kunne bidrage væsentligt til, at det samlede energibehov reduceres, hvilket vil lette opgaven med at producere og levere de nødvendige mængder af ny, grøn energi.

Danmark står foran en monumental opgave, men heldigvis har Danmark også de bedste forudsætninger for at lykkes. Sammenlignet med 1990 er Danmarks udgangspunkt for en forceret, grøn omstilling frem mod 2030 i dag et helt andet. Siden 1990 har energi- og forsyningssektoren reduceret sin udledning med 58%. Sektorens mere end 20-årige erfaring med den grønne omstilling har banet vejen for, at grønne teknologier ikke kun er det grønne valg, men også det økonomisk attraktive valg. Vedvarende energi er nu billigere end de fossile alternativer, og en stor andel af de danske husstande opvarmes med grøn energi. Danske teknologier har effektiviseret og reduceret energiforbruget markant, og bæredygtig biomasse og biogas har erstattet kullet.

Figur 1.

70%-målsætningen kræver en samlet reduktion de næste 10 år, svarende til de foregående 30 år

Mio. ton CO_2-ækvivalenter (CO_2e)



[1] Baseline for regeringens klimamålsætning.
Note: Viste udledningstal er faktisk udledning ekskl. LULUCF (Land Use, Land-Use Change, and Forestry), som opgjort i Basisfremskrivning 2019.
Note: Energi- og forsyningssektoren omfatter udledning ved udvinding, konvertering til el og varme og ved endelig opvarmning.
Kilde: Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019; Energistatistik 2017; QVARTZ-analyse.

Sådan har energi- og forsyningssektoren grebet opgaven an

Energi- og forsyningssektorens sektorkøreplan har sat 70%-målsætningen som en fast præmis for den analyse, der danner udgangspunkt for sektorens reduktionstiltag. Energi- og forsyningssektoren har i sin tilgang lagt til grund, at vi som sektor ønsker at kunne forsyne det danske samfund med vedvarende energi svarende til den mængde fossil energi, som vil skulle erstattes for at komme i mål.

Analysen tager først og fremmest udgangspunkt i Energistyrelsens Basisfremskrivning. Derudover har energi- og forsyningssektoren identificeret flere tiltag, der kan bidrage med yderligere reduktioner i egen sektor. For at give et konkret bud på den mængde vedvarende energi, der kan erstatte den fossile energi for at få hele Danmark i mål, tager analysen yderligere udgangspunkt i en fortrængningsmodel udviklet af Ea Energianalyse. Modellen viser tiltag på tværs af sektorer, der kan bidrage til CO_2-reduktioner frem mod 2030, og vurderer de relaterede omkostninger.

Der er flere mulige veje til 70%-målsætningen. I sektorkøreplanen har energi- og forsyningssektoren antaget, at målsætningen om 70%-reduktion realiseres uden markante begrænsninger i danskernes behov eller aktivitetsniveauet i landbrug, industri og transportsektor. Fx antager modellen ikke, at landbruget overgår til en langt større andel plantebaseret produktion, eller at det samlede antal biler i Danmark reduceres markant. Sektorkøreplanens samlede antagelser er beskrevet nærmere i metodeafsnittet.

Fortrængningsmodellen (figur 2) viser, at Danmark frem mod 2030 kan reducere sin CO_2-udledning med 64% med forholdsvis kendte og skalerede løsninger. Her er der fx tale om energieffektiviseringer, udskiftning af fossile brændsler med eldrevne varmepumper og erstatning af fossildrevne køretøjer med elkøretøjer samt øget biogasanvendelse.

Det sidste stykke til 70%-reduktion skal findes ved teknologier, som i dag er relativt umodne eller ved mere modne teknologier, der skaleres til et niveau, som i dag synes svært at realisere. Det drejer sig om umodne teknologier som Power-to-X og CO_2-fangst, og det drejer sig om at indfase markant flere elbiler i 2030 (500.000), end de elbiler (1 mio.) som er inkluderet i reduktionen mod 64%. Hvis ét eller flere af tiltagene ikke gennemføres, skal de i stedet erstattes af andre tiltag, som vil kunne bidrage med samme mængde reduktioner, for at Danmark kan nå 70% i 2030.

At nå de 64% er i sig selv en stor opgave, og at nå det sidste stykke til 70% med 1,5 mio. elbiler, Power-to-X og CO_2-fangst er endnu mere ambitiøst. Men det er alle tiltag, som er mulige. Samtidig er alle tre tiltag absolut nødvendige for at hente yderligere reduktioner efter 2030 og nå målet om fuld klimaneutralitet i 2050. Derfor er det ikke lige så afgørende, hvor meget hvert af de tre tiltag bidrager med af reduktioner frem mod 2030, som det er afgørende, at alle tre tiltag indgår i den strategiske og politiske planlægning allerede fra i dag og frem mod 2050. Reduktionstiltagene er illustreret i Figur 2.

Hvad er en sektorkøreplan?

I forbindelse med regeringen og Folketingets beslutning om en 70% CO_2-reduktion i 2030 og klimaneutralitet i 2050 har regeringen nedsat 13 klimapartnerskaber på tværs af erhvervslivet.

De 13 klimapartnerskaber skal hver især udarbejde sektorkøreplaner, som skal bidrage til arbejdet med regeringens kommende klimahandlingsplan. Opgaven er tredelt, og sektorkøreplanerne skal:

a. Indeholde ambitioner om CO_2-reduktioner i egen sektor
b. Indeholde bidrag til reduktioner i andre sektorer
c. Indeholde bidrag til internationale reduktioner og i internationale værdikæder

Figur 2.

Kendte tiltag kan bringe Danmark til 64% reduktion, yderligere tiltag nødvendige for at nå til 70% og 100% reduktion

[1] De viste løsninger er ikke udtømmende for at nå 64%.
[2] Her vist for energi- og forsyningssektoren, yderligere CO_2-fangst og lagring kan også blive nødvendigt for tiltag i tung industri.
Kilde: Ea Energianalyse; QVARTZ-analyse.

Vejen mod 2030 vil betyde en accelereret, grøn omstilling samt en langt større kompleksitet og foranderlighed. Derfor kan fortrængningsmodellen selvsagt ikke forudsige virkeligheden i 2030, men er udelukkende et omkostningseffektivt bud på, hvordan det grønne Danmark kan se ud i 2030. Især er der store usikkerheder forbundet med, hvilke teknologier der vil være markedets foretrukne i 2030. Udfaldsrummet for de teknologier, der kan føre Danmark frem til 70%-målsætningen, er stort, og derfor skal man være påpasselig med at låse sig fast på bestemte løsninger. Det gælder ikke mindst Power-to-X-brændslerne, hvor det fortsat er uafklaret, hvilke grønne brændsler der vil blive efterspurgt i tung transport, luftfart og søfart. Givet at disse transportformer rækker ud over Danmarks grænser, vil efterspørgslen efter Power-to-X-brændsler også afhænge af det internationale marked. Tilsvarende kan det vise sig, at nye forskningsgennembrud kan føre til væsentlige reduktioner i de ikke-energirelaterede udledninger i landbrug, miljø og industri, hvilket også vil påvirke "byggeklodserne" i fortrængningsmodellen. Desuden kan det ikke udelukkes, at omstillingen vil resultere i en begrænsning af privatbilismen, hvormed der ikke bliver behov for det antagne antal elbiler. Både fortrængningsmodellen og indsatsen vil derfor løbende skulle tilpasses i takt med spredning og udvikling af teknologier, markeder, erhvervslivet og forbrugerpræferencer.

Til gengæld giver modellen et detaljeret bud på en omkostningseffektiv vej til at finde de nødvendige reduktioner, der gør, at Danmark kan indfri 70%-målsætningen fuldt ud. Fordelen er, at den kan bidrage til at gøre en meget ambitiøs målsætning håndgribelig ved at sætte konkrete tiltag og handlinger i spil. Dermed giver modellen grundlag for at forstå de nødvendige afvejninger og prioriteringer og tilbyder samtidig et afsæt, som kan justeres i takt med teknologi- og markedsudviklingen de kommende år.

Energi- og forsyningssektorens formål med at estimere, hvilke tiltag der skal gennemføres – også i andre sektorer – er at estimere energibehovet i 2030. Det gøres for at kunne svare på, hvor meget fossil energi der kan erstattes med grøn energi, og om infrastrukturen – el, varme og gas – kan servicere et fremtidigt øget energibehov.

Hvis energi- og forsyningssektoren skal kunne dække det fremtidige energibehov, er det uagtet alle usikkerheder nødvendigt at have et godt estimat allerede nu, for hvilket fremtidigt energibehov der skal udgøre det strategiske og planlægningsmæssige grundlag for energi- og forsyningssektoren. Investeringsbeslutninger i sektoren er ikke kun kapitaltunge, men har også meget langsigtede planlægnings- og investeringshorisonter. Fx har investeringsbeslutninger i elinfrastrukturen typisk en investeringshorisont på 30-50 år, og planlægning, udbud og etablering af en havvindmøllepark tager typisk 8 år. Tilsvarende tager det flere år at planlægge og gennemføre markante ændringer i varmesektoren.

Når arbejdet i alle 13 klimapartnerskaber er afsluttet, vil der kunne udarbejdes et opdateret estimat af energibehovet baseret på alle sektorkøreplanernes tiltag. I sidste ende er det de beslutninger, som træffes i andre sektorer, der bliver afgørende for, hvilken udbygning af grønne energiformer og infrastruktur energi- og forsyningssektoren skal levere. Dertil kommer, at de øvrige 12 sektorkøreplaner måske vil anvise nye løsninger, som kan føre til teknologispring, flere energieffektive teknologier eller større reduktioner i emissionerne fra landbruget end antaget i denne analyse.

I det følgende kapitel beskrives, hvordan energi- og forsyningssektoren gennem seks konkrete initiativer kan reducere sin CO_2-udledning med ca. 13 mio. ton fra 2019 til 2030 og derved levere ca. halvdelen af Danmarks nødvendige CO_2-reduktion frem mod 70%-målsætningen.

Planlægning, udbud og etablering af en havvindmøllepark tager typisk 8 år

2.0 En fossilfri energi- og forsyningssektor i 2030 bringer Danmark halvvejs i mål

På skuldrene af en energieffektivisering, der har reduceret behovet for energi markant, er energi- og forsyningssektorens udledning reduceret med 58% fra 32 mio. ton i 1990 til 13 mio. ton i 2019. Med fortsat energieffektivisering og yderligere initiativer målrettet udfasning af fossil energi kan energi- og forsyningssektoren reducere sin udledning ned til ca. 1 mio. ton i 2030. Det betyder, at sektoren samlet vil have reduceret sin udledning med mere end 95% siden 1990. Initiativerne er udfasning af det resterende kul i kraftværkerne og naturgas til fjernvarmeproduktion, udfasning af naturgas og olie i individuel opvarmning, CO_2-fangst på store punktkilder, reduktion af plast i affaldsenergien og reduktion af naturgasforbruget til energiproduktionen i Nordsøen. Reduktionerne fra energi- og forsyningssektoren forventes at bidrage med ca. halvdelen af den samlede nødvendige danske reduktion fra 2019 til 2030.

2.1. Siden 1990 har energi- og forsyningssektoren reduceret sin udledning med 58%

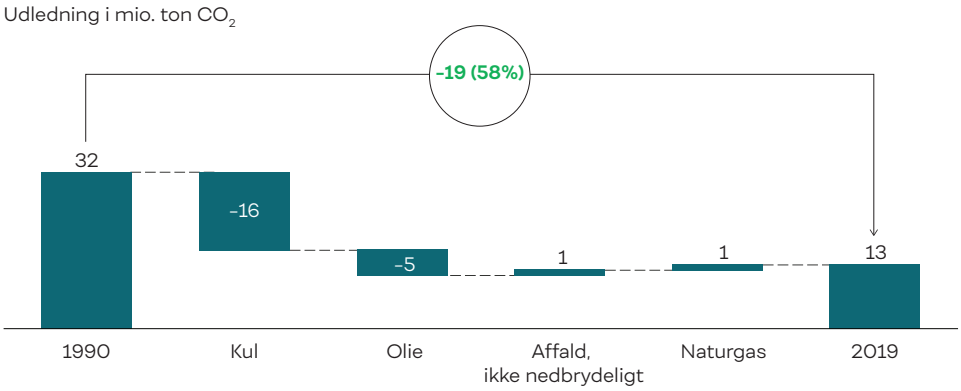
Energi- og forsyningssektoren har reduceret sin CO_2-udledning fra 32 mio. ton i 1990 til 13 mio. ton i 2019, svarende til en reduktion på 19 mio. ton eller 58%. Reduktionen er bl.a. drevet af energieffektiviseringer, der har reduceret behovet for energi samlet set, og ved en betydelig erstatning af fossile brændsler med vedvarende energi i det samlede energimix. Det har resulteret i en markant udfasning af kul og olie, jf. Figur 3.

Udfasningen af kul svarer til en CO_2-reduktion på 16 mio. ton, som primært er sket i en række kraftvarmeanlæg, fx Studstrup, Avedøre 1 og Stigsnæs. Udfasningen af olie svarer til en CO_2-reduktion på 5 mio. ton og har overvejende fundet sted i private oliefyr, hvor energieffektiviteten er forbedret, og hvor olie er erstattet af fx fjernvarme. Samtidig med udfasningen af kul og olie er der blevet tilføjet ikke-nedbrydeligt affald (1 mio. ton) og naturgas (1 mio. ton) til produktionen, hvilket har øget CO_2-udledningen en smule. Begge dele er dog tilføjet som en direkte erstatning for kul og olie, hvormed den samlede CO_2-udledning er reduceret. CO_2-reduktionen på 19 mio. ton i perioden 1990 til 2019 i energi- og forsyningssektoren svarer til ca. 80% af den samlede danske CO_2-reduktion siden 1990.

Energieffektiviseringer er fortsat afgørende

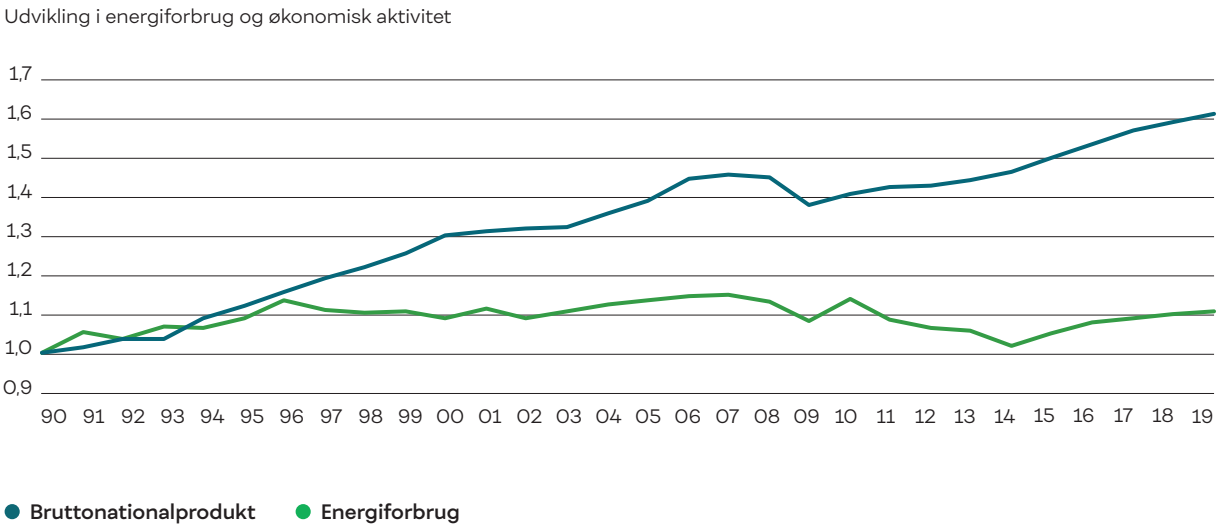
Siden 1990 har Danmark formået at skabe økonomisk vækst og velstand uden markante stigninger i energiforbruget. Denne udvikling er drevet af danske virksomheder, som har gået forrest og foretaget investeringer i energieffektive teknologier, der har reduceret energibehovet markant. Samtidig har lovgivning på bygningsområdet højnet bygningers energimæssige ydeevne. I perioden 1990-2019 steg Danmarks bruttonationalprodukt med ca. 61%, mens det endelige energiforbrug inkl. transport alene steg med 10% i samme periode. Ser man isoleret på energiforbrug i bygninger og erhvervslivet, er stigningen i energiforbrug blot 2% i samme periode. Samtidig har energieffektiviseringsindsatsen betydet, at den energi, som energi- og forsyningssektoren skal levere, er reduceret med ca. 6% fra

Figur 3. **Udvikling i CO_2-udledninger fordelt på energikilder i energi- og forsyningssektoren i perioden 1990-2019**



Kilde: Energistyrelsen (2019): Basisfremskrivning; Dansk Energi; QVARTZ-analyse.

Figur 4. **Udvikling i energiforbrug og økonomisk aktivitet i Danmark**



Note: Indekseret udvikling; 1990 er indeks 100.
Note: BNP-2010-priser, Danmarks Statistik (NAN1), faste priser.
Kilde: Energistyrelsen (2019): Basisfremskrivning; Energistyrelsen (2018): Energistatistik; Danmarks Statistik; Dansk Energi; QVARTZ-analyse.

1990 til 2018 [2.1], endda over en periode med markant økonomisk vækst i samfundet.

De store energieffektiviseringer er primært drevet af energibesparelser i erhvervslivet, som fx optimering af produktionsprocesser, krav til nye bygningers energimæssige ydeevne, energirenovering af den eksisterende bygningsmasse samt energioptimering af bygningsinstallationer og bygningsdrift. Førende danske virksomheder, som fx Danfoss, Grundfos, Rockwool og Velux m.fl., har understøttet energieffektiviseringsindsatsen i Danmark såvel som globalt.

Frem mod 2030 er der fortsat potentiale i at forfølge energieffektiviseringsindsatser i industriprocesser, bygninger og boliger for at reducere energibehovet. I en rapport fra Danfoss (2020) estimeres det, *at "Over perioden 2020 til 2030 skønnes energieffektivitetsinvesteringer således at indebære en samfundsøkonomisk besparelse på omkring 14 mia. kr., hvis alternativet er øget udbygning med vedvarende energi (...), herunder sparede omkostninger til udbygning af elnettet og lagring"*[2.2].

Fremadrettet vil løbende energieffektivisering, valg af effektive grønne løsninger sammen med fleksibelt forbrug og digitalisering være en del af løsningen for at begrænse behovet for udbygning af vedvarende energi og infrastruktur. Desuden vil fremtiden også byde på et nyt samspil på tværs af forsyningsarter, energileverandører og energikunder. En tættere kobling mellem forskellige forsyningsarter vil spille en væsentlig rolle i at begrænse behovet for udbygning. Fx vil fjernvarmeproducenterne fremadrettet blive store elkunder og have unik mulighed for at udnytte svingningerne i elprisen og producere fjernvarme til deres varmelagre, når elprisen er lav.

Erstatning med vedvarende energikilder

Erstatning af fossile brændsler med vedvarende energi har isoleret set drevet CO_2-reduktioner i energi- og forsyningssektoren. Andelen af vedvarende energi i den energi, som energi- og forsyningssektoren producerer, er steget fra 9% i 1990 til hele 59% i 2018, jf. Figur 5. Samtidig er især andelen af kul og olie reduceret markant.

Den store omstilling fra fossile brændsler til vedvarende energi er lykkedes uden at kompromittere den høje danske forsyningssikkerhed og med begrænsede stigninger i energiomkostningerne (ekskl. afgifter) for danske forbrugere og virksomheder. Samtidig er omstillingen sket i et tempo og med et ambitionsniveau, som betyder, at Danmark i dag er internationalt anerkendt for sit bæredygtige energisystem[2.3].

De høje CO_2-reduktioner i energi- og forsyningssektoren betyder, at de mest omkostningseffektive initiativer allerede er gennemført. Hvordan yderligere reduktioner mod 2030 kan gennemføres, beskrives i næste afsnit.

2.2. Energi- og forsyningssektoren kan reducere sin udledning med mere end 95% frem mod 2030

Energi- og forsyningssektorens vision for 2030 er at reducere sin udledningen af CO_2 med mindst 95% i forhold til 1990. Energi- og forsyningssektoren har identificeret seks overordnede reduktionstiltag, som samlet har et teknisk reduktionspotentiale på næsten 13 mio. ton CO_2, og som ved fuld implementering vil betyde, at energi- og forsyningssektoren kan reducere sin udledning med mere end 95% i forhold til 1990, jf. Figur 6.

Størstedelen af reduktionerne (10 mio. ton) realiseres ved at udfase fossile brændsler i el- og fjernvarmen og i individuel opvarmning. De øvrige reduktioner kommer bl.a. fra en større udsortering og genanvendelse af plast i affald, hvilket kan reducere udledningerne fra affaldsenergianlæg (1 mio. ton). Derudover

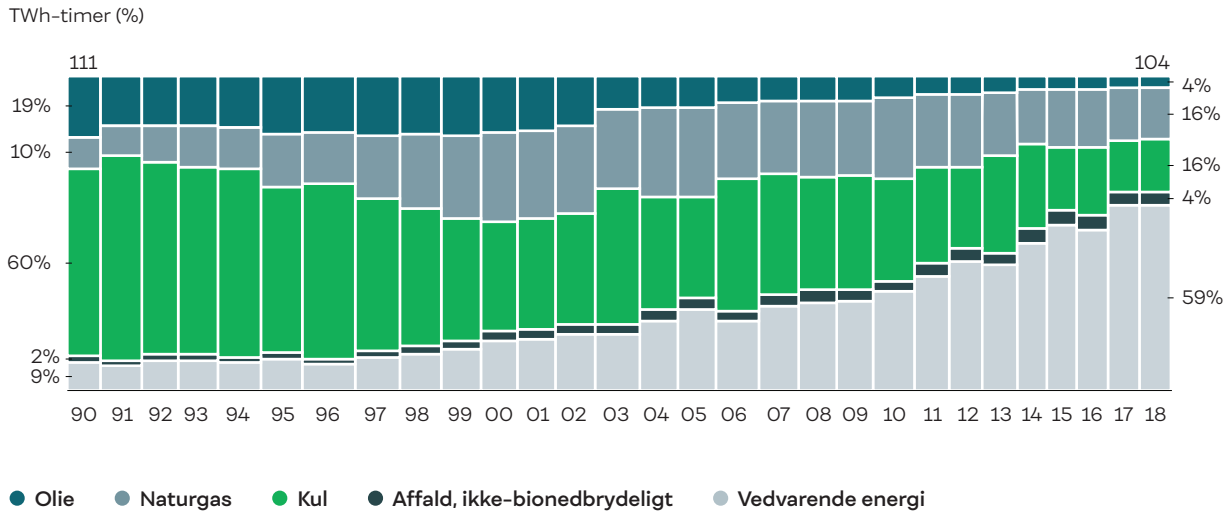
---

2.1 Fra 111 TWh i 1990 til 104 TWh i 2018, som illustreret i Figur 5. Omregnet fra petajoule. Det samlede danske energiforbrug er også reduceret med ca. 5% fra ca. 228 TWh i 1990 til ca. 223 TWh i 2018. Energistatistik 2018, Energistyrelsen.

2.2 Den samfundsøkonomiske besparelse på 14 mia. kr. er beregnet på andre reduktionsforudsætninger end de her i rapporten benyttede, hvorfor tallet ikke nødvendigvis kan genfindes.

2.3 World Energy Trilemma Index, (2018): Danmark er kåret af World Energy Council som havende ét af verdens bedste energisystemer målt på, hvor sikkert og pålideligt det er, hvor økonomisk overkommeligt og tilgængeligt det er, samt hvor miljømæssigt bæredygtigt det er.

Figur 5. **Brændselskilder til energiproduktion i energi- og forsyningssektoren i perioden 1990-2018**



Note: Bredden af søjler varierer med udsving i årligt samlet energiforbrug.
Note: Biomasse udgjorde i 2018 57% af den vedvarende energi.
Kilde: Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019: Energistatistik. Faktiske bruttoenergiforbrug; Dansk Energi; QVARTZ-analyse.

skal der opsættes anlæg til fangst af CO_2 direkte fra store udledningskilder (1 mio. ton), og Nordsø-produktionen af olie og naturgas, som i dag er drevet på gasturbiner, skal effektiviseres og delvis elektrificeres for at mindske naturgasforbruget i produktionen (1 mio. ton).

Ud af reduktionen på 13 mio. ton CO_2 er der allerede i Energistyrelsens fremskrivning af energiudviklingen mod 2030 en CO_2-reduktion i energi- og forsyningssektoren på 7,5 mio. ton, jf. Figur 7. De yderligere 5,4 mio. ton kommer fra de tiltag, som energi- og forsyningssektoren yderligere kan bidrage med for at nå 70%-målsætningen.

De samlede reduktionstiltag anses som teknologisk mulige og er økonomisk ansvarlige i forhold til omkostningerne ved reduktioner i andre dele af det danske samfund, fx i industri, landbrug og transport. Dermed ikke sagt, at reduktionerne kommer af sig selv. Tværtimod vil reduktionen på 13 mio. ton, der svarer til ca. halvdelen af den samlede nødvendige reduktion i Danmark mod 2030, kræve en omfattende omstilling af den danske energi- og forsyningssektor. For at understøtte omstillingen og sikre de relaterede investeringer skal visse teknologier modnes yderligere, og de nødvendige rammevilkår skal være til stede. I de følgende afsnit beskrives seks reduktionstiltag, som vil føre energi- og forsyningssektoren til mere end 95% reduktion i 2030.

2.2.1. Kul skal ud af kraftvarmeværker

Udfasning af kul i kraftvarmeproduktionen forventes at bidrage med en reduktion på næsten 6 mio. ton CO_2 mod 2030. De første 2,5 mio. ton CO_2-reduktioner er allerede gennemført, da der er i løbet af 2019 er etableret en erstatning af kul i kraftvarmeværkerne Asnæs og Amager. I begyndelsen af 2020 er der fortsat tre kraftvarmeværker i Danmark med et markant forbrug af kul. Det drejer sig om Aalborg (Nordjyllandsværket), Esbjerg (Esbjergværket) og Odense (Fynsværket). Når kul udfases i disse værker, reduceres energi- og forsyningssektorens udledning med yderligere ca. 3,3 mio. ton CO_2. Udfasningen af kul i kraftvarmeværkerne er også medtaget i Energistyrelsens Basisfremskrivning af energiforbruget mod 2030, med undtagelse af udfasningen i Fynsværket[2.4].

Samtlige tre kraftvarmeværker har allerede i dag planer for udfasning af kul:

- I Esbjerg er det besluttet at udfase kul i 2023, og det undersøges, om det kan erstattes med havvandsvarmepumper i storskala i kombination med biomassekedler.
- I Odense ønsker man at udfase kul i 2025. Planer for erstatning af kul er ikke endelige, men varmepumper, øget anvendelse af overskudsvarme og biomasse overvejes.
- I Aalborg ønsker man at udfase kul i 2028 og undersøger muligheden for at erstatte det med geotermisk energi, varmepumper i stor skala samt overskudsvarme fra virksomheden Aalborg Portland.

Fælles for kraftværkernes ambitioner om at udfase kul er, at det er en betydelig udfordring at etablere ny produktionskapacitet, der kan erstatte den kapacitet, som de store kraftværksblokke har i dag. Samtidig ligger kraftværkerne ofte i tætbebyggede områder, hvor det er vanskeligt og dyrt at finde egnede lokaliteter til nye og ofte pladskrævende produktionsanlæg.

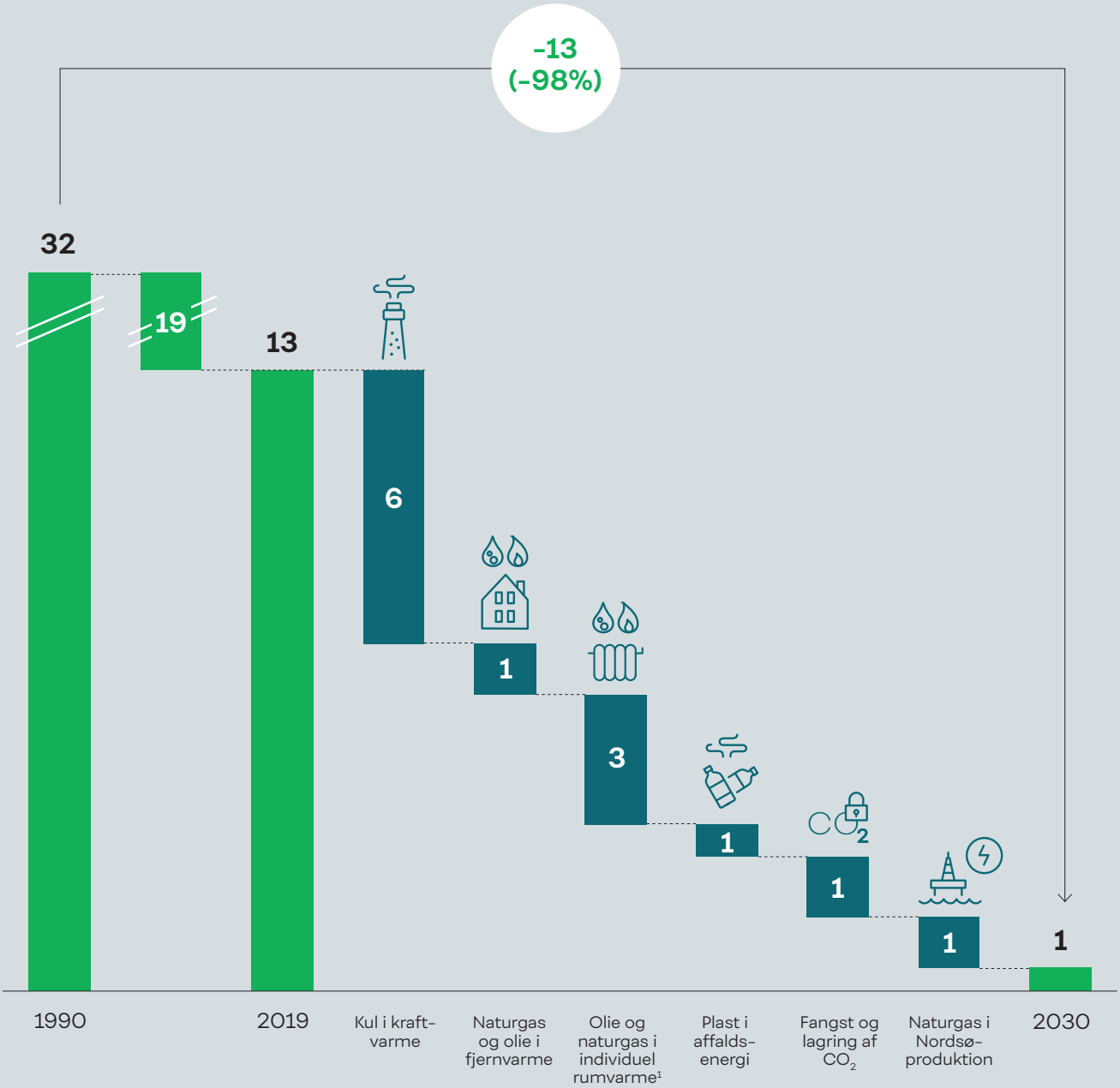
Fremtidens varmeløsninger i de større byer forventes at blive mere forskelligartede end tidligere. Tendensen går i retning af, at der investeres i flere mindre anlæg fordelt på flere lokationer som erstatning for de kulfyrede kraftværksblokke. Det er de lokale forhold og muligheder, som er udslagsgivende for, hvad der etableres af alternativ produktionskapacitet. Eksempler på produktionskapacitet kan være overskudsvarme fra fx industri, datacentre, kølehuse eller Power-to-X-anlæg. Der kan også være steder, hvor der er de rette geologiske forhold til geotermisk energi, eller arealer, hvor der kan etableres store varmelagre. Endeligt vil varmeproduktionen også nogle steder skulle ske ved affalds- eller biomassefyrede værker. Afhængig af hvilken alternativ produktionskapacitet som installeres, vil fjernvarmenettene visse steder skulle omstilles til at integrere nye varmeproducenter, som også beskrevet i kapitel 4.

[2.4] Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019.

Figur 6.

Energi- og forsyningssektoren kan reducere sin udledning med mere end 95% frem mod 2030

Mio. ton CO_2



[1] Individuel rumvarme i boliger og erhverv.

Note: Den viste residual er 1 mio. ton, selvom den sammenlagte effekt af initiativer er 13 mio. ton i figuren på grund af afrunding. Ca. 0,4 mio. ton tilbageværende udledning fra individuel rumvarme forventes fortrængt gennem energieffektiviseringer i andre sektorer (bygninger og erhverv), som reducerer behovet for rumvarme. Tilbageværende udledning udgøres af naturgas i Nordsø-produktion (0,6 mio. ton), affald (0,4 mio. ton) og olie i oliefyr samt til opstart og nødlast (>0,1 mio. ton). Den tilbageværende fossile udledning overstiger den viste residual, fordi en andel af CCS-reduktionen (0,8 mio. ton) stammer fra biomasse og derfor medregnes som negativ emission.

Kilde: Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019; Ea Energianalyse; Beregninger af Dansk Energi; QVARTZ-analyse.

Kuludfasningen forudsætter, at både geotermisk energi og varmepumpeteknologi bliver modnet i tilstrækkelig grad til at kunne drives i en større skala, end der hidtil er forsøgt i Danmark. Havvands- og luft-til-vand-varmepumper kan etableres de fleste steder, men der er flere udfordringer forbundet med etableringen, og ingen af de to typer varmepumper er i dag anvendt som storskalaanlæg. Da begge typer drives af omgivelsesvarmen, falder deres effektivitet markant, når det er koldt, og opvarmningsbehovet er størst. Flere udfordringer vil derfor skulle løses, før teknologierne er modnet tilstrækkeligt, fx isdannelse, når varmen trækkes ud af koldt havvand, samt problemer med store kuldeområder i forbindelse med store luft-til-vand-varmepumper.

Ambitionerne om kuludfasning forudsætter en afklaring af rammevilkår, der understøtter omstillingen, som beskrevet i kapitel 7. Samtidig kan udfasningen af kul føre til højere varmepriser for enkelte erhvervskundegrupper.

2.2.2. Naturgas og olie skal ud af fjernvarmen

Udfasning af naturgas og olie i fjernevarmeproduktionen forventes at bidrage med en reduktion på ca. 1 mio. ton udledning mod 2030. Naturgas til produktion af fjernvarme anvendes overvejende på værker uden for de store byer (decentrale områder) til kombineret el- og fjernvarmeproduktion. Samtidig benyttes den i størstedelen af landets fjernvarmeselskaber i spids- og reservelast, hvor der også benyttes en mindre mængde olie.

Udfasning af naturgas i fjernvarmen

Der kan fortrænges 0,6 mio. ton CO_2 ved at erstatte naturgassen i den decentrale fjernvarmeproduktion ved en kraftig udbygning af kollektive varmepumper og solvarme[2.5]. Der er i de decentrale områder hovedsageligt tale om luft-til-vand-varmepumper, som i dag er tilstrækkeligt teknologisk modne til at indgå i den nødvendige skala. Der er også gode muligheder for at anvende varmepumper baseret på grund- eller spildevand, hvor disse varmekilder er tilgængelige. Derudover forventes det ikke, at udbygningen af varmepumper i decentrale områder vil være begrænset af pladsmangel, som det er tilfældet i de større byer. Dog kan en større udbygning af varmepumper kræve, at selskaberne tilegner sig specialiseret viden og kompetencer til driften af disse nye teknologier, hvilket nogle steder, fx i mindre fjernvarmeværker, kan blive en udfordring. Udbuddet af varmepumper har også vist sig at være udfordret af det nuværende efterspørgselsniveau, men forventes ikke at være et problem på længere sigt. Udfasningen af de 0,6 mio. ton CO_2 indgår også i Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019.

Udfasning af resterende naturgas i kraftvarmeproduktion

Ud over de 0,6 mio. ton CO_2 kan der reduceres med yderligere ca. 0,2 mio. ton CO_2[2.7]. Der er her tale om det resterende naturgasforbrug, som benyttes i kraftvarmeværkerne til fjernvarme og elproduktion og derved bidrager til opretholdelsen af forsyningssikkerheden[2.6]. Dette naturgasforbrug kan udfases ved, at de resterende værker skifter til biogas eller ved investering i mindre elbatterier til lagring, samt yderligere varmeproduktion på andre produktionsenheder (fx varmepumper). På trods af at prisen på batterier forventes at blive lavere frem mod 2030, forventes de dog ikke selvstændigt at være tilstrækkeligt teknologisk modne til at sikre forsyningssikkerheden før efter 2030. Bl.a. derfor vurderer energi- og forsyningssektoren, at en omkostningseffektiv udfasning af naturgassen i den resterende del af kraftvarmeproduktionen kan foregå ved, at 14% af elkapaciteten erstattes med batterier, mens de resterende 86% omlægges til biogas.

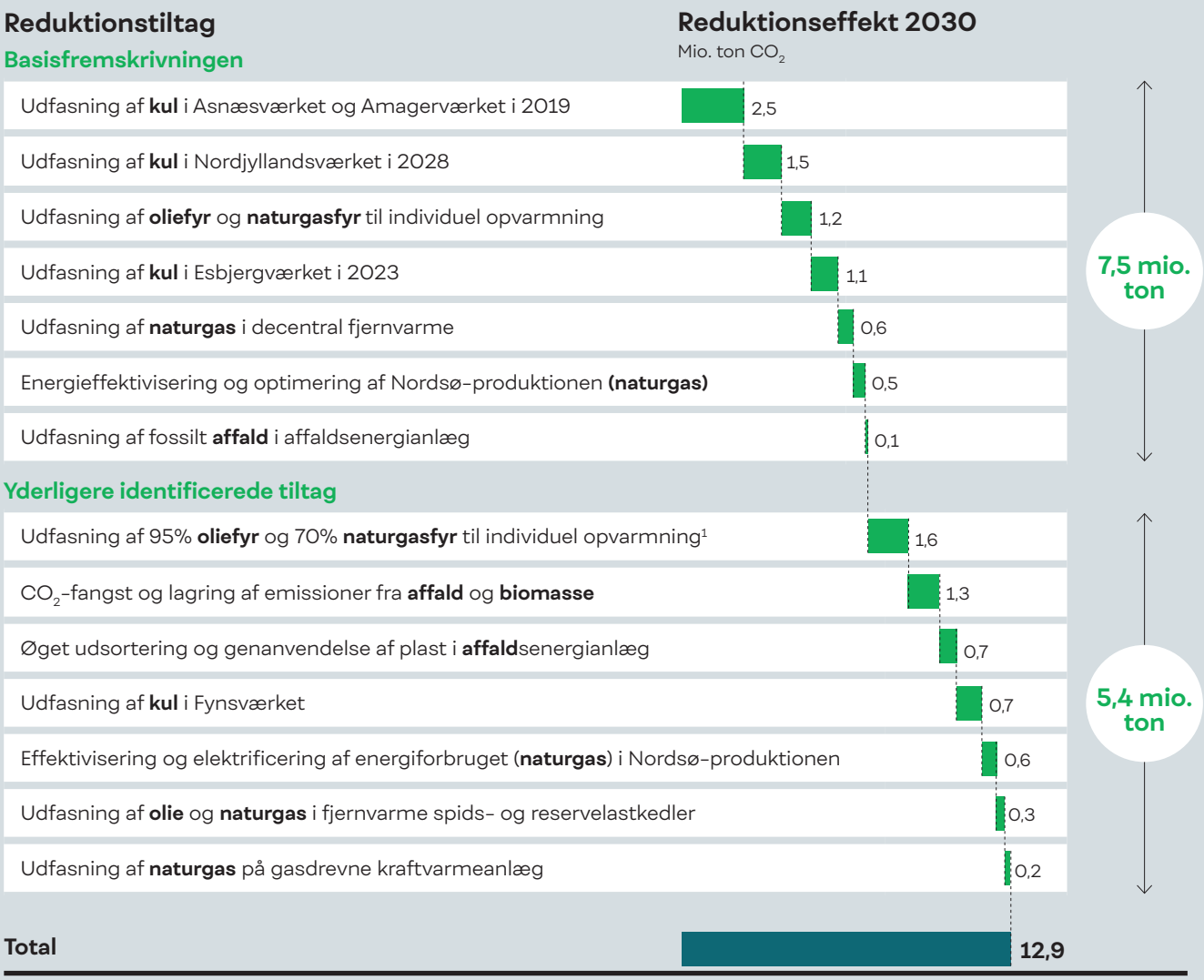
Naturgas og olie i spids- og reservelast

Den sidste naturgas og olie anvendes til spids- og reservelast, som ved udfasning vil reducere udledningen med yderligere 0,3 mio. ton CO_2[2.7]. Som erstatning kan der benyttes elpatroner eller biogas direkte i de eksisterende naturgasfyrede kedler. Udfasningen vil derfor enten være forbundet med inve-

2.5 Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019.
2.6 Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019.
2.7 Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019; Dansk Energi analyse pba. Basisfremskrivningen 2019; QVARTZ-analyse.

Figur 7.

Reduktion i CO_2-udledning i energi- og forsyningssektoren frem mod 2030



[1] De resterende gasfyr anvender biogas.
Kilde: Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019; Ea Energianalyse; Beregninger af Dansk Energi, QVARTZ-analyse.

steringer i ny produktionskapacitet eller med en øget brændselsomkostning som følge af skiftet til dyrere biogas. Energi- og forsyningssektoren estimerer, at udfasningen kan ske ved ca. 70% elpatroner og 30% omlægning til biogas. For at sikre en omkostningseffektiv udfasning af naturgas og olie er det derudover afgørende, at fjernvarmeselskaberne kombinerer brugen af elpatroner og/eller biogaskedler med brug af varmelagre. Varmelagre tillader selskaberne at øge deres forbrugsfleksibilitet og anvende el, når det er billigt, og der er ledig kapacitet i elnettet. Dermed undgås det samtidigt at udvide elnettet unødigt. Brugen af varmelagre kan også mindske selskabets overordnede behov for spidslastkapacitet. Intelligent drift af fjernvarmenettet og kundefleksibilitet gennem digitalisering kan reducere dette behov yderligere.

2.2.3. Naturgas og olie skal ud af individuel opvarmning

Udfasning af naturgas og olie i individuel opvarmning kan bidrage med en reduktion på ca. 3 mio. ton CO_2 mod 2030. Der findes i dag ca. 375.000 naturgasfyr og 80.000 oliefyr i Danmark, der anvendes til opvarmning i husholdninger og erhverv uden for fjernvarmeområderne, dvs. individuel opvarmning. Reduktionen sker ved, at 70% af alle naturgasfyr til individuel opvarmning erstattes med alternativ opvarmning, fx varmepumper eller fjernvarme, og ved at de resterende 30% naturgasfyr bruger grøn biogas i stedet for naturgas. Derudover vil ca. 95% af alle oliefyr skulle erstattes med alternativ opvarmning som fx varmepumper. Da der – i modsætning til naturgas – ikke er et grønt brændsel til at erstatte fyringsolien i oliefyr, antages der stadig anvendt en smule olie til individuel opvarmning i 2030. Erstatningen af 70% af naturgasfyr med andre energikilder svarer til, at 100.000 husstande bruger gasfyr i 2030 sammenlignet med de ca. 375.000 husstande i dag. Reduktionen af oliefyr med 95% svarer til en reduktion fra ca. 80.000 husstande med oliefyr i dag til ca. 4.000 i 2030. På tværs af naturgasfyr og oliefyr forudsætter tiltagene, at fjernvarme erstatter ca. 140.000 fyr, og varmepumper erstatter ca. 210.000 fyr. Ud af reduktionen på ca. 3 mio. ton CO_2-reduktioner indgår 1,2 mio. ton mod 2030[2.8] i Energistyrelsens Basisfremskrivning.

I visse områder vil en fremskyndet udskiftning af individuelle naturgasfyr med varmepumper eller fjernvarme være forbundet med betragtelige ekstraomkostninger, hvorfor der i stedet erstattes med biogas. Efter 2030 er der større usikkerhed om, hvor stor en rolle biogassen vil spille i opvarmning.

Udfasningen af 95% oliefyr kan kun realiseres ved en kraftig fremskyndet udskiftning, idet en del af fyrene skal udfases, inden de er udtjente. Af samme årsag vurderes det heller ikke realistisk at udskifte 100% af alle fyr inden 2030. Den fremskyndede udskiftning hæver omkostningerne ved udskiftningen.

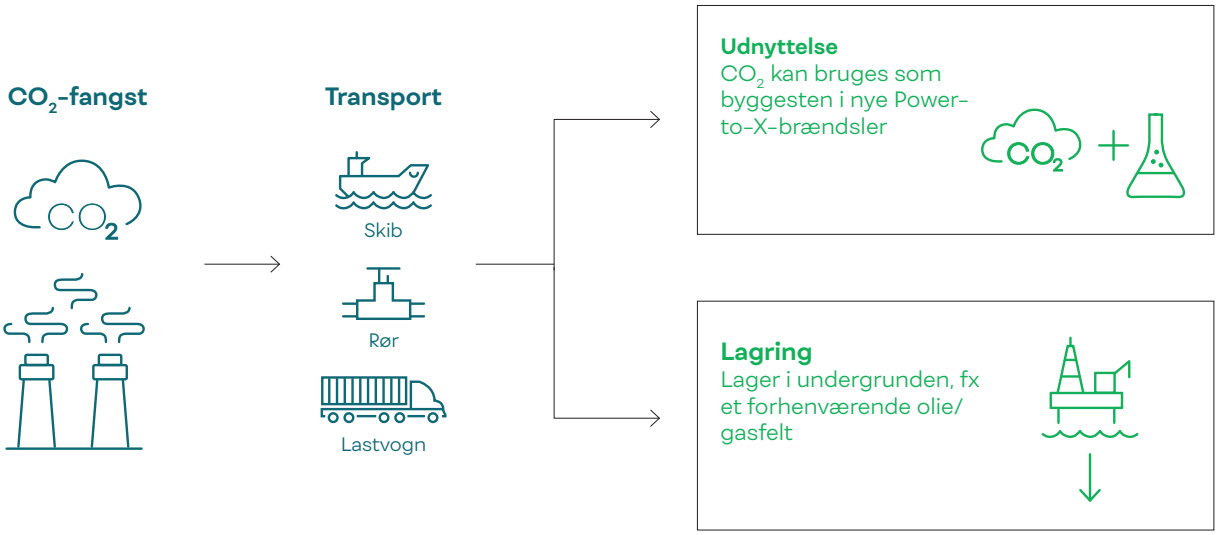
Udskiftningen af fyr forudsætter, at der etableres økonomiske rammevilkår, der tilskynder konvertering til alternativ opvarmning fra enten varmepumper eller grøn fjernvarme, inden fyrene er udtjent, som beskrevet i kapitel 7, samt rammevilkår der muliggør, at de tilbageværende naturgaskunder kan anvende biogas i deres gasfyr. Efter 2030, og i et 2050-perspektiv, må der lægges til grund, at størstedelen af biogasressourcen skal anvendes til andet end boligopvarmning.

2.2.4. Plast i affaldsenergi skal reduceres

Afbrænding af affald til energi medfører udledning af CO_2 fra fossile affaldsfraktioner – fortrinsvis plast – som kan reduceres ved bedre sortering og genanvendelse. Bedre sortering og genanvendelse af plast estimeres til at reducere udledningen fra affaldsenergianlæg med ca. 0,7 mio. ton frem mod 2030. Reduktionen kan også ske ved en øget anvendelse af biogen (dvs. ikke-fossil) plast som erstatning for fossil plast, da afbrænding af biogen plast ikke udleder CO_2.

[2.8] Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019: Ved yderligere acceleration af udskiftningen kan der reduceres med 1,6 mio. ton CO_2 mod 2030 (Ea Energianalyse (2019): Muligheder og omkostninger ved drivhusgasreduktionstiltag frem mod 2030).

Figur 8. **CO_2-fangst (lagring og udnyttelse)**



Note: Figuren viser lagrings- og udnyttelsesmuligheder ved CO_2-fangst. I de identificerede reduktionstiltag i energi- og forsyningssektoren frem mod 2030 er der kun medregnet lagring på 1,3 mio. ton CO_2.

Figur 9. **Tilbageværende udledning i energi- og forsyningssektoren i 2030**

Udledningskilde	Forventet udledningsmængde 2030 Mio. ton CO_2
Resterende udledning fra produktionsplatforme **(naturgas)** i Nordsøen	0,6
Fossilt **affald** (plast mm.) i affaldenergianlæg	0,4
Olieforbrug til opstart og nødlast i kraftvarmeanlæg	0,07
Oliefyr til individuel opvarmning (sidste 5%)	0,03
Total	1,1

Kilde: Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019; Dansk Energi-analyse pba. Basisfremskrivning; QVARTZ-analyse.

I Energistyrelsens Basisfremskrivning forventes det, at emissioner fra fossilt affald reduceres med ca. 0,1 mio. ton CO_2 frem mod 2030[2.9] Energi- og forsyningssektoren vurderer, at en endnu bedre udsortering og genanvendelse kan reducere emissioner fra affald til energi med yderligere 50%[2.10], svarende til 0,7 mio. ton CO_2 om året[2.11]. De udsorterede fossile fraktioner erstattes med tilsvarende mængder biogene fraktioner. Derved påvirkes den forventede mængde energi, som produceres på affaldsenergianlæggene, ikke af udsorteringen.

Bedre udsortering skal ske via en yderligere udsortering af plast fra øvrigt affald hos husholdninger og i virksomheder[2.12]. For at sikre en effektiv og høj kvalitet af den udsorterede plast bør sorteringsmuligheder og information ensrettes på tværs af kommunerne. Herefter skal den udsorterede plast sendes til et sorteringsanlæg til en yderligere finsortering, førend den er klar til at blive videresolgt og genanvendt. Disse sorteringsanlæg kan etableres i Danmark, men det er også muligt at sende den udsorterede plast til udlandet, fx Tyskland, som allerede har adskillige, etablerede anlæg.

2.2.5. CO_2 skal opfanges

Opfangning, lagring og udnyttelse af CO_2 forventes at kunne reducere udledningen fra energi- og forsyningssektoren med 1,3 mio. ton CO_2 frem mod 2030. Som beskrevet i forrige afsnit om plast i affald, er det ikke alt fossilt affald, som vil kunne udsorteres, og derved vil der fortsat være CO_2-udledning i energien fra affaldsenergianlæg. CO_2-udledningen fra afbrændingen af fossilt affald kan imidlertid opfanges og enten lagres i undergrunden eller udnyttes som kulstofkilde til fremstilling af bl.a. Power-to-X i stedet for at blive udledt i atmosfæren. Metoderne refereres også som CCU/udnyttelse (Carbon Capture and Utilization) eller CCS/lagring (Carbon Capture and Storage). Hvis der installeres CO_2-fangst på al røggassen fra et affaldsenergianlæg, vil anlægget kunne fange hele anlæggets CO_2-udledning, dvs. både den CO_2, der stammer fra fossilt affald, og den CO_2, der stammer fra biogent affald. Der kan også være et stort potentiale i CO_2-fangst inden for andre sektorer, fx fra tung industri – hvorved den samlede CO_2-reduktion på tværs af sektorer potentielt kan blive langt større end de 1,3 mio. ton CO_2, som indgår i energi- og forsyningssektorens køreplan.

Lagres den opsamlede CO_2, der stammer fra afbrænding af organiske kilder som fx biomasse og biogent affald, er der tale om negative CO_2-emissioner. Det skyldes, at de organiske kilder har optaget CO_2 under vækst, som efter afbrænding lagres permanent i jorden.

Der er endnu ikke installeret anlæg til CO_2-fangst i kommerciel skala i Danmark, men globalt set er der ca. 20 storskalaanlæg til CO_2-fangst i drift med yderligere 30+ under opførelse og planlagt. Der er altså tale om en kendt, men endnu ikke moden teknologi.

Reduktionen på 1,3 mio. ton CO_2 inden for energi- og forsyningssektoren kan realiseres, hvis teknologien introduceres i Danmark. Det forudsætter, at der opfanges CO_2 på henholdsvis ét af de største affaldsenergianlæg og én blok på et centralt kraftvarmeværk, der bruger biomasse. Alternativt kan teknologien introduceres på flere mindre enheder, hvis dette viser sig at være omkostningseffektivt. Det samlede reduktionspotentiale forventes at være større efter 2030, hvor teknologien forventes at være langt mere moden.

Energi- og forsyningssektoren vurderer, at projektering og installering principielt set vil kunne begynde i en nær fremtid og være driftsklar inden 2030, selvom teknologien endnu ikke anvendes i Danmark. Opførelsen af et omkostningseffektivt, samlet system for udnyttelse og lagring af CO_2 – herunder infrastruktur til transport – kræver koordination på

2.9 I Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019 forventes det, at emissioner fra fossilt affald udgør 1,6 mio. ton CO_2 i 2030. Det svarer til 56% af de samlede emissioner fra produktionen af el og varme i 2030.

2.10 Her ses bort fra specielle affaldsenergianlæg, som fx behandler særligt eller farligt affald (0,2 mio. ton CO_2 årligt). De resterende emissioner fra afbrænding af affald kommer fra dedikerede eller multifyrede affaldsenergianlæg, der producerer el og varme af affald svarende til 1,4 mio. ton CO_2 årligt.

2.11 Ea Energianalyse (2019): Muligheder og omkostninger ved drivhusgasreduktionstiltag frem mod 2030.

2.12 For yderligere detaljering af udsortering henvises til Klimapartnerskabet for affald, vand og cirkulær økonomi.

tværs af investorer og aktører. Det skal derudover sikres, at reguleringen af forsyningssektoren ikke er en barriere i forhold til at opsamle CO_2 fra punktkilder, samt at der tilvejebringes finansiering i form af investeringsstøtte, så det ikke er affalds- eller varmekunderne, som skal samle regningen op.

De geologiske formationer i den danske undergrund er særdeles velegnede til lagring af CO_2[2.13]. I den danske del af Nordsøen er der potentiale for lagring af CO_2 i udtjente olie-/gasfelter. Her vurderer den danske olie- og gasbranche, at det samlede potentiale for udvikling og lagring er 5 mio. ton CO_2 årligt i 2030[2.14], hvorved både opfanget CO_2 fra energi- og forsyningssektoren og yderligere ca. 4 mio. ton CO_2 fra øvrige sektorer potentielt vil kunne lagres. Derudover er der fremskredne planer om etablering af lagring i Norge, som også vil kunne benyttes til lagring af CO_2 fra danske kilder.

Omkostningerne er fortsat relativt høje, men forventes at falde i takt med teknologiudviklingen. Hvis metoden skaleres, og samme lager- og transportinfrastruktur bruges til lagring fra mange CO_2-kilder, vil der være betydelige skalafordele og dermed faldende enhedsomkostninger. Dog er det afgørende for den nødvendige skalering, at reguleringen fremmer incitamenter til yderligere udvikling og skalering, som beskrevet i kapitel 7.

Utilization eller udnyttelse af opfanget CO_2 til produktion af grønne brændsler i Power-to-X-anlæg er nærmere beskrevet i kapitel 4.

2.2.6. Olie- og naturgasproduktion i Nordsøen skal effektiviseres og elektrificeres

Effektivisering og elektrificering af olie- og naturgasproduktionen i Nordsøen har potentiale til at kunne reducere udledningen af CO_2 med ca. 1 mio. ton CO_2 mod 2030. Udvinding af olie og naturgas fra den danske del af Nordsøen kræver en betydelig anvendelse af el til drift af produktionsplatformene, som i dag produceres lokalt på gasturbiner på de enkelte platforme. Samlet set udledes der i dag ca. 1,6 mio. ton CO_2 som følge af den energianvendelse, der er nødvendig for at drive selve udvindingen. Energistyrelsen fremskriver, at udledningen kan reduceres med ca. 0,5 mio. ton CO_2[2.15], som planlægges indfriet gennem effektivisering og rationalisering af drift i produktion[2.16]. Det kan opnås ved optimering og simplificering af eksisterende infrastruktur, herunder den igangværende nybygning af Tyra Hub-faciliteterne samt reduktion af metan-udledninger fra faciliteterne og tankskibe. Integrerede digitale løsninger og datadrevet drift og vedligehold samt optimering af forsyningskæden (helikoptere, forsyningsskibe, lagre, kontorer mm.) forventes yderligere at bidrage positivt med emissionsreduktion.

Den sydlige del af Nordsøen, hvor en væsentlig del af de danske olie- og naturgasinstallationer findes, har vanddybder på ca. 35 meter. Det muliggør installation af havvindmøller og derigennem elektrificering. I kombination med de igangværende og planlagte projekter fra andre aktører om kabler og energi-hubs kan elektrificering muliggøre omstilling til elektrisk drift på olie- og naturgasinstallationerne. Energi- og forsyningssektoren anslår, at det tekniske reduktionspotentiale kan være op mod 0,6 mio. ton CO_2 i 2030, ud over de 0,5 mio. ton CO_2 der allerede er estimeret af Energistyrelsen. Heraf kunne en delvis eller fuld elektrificering af Tyra potentielt bidrage med 0,1-0,4 mio. ton CO_2. Den naturgas, som fortrænges ved elektrificering, kan i stedet eksporteres og derved potentielt fortrænge andre fossile brændsler med et større CO_2-aftryk end naturgas samt generere eksportindtægter.

Elektrificeringen af offshore-installationer med vindkraft forudsætter, at produktionen kan tilsluttes vedvarende energianlæg, som beskrevet i kapitel 7. Det samlede reduktionspotentiale på 13 mio. ton

---

2.13 GEUS (2019): CO_2-lagring i Danmark.
2.14 Analyse af Olie Gas Danmark.
2.15 0,46 mio. ton CO_2 forventes i Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019.
2.16 Analyse af Olie Gas Danmark.

CO_2 fra de seks initiativer inden for egen sektor kan under de rette forudsætninger og rammebetingelser bringe Danmark halvvejs i mål mod 2030.

2.3. Nye teknologiske løsninger er nødvendige for at reducere den resterende udledning

Ved gennemførelse af de seks reduktionstiltag vil der ca. være 1 mio. ton CO_2 tilbage i energi- og forsyningssektoren. Der kan på nuværende tidspunkt ikke udpeges en klar vej for reduktionen af de resterende ca. 1 mio. ton CO_2 i energi- og forsyningssektoren. Det skyldes, at enten kendes mulige erstatningsteknologier til at realisere reduktionerne inden 2030 endnu ikke, eller at det indebærer indgreb over for borgere og erhvervsliv. Muligheden for at reducere den resterende udledning skal derfor løbende opdateres, i takt med at eksisterende teknologier modnes, og nye teknologier udvikles.

Den resterende 1 mio. ton CO_2 fordeler sig på fire kategorier, jf. Figur 9.

Af de resterende 1 mio. ton CO_2 skyldes 0,6 mio. ton CO_2 den tilbageværende udledning fra naturgasudvinding på anlæg i den nordlige del af Nordsøen. Elektrificering af disse produktionsplatforme er vanskelig at realisere inden 2030 og forudsætter etablering af yderligere havvindmølleanlæg, der kan levere grøn el til produktionsplatformene. Den nødvendige indsats skal også ses i relation til den forventede levetid på anlæggene.

Derudover er der ca. 0,4 mio. ton CO_2 tilbageværende udledning fra fossilt affald i affaldsforbrændingen. Allerede inden 2030 forventes det, at halvdelen af det fossile affald udsorteres, samt at en fjerdedel af udledningen fra affaldsenergianlæg opfanges og lagres. Reduktion af udledning fra den sidste fjerdedel forudsætter, at der findes realiserbare løsninger for fuldstændig udsortering. Dog vil der fortsat være udledninger forbundet med behandlingen af affald på specielle anlæg, fx behandling af særligt eller farligt affald, svarende til ca. 0,2 mio. ton CO_2. Det vurderes at være vanskeligt at reducere denne udledning gennem udsortering. Alternativt skal anvendelsen af CO_2-fangst og lagring udrulles til de tilbageværende affaldsenergianlæg.

Endeligt er der en mindre andel af udledningen, som stammer fra afbrænding af olie til opstart og nødlast i kraftvarmeanlæg samt i de sidste få oliefyr i individuel opvarmning (ca. 4.000), der forventes at være tilbage i 2030. Skal olie til opstart og nødlast udfases, forudsætter det på kort sigt udskiftning til ikke-fossile opstartsprodukter, fx syntetisk olie, dog kendes teknisk mulige erstatningsprodukter endnu ikke. På længere sigt kan et teknologiskifte til brændselsfri grundlastproduktion fortrænge behovet.

Udfasningen af de sidste 5% oliefyr i individuel opvarmning forudsætter en kraftig fremskyndet udskiftning af oliefyr hos ejere, der ikke kan forventes at være opmærksomme på incitamentsordninger og/eller for nyligt har foretaget investeringer i fyrene.

Ud over de nævnte tiltag kan energi- og forsyningssektoren understøtte et eventuelt behov for yderligere CO_2-fangst og lagring fra fx industrien. Ea Energianalyse har for Energifonden for nyligt vurderet et større CCS-potentiale og dermed installation på flere punktkilder, end hvad der antages i fortrængningsmodellen[2.17].

2.4. Omstilling i energi- og forsyningssektoren kræver mere vedvarende energi

Når de seks reduktionstiltag gennemføres, ændrer det markant på de energikilder, som energi- og forsyningssektoren benytter sig af. De fossile energikilder kul, naturgas, olie og fossilt affald udfases og erstattes af bl.a. varmepumper, industrivarme, biogas, solvarme og andre vedvarende energikilder. Forbruget af fossile brændsler i energi- og forsyningssektoren reduceres dermed fra ca. 40 TWh i 2019 til ca. 5 TWh i 2030, svarende til en reduktion af anvendelsen af fossile brændsler på ca. 89% fra 2019 frem mod 2030[2.18].

2.17 Ea Energianalyse (2020): Roadmap for elektrificering i Danmark.

2.18 Reduktionen fordeler sig på energikilder på følgende måde: Kul og olie udfases næsten fuldstændigt fra hhv. ca. 17 og 2 TWh i 2019 til ca. 0 TWh i 2030, naturgas reduceres fra ca. 15 TWh i 2019 til ca. 2 TWh i 2030, og fossilt affald reduceres fra ca. 5 TWh i 2019 til ca. 2 TWh i 2030.

Ud over en reduktion af de fossile energikilder reduceres brugen af biomasse også fra ca. 41 TWh i 2019 til ca. 35 TWh i 2030, svarende til en reduktion af anvendelsen på 15%. Biomasse har historisk set været afgørende for udfasning af kul og har derigennem bidraget med en væsentlig del af Danmarks reduktion i CO_2-udledninger siden 1990. Biomasse vil stadig spille en rolle i 2030, da en yderligere udfasning af fossile energikilder vil være særdeles omkostningsfuld de steder, hvor ny kapacitet er etableret inden for de seneste år. Derudover vil en elektrificering af opvarmningen i Danmarks større byer sætte elsystemet under pres, der vanskeligt vil kunne løftes uden brug af biomasse. I de største byer er det samtidig meget vanskeligt at løse opvarmningsopgaven med nuværende erstatningsteknologier, som beskrevet i det tidligere afsnit om udfasning af kul i kraftvarmeproduktionen.

Ud over at bidrage til energiproduktionen kan de biomassefyrede, centrale kraftværker også give mulighed for CO_2-fangst, da de vil være nogle af de største grønne CO_2-punktkilder i Danmark[2.19]. Dette forudsætter bl.a., at biomasseanvendelse i energi- og forsyningssektoren skal være omfattet af kommende lovgivning om bæredygtighedskriterier.

I modsætning til forbruget af biomasse forventes forbruget af de øvrige vedvarende energikilder at blive forøget. Det drejer sig primært om øget elektricitetsbehov i fx varmepumper, øget biogasbehov til erstatning af naturgas og bioaffald til erstatning af fossilt affald mv. Energi- og forsyningssektorens elektricitetsbehov forventes at skulle forøges fra ca. 3 TWh i 2019 til ca. 10 TWh i 2030, en forøgelse på ca. 7 TWh. Denne elektricitet skal produceres på vedvarende energikilder som fx havvind, landvind eller sol. De ca. 7 TWh betyder, at der skal bygges halvanden til to gange så stor en havvindmøllepark som det planlagte Thor-udbud, eller sættes 400-500 nye landvindmøller op. Biogasforbruget forventes at stige fra ca. 3 TWh i 2019 til ca. 7 TWh i 2030, og forbruget af bioaffald forventes at stige fra ca. 6 TWh i 2019 til ca. 7 TWh i 2030.

Kapitel 2 har beskrevet, hvordan energi- og forsyningssektoren ved seks konkrete initiativer kan reducere sin CO_2-udledning med ca. 13 mio. ton CO_2 fra 2019 til 2030 og derved levere ca. halvdelen af Danmarks nødvendige CO_2-reduktion mod 70%-målsætningen. En så markant reduktion vil betyde, at energi- og forsyningssektoren samlet set kan reducere sin udledning med mere end 95% siden 1990. Reduktionen vil kræve et stærkt samarbejde på tværs af hele sektoren samt politiske rammevilkår, der understøtter omstillingen.

Foruden at reducere sin egen CO_2-udledning markant vil energi- og forsyningssektoren også kunne bidrage til 70%-målsætningen ved at levere den vedvarende energi, der skal til for at lykkes med en fuld omstilling af hele Danmark, herunder industri- og transportsektoren. De næste to kapitler beskriver den nødvendige omstilling i øvrige sektorer samt den nødvendige udbygning af vedvarende energi og tilhørende infrastruktur.

2.19 Tre ud af fire IPCC-scenarier inkluderer negative emissioner via CCS på biogene punktkilder som en nødvendig komponent i at overholde Parisaftalens målsætning om at begrænse temperaturstigningen til 1,5 grader.

3.0 Grøn omstilling i øvrige sektorer skal bringe Danmark hele vejen i mål

Af Danmarks samlede udledning på 47 mio. ton CO_2 i dag kommer 33 mio. ton CO_2 fra andre sektorer end energi- og forsyningssektoren. Heraf kommer 19 mio. ton CO_2 fra anvendelsen af fossile brændsler, mens 14 mio. ton CO_2 vedrører ikke-energirelateret udledning fra landbrug, miljø og industrigasser. Med potentialet for en yderligere reduktion på 13 mio. ton CO_2 i energi- og forsyningssektoren og en forventet reduktion i den ikke-energirelaterede udledning på 4 mio. ton CO_2 er der brug for, at øvrige sektorer ca. halverer deres fossile energianvendelse svarende til 9 ud af 19 mio. ton CO_2, for at Danmark kommer i mål med 70%-målsætningen.

Forrige kapitel beskrev, hvordan energi- og forsyningssektoren kan reducere sin egen udledning med 13 mio. ton CO_2, svarende til ca. halvdelen af Danmarks samlede nødvendige reduktion mod 2030. Den anden halvdel af de nødvendige reduktioner – de resterende 13 mio. ton CO_2 – skal findes i øvrige sektorer, som bl.a. er industri, transport og landbrug. En omstilling i øvrige sektorer vil kræve store mængder vedvarende energi, som energi- og forsyningssektoren kan levere. Hvis elektriciteten til køretøjer er baseret på kul, eller der ikke er nogen biogas at erstatte naturgassen med, kan reduktionerne ikke realiseres.

For at vide hvor meget vedvarende energi der skal produceres i 2030, er det nødvendigt med et bud på, hvordan de øvrige sektorer vil reducere deres udledning. De faktiske reduktionsplaner er beskrevet i de øvrige 12 klimapartnerskabers sektorkøreplaner, men energi- og forsyningssektoren har tilladt sig at estimere, hvor meget den vedvarende energiproduktion og tilhørende infrastruktur skal udbygges, hvis sektoren skal levere den nødvendige mængde vedvarende energi, der kan få Danmark i mål med 70%-målsætningen. Estimatet vil skulle opdateres med input fra de øvrige 12 klimapartnerskaber og desuden løbende revideres, som teknologierne og markederne udvikles.

Estimatet skal derfor læses med det forbehold, at den teknologiske og markedsmæssige udvikling samt omfanget af reduktioner, som ikke er relateret til energianvendelse, forventes at påvirke hastighed såvel som volumen af reduktionstiltag i modellen. Men uanset de mange usikkerheder, står det klart, at udfasning af fossile brændsler i energi- og forsyningssektoren samt i andre sektorer for at nå 70%-målsætningen vil afføde behov for store mængder af vedvarende energi i form af el og biogas.

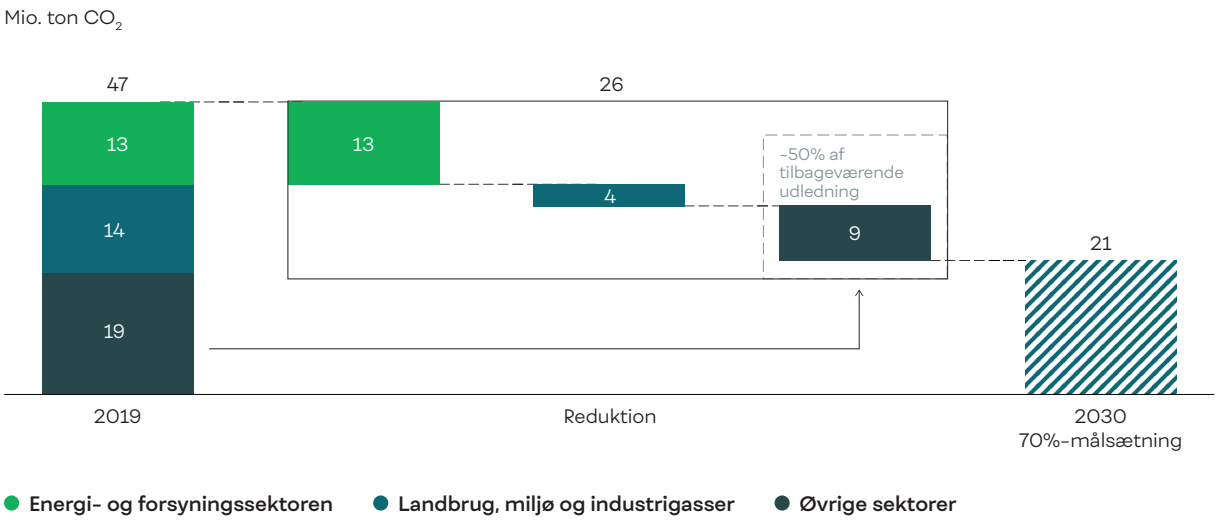
Dette kapitel præsenterer energi- og forsyningssektorens estimat af, hvordan de øvrige sektorer kan reducere med 13 mio. ton CO_2 mod 2030 og dermed et estimat for den mængde vedvarende energi, der kan erstatte de fossile brændsler, der kan få Danmark i mål.

3.1. Udledningen i øvrige sektorer skal ca. halveres mod 2030

For at nå 70%-målsætningen er der brug for, at øvrige sektorer samlet reducerer deres årlige udledning med 13 mio. ton CO_2 inden 2030, hvoraf det antages, at udledningen fra landbrug samt miljø- og industrigasser reduceres med ca. 4 mio. ton CO_2. Dermed skal de resterende sektorer, primært transport og industri, reducere med 9 mio. ton CO_2, svarende til ca. en halvering af deres nuværende udledning, jf. Figur 10[3.1].

[3.1] Ea Energianalyse og Dansk Energi pba. Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019.

Figur 10. **CO_2-udledning i øvrige sektorer skal ca. halveres frem mod 2030**



Note: I Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019 forventes et fald i udledning på 7,6 mio. ton CO_2 i energi- og forsyningssektoren, 0,4 mio. ton CO_2 i landbrug, miljø og industrigasser samt et fald i udledningen på 0,4 mio. ton CO_2 i øvrige sektorer i 2030.
Kilde: Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019; Ea Energianalyse; Beregninger af Dansk Energi; QVARTZ-analyse.

Landbrug, miljø og industrigasser dækker over udledninger, der ikke kan henføres til anvendelse af fossile brændsler. Landbrug inkluderer håndtering af arealanvendelse, afgrøder, gødning og husdyr (fx metan-udledning fra kvæg) og forventes at kunne reduceres med ca. 1,7 mio. ton CO_2 mod 2030[3.2]. For miljø er udledningen forbundet med håndtering af spildevand, bioaffald og industrigasser, som ikke kan henføres til et energiforbrug. Den største udledning fra industrigasser stammer fra afbrænding af kalk i cementproduktionen, som ikke kan reduceres ved erstatning med grøn energi i produktionen, men som det vil være mulig at reducere på andre måder, fx ved CO_2-fangst. Det estimeres, at udledningen fra miljø og industrigasser frem mod 2030 kan reduceres med 1,4 mio. ton CO_2 i 2030, svarende til ca. en halvering af niveauet i dag og en 2/3-reduktion siden 1990[3.3]. Endeligt er der som en del af landbrug, miljø og industrigasser også en reduktion fra andre ikke-energirelaterede og indirekte emissioner, såsom metan og lattergas, på 0,4 mio. ton CO_2e[3.4], svarende til ca. 1/3 af niveauet i dag. Med en reduktion på 4 mio. ton CO_2 fra landbrug, miljø og industrigasser er der brug for, at de resterende sektorer reducerer med 9 mio. ton CO_2.

3.2. Alle grønne løsninger skal i spil for at gennemføre den grønne omstilling

For at kunne estimere et samlet behov for vedvarende energi – som energi- og forsyningssektoren skal levere til i 2030 – skal der findes reduktionstiltag primært i form af brændselsskift, svarende til samlet 9 mio. ton CO_2 i øvrige sektorer. For at give et kvalificeret og konkret bud på energibehovet bygges der videre på Ea Energianalyses fortrængningsmodel.

Fortrængningsmodellen tager udgangspunkt i Energistyrelsens Basisfremskrivning af udledningen og energiforbruget i Danmark mod 2030 under fravær af nye tiltag på klima- og energiområdet (jf. metodeafsnit)[3.5]. Fortrængningsmodellen tilføjer dernæst yderligere konkrete tiltag på tværs af sektorer, så de samlede reduktionstiltag summerer til 70% reduktion i 2030. I modellen beregnes de relaterede omkostninger for alle de potentielle CO_2-reduktionstiltag mod 2030, fx indfasning af vedvarende energi ved bl.a. vejtransport, varmepumper i industrien mv. Ved at rangere tiltagene, så tiltag med de laveste omkostninger vælges først, gives der et kvalificeret bud på, hvordan den mest omkostningseffektive måde at nå 70%-målsætningen ser ud, herunder hvilke teknologiskift der er brug for. Da der endnu ikke er skaleret produktion eller forbrug af Power-to-X i Danmark, vides det ikke med sikkerhed, hvilke Power-to-X-brændsler der vil erstatte de fossile brændsler. Det kan være brint, metanol, Fischer-Tropsch-diesel, dimetylæter (DME) og/eller ammoniak. Modellen vil derfor også løbende skulle opdateres i takt med, at teknologier spredes og udvikles.

De estimerede tiltag til reduktion i øvrige sektorer af 9 mio. ton CO_2 er illustreret i Figur 11 og sker ved energieffektivisering og ved erstatning af fossile brændsler med vedvarende energi. Det understreges, at reduktionstiltagene for øvrige sektorer udelukkende er estimater med henblik på at vurdere den nødvendige udbygning af vedvarende energi. Det er ikke en anvisning af, hvilke reduktionstiltag der bør gennemføres i de øvrige sektorer.

Energieffektivisering er fortsat afgørende

På tværs af både energi- og forsyningssektoren og øvrige sektorer antages markante energieffektiviseringer som en del af reduktionerne mod 70%-målsætningen i 2030. Den samlede energiefterspørgsel forventes at være 13% mere energieffektiv, hvilket vil sige et 13% lavere energiforbrug end antaget i Energistyrelsens Basisfremskrivning jf. Figur 12[3.6].

Størstedelen af energieffektiviseringerne udgøres af teknologiskifte til mere effektive teknologier i form af varmepumper til el- og varmeproduktion (3%) og i industrien (3%) samt elbiler (3%). De resterende energieffektiviseringer udgøres af effektiviseringer af

3.2 Ea Energianalyse pba. Nationalt Center for Miljø og Energis (DCE) fremskrivning af udledning fra miljø og industrigasser.
3.3 Ea Energianalyse pba. AAU, "Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget".
3.4 Ea Energianalyse pba. Nationalt Center for Miljø og Energis (DCE) opgørelse af flygtige og indirekte emissioner, grænsehandel med diesel og andre korrektioner.
3.5 Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019.
3.6 Tal varierer fra Figur 5, da Figur 5 udelukkende viser energiforbruget, som energi- og forsyningssektoren skal levere til, og ikke Danmarks samlede energiforbrug.

energibehovet i industrien (1%), fx effektivisering af produktionsprocesser og i bygninger (1%), fx styring og drift af varmeinstallationer, isolering af tekniske installationer og renovering af klimaskærme.

Det hører med til billedet, at digitalisering har spillet en væsentlig rolle for energieffektivisering, i og med at mere detaljerede data om energianvendelsen i realtid udgør et bedre grundlag for involverende kundekommunikation og aktive kundebeslutninger. Udviklingen i energiefterspørgslen hviler på et samspil mellem skiftet til vedvarende energi, fortsatte energieffektiviseringer og digital aktivering af energikunderne.

Fortrængning af fossil energi med vedvarende energikilder

Derudover vil erstatning af fossil energi med vedvarende energikilder drive reduktioner frem mod 2030. Reduktioner kan ske ved:

- **Direkte elektrificering**, hvor eldrevne løsninger erstatter fossile brændsler, fx vejtransport eller varmepumper. Det forudsætter, at elektriciteten er produceret af vedvarende energikilder.

- **Indirekte elektrificering, Power-to-X**, hvor elektricitet bruges til at producere brint ved elektrolyse, hvorefter brinten bruges direkte eller forædles til andre brintbaserede brændsler. Brugsformer er bl.a. tung transport og industriprocesser, som ikke kan direkte elektrificeres. Det forudsætter, at elektriciteten er produceret af vedvarende energikilder.

- **Biogas** som direkte erstatning for naturgas i boliger og industri, som brændsel i tung transport eller indirekte kombineret med brint til produktion af avancerede Power-to-X-brændsler, som nævnt overfor.

- **Andre biobrændsler**, bl.a. biodiesel til iblanding af fossile brændsler og bioaffald i kraftvarme.

Mulige reduktionstiltag i de to primære sektorer – transport og industri – beskrives i de følgende afsnit.

Transport

6,2 mio. ton CO_2 i transportsektoren vil kunne reduceres ved erstatning af fossildrevne køretøjer med køretøjer drevet af el og biogas. Mere konkret antages det i fortrængningsmodellen, at der i 2030 vil være ca. 1.500.000 biler, 160.000 varebiler, 5.000 busser og 3.000 lastbiler, som kører på el eller biogas:

- For personbiler forudsættes et forløb, hvor det i 2024 er mere end halvdelen af alle solgte personbiler, der er el- eller pluginhybrider, og det i 2027 er mere end 90%.
- For varebiler forudsættes et forløb, hvor det i 2026 er halvdelen af alle solgte varebiler, der er el- eller pluginhybrider, og det i 2030 er over 90%.
- For busser forudsættes et forløb, hvor ca. 50% af alle rutebusser i 2025 og over 95% i 2030 er drevet af vedvarende energi (hhv. ~75% el og ~20% biogas). Hertil forudsættes, at 10% af turistbusser er eldrevne og 10% biogasdrevne i 2030.
- For lastbiler forudsættes et forløb, hvor ca. 2.500 lastbiler er drevet af el eller biogas i 2030. For at nå dette forudsættes det, at det i 2025 er ca. 8% af alle solgte lastbiler, der er drevet af el og biogas, og det i 2030 er ca. 32% (ligeligt fordelt mellem el og biogas).

I tillæg til omstilling til el- og biogaskøretøjer antages reduktioner fra en skalering af Power-to-X-teknologi til fremstilling af brint og brintbaserede brændsler. Reduktionen er estimeret via en omstilling til ca. 12.500 brintlastbiler og ca. 2.000 brintbusser, iblanding af 3% metanol i benzin samt ved produktion af vedvarende diesel, fx fra Fischer Tropsch-syntese eller dimetylæter (DME), svarende til ca. 25% af det tilbageværende dieselbehov til vejtransport i 2030. Da Power-to-X er en relativ umoden teknologi, er den konkrete, relative fordeling mellem Power-to-X-brændsler i 2030 forbundet med større usikkerhed end de øvrige beregninger i fortrængningsmodellen[3.7].

Endeligt antages reduktioner ved iblanding af 2.-generations biodiesel og bioethanol[3.8]. Konkret antages det, at iblandingen af biodiesel vil være ca. 14%, og iblanding af bioethanol i benzin vil være ca. 7%[3.9] i 2030.

3.7 Flybrændstof baseret på vedvarende energi vil fx i stedet give anledning til et behov for hydrogenering af CO_2 fra Power-to-X-processer. Danmarks samlede energiforbrug.

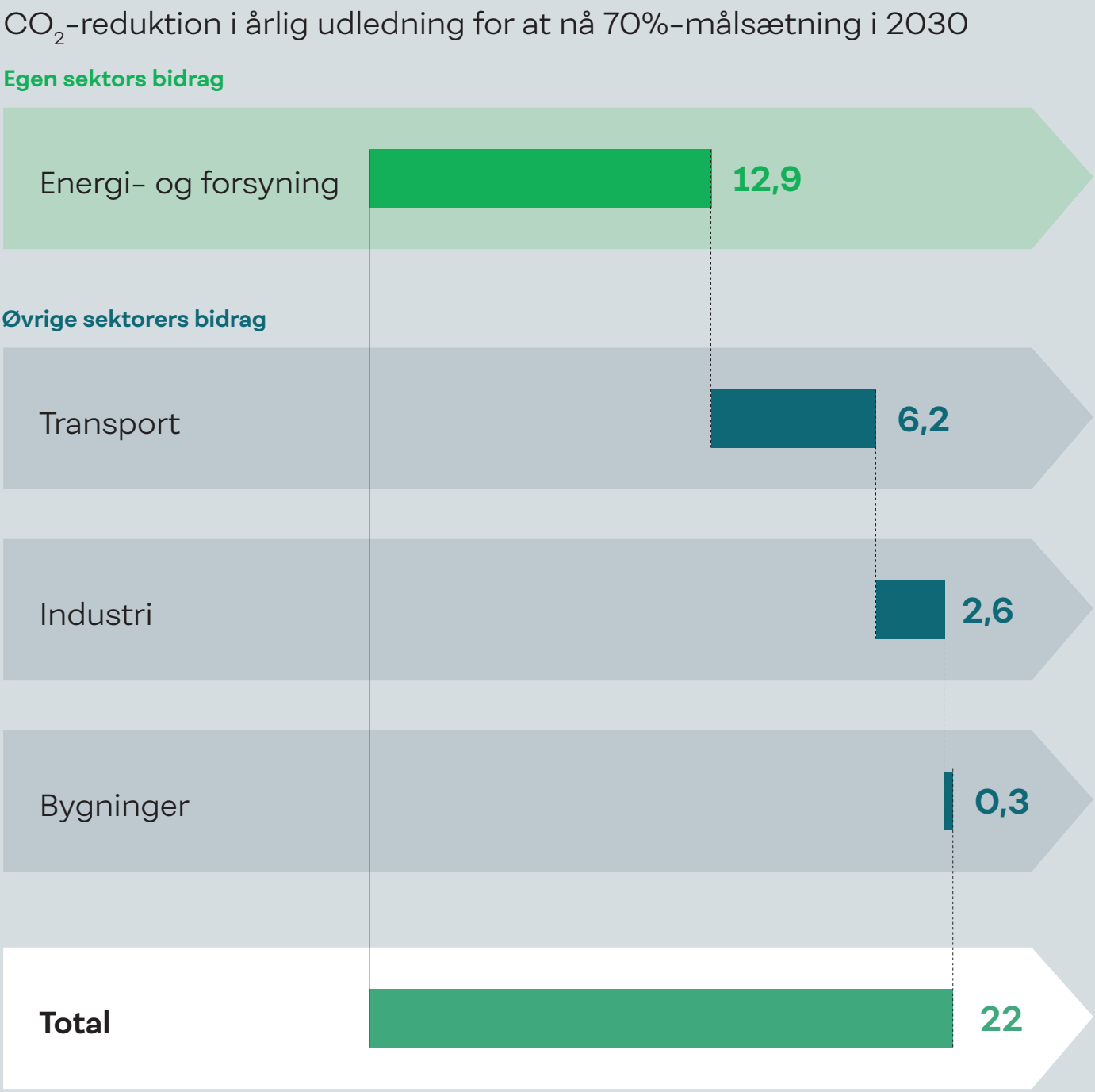
3.8 Biodiesel og bioethanol fremstillet på biomateriale, fx affald og restprodukter.

3.9 For begge biobrændsler er dette dobbelt så meget som forventet i Energistyrelsens Basisfremskrivningen 2019.

Figur 11.

Estimat af reduktion i CO_2-udledninger på tværs af sektorer frem mod 2030

Mio. ton CO_2



Fortrængning pr. sektor

6,9 Vedvarende energi i kraft- og fjernvarme	**2,8** Olie og naturgas ud af individuel rumvarme	**1,3** Fangst og lagring af CO_2	**0,8** Udsortering af plast i affaldsenergi	**1,1** Effektivisering og elektrificering af Nordsø-prod.
0,6 Udvikling i Basisfrem-skrivningen	**2,1** 1,5 mio. el- eller hybridbiler	**1,9** Power-to-X i tung transport	**0,9** Elvarevogne, elbusser og ellastbiler	**0,8** Biobrændstof, bl.a. biogas og biodiesel
-0,2 Udvikling i Basisfrem-skrivningen	**1,5** Varmepumper i proces-varme[1]	**0,6** Energi-effektiviseringer	**0,6** Intern transport	**0,1** Biogas og -diesel til proces
– Udvikling i Basisfrem-skrivningen[2]	**0,2** Bygnings-installationer[3]	**0,1** Bygnings-isolering[4]		

Forudsætter, at energi- og forsyningssektoren kan levere vedvarende energi til at erstatte fossile energikilder

[1] Lavtemperatur (0,7 mio. ton CO_2), mellemtemperatur (0,6 mio. ton CO_2) og højtemperatur (0,2 mio. ton CO_2).
[2] Vækst i bygningsmasse udligner energieffektivitetsgevinst.
[3] Energieffektiviseringer, primært ved styring og drift af varmeinstallationer og isolering af tekniske installationer (fx varmerør).
[4] Energieffektiviseringer ved renovering af klimaskærme (fx ydervægge, vinduer, tag).
Kilde: Ea Energianalyse: "Muligheder og omkostninger ved drivhusgasreduktionstiltag frem mod 2030"; Dansk Energi; QVARTZ-analyse.

Industri

2,6 mio. ton CO_2 i industrisektoren kan reduceres ved bl.a. udfasning af fossile brændsler til procesvarme. Det antages, at 70% af lavtemperaturprocesser, 50% af middeltemperaturprocesser og 25% af højtemperaturprocesser erstattes af elektriske varmepumper. Energieffektiviseringer og erstatning af naturgas med biogas tegner sig for den resterende reduktion af udledning i de industrielle processer. Ud over selve de industrielle processer forventes det, at ca. en tredjedel af den interne og ikke-vejgående transport, såsom landbrugsmaskiner, lagertransport og entreprenørmaskiner, kan omstilles til drivmidler baseret på vedvarende energi, fordelt ligeligt mellem biobrændstoffer og elektrificering af drivmidlerne[3.10].

3.3. Det grønne Danmark i 2030

Den påkrævede omstilling for at indfri 70%-målsætningen vil forandre alle sektorer markant med væsentligt færre fossile brændsler inden for transport, opvarmning og i industrien, jf. Figur 13.

Når 70%-målsætningen indfries i 2030, vil der være næsten en mio. færre fossildrevne personbiler på vejene[3.11], ca. 70.000 færre fossildrevne varebiler, ca. 7.000 færre fossildrevne lastbiler og ca. 6.000 færre fossiledrevne busser end i 2019. Fortrængningsmodellen forudsætter også udskiftning af ca. 75.000 oliefyr og ca. 275.000 naturgasfyr til individuel rumopvarmning, hvor de sidste 100.000 naturgasfyr i stedet vil bruge biogas. Endeligt udfases en betydelig mængde kul, olie og naturgas til procesvarme i industrien.

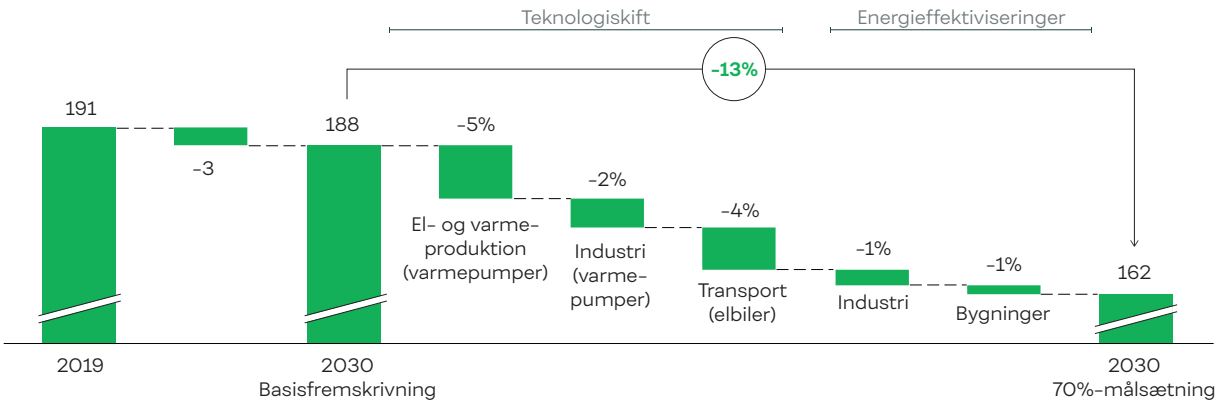
I fortrængningsmodellen antages det, at omstillingen ikke ændrer ved det aktivitetsniveau for danskerne og virksomhederne, som forventes i Energistyrelsens Basisfremskrivning. Derfor vil de fossile løsninger også blive erstattet direkte af vedvarende alternativer. Det betyder fx, at når en fossildrevet bil udfases, erstattes den af en elbil. At der kommer grønne alternativer ind, når fossile går ud, er ikke en nødvendig forudsætning, hvis 70%-målsætningen skal nås. Et alternativt scenarie er, at der ikke erstattes med vedvarende alternativer, fx at mange hundredetusinde danskere ikke længere kører bil. I dette scenarie behøver der ikke at være 1,5 mio. elbiler på vejene i Danmark i 2030, så længe den nødvendige mængde fossilbiler fortsat udfases.

Tiltagene til samlet 13 mio. ton CO_2-reduktion mod 2030, som er præsenteret her, er udelukkende energi- og forsyningssektorens estimat af, hvordan den nødvendige reduktion kan opnås i øvrige sektorer. Formålet er at estimere det samlede behov for vedvarende energi i 2030, som energi- og forsyningssektoren skal levere. Hvordan den vedvarende energi og tilhørende infrastruktur skal udbygges, er beskrevet i næste kapitel.

3.10 Der forventes en omstilling til vedvarende energi for 25% af landbrugets drivmidler, 50% af byggeri og anlægs drivmidler og 50% af industriens drivmidler.

3.11 Behovet for personbiler forventes at stige med 0,5 mio. mod 2030 (Landstrafikmodellen (DTU)), hvorfor en erstatning af 1,5 mio. fossildrevne biler mod 2030 med eldrevne biler kun medfører, at der vil være 1 mio. færre fossildrevne biler i 2030, end der er i dag.

Figur 12. **Energiefterspørgsel i Danmark 2019-2030 (TWh)**



Note: Ekskluderer energieffekt ved skift til syntetiske brændsler (Power-to-X) og omfatter ikke udenrigsluftfart, omgivelsesvarme og energi til ikke-energi formål.
Kilde: Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019; Ea Energianalyse; Dansk Energi; QVARTZ-analyse.

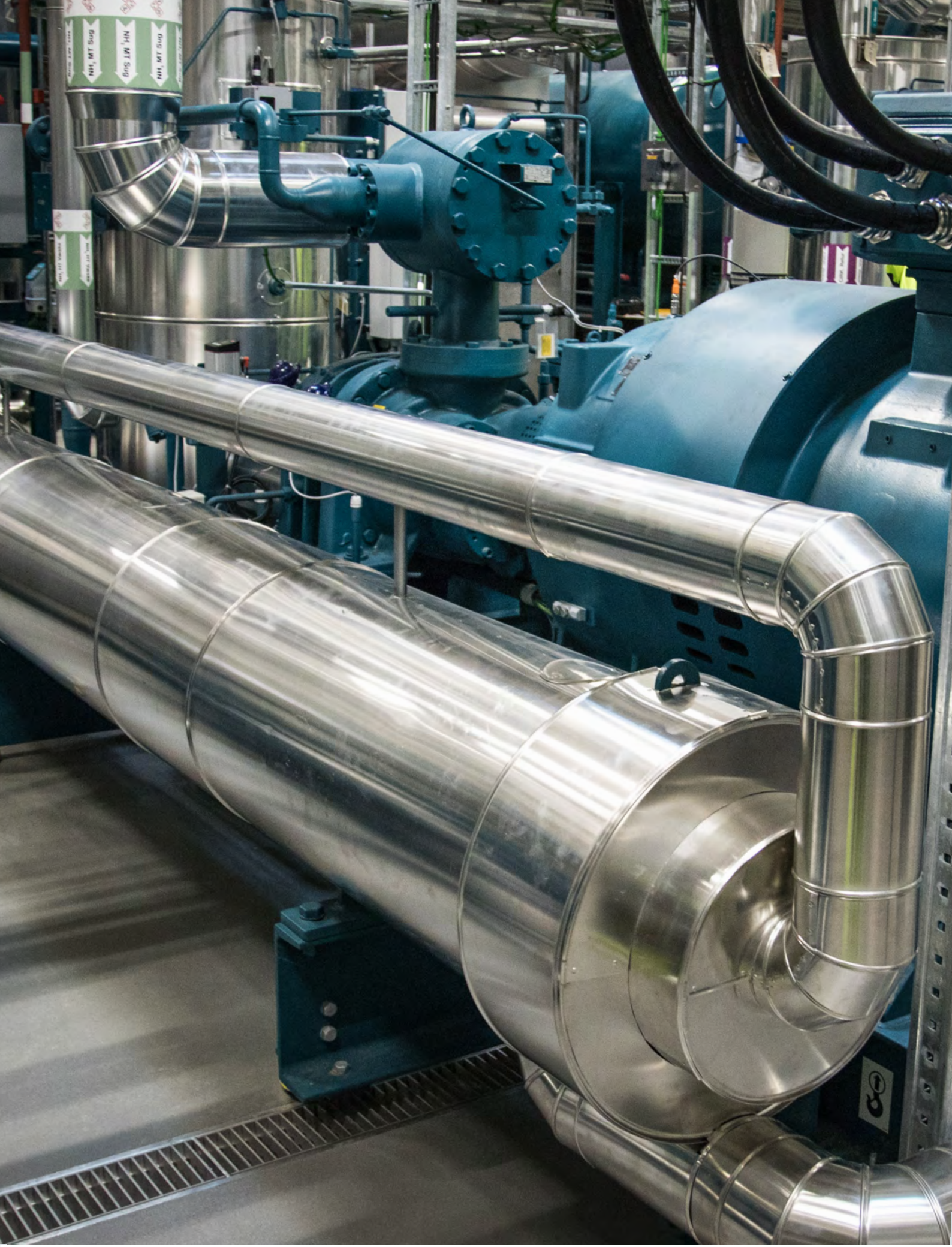
Figur 13.

Illustration af omstilling i transport og opvarmning for at nå 70%-målsætningen i 2030

	Område	70%-målsætning i 2030	Forskel fra 2019
Transport	Personbiler	**1.775.000** ud af 3.275.000 biler er fossildrevne[1] (54%)	**-843.000**
	Varebiler	**271.000** ud af 431.000 varebiler er fossildrevne[2] (63%)	**-71.000**
	Lastbiler	**35.000** ud af 50.000 lastbiler er fossildrevne (70%)	**-7.000**
	Busser	**2.600** ud af 9.300 busser er fossildrevne (28%)	**-6.200**
Opvarmning	Oliefyr	**4.000** husstande er opvarmet med oliefyr (5%)	**-76.000**
	Gasfyr	**0** husstande er opvarmet med naturgas (0%). 100.000 husstande anvender biogas i gasfyr	**-375.000**

● Vedvarende energikilder ● Fossil energikilde

[1] Antallet af personbiler er baseret på Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019, som estimerer et større antal biler i 2030 end i dag.
[2] Iblanding af biobrændsler (biodiesel og bioethanol) og Power-to-X-brændsler (metanol og Fischer-Tropsch-diesel) ikke medregnet.
Kilde: Landstrafikmodellen (DTU) Danmarks Statistik; Ea Energianalyse; Danske Energi; QVARTZ-analyse.



4.0 Energi- og forsyningssektoren kan levere grøn energi til den fulde omstilling

Udfasningen af fossile brændsler i energi- og forsyningssektoren og øvrige sektorer medfører en øget efterspørgsel på vedvarende energi, som energi- og forsyningssektoren skal levere, for at den fulde omstilling af Danmark kan gennemføres. Behovet for produktionskapacitet og infrastruktur kan mindskes med energieffektiviseringer, fleksibelt forbrug og lagring. Energibehovet fra vedvarende energi forventes at stige med 64% til 125 TWh i 2030. For at levere den store mængde vedvarende energi skal havvind udbygges fra 1,7 til 7,6 GW, landvind fra 4,4 til 6,1 GW og sol fra 1,2 til 8,8 GW. Biogasproduktionen skal øges fra 4,4 TWh i 2019 til 13,3 TWh i 2030, og en fuld industrialisering af Power-to-X skal igangsættes. Elnettet skal opgraderes til transport af meget mere el end i dag; herunder forventes slutforbruget fra eldistributionsnettet at stige fra 34 TWh i 2019 til 58 TWh i 2030, og slutforbruget fra eltransmissionsnettet forventes at stige fra 1 TWh til 13 TWh. Fleksibelt forbrug og smarte løsninger kan begrænse behovet for udbygning, men den øgede elproduktion fra fluktuerende vedvarende energikilder vil også kræve flere udlandsforbindelser. Der vil også ske forandringer i gas- og varmeinfrastrukturen, og der skal etableres en infrastruktur, som understøtter udviklingen af Power-to-X. Desuden vil der være behov for tiltag, som understøtter forsyningssikkerheden, når der er mindre elproduktion fra fleksible energikilder.

De forrige to kapitler beskrev de reduktionstiltag, som kan sikre indfrielse af 70%-målsætningen. Tiltagene i energi- og forsyningssektoren kan gennemføres, hvis de rigtige rammevilkår er til stede, mens tiltagene i de øvrige sektorer er estimater for, hvad det samlede energibehov er i 2030, som energi- og forsyningssektoren skal levere til.

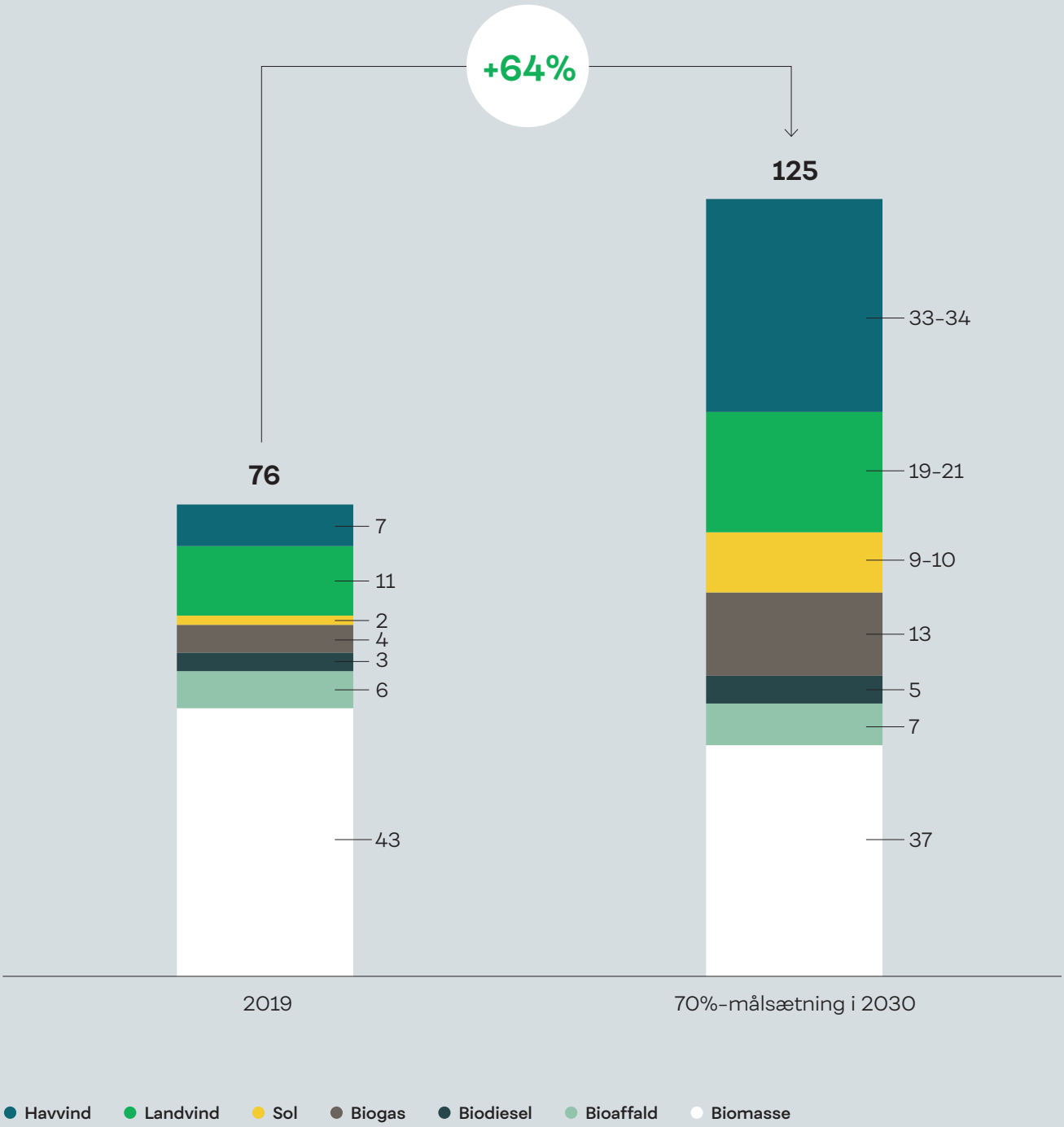
Mange af reduktionstiltagene indebærer en udskiftning af fossile brændsler med vedvarende energi, hvormed behovet for vedvarende energiproduktion og tilhørende infrastruktur vil stige markant. Udbygningsbehovet ville dog blive endnu større, hvis ikke det var for en stor grad af energieffektiviseringer i reduktionstiltagene. Effektiviseringerne forventes at materialisere sig ved både teknologiskift, fx fra fossilbil til elbil, og ved mere direkte energieffektiviseringer, som fx optimering af produktionsprocesser. Energi- og forsyningssektoren estimerer, at det samlede danske energibehov i 2030 vil være 13% lavere end estimeret i Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019. Ud over at medføre et lavere energiforbrug for danske husstande og virksomheder betyder energieffektiviseringerne også, at investeringsomkostninger til udbygning af vedvarende energi og infrastruktur kan begrænses.

Desuden vil en langt højere grad af digitalisering, fleksibelt elforbrug og brug af energilagring også reducere behovet for udbygning af infrastruktur. Det fleksible forbrug betyder, at det traditionelt meget høje elektricitetsbehov om eftermiddagen og aftenen i højere grad udjævnes over hele døgnet, fx ved øget brug af prissignaler, ved opladning af elbiler om natten og ved mere fleksible varmepumper.

Figur 14.

Omstillingen kræver en markant udbygning af den vedvarende energi

Estimeret behov for vedvarende energi frem mod 2030 (TWh)



Kilde: Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019; Dansk Energi; QVARTZ-analyse.
Note: Havvind, landvind og sol øges for at dække et øget elektricitetsbehov. Biogas øges primært som erstatning for naturgas i bl.a. industrielle processer og til erstatning af fossile brændsler i transportsektoren, samt i mindre grad til brug i fjernvarmeproduktionen til spids- og reservelast. Biodiesel øges som iblanding i transport. Bioaffald erstatter fossilt affald i affaldsforbrænding. Biomasse reduceres, da noget af produktionen fra kraftvarmeværker erstattes af havvind, landvind og sol, og fordi der i højere grad bruges varmepumper i stedet for biomasse i den individuelle opvarmning.
Note: De vedvarende energikilder skal bl.a. benyttes til ca. 71 TWh elforbrug og ca. 38 TWh fjernvarmeproduktion i 2030. Det resterende energiforbrug findes bl.a. i industrien, transport mv.
Note: Udenrigsluftfart, omgivelsesvarme og energi til ikke-energiformål er ikke medtaget.

Dette kapitel er en beskrivelse af, hvordan den vedvarende energiproduktion kan skaleres, og hvilke infrastrukturændringer det kræver, herunder hvilke initiativer der kan fordre et mere fleksibelt forbrug og dermed begrænse behovet for udbygning.

4.1. Produktionen af grøn energi skal øges markant, og udbygningen skal sættes i gang nu

Behovet for vedvarende energi som konsekvens af reduktionstiltagene i energi- og forsyningssektoren og øvrige sektorer estimeres til at stige fra 76 TWh i 2019 til 125 TWh i 2030, svarende til en stigning på 64%. Under antagelse af, at det danske behov for vedvarende energi skal dækkes af en dansk produktion af vedvarende energi, skal produktionen også stige med 64%. Forøgelse af produktionen vil være ved havvind, landvind, sol og biogas, jf. Figur 14.

Det faktiske energibehov i 2030 kan afvige fra det fremskrevne, både i størrelse og i fordelingen mellem energikilderne, særligt fordi reduktionstiltagene uden for energi- og forsyningssektoren udelukkende er estimater. Selvom øvrige sektorers initiativer for at nå 70%-målsætningen afviger fra tiltagene identificeret i fortrængningsmodellen, forventes det samlede energibehov dog stadig at stige markant. Energi- og forsyningssektoren har gennemført forskellige beregninger, hvor reduktionstiltagene varierer fx i antallet af elbiler, og resultatet ændrer ikke væsentligt ved estimatet for det samlede energibehov i 2030.

Det er afgørende, at den nødvendige vedvarende energiproduktion er udbygget, så den kan imødekomme det stigende energibehov. En underudbygning af den grønne energiproduktion vil betyde en forsinket udfasning af fossile energikilder eller import af fossil elektricitet fra Danmarks nabolande. Ved en underudbygning er der stor risiko for, at Danmark ikke når 70%-målsætningen.

Der kan også være risiko for overudbygning. I den situation vil den overskydende vedvarende energi dog kunne eksporteres og bidrage til grøn omstilling i Danmarks nabolande. Samtidig vil et midlertidigt overudbud af vedvarende energi kunne bidrage til lavere energipriser, hvilket øger incitamentet til omstillingen til vedvarende energi. Endeligt kan en overudbygning også ses som en fremrykning af den yderligere energiudbygning, der er brug for efter 2030 for at nå målet om fuld klimaneutralitet i 2050.

En så markant udbygning af vedvarende energikilder, som foreslås, vil kræve store bidrag fra alle involverede parter. Energi- og forsyningssektorens primære bidrag bliver at sikre udviklingen og skaleringen af de nødvendige vedvarende energikilder, hvis de nødvendige rammevilkår er på plads.

Et andet vigtigt bidrag fra energi- og forsyningssektoren er at påtage sig en markant økonomisk markedsrisiko, da elprisen afhænger af efterspørgslen, som i høj grad skal drives ved politiske initiativer. Elektrificeringen af både Danmark og EU de kommende 10-20 år vil overvejende være drevet af politiske beslutninger, hvorfor markedsrisikoen er vanskelig at løfte alene for private investorer. Der er derfor behov for reguleringsmodeller, hvor samfundet tager en del af risikoen, fx gennem udbudsordninger, hvor investorerne kan kompenseres ved lave elpriser. Målet for alle de vedvarende energikilder er at komme på niveau med markedsprisen, og en eventuel kompensation skal derfor som udgangspunkt blot matche fremskrivning af markedsprisen. Dette gælder i udgangspunkt for alle de vedvarende energikilder, som behandles i dette kapitel, men de konkrete modeller for finansiering vil være forskellige.

4.1.1. For at dække elbehovet ved omstillingen mod 2030 skal elproduktionen ca. fordobles

Da en række af de større CO_2-reduktionstiltag forventes at medføre en omstilling ved hjælp af elektrificering, forventes et øget elektricitetsbehov. Heraf kræver særligt Power-to-X-produktionen, varmepumper og en elektrificering af transporten meget elektricitet. Derudover forventes det også, at nye datacentre vil kræve elektricitet. Energi- og forsyningssektoren vurderer, at Danmarks samlede elektricitetsbehov ca. vil fordobles fra 35 TWh i 2019 til 71 TWh i 2030, jf. Figur 15.

Det øgede elbehov skal modsvares af en tilsvarende øget elproduktion, jf. Figur 16. Elproduktionen fra biogas, biomasse og fossile brændsler forventes reduceret med samlet 8 TWh mod 2030 grundet udfasning i kraftvarmeproduktionen, hvormed produktionsvolumen fra de øvrige kilder skal øges med 45 TWh for at nå en samlet elproduktion på 71 TWh i 2030. Forøgelsen af elproduktionen forventes primært at komme fra udbygning af havvind, landvind og sol[4.1]. Fordelingen mellem havvind, landvind og sol er proportionelt fordelt i henhold til Energistyrelsens forventede udbygning mod 2030 og vil løbende skulle opdateres i takt med bl.a. teknologiudviklingen.

70%-målsætningen forudsætter, at den nødvendige efterspørgsel på vedvarende elproduktion sikres. I den sammenhæng kan staten i høj grad styre udbygningen af havvind, idet den primært foregår ved fastlagte statslige udbud, mens udbygningen af landvind og sol primært afhænger af den kommunale sagsbehandling, udfald af de teknologineutrale udbud og den øvrige udbygning uden for de statslige udbud.

Udbygningen af havvind, landvind og sol i de nødvendige kapaciteter vurderes at kunne gennemføres uden udfordringer med pladsbegrænsninger, men dog med en risiko for manglende lokalpolitisk opbakning samt forsinkelser på grund af klager og langsommelige processer. For landvind vurderer Energistyrelsen, at der frem mod 2030 er arealer til opstilling af 14,5 GW landvind i Danmark, svarende til ca. 49 TWh[4.2]. Ligeledes rummer Danmark store landbrugsarealer, der er velegnede til solcelleparker.

Udbygningen på havet kan forventes gennemført inden for Energistyrelsens identificerede arealer i Nordsøen, indre farvande og Østersøen ved de eksisterende havbindinger. Ved en ændring af disse bindinger kan der dog potentielt udbygges markant mere og sandsynligvis billigere. Hvis de landbaserede energikilder ikke kan udbygges tilstrækkeligt, kan havvindudbuddene skaleres for at sikre den nødvendige elproduktion i 2030. Uanset om der udbygges med havvind, landvind eller sol, skal infrastrukturen udbygges parallelt med tiltag for at øge fleksibilitet og smart forbrug. Den nødvendige infrastrukturudbygning er beskrevet nærmere i kapitel 4.2. Udbygningen af de enkelte energikilder beskrives i de følgende afsnit.

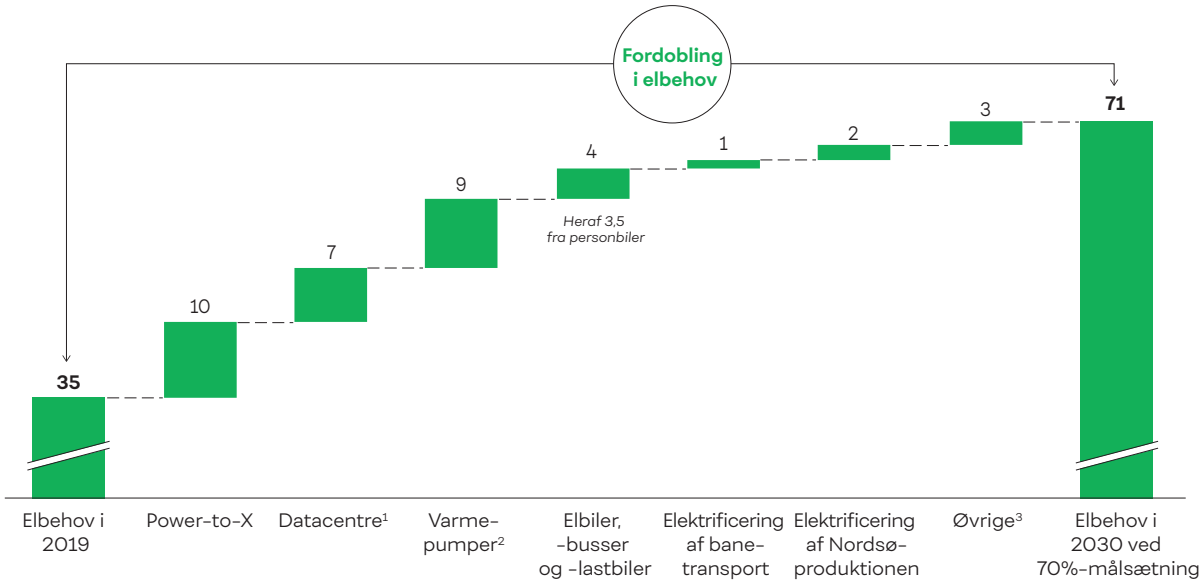
4.1.1.1. Elproduktionen fra havvind skal som minimum femdobles

Som bidrag til 70%-målsætningen skal havvind udbygges med minimum 27-28 TWh ud af de samlede 45 TWh, som skal udbygges for at dække det danske elektricitetsbehov i 2030. Det betyder, at den samlede elproduktion fra havvind i 2030 skal øges til 33-34 TWh, svarende til mere end en femdobling af den eksisterende elproduktion fra havvind på ca. 6 TWh. Med den foreslåede udbygning vil ca. halvdelen af Danmarks elektricitet i 2030 komme fra havvind.

For at kunne levere den nødvendige elektricitet i 2030 skal den installerede havvindskapacitet udbygges med ca. 5,9 GW fra de eksisterende 1,7 GW i 2019 til mindst 7,6 GW i 2030, jf. Figur 17. For at nå den nødvendige udbygning skal der træffes beslutning om at gennemføre statslige udbud svarende til ca. 5 GW mod 2030, hvoraf der allerede ved Energiaftalen 2018 blev truffet beslutning om, at der skal gennemføres udbud for 2,4-3,0 GW i 2021-2025.

4.1 Affald i elproduktionen forventes at bidrage med en lille forøgelse på 0,1 TWh.
4.2 Energistyrelsen (2019): Teknologikatalog. Under antagelse af 3.411 fuldlasttimer.

Figur 15. **Estimeret øget elbehov frem mod 2030 (TWh)**



[1] Baseret på Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019.
[2] Varmepumper i husholdninger (3 TWh), varmepumper i fjernvarme (3 TWh) og varmepumper i industrien (2 TWh).
[3] Øvrige dækker over et generelt øget elbehov i industri, byggeri og offentlig service (0,9 TWh), intern transport i landbruget (2,2 TWh) samt elektrificering af søtransport (0,01 TWh).
Kilde: Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019; Ea Energianalyse; Dansk Energi; QVARTZ-analyse.

De 5 GW foreslås fordelt på fire udbud gennemført årligt i perioden 2021-2024. År 2024 er det sidste år, et havvindudbud kan gennemføres, hvis møllerne skal være operationelle i 2030. De fire udbud foreslås at være det planlagte Thor-udbud i 2021 på 0,8-1,0 GW, et udbud på ~1 GW i Østdanmark i 2022, eventuelt i sammenhæng med udlandsforbindelser til én eller flere af Danmarks nabolande, et udbud på ~1 GW i 2023 og et udbud på ~2 GW i 2024[4.3], der kan rumme muligheden for videreudbygning til energi-øer.

Den foreslåede årlige udbygningskadence og udbudsstørrelse er en acceleration af den nuværende udbudsplan besluttet ved Energiaftalen 2018, som indeholder 2,4-3,0 GW fordelt på tre udbud i hhv. 2021 (Thor), 2023 og 2025[4.4]. Uden acceleration af udbygningen vil havvind ikke kunne bidrage med den krævede mængde vedvarende elektricitet i 2030, hvorfor 70%-målsætningen ikke vil kunne nås.

Staten kan sikre, at den accelererede udbygning kan gennemføres, herunder gennemføre strategiske miljøvurderinger (SMV'er) og fugletællinger på tværs af de arealer, der vurderes at være mest relevante i forhold til fremtidig udbygning af havvind[4.5] for at mindske forberedelsen ved hvert udbud og sikre, at en større del af forundersøgelserne skal varetages af havvindmølleudviklerne.

Ved kontinuerlige udbud fra 2021 og frem skabes transparens om den danske udbygningspipeline, hvilket giver synlighed for markedsaktører, og dermed sikrer en en høj grad af konkurrence. Samtidigt skaber det en god planlægningshorisont for vindmølleindustrien, hvor de faste, løbende udbygninger af havvind bl.a. betyder, at udbygningen konsistent bidrager med danske arbejdspladser på tværs af landet.

Udbudsstørrelserne på 1-2 GW er baseret på en række forudsætninger, som potentielt kan ændre sig mod 2030, som beskrevet i kapitel 3. Hvis det samlede elektricitetsbehov i 2030 er større end forventet, eller der ikke er udbygget den nødvendige mængde landvind- og solkapacitet til elproduktion, risikerer Danmark at skulle importere fossilbaseret elektricitet i 2030. Hvis risikoen for dette skal minimeres, kan de foreslåede havvindsudbud skaleres til 2-3 GW årligt, så det i højere grad kan garanteres, at der er tilstrækkelig vedvarende energi i 2030, og at Danmark kan nå 70%-målsætningen. En beslutning herom skal træffes inden for en kort årrække, da havvindsudbuddene til drift i 2030 skal forberedes senest i 2023.

Ud over en skalering af udbudsstørrelserne kan den løbende balancering af efterspørgsel og udbud på elektricitet også sikres ved en øget samhandel med udlandet. Som beskrevet nærmere i kapitel 5, anbefales det, at der bygges yderligere en udlandsforbindelse i direkte sammenhæng med en havvindmøllepark i det østlige Danmark.

Den primære udbygning af havvind mod 2030 skal drives af statslige udbud, men der skal samtidig skabes bedre muligheder for, at private aktører uafhængigt af udbud skal kunne opføre havvindmølleparker, fx til servicering af storforbrugere af elektricitet som Power-to-X-anlæg og datacentre.

Fire statslige udbud på havvind i perioden 2021-2024 kan bringe Danmark i mål

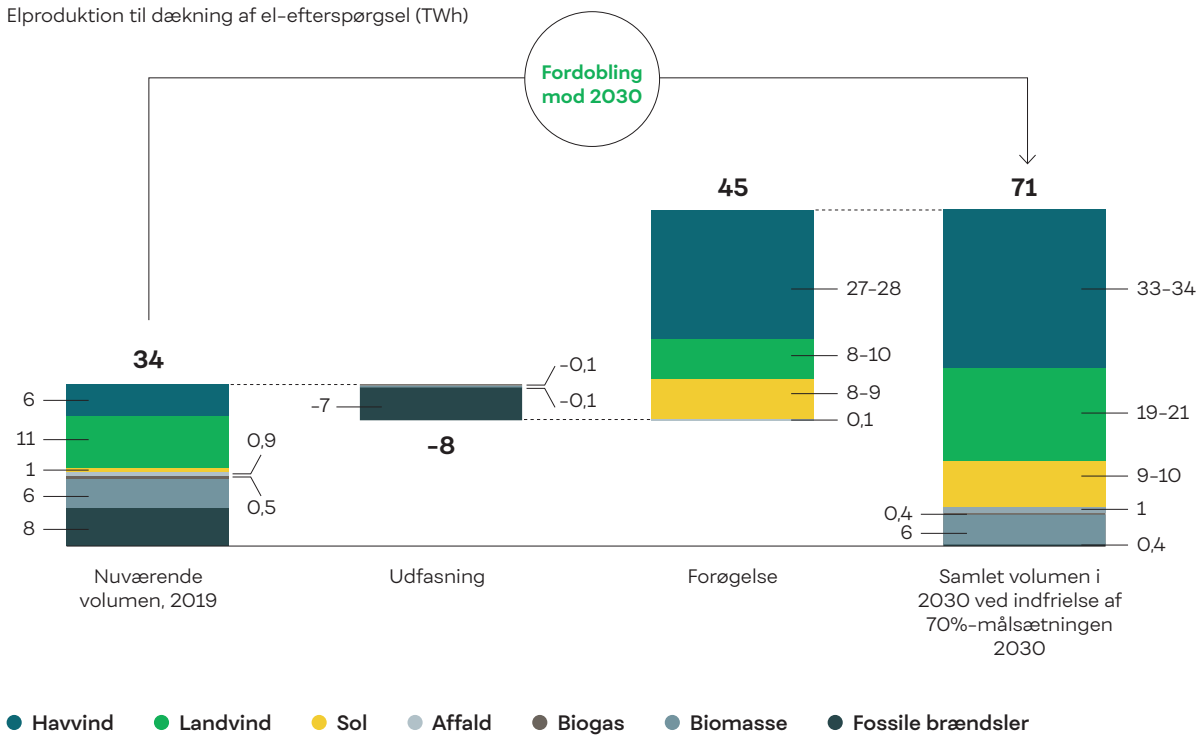
- **Det planlagte Thor-udbud i 2021 på 0,8-1,0 GW**
- **Et udbud på ~1 GW i Østdanmark i 2022**
- **Et udbud på ~1 GW i 2023**
- **Et udbud på ~2 GW i 2024**

4.3 Udbuddene i hhv. 2023 og 2024 foreslås at være udbud på multiple arealer, som er forberedt af staten ved en strategisk miljøvurdering på tværs af arealer. Havvindmølleudviklere kan derefter byde ind med den ønskede kapacitet/produktionsvolumen på de arealer, hvor udviklere mener at kunne levere elektriciteten til den lavest mulige pris. Modellen er sammenlignelig med de teknologineutrale udbud på land.

4.4 Samtidig vurderes det, at et udbud i 2025 er for sent til, at havvindmøllerne er operationelle til at levere elektricitet i 2030.

4.5 Jf. identificerede områder i "havvindspotentialet i Danmark" (Energistyrelsen 2019).

Figur 16. **Efterspørgslen på i alt 71 TWh i 2030 kan imødekommes ved en markant forøgelse af vedvarende energikilder**



Note: Udbygningen af biogas, affald, biomasse og fossile brændsler er beregnet af Dansk Energi på baggrund af input fra Ea Energianalyse. Udbygningen af havvind, landvind og sol følger samme relative fordeling som Analyseforudsætningernes forventede udbygning af havvind, landvind og sol fra 2019 til 2030. Intervallet for havvind, landvind og sol illustrerer forskellen på fremskrivning af Analyseforudsætningernes udbygning som hhv. netto- og bruttoudbygning. Den fremskrevne udbygning af vedvarende energikilder er indikativ og afhænger af teknologipriser.
Note: Volumenestimaterne dækker over bruttoenergiforbruget inkl. nettab.
Note: Udfasning og forøgelse er en nettoopgørelse, hvorfor den nødvendige bruttoudbygning vil være større.
Note: Elproduktionen i 2019 var på ca. 34 TWh, mens elforbruget var 35 TWh.
Note: Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019 er reference for fortrængningsmodellen. Data er dog ændret med de nyere og opdaterede elproduktions- og elforbrugstal fra Energistyrelsens Analyseforudsætninger 2019.
Kilde: Energistyrelsen (2019); Analyseforudsætningerne; Dansk Energi; QVARTZ-analyse.

Den samlede investering for udbygning af havvind mod 70%-målsætningen i 2030 forventes at være 85-105 mia. kr. i perioden 2019-2030 og bæres af markedsaktørerne[4.6]. På grund af de meget lange investeringshorisonter og den store usikkerhed om forøgelsen i efterspørgslen på elektricitet, som delvist skal drives politisk, er det afgørende, at afregningen fortsat bygger på en risikodeling mellem stat og markedsaktører, hvor begge parter påtager sig en del af risikoen ved usikkerheden om den langsigtede udvikling i elprisen.

Ud over den markante udbygning ved udbud mod 2024 til 70%-målsætningen skal havvind allerede nu tænkes ind som en vigtig del af de løbende CO_2-reduktioner hen mod fuld klimaneutralitet i 2050 i Danmark og i EU. Det samlede havvindspotentiale i Danmark svarer til 40 GW, hvis de nuværende havbindinger fastholdes, hvoraf kun ca. 8 GW er udbygget ved den foreslåede udbygning mod 70%-målsætningen i 2030. Samtidig er potentialet for havvind markant større, hvis de nuværende havbindinger ændres. Fx er der i dag store dele af den danske havsokkel, som er reserveret til det danske forsvar og øvelsesterræn, er udlagt som miljøzoner eller reserveret til andre formål som fx søfart. Den samlede beskrivelse af Danmarks eksportpotentiale af grøn elektricitet fra havvind, og hermed Danmarks muligheder for bidrag til internationale reduktioner, beskrives i kapitel 5.

4.1.1.2. Elproduktionen fra landvind skal fordobles

Som bidrag til den danske 70%-målsætning skal landvindsproduktionen øges med minimum 8-10 TWh mod 2030. Dermed vil den samlede elproduktion fra landvind i 2030 være på 19-21 TWh, hvilket svarer til ca. en fordobling af det eksisterende niveau på ca. 11 TWh.

For at levere den nødvendige elproduktion kræver det, at den installerede landvindskapacitet nettoudbygges med 1,7 GW fra de eksisterende 4,4 GW i 2019 til 6,1 GW i 2030. Da en del af de eksisterende, installerede landvindmøller forventes nedtaget inden 2030, skal den samlede bruttoudbygning, dvs. den faktiske udbygning, af nye landvindmøller mod 2030 være op til 3,6 GW, jf. Figur 18.

Den tekniske levetid på den eksisterende, landbaserede vindmølleportefølje er afgørende for, hvor stor en udbygning der skal ske af landbaserede vindmøller for at opnå den forventede nettoudbygning. Der er allerede i dag installeret ca. 4.200 landvindmøller på tværs af landet. Op til 3.400 af disse forventes nedtaget inden 2030, enten som følge af udløb af deres tekniske levetid eller ved udskiftning til nyere mølletyper (*repowering*). Er den tekniske levetid på den eksisterende landvindmølleportefølje 10 år længere end antaget i Analyseforudsætninger, som er udgangspunktet for sektorkøreplanen, vil majoriteten af de operationelle vindmøller i dag fortsat være i drift i 2030, og det samlede antal landvindmøller vil være næsten uændret i 2030.

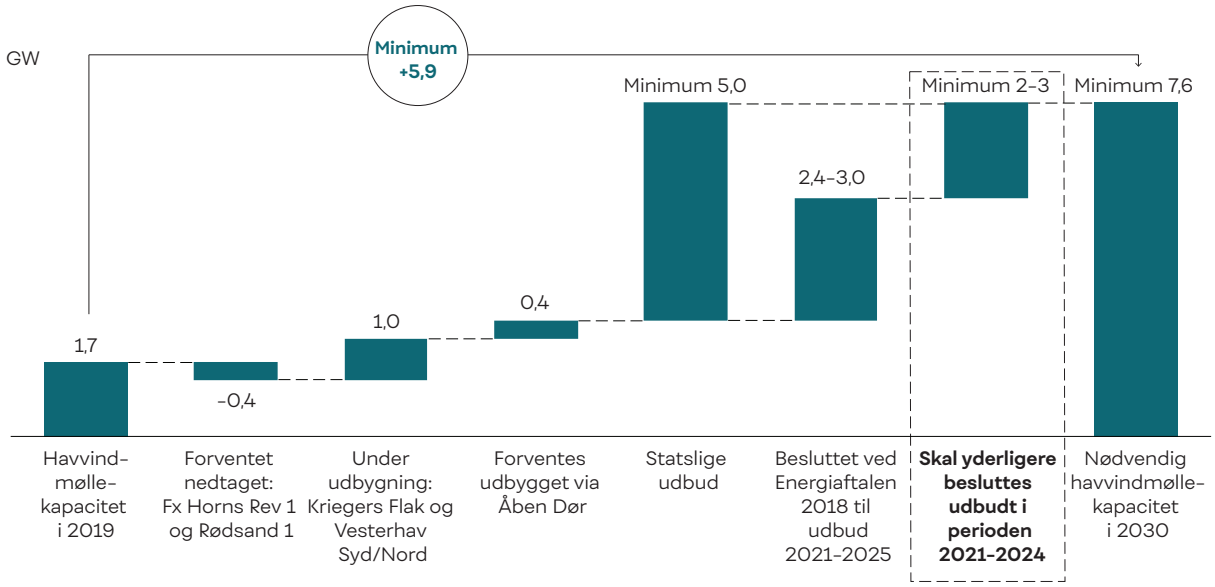
Sektorkøreplanen antager at antallet af landvindmøller reduceres med 2.300 (-54%)[4.7], samtidig med at elproduktion fra landvind ca. fordobles. Således etableres der 1.100 nye vindmøller, som i tillæg til de ca. 800, der er opført efter 2002, medfører en operationel portefølje på ca. 1.900 enheder med en samlet kapacitet på 6,1 GW, hvoraf op til 3,6 GW etableres frem mod 2030. På trods af at der kun skal installeres 1.100 landvindmøller for at nå den nødvendige elproduktion fra landvind, svarer det dog til en markant udbygning i forhold til det forgangne årti, hvor der samlet blev rejst ca. 630 landvindmøller.

Størstedelen af den fremtidige udbygning på 3,6 GW forventes etableret i forlængelse af tilkendte støttemidler fra de allerede aftalte teknologineutrale udbud fra 2020 til 2024. Den aftalte pulje til gennemførelse af udbuddene udgør samlet 4,2 mia. kr. og forventes uddelt til primært landvind og solenergi. Det tager ca. 1-2 år fra det enkelte projekt tilkendes støtte, og til landvindmøllerne er operationelle.

4.6 Der skal udbygges 6,3 GW, hvoraf 0,95 GW er under opførelse som følge af Energiaftalen 2012, ca. 0,4 GW opføres uden for statslige udbud, og ca. 5 GW opføres ved statslige udbud.

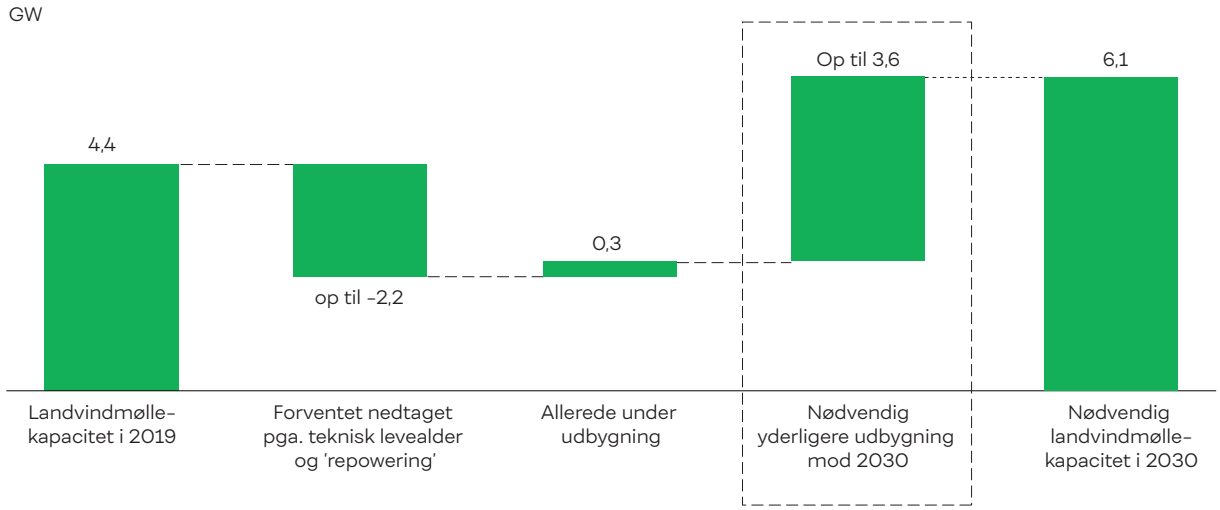
4.7 Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019.

Figur 17. **Udbygning af havvind for at levere den nødvendige elektricitet i 2030 (GW)**



Note: Der skal være en nettoudbygning på 5,9 GW fra 2019 til 2030. Samtidig er det antaget, at der nedtages ca. 0,4 GW inden 2030 (bl.a. Horns Rev 1 og Rødsand 1), hvorfor bruttoudbygningen skal være 6,3 GW. Heraf er 0,95 GW allerede aftalt til opførelse i medfør af Energiaftalen fra 2012 (600 MW ved Kriegers Flak og 350 MW ved Vesterhav Syd og Nord). Således skal der træffes beslutning om at udbygge yderligere 5,4 GW for at kunne levere den fornødne elektricitet i 2030. Af disse forventes 0,4 GW bygget som kystnære havvindmøller på særlige, gunstige placeringer (Åben Dør). De resterende 5,0 GW skal bygges ved statslige udbud. De mulige områder for udbygning af havvind er Fanø Bugt, Jammerbugt, Jyske Banke, Nordsøen 1-3, Bornholm 1-3, Kriegers Flak, Frederikshavn, Hesselø og Kattegat 1-2.
Kilde: Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019; Energistyrelsen (2019): Analyseforudsætningerne; Dansk Energi; QVARTZ-analyse.

Figur 18. **Udbygning af landvind for at levere den nødvendige elektricitet i 2030 (GW)**



Note: Bruttoudbygningen på 3,6 GW er de 1,7 GW, der skal nettoudbygges mod 2030, samt erstatning for de op til 2,2 GW, der forventes nedtaget inden 2030, men uden de ca. 0,3 GW som antages allerede at være under opførelse som følge af de teknologineutrale udbud i 2018 og 2019. Nedtagningen er beregnet ved en teknisk levetid for en landvindmølle på 28 år (Energistyrelsen), hvormed alle landvindmøller etableret i 2002 eller tidligere forventes nedtaget inden eller i 2030. I praksis kan nogle landvindmøller have en længere levetid, hvorfor de ikke nødvendigvis nedtages efter 28 år. Samtidig er der også nogle landvindmøller, som nedtages inden for deres tekniske levetid ifm. *repowering*-projekter, hvor eksisterende, ofte operationelle landvindmøller erstattes af nye landvindmøller. Der er således en usikkerhed om nedtagningsmængden, som løbende skal evalueres for at sikre den nødvendige udbygningsgrad. Ved udgangen af 2019 var der forespørgsler på tilslutning af ca. 1,5 GW landvindmøller hos Energinet og distributionsselskaberne (Dansk Energi). Det skal dog understreges, at ikke alle projekter nødvendigvis realiseres, blot fordi der er en netforespørgsel.
Kilde: Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019; Energistyrelsens Teknologikatalog; Dansk Energi; QVARTZ-analyse.

I forbindelse med udbygningen vil der skulle tages arealer i brug, som ikke er placeret optimalt i forhold til vindressourcer, være krav om opkøb af eksisterende vindmøller og ejendomme samt krav om betaling i henhold til ordninger om vedvarende energi[4.8]. Omkostningerne forbundet med ovenstående er medvirkende til, at det er en forudsætning for den nødvendige landvindsudbygning, at de allerede planlagte teknologineutrale udbud fra 2020-2024 fastholdes.

Ud over udbygningen ved teknologineutrale udbud forventes en mindre del af kapaciteten etableret uden direkte støtte fra de teknologineutrale udbud. Det forventes at kunne lade sig gøre, idet produktionsomkostningerne fra landvind er reduceret over de seneste år og forventes at fortsætte med at falde frem mod 2030, bl.a. som følge af muligheden for etableringen af højere vindmøller på land[4.9]. Støttefri opstilling vil primært kunne ske i den sidste halvdel af 2020'erne på særligt gunstige placeringer med lave anlægsomkostninger samt omkostninger til opkøb af eksisterende vindmøller og beboelsesejendomme i kombination med gode vindressourcer.

Den samlede investering for udbygning af landvindmøller for at nå 70%-målsætningen forventes at være i størrelsesordenen 25-35 mia. kr., som afholdes af landvindudviklerne[4.10]. En del af produktionsvolumenen fra de idriftsatte vindmøller vil dog være omfattet af støtte fra de teknologineutrale udbud.

I Energiaftalen 2018 er der afsat midler til gennemførelse af årlige, teknologineutrale udbud i perioden 2020-2024 for at understøtte udbygningen af landbaserede vedvarende energikilder. I de foreløbigt gennemførte udbud har støttebehovet været lavere end ventet, og det er sandsynligt, at vi vil se fortsatte omkostningsreduktioner for de landbaserede vedvarende energikilder, hvormed et stigende antal anlæg kan opstilles på markedsvilkår. Ligesom for havvind skal udviklere af landbaserede vedvarende energianlæg tilbydes en model for risikodeling. Derudover bør udbredelsen af bilaterale fastprisaftaler/PPA'er[4.11] understøttes for dermed at reducere risikoen forbundet med usikkerhed om fremdriften i elektrificeringen, hvilket vil reducere støttebehovet yderligere.

4.1.1.3. Elproduktionen fra solceller skal tidobles

Udbygningen af solkapacitet i Danmark har historisk primært været med husstandssolceller, men vil mod 2030 i overvejende grad være kommercielle markanlæg med væsentlig større kapacitet.

Som bidrag til 70%-målsætningen skal elproduktionen fra sol øges med minimum 8-9 TWh mod 2030. Dermed vil den samlede elproduktion fra sol i 2030 være på 9-10 TWh, hvilket svarer til ca. en tidobling af den eksisterende elproduktion fra sol på ca. 1 TWh.

For at levere den nødvendige elproduktion kræver det, at den installerede solcellekapacitet nettoudbygges med ca. 7,6 GW fra de eksisterende 1,2 GW i 2019 til 8,8 GW i 2030. Af den nødvendige udbygning er der allerede en mindre andel solcelleanlæg under opførelse i medfør af tilkendte midler fra de teknologineutrale udbud i 2018 og 2019, hvorfor den samlede, nødvendige, yderligere udbygning ca. vil være 7,4 GW mod 2030, jf. Figur 19.

Ud af de 7,4 GW forventes 4-6 GW etableret i forlængelse af tilkendte støttemidler fra de aftalte teknologineutrale udbud fra 2020 til 2024. Installationstiden fra udbud til solkapaciteten er operationel er ca. 1 år. Udbygningen af solceller er omfattet af de nye ordninger om vedvarende energi, hvor der skal tilbydes salgsoptioner til ejendomme, ydes værditab og finansieres vedvarende energibonus samt gives tilskud til den grønne klimapulje, afledt af Energiaftalen 2018. Derfor er det en forudsætning for den nødvendige soludbygning, at de allerede planlagte teknologineutrale udbud fra 2020-2024 fastholdes.

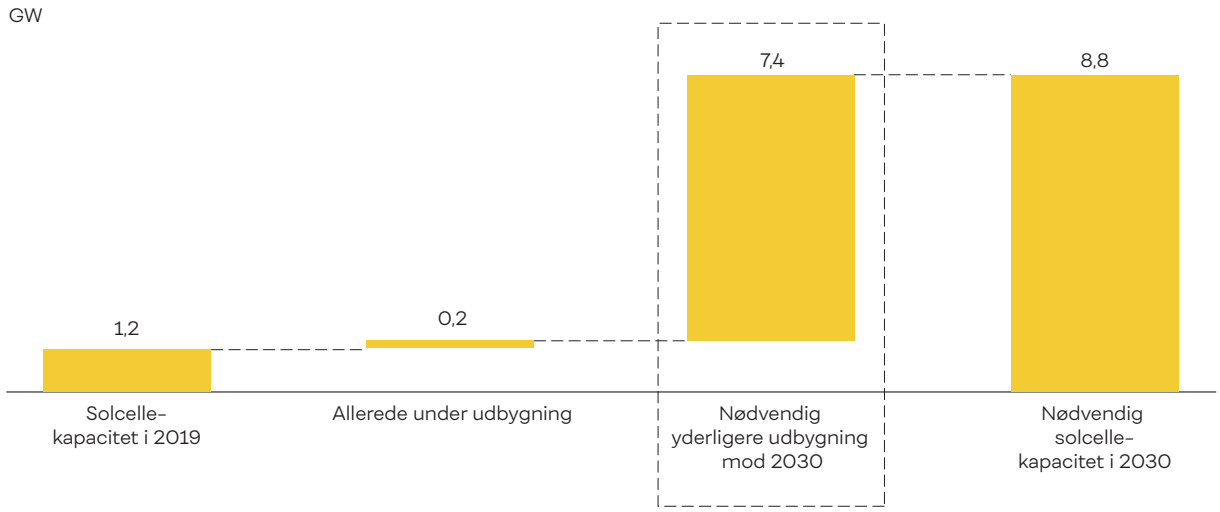
4.8 Ordninger dækker over vedvarende energibonus, salgsoption, værditab og grøn pulje.

4.9 Prisen på landvind er reduceret med 30% fra 2015 til 2020 og forventes reduceret med yderligere ca. 13% mod 2030 (Energistyrelsen (2019): Teknologikataloget).

4.10 Der skal udbygges 3,9 GW, hvoraf ca. 0,3 GW er under opførelse som konsekvens af de teknologineutrale udbud i 2018 og 2019. De resterende 3,6 GW er den foreslåede yderligere udbygning mod 2030.

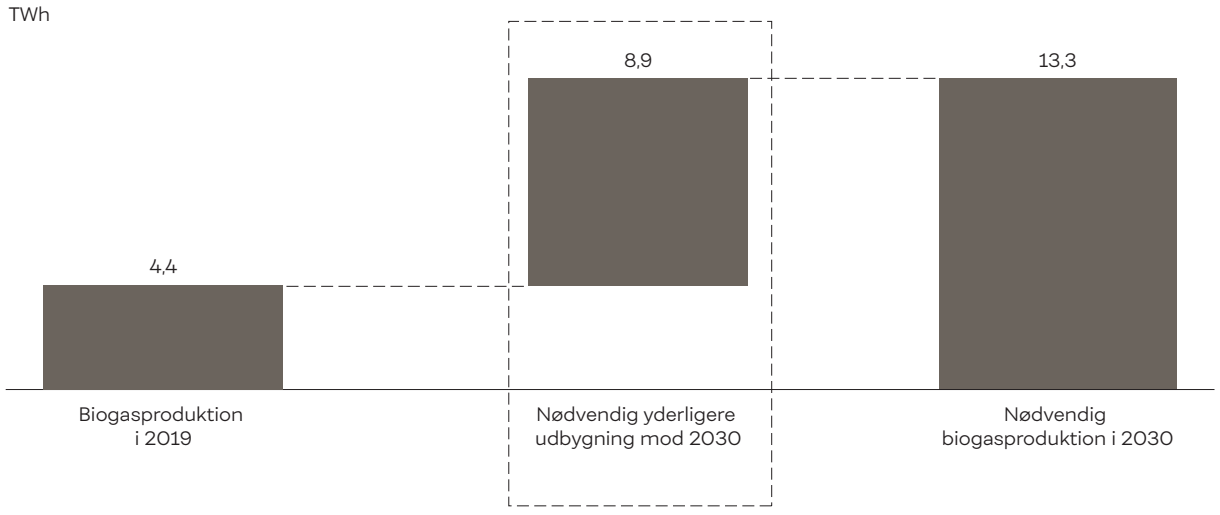
4.11 *Power Puchase Agreements* (PPA'er) eller elsalgsaftaler.

Figur 19. **Udbygning af solceller for at levere den nødvendige elektricitet i 2030 (GW)**



Note: Under antagelse af, at de ca. 0,2 GW solcellekapacitet godkendt i 2018 og 2019 i de teknologineutrale udbud endnu ikke er opført. I modsætning til havvind og landvind forventes der en minimal nedtagning af solenergi mod 2030, hvorfor netto- og bruttoudbygningen ikke varierer betydeligt. De 1,1 GW solcellekapacitet i 2019 er udelukkende til elproduktion. Ved udgangen af 2019 var der forespørgsler på tilslutning af ca. 10 GW solceller hos Energinet og distributionsselskaberne (Dansk Energi). Det skal dog understreges, at ikke alle projekter nødvendigvis realiseres, blot fordi der er en netforespørgsel.
Kilde: Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019; Energistyrelsens Teknologikatalog; Dansk Energi; QVARTZ-analyse.

Figur 20.
Udbygning af biogasproduktion for at levere den nødvendige biogas i 2030 (TWh)



Kilde: Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019; Energistyrelsen (2019); Dansk Energi; QVARTZ-analyse.

I sidste halvdel af 2020'erne forventes det muligt at etablere solceller uden direkte økonomisk støtte. Dette forventes muligt, fordi prisen på de vigtige komponenter til solcelleanlæg, som er reduceret markant over de seneste år, forventes yderligere reduceret frem mod 2030[4.12]. Det vil primært være på arealer med særligt gunstige forhold for solceller.

Den samlede investering for udbygning af de 7,6 GW solcelleparker mod 70%-målsætningen forventes at være i størrelsesordenen 25-30 mia. kr. og afholdes af solprojektudviklerne[4.13]. En del af produktionsvolumenen fra de idriftsatte solcelleparker vil dog være omfattet af støtte tilkendt ved de teknologineutrale udbud.

For både landvind og solceller udgør faldende produktionsomkostninger et væsentligt element i den mulige overgang til markedsvilkår. Et andet centralt element er muligheden for at tiltræde bilaterale fastprisaftaler/PPA'er. For energiintensive virksomheder er det fordelagtigt at have forudsigelige udgifter til deres fremtidige elforbrug, ligesom det for elproducenterne sikrer deres investering, når den langsigtede afregningspris kendes. Det er vigtigt for udbredelsen af elhandelsaftaler, at der er tillid til, at der er tilstrækkelig kapacitet i transmissionsnettet, så elektriciteten kan leveres.

Den omfattende udbygning af elproduktion fra havvind, landvind og sol skal levere ca. 85% af stigningen i vedvarende energi mod 2030 og er en afgørende forudsætning for, at Danmark kan nå 70%-målsætningen. Ud over en markant øget vedvarende elproduktion skal de øvrige vedvarende energikilder også udbygges, som beskrevet i de følgende afsnit.

4.1.2. Biogasproduktionen skal ca. tredobles

Til realisering af 70%-målsætningen skal biogasproduktionen udbygges med 8,9 TWh fra 4,4 TWh i 2019 til 13,3 TWh i 2030, jf. Figur 20. De 13,3 TWh biogasproduktion svarer til det samlede, forventede naturgasforbrug i Danmark i 2030[4.14].

Biogassen skal mod 2030, primært bruges i industrien og transportsektoren samt i mindre grad i fjernvarmeproduktion til spids- og reservelast samt i individuel opvarmning, som beskrevet i kapitel 2. I industrien kan biogas erstatte naturgas, mens det i transportsektoren kan bruges som brændsel, fx som metan eller konverteret til flydende brændsler. Ud over reduktionen af CO_2 ved fortrængning af fossile brændsler er der også en CO_2-reduktion fra gyllen, når den afgasses i biogasproduktionen. Den brugte gylle returneres til markerne efter biogasproduktionen, hvor den mere effektivt og med færre negative konsekvenser for miljøet kan bruges i den videre landbrugsproduktion.

Af den eksisterende produktion af biogas på 4,4 TWh er ca. halvdelen rå biogas, som kan bruges til afbrænding i varmeproduktion og i begrænset omfang i industrien, men som ikke kan benyttes i naturgasnettet. Den anden halvdel er opgraderet biogas, der kan bruges som direkte erstatning af naturgas i gasnettet[4.15]. Den samlede udbygning på 8,9 TWh mod 2030 skal være opgraderet biogas.

Af de 8,9 TWh-udbygning er der allerede søgt tilslutning af biogasanlæg med en samlet produktion på 3,0 TWh biogas mod 2023 under den nuværende støtteordning. De øvrige 5,8 TWh forventes opført og tilsluttet sideløbende mod 2030. Udbygningen af biogas ligger i forlængelse af en markant udbygning over de seneste 5 år, hvor den danske biogasproduktion næsten er tredoblet[4.16].

Historisk har biogasanlæggene primært været mindre gårdanlæg, men udbygningen fremover for-

---

4.12 Energistyrelsen (2019): Teknologikataloget. Prisen på solkapacitet er reduceret med yderligere ca. 34% mod 2030

4.13 Der skal udbygges 7,6 GW, hvoraf ca. 0,2 GW er under opførelse som konsekvens af de teknologineutrale udbud i 2018 og 2019. De resterende 7,4 GW er den foreslåede yderligere udbygning mod 2030.

4.14 Naturgasforbruget i Danmark forventes at falde fra ca. 23,2 TWh i 2019 til 13,3 TWh i 2030, bl.a. på grund af elektrificering af en række processer, som tidligere brugte gas, samt erstatning med biogas. De 13,3 TWh er ekskl. naturgasforbruget i Nordsøproduktionen samt raffinaderigas, som forventes at være ca. 6 TWh i 2030.

4.15 Rå biogas består af ca. 60% metan og 40% CO_2. CO_2 har ingen brændselsværdi. Ved at udskille de 40% CO_2 og en mængde vand og svovl er der kun det rene metan tilbage – den opgraderede biogas.

4.16 Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019.

ventes at blive større, industrielle fællesanlæg, som typisk producerer over 0,14 TWh opgraderet biogas pr. anlæg[4.17]. Ud over udvidelse og udbygning af nye anlæg forventes en del af udbygningen også at ske ved produktivitetsforbedringer på de eksisterende anlæg[4.18]. Det veludbyggede danske gasnet sikrer, at biogassen kan afsættes både fra de mindre og større produktionsanlæg, og at biogassen kan transporteres til forbrug tilknyttet gasnettet.

En potentiel begrænsning på udbygningen af biogas er, hvis enten produktionskapaciteten ikke kan skaleres tilstrækkeligt, eller der ikke er nok input til selve produktionen. Input er bl.a. gylle, industriaffald, organisk dagrenovation, landbrugsaffald mv. Biogasbranchen vurderer selv, at produktionskapaciteten kan skaleres tilstrækkeligt mod 2030. Landbrug & Fødevarer vurderer, at det samlede potentiale for dansk input til biogasproduktion i 2030 svarer til ca. 15 TWh opgraderet biogas[4.19]. Potentialet kan hæves yderligere med 10 TWh, hvis også biogassens indhold af CO_2 anvendes til produktion af mere metan, som beskrevet i afsnit 4.1.4.

Den samlede investering for udbygning af biogasproduktion med 8,9 TWh i perioden 2019-2030 forventes at være 15-20 mia. kr. og bæres af biogasudviklerne. Heraf forventes op mod 3 TWh produktion tilsluttet under de nuværende regler frem mod 2023. Derudover bør den øvrige udbygning konkurrenceudsættes, så aktører på biogasmarkedet kan konkurrere om at levere biogas til de lavest mulige støtteomkostninger. En del af udbygningen vil bestå af udvidelser af eksisterende anlæg, som forventeligt vil have behov for mindre støtte. Biogasbranchen arbejder målrettet for, at effektivisering og skalafordele som minimum kan føre til en halvering af biogasproduktionsomkostningerne pr. TWh i 2030. Dette kan yderligere understøttes af et efterspørgselstræk, fx i form af iblandings- eller fortrængningskrav til transportsektoren.

4.1.3. Der er kun mindre ændringer i energiproduktionen fra øvrige biobrændsler

Frem mod 70%-målsætningen i 2030 er der kun forventet mindre ændringer i energiforbruget af de tre øvrige biobrændsler – biomasse, bioaffald og biodiesel.

Biomasse

Energiforbruget fra biomasse forventes at falde med 6,4 TWh fra 43,1 TWh i 2019 til 36,7 TWh i 2030. Dermed falder biomassens andel af det samlede energiforbrug fra ca. 23% i 2019 til 21% i 2030. Biomasse dækker primært over træflis, træpiller, brænde og halm og anvendes til produktion af el og fjernvarme i energisektoren samt til opvarmning af boliger med træpillefyr og brændeovn. Biomasse har spillet en stor rolle som erstatning for kul og naturgas i energiproduktionen, men reduceres mod 2030, bl.a. fordi der i højere grad bruges varmepumper i den individuelle opvarmning, og fordi der generelt er en mindre elproduktion fra kraftvarmeværker, hvormed brugen af biomasse også falder.

Bioaffald

Energiforbruget fra bioaffald forventes at stige med 0,8 TWh fra 6,3 TWh i 2019 til 7,0 TWh i 2030, bl.a. fordi bioaffald i højere grad forventes at kunne erstatte fossilt affald i affaldsenergianlæg.

Biodiesel og bioethanol

Energiforbruget fra biodiesel og bioethanol forventes at stige med 2,1 TWh fra 2,6 TWh i 2019 til 4,7 TWh i 2030. Biodiesel og bioethanol bruges som iblanding i diesel og benzin og har været et tidligt virkemiddel til omstilling af transportsektoren, drevet af iblandingskrav. I dag udgør biobrændstoffer ca. 4% af det samlede brændselsforbrug i transportsektoren[4.20]. Biobrændstoffer er hovedsageligt baseret på raps med iblanding af andre olieholdige afgrøder.

Mod 2030 forventes biobrændstoffer at spille en større rolle i omstillingen af især den tunge del af transportsektoren.

4.17 Sammenlignet med ca. 0,03 TWh for de mindre gårdanlæg, som typisk deles mellem en eller flere gårde.
4.18 Den øgede produktion af biogas skyldes bl.a., at biogasbranchen øger sin kapacitet ved brug af fx iblanding af halm og ved generelle produktivitetsforbedringer (fx skalafordele og hurtigere udslusning af gylle, og derved større gasindhold).
4.19 Syddansk Universitet og SEGES (2020): Energiafgrødeanalysen (foreløbig rapport).
4.20 Energistyrelsen (2018): Energistatistik. Dækker over biodiesel og bioethanol.

4.1.4. Power-to-X skal udbygges til storskala

Der er en række processer, hvor fossile brændsler ikke direkte kan erstattes af bl.a. elektricitet, biogas eller biomasse. Eksempler på dette er den tunge transport som lastbiler, skibe og fly samt industrielle processer, hvor den nødvendige energilagring eller -densitet i dag udelukkende kan opnås ved fossile brændsler. Med Power-to-X-teknologier kan der produceres brændsler, som kan opnå en tilsvarende energilagring og -intensitet og derved erstatte fossile brændsler.

Power-to-X dækker over, at elektricitet *(Power)* bruges i elektrolyse for at producere brint eller et brint-baseret produkt *(X)*. Hvis elektriciteten til elektrolysen er grøn, er selve produktet også grønt. Det umiddelbare produkt af elektrolyse er brint, som kan bruges direkte, fx i transport eller som erstatning for fossil brint i industrielle processer eller på raffinaderier. Den kan også bruges til lagring af energi, fx som udjævning af de fluktuerende produktionsmønstre fra havvind, landvind eller sol. Ud over at bruge brinten direkte kan den også forædles med andre kemiske produkter, fx CO_2 fra en bæredygtig kilde eller nitrogen, for at producere mere avancerede, grønne brændsler.

CO_2 til grønne brændsler kommer fra CO_2-fangst fra skorstene eller fra biogas. Rå biogas indeholder ca. 35-40% CO_2, som i dag udskilles for at lave opgraderet biogas, som kan iblandes i gasnettet. Fremadrettet vil hydrogenering (brinttilsætning) af rå biogas give mulighed for at udnytte denne CO_2 til produktion af grønne, brintbaserede brændsler som fx metan eller metanol. Udnyttelse af CO_2 fra biogas vil medføre et betydeligt øget elforbrug til brintproduktion på eller nær biogasanlæggene. Via hydrogenering af rå biogas kan den samlede produktion fra biogasanlæggene fx forøges fra 13,3 TWh biogasproduktion (jf. afsnit 4.1.2) til ca. 15-20 TWh samlet, grøn produktion.

For at Danmark kan nå 70%-målsætningen, vurderer energi- og forsyningssektoren, at Power-to-X skal bidrage med en reduktion på 1,9 mio. ton CO_2. Nogle af de forventede anvendelser er brint til tung transport, diesel fra vedvarende energi[4.21], Dimetylæter (DME) til tung transport eller metanol, fx til iblanding i brændsel til tung transport eller direkte brug i skibe eller køretøjer, men kan dog også være andre brugsformer som fx brint eller metan til tung industri. Den samlede, nødvendige elektrolysekapacitet forventes at være 2-3 GW i 2030, men afhænger i høj grad af de endelige brugsformer.

Øvrige Power-to-X-produkter er ammoniak til skibstrafik og kerosen til flytrafik, som vil have begrænset CO_2-reduktionspotentiale i en isoleret dansk kontekst, men kan til gengæld have et enormt globalt potentiale for reduktioner i international transport. Samtidig kan Danmark potentielt drage fordel af, at de danske logistikvirksomheder har gode indenlandske muligheder for at afprøve og indfase grønne brændsler ved en forventning om fremtidig international regulering på området. Hvordan bl.a. ammoniak og kerosen har potentiale til at bidrage til den internationale omstilling, er beskrevet i kapitel 5.

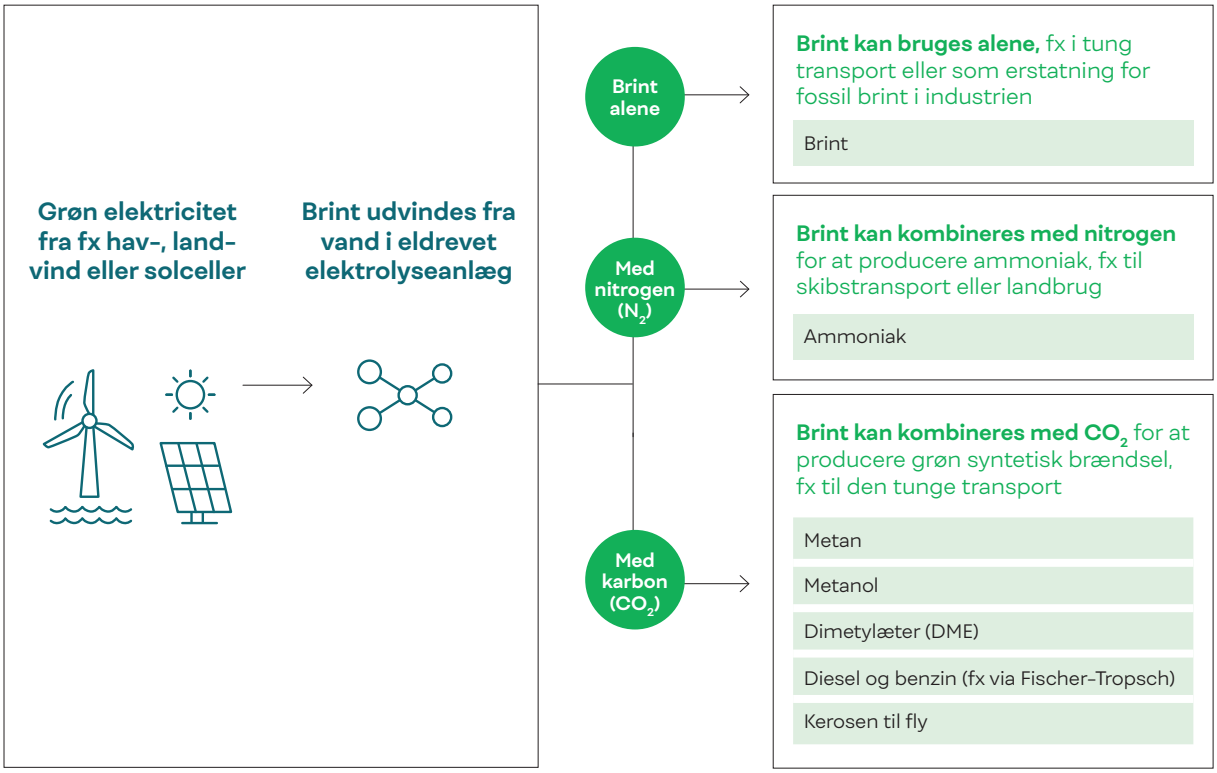
Der findes i dag ingen storskalaproduktion af Power-to-X i Danmark, men der er en række demonstrationsprojekter etableret og under udarbejdelse, bl.a. i Skive, Fredericia og København. Hvis 70%-målsætningen skal nås, kræver det en markant udbygning af en række fuldskalaanlæg i tæt samarbejde mellem stat, energiselskaber og øvrige erhvervspartnere, som skal aftage de brintbaserede brændsler.

For at sikre den nødvendige skalering anbefales det, at der udarbejdes en national Power-to-X-strategi, som bl.a. skal sikre de nødvendige investeringer og rammevilkår samt understøtte efterspørgsel, som beskrevet i kapitel 7. En dansk Power-to-X-strategi kan bl.a. bygge videre på Energinets (2020) Power-to-X-handlingsplan.

Den samlede investering for udbygning af den nødvendige Power-to-X-produktion til at understøtte 70%-målsætningen forventes at være i størrelsesordenen 10-20 mia. kr. Samtidig skal der investeres 2-5 mia. kr. i opbygning af den nødvendige tilhørende infrastruktur. Da de endelige Power-to-X-brugsformer i Danmark i 2030 endnu ikke kendes, er estimaterne udelukkende indikative.

4.21 Fx ved Fischer Tropsch-proces.

Figur 21. **Power-to-X-produktionsproces**



Kilde: Dansk Energi; QVARTZ-analyse.

Power-to-X forventes at være en afgørende del af vejen mod fuld klimaneutralitet i 2050, og ved udbygning allerede mod 2030 sikrer Danmark sig en god platform for den yderligere udbygning.

Afsnit 4.1 har beskrevet, hvordan energi- og forsyningssektoren skal udbygge produktionen af vedvarende energi markant for at levere til bl.a. varmepumper, elbiler og den tunge transport. Når energiproduktionen skaleres, skal den tilhørende energiinfrastruktur også skaleres. Det beskrives i det følgende afsnit.

4.2. Styrkelse af infrastrukturen skal være på forkant med fremtidens energibehov

70%-målsætningen stiller nye krav til den danske energiinfrastruktur. Elnettet skal transportere markant mere el, når fossile brændsler erstattes af sol og vind, langt mere vedvarende produktion skal tilsluttes elnettet, og mere strøm skal flyttes på tværs af landegrænser. Samtidig giver forbedrede teknologier, såsom batterier, dataudnyttelse og styring af fleksibelt forbrug, mulighed for at udnytte elnettet bedre og begrænse behovet for udbygning. På havet skal ny infrastruktur udvikles i form af et sammenhængende elnet i Nord- og måske Østersøen. Derudover bør potentialet for energi-øer kortlægges.

Gasinfrastrukturen skal nogle steder lukke og andre steder omstilles til at transportere grønne gasser i stedet for naturgas. Fjernvarmenettet skal nogle steder udbygges, mens fjernvarme andre steder kan blive fortrængt af billigere, individuelle, grønne alternativer. Med udviklingen af Power-to-X-teknologier kan der også blive behov for en dedikeret brintinfrastruktur efter 2030. Endeligt betyder en tættere sektorkobling i energi- og forsyningssektoren, at el-, gas- og fjernvarmenettet vil skulle anvendes på nye måder og med større grad af integration mellem de forskellige forsyningsarter.

Udbygning af energiinfrastruktur er tidskrævende, og det er mest effektivt at opgradere infrastrukturen samtidig med den almindelige udskiftning og vedligeholdelse. Investeringer i infrastruktur er desuden kapitaltunge og har lange planlægnings- og investeringshorisonter, hvilket gør, at beslutninger om udbygning skal træffes hurtigst muligt. Det er med andre ord nødvendigt, at infrastrukturen er på forkant med fremtidens energibehov, så den samme jord ikke skal graves op flere gange, og så ellers velfungerende aktiver ikke skal tages ud af drift.

4.2.1. Elnettet skal styrkes for at kunne understøtte væksten i elforbrug og -produktion

Det danske elnet har i dag en meget høj leveringskvalitet og leverer strøm til konkurrencedygtige priser. Det betyder, at danske borgere og virksomheder så godt som altid har strøm i stikkontakten. Både distributions- og transmissionsnettet vil imidlertid skulle styrkes betydeligt for at kunne opretholde en høj leveringskvalitet i et grønt samfund i 2030, hvor der skal leveres dobbelt så meget el til slutbrugerne, og hvor der fx er tilsluttet op til halvanden gang så meget decentral, vedvarende produktionskapacitet i eldistributionsnettet.

I 2019 blev der transporteret el til de danske forbrugere svarende til et elforbrug på 35 TWh, heraf 34 TWh på distributionsniveau og 1 TWh på transmissionsniveau. Derudover var der tilsluttet 5,7 GW vedvarende elproduktionskapacitet på distributionsniveau og 1,5 GW på transmissionsniveau. I 2030 forventes det samlede elforbrug at være på hele 71 TWh, heraf 58 TWh på distributionsniveau og 13 TWh på transmissionsniveau. Samtidig forventes der at være tilsluttet yderligere 15,2 GW vedvarende elproduktionskapacitet i 2030, hvilket bl.a. vil betyde en stigning på op til 8,2 GW vedvarende elproduktionskapacitet tilsluttet decentralt i distributionsnettet. Det stiller store krav til elnettet, fordi det ud over at transportere mere el også skal håndtere et væsentligt ændret energi-flow, bl.a. på grund af den store decentrale produktion. På den danske vestkyst ses der allerede i dag eksempler på, at lokalt net, der er bygget i en tid, hvor el blev produceret med fossile brændsler, og som derfor er dimensioneret efter områdets forbrug, på nogle tidspunkter skal håndtere op mod ti gange så meget produktion som forbrug.

Distributionsnettet

Distributionsnettet vil frem mod 2030 skulle styrkes til at kunne håndtere op mod 8,2 GW yderligere tilsluttet landvind og sol samt til årligt at transportere 24 TWh mere el til forbrug end i dag, dvs. en stigning

på 71%. På forbrugssiden skyldes det et behov for at kunne levere el til delvis elektrificering af transport- og varmesektoren, el til ny brintproduktion samt mere el til erhverv, landbrug og tung industri. Det indebærer bl.a. el til 1,5 mio. el- og pluginhybrider, el til godt halvdelen af bustransporten, el til at udskifte oliefyr og naturgasfyr i private husstande samt el til ca. 550 MW store kollektive varmepumper, der erstatter naturgaskraftvarme i decentrale fjernvarmeområder.

På produktionssiden forventes det, at der i 2030 vil være tilsluttet yderligere 15,2 GW vedvarende elproduktionskapacitet, herunder 9,3 GW landvind og sol, for at kunne nå det danske klimamål. Hvis transmissionsnettet bliver styrket tilstrækkeligt, og der sikres klar oplysning og klare incitamenter til markedsaktører for placering af produktion de steder, hvor produktion og nettilslutning samlet set kan foregå mest effektivt, forventes det, at ca. 5,4 GW af den ekstra produktionskapacitet på land vil være tilsluttet i distributionsnettet og ca. 3,9 GW i transmissionsnettet[4.22]. Såfremt det ikke sker, forventes op mod 8,2 GW at være tilsluttet i distributionsnettet og ned mod 1,1 GW i transmissionsnettet.

Transmissionsnettet

Transmissionsnettet vil tilsvarende skulle styrkes for at kunne tilslutte ny produktionskapacitet samt for at kunne levere langt mere el til distributionsnettet og 13 TWh mere el end i dag til nye store elforbrugere tilsluttet direkte i transmissionsnettet. Det nye transmissionsforbrug forventes at komme fra store, kollektive varmepumper og elkedler, datacentre, brintproduktion, togtransport samt en delvis elektrificering af Nordsøen.

Investeringer i elinfrastruktur

For at vurdere omkostningerne ved at styrke elnettet tages der udgangspunkt i to scenarier; henholdsvis et smart og et dyrt (ufleksibelt) scenarie. I det smarte scenarie udnyttes nettet bedre som følge af bl.a. aktivering af fleksibelt forbrug, digitalisering og geografiske signaler til placering af ny produktion. Fx antages det, at forbrugerne flytter en del af deres elforbrug til tidspunkter, hvor der er mere plads i nettet, og dermed bliver forbruget fordelt mere jævnt ud over døgnet. I det dyre scenarie gives der ikke incitament til at flytte forbruget eller placere ny produktion hensigtsmæssigt. Der skal derfor betydeligt flere investeringer til at kunne understøtte det ekstra pres på nettet, når fx mange oplader deres elbil samtidigt, når de kommer hjem fra arbejde.

Den samlede ekstraomkostning til at styrke elnettet for at kunne understøtte væksten i elforbrug og -produktion forventes at være 23 mia. kr. frem mod 2030, hvis nettet bruges smart, men kan koste op til 54 mia. kr., hvis det ikke bliver tilfældet, jf. Figur 22. For eldistributionstariffen kan det medføre et fald på 5% i forhold til i dag, hvis nettet bruges smart, fordi der med investeringerne følger et langt større elforbrug. Hvis nettet ikke bruges smart, vil udviklingen medføre en stigning på 10%. Bruges nettet smart, forventes elnettets understøttelse af klimamålet i 2030 således samlet set ikke at give anledning til højere distributionstariffer for danske elforbrugere, som også beskrevet i kapitel 6.

Der skal i forvejen samlet set reinvesteres 29 mia. kr. i distributionsnettet for at kunne understøtte det nuværende elbehov i 2030. En opgradering af distributionsnettet til at understøtte 70%-målsætningen estimeres at koste yderligere 13-33 mia. kr., afhængigt af om nettet bruges smart eller dyrt. Merinvesteringsbehovet for at kunne understøtte 70%-målsætningen i det smarte scenarie forudsætter bl.a., at forbrugerne ønsker at flytte en del af deres elforbrug, hvis de bliver belønnet for det. Hvis mange forbrugere i stedet ønsker at betale den højere omkostning ved forbrug på de tidspunkter, der særligt giver anledning til at udvide nettet, bør elnettet opgraderes til at kunne understøtte dette. Det er således vigtigt, at nettarifferne sender de rette prissignaler, dvs. at de afspejler den omkostning, der er ved at bruge nettet på et givent tidspunkt.

For transmissionsnettet er der allerede primo 2020 truffet beslutning om investeringer på 10 mia. kr. til primært opgraderinger af funktionalitet og en ny udlandsforbindelse til Storbritannien. Der skal derudover investeres 15-20 mia. kr. for at kunne

[4.22] Fordelingen er baseret på beregninger fra Dansk Energis erfaringer med nettilslutning, herunder data fra udligningsordningen.

understøtte det nuværende elbehov i 2030[4.23]. En opgradering af nettet til at understøtte 70%-målsætningen estimeres at koste yderligere 5-15 mia. kr. hhv. 15-25 mia. kr., afhængigt af om nettet bruges smart eller dyrt[4.24].

En række forudsætninger skal være på plads for, at elnetselskaber og Energinet kan foretage de nødvendige investeringer. Bl.a. bør det sikres, at selskabernes økonomiske rammer er konsistente med 70%-målsætningen, og at der udarbejdes en strategi og redskaber til at sikre borgeropbakning til transmissionsprojekter på land. Det er desuden afgørende, at der er klare, politiske mål for den overordnede retning af energiomstillingen, som muliggør en rettidig og effektiv udbygning af infrastrukturen, som beskrevet i kapitel 7.

Elnettet skal være parat til eldrevet transport

Opgraderingen af eldistributionsnettet til potentielt at kunne understøtte 1,5 mio. el- og plugin-hybridbiler samt en delvist elektrificeret tung transport på vejene i 2030 forventes i det smarte scenarie at kræve ekstrainvesteringer på 6 mia. kr. over perioden 2019-2030[4.25].

Ekstrainvesteringen i elnettet til at understøtte 1,5 mio. grønne biler i 2030 set i forhold til hvis antallet kun var 1 mio. grønne biler vil ikke have den store betydning for den enkelte elforbrugers regning. Til gengæld vil konsekvensen og omkostningen ved en underestimering af antallet af grønne biler formentlig være markant højere, idet elnetselskaberne fx risikerer at skulle grave ellers velfungerende kabler op for at udskifte dem.

Konkret er ekstrainvesteringen frem mod 2030 ved opgradering af eldistributionsnettet til 1,5 mio. frem for 1 mio. grønne biler ca. 1,7 mia. kr. i alt – eller ca. 45 kr. om året i perioden pr. elforbruger tilsluttet lavspændingsnettet[4.25]. Hvis der i 2035 alligevel vil være 1,5 mio. grønne biler på vejene for også at nå målsætningen om fuld klimaneutralitet i 2050, vil den samlede ekstrainvestering ved at have klargjort elnettet til 0,5 mio. grønne biler fem år "for tidligt" reduceres til ca. 1 mia. kr. over perioden 2019-2035, idet nogle senere investeringer spares[4.25]. Det svarer til knap 20 kr. pr. år i perioden 2019-2035 pr. elforbruger tilsluttet lavspændingsnettet.

Ekstrainvesteringen forventes med andre ord at være forbundet med en relativt begrænset årlig "forsikringspræmie" på ca. 45 kr. pr. elforbruger i perioden 2019-2030 eller på knap 20 kr. pr. elforbruger i perioden 2019-2035, jf. Figur 23.

Placeringen af Power-to-X-anlæg har stor betydning for elnettet

Produktionen af brint i forbindelse med Power-to-X kræver store mængder strøm til elektrolyse (10 TWh i 2030). Frem mod 2030 forventes en andel af Power-to-X at finde sted nær distribuerede kulstofkilder, fx biogasanlæg, og dermed kan en del af elektrolyseforbruget forventes at blive tilsluttet eldistributionsnettet. Elektrolyseanlæg til produktion af brint til tung transport er ikke afhængig af kulstofkilder og placeres, hvor det er økonomisk attraktivt, og hvor der er nem adgang til logistik. Disse anlæg forventes både at blive tilsluttet transmissions- og distributionsnettet afhængigt af deres størrelse.

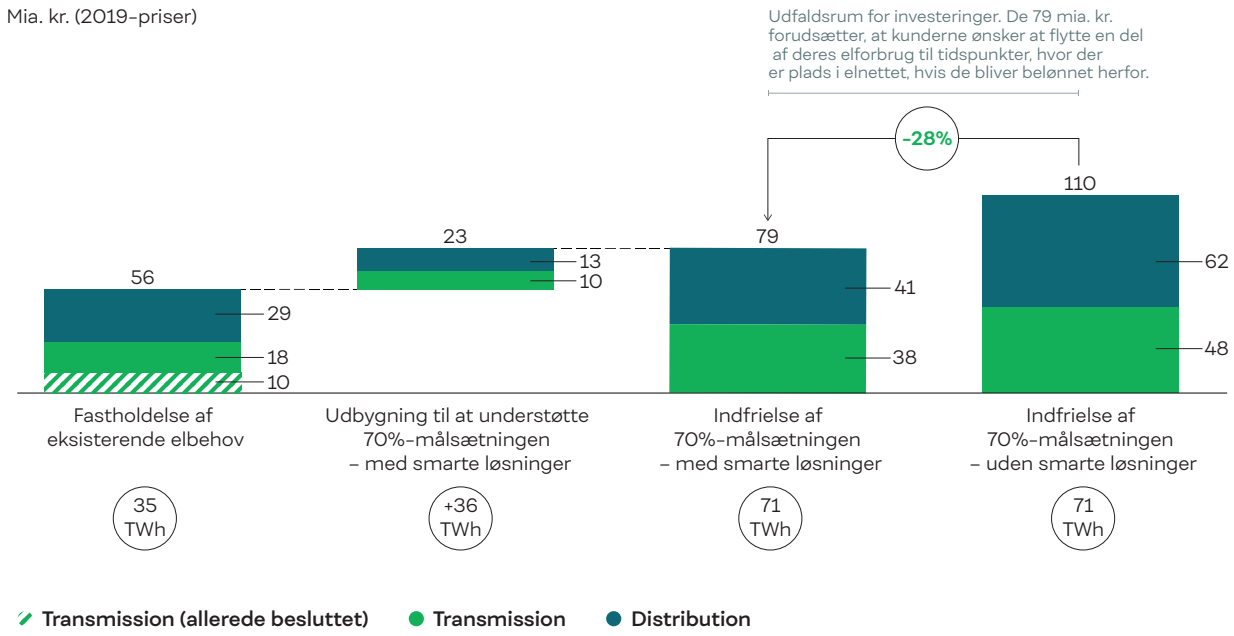
Anlægges brintproduktion i storskala, vil det kræve tilsvarende store mængder el. For at undgå at dimensionere distributions- og transmissionsnettet til at transportere de potentielt store energimængder til brintproduktion over lange strækninger, kan storskala-Power-to-X-anlæg med fordel placeres i nærheden af energikilderne. På lang sigt kan det blive nødvendigt med tværnational offshore-infrastruktur for at udnytte det fulde havvindpotentiale i særligt Nordsøen. Det vil kræve en ny form for offshore-infrastruktur af både el og brint, som beskrevet i kapitel 5.

4.2.1.1. Smarte tiltag og forbrugsfleksibilitet vil reducere investeringsbehovet i elnettet

En række smarte tiltag kan reducere behovet for at udbygge både distributions- og transmissionsnet, jf. Figur 24.

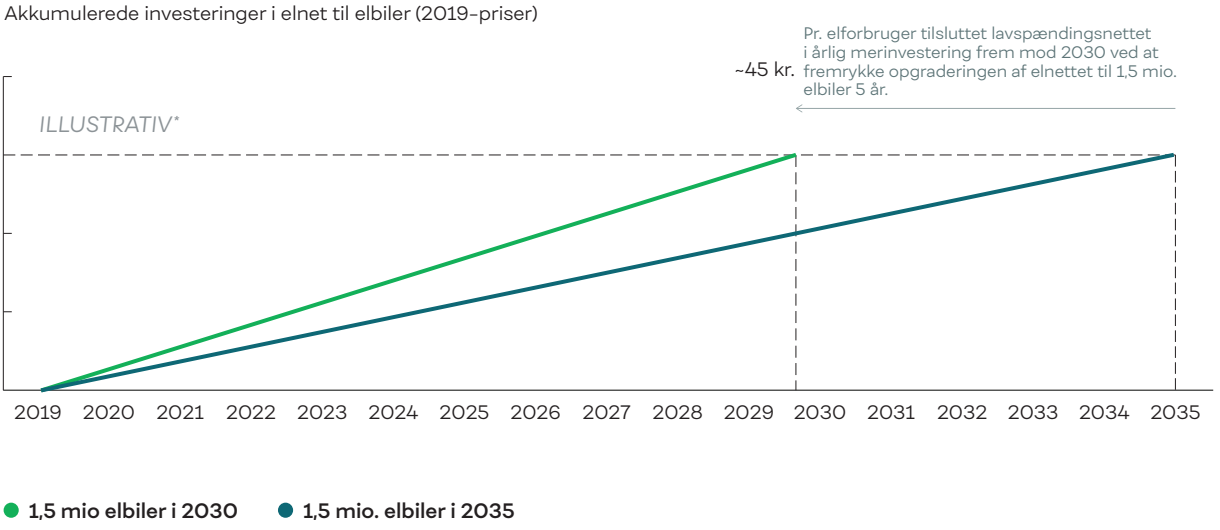
4.23 Energinet på baggrund af Energinets Reinvesterings-, Udbygnings- og Saneringsplan (RUS-plan) 2018.
4.24 Estimaterne er ekskl. investeringer i yderligere udlandsforbindelser, evt. energi-øer og ilandføringer.
4.25 Beregninger af Dansk Energi.

Figur 22. **Investeringer i elnetinfrastruktur frem mod 2030**



Note: Investeringer for transmission, som allerede er besluttet, er budgettal primo 2020 og indeholder primært opgraderinger af funktionalitet og omkostninger til ny udlandsforbindelse til UK. Øvrige investeringer i fastholdelse af eksisterende elbehov er reinvesteringer i perioden 2019-2030. Transmissionstal for investeringer, som endnu ikke er besluttet, repræsenterer midten af større intervaller og er ekskl. investeringer i yderligere udlandsforbindelser, eventuel energi-ø og ilandføringer. For transmissionsnettet er den viste effekt af omstilling, der ikke sker smart, et eksempel. Beregninger for distributionsnettet er ekskl. investeringer til at understøtte stigningen i forbrug 2019-2030 fra landbrug og private serviceerhverv på 3 TWh (~5% af det samlede forbrug fra distributionsnettet i 2030).
Kilde: Beregninger af Dansk Energi samt Energinet pba. RUS-plan 2018.

Figur 23. **Ekstraomkostning frem mod 2030 ved at være klar til 1,5 mio. el- og hybridbiler fem år "for tidligt"**



* Illlustrationen er forsimplet, da indfasning af el- og hybridbiler sandsynligvis vil være S-formet.
Note: Merinvesteringen på 45 kr. pr. elforbruger vil på sigt blive reduceret, da investeringsfremrykningen vil medføre sparede investeringer efter 2030. Opgjort for perioden 2019-2035 reduceres merinvesteringen pr. elforbruger således til knap 20 kr.
Kilde: Dansk Energi; QVARTZ-analyse.

Distributionsnettet

Elforbruget er i dag relativt ufleksibelt og topper i "kogespidsen" mellem kl. 17 og 20, hvor mange kommer hjem fra arbejde, laver aftensmad, sætter vasketøjet over og tænder for tv'et. Med dette klassiske elforbrug er der i dag tilstrækkelig kapacitet i distributionsnettet. Men i 2030 vil flere elbiler og individuelle varmepumper øge elbehovet i kogespidsen. Dette nye forbrug aftages i lavspændingsnettet, men vil også blive transporteret gennem elnettets højere spændingsniveauer, hvor øget forbrug fra kollektive varmepumper, industri, Power-to-X mv. også aftages.

Et mere fleksibelt forbrug kan reducere behovet for at styrke elnettet, jf. Figur 25. I et ufleksibelt scenarie, hvor elbilerne primært lader, når forbrugerne kommer hjem, vil forbrugsprofilen have en markant top i kogespidsen. Dette kræver en relativt høj kapacitet i elnettet, da størrelsen på kabler og transformerstationer skal være dimensioneret efter dette tidspunkt. I det fleksible scenarie er elforbruget derimod fordelt mere jævnt over døgnet, hvilket reducerer den maksimale belastning af elnettet og dermed også behovet for at styrke nettet.

En række løftestænger kan bidrage til at understøtte fleksibelt forbrug og dermed reducere behovet for opgradering af distributionsnettet. Korrekte prissignaler (elnettariffer) er her grundlaget for understøttelse af forbrugsfleksibilitet. Elnetselskaberne er i gang med at modernisere tariferingen, herunder at indføre tariffer der varierer over døgnet, så elforbrugere belønnes for at bruge elnettet, når der er plads.

Forbrugsfleksibiliteten kan øges i den enkelte husstand via husstandsbatterier samt ved fleksibel opladning af elbiler og fleksibel brug af varmepumper. Demonstrationsprojektet EcoGrid 2.0 fra 2019 har vist, at det er muligt at opnå en vedvarende effekt af fleksibelt elforbrug, når såkaldte "aggregatorer" overtager styringen af elpaneler og varmepumper i et område og puljer fleksibilitet på tværs af husholdninger. Fleksibiliteten kan opnås uden at gå på kompromis med elforbrugeres varmekomfort. Udviklingen af lokale markeder for fleksibilitet kan også understøtte aftaler med fx fjernvarmeselskaber og andre aktører, der enten kan flytte større mængder af deres eget forbrug eller aggregerede puljer af mindre mængder forbrug.

Gennem sektorkobling kan lagerpotentialet i andre forsyningssektorer udnyttes til at øge fleksibiliteten, fx i eksisterende og nye varmelagre i fjernvarmesystemet. I en fremtid med øget elektrificering af fjernvarmesektoren bliver samspillet mellem elnettet og elforbruget i fjernvarmesektoren stadigt vigtigere. Varmelagre kan gemme energien fra perioder, hvor der er relativ høj elproduktion og plads i elnettet, til perioder, hvor der er relativ mindre elproduktion og mere trængsel i elnettet.

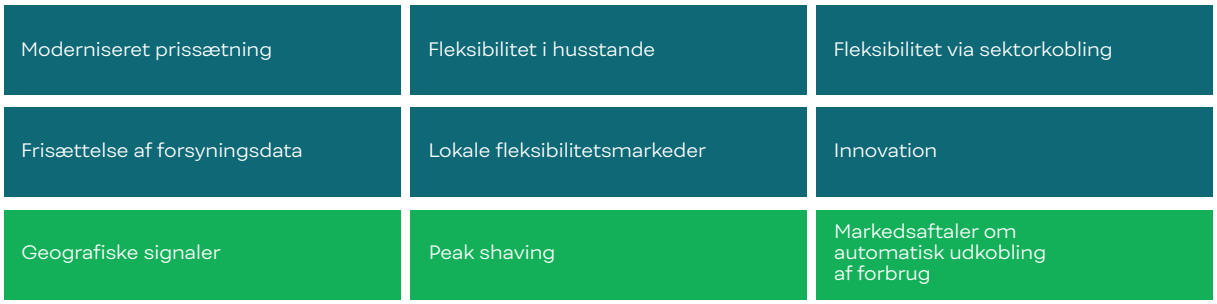
Frisættelse af forsyningsdata kan, ud over at skabe øget værdi for kunderne, åbne for nye forretningsmodeller ved at tillade kommercielle aktører at optimere fleksibilitetspotentialet ved at udvikle produkter til smart styring af elforbrug[4.26]. Endelig kan fortsat innovation på området åbne for nye løsninger af samspillet mellem fleksibelt forbrug og elnettet.

Smart udnyttelse af elnettet forudsætter en digitalisering, så elnetselskaberne bliver i stand til at drive nettet tættere på kapacitetsgrænsen uden at risikere afbrud, og så de i højere grad kan forudse, hvor der vil være et øget behov for fleksibilitet. Det forudsætter desuden geografiske signaler til placering af ny produktion, så den opsættes på de rette lokationer, herunder set i forhold til produktions-, net- og systemomkostninger.

Implementeringen af smarte tiltag for distributionsnettet forudsætter også, at reguleringen via benchmarking ikke som i dag giver incitament til at udbygge nettet frem for at bruge smarte løsninger. Implementeringen forudsætter desuden hurtigere godkendelsesprocesser for ændringer af tariffer, bedre rammer for frisættelse af forsyningsdata og fortsat udvikling af de politiske rammer for cyber- og informationssikkerhed i forsyningssektoren, som beskrevet i kapitel 7.

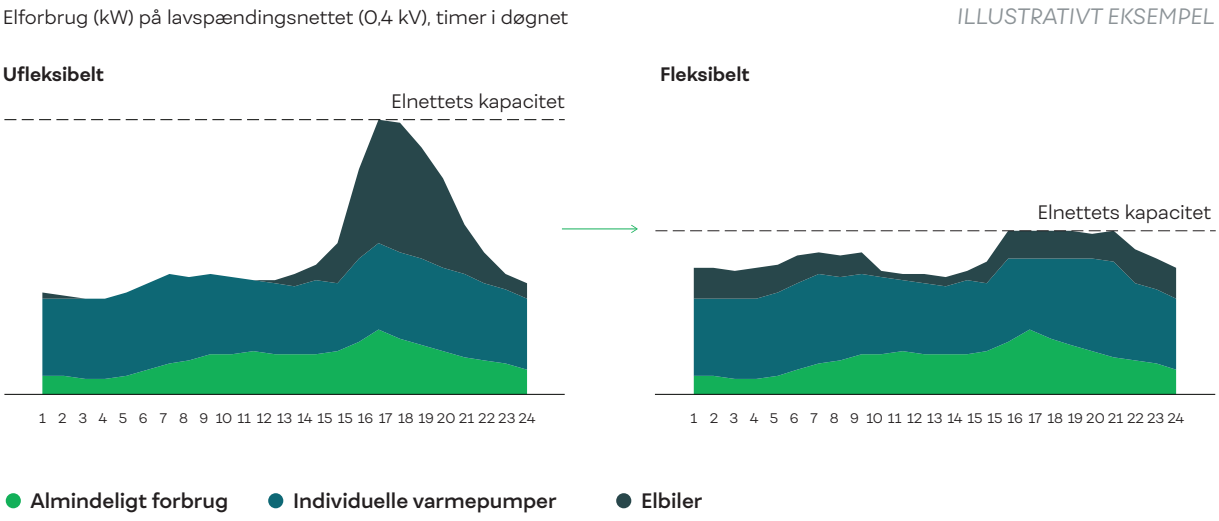
[4.26] Elnetselskaberne kan stille brugerrelevante data til rådighed på neutrale og let tilgængelige vilkår. Ved udgangen af 2020 har alle husstande i Danmark en digital, fjernaflæst elmåler, der registrerer elforbruget og andre informationer om strøm og afbrud. Elnetselskaberne har iværksat et arbejde med at etablere et fælles værktøj til frisættelse af forbrugs- og produktionsdata i kombination med andre datakilder hos elnetselskaberne, som kan stå klar ved udgangen af 2021.

Figur 24. **Eksempler på smarte tiltag på elnettet**



Kilde: Dansk Energi og Energinet.

Figur 25. **Elnettets maksimale belastning over et døgn i ufleksible og fleksible forbrugsscenarier**



Kilde: Dansk Energi.

Transmissionsnettet

Omkostninger til styrkelse af transmissionsnettet kan reduceres med en hensigtsmæssig placering af ny produktion og nyt forbrug af vedvarende energi, som reducerer den maksimale belastning af nettet og de afstande, elektriciteten skal transporteres over. Dette kan tilskyndes ved klar oplysning og klare incitamenter til markedsaktører for placering af produktion de steder, hvor produktion og nettilslutning samlet set kan foregå mest effektivt.

For at undgå at dimensionere transmissionsnettet til at kunne håndtere de få timer, hvor produktionen fra sol og vind er højest, kan der iværksættes tiltag, som enten reducerer produktionen eller forøger forbruget tæt på produktionen på disse tidspunkter, fx markeder for lokal nedregulering og geografiske prissignaler.

Et alternativ til netudbygning kan også være, at Energinet indgår markedsaftaler med produktionsanlæg, som automatisk udkobles ved et kritisk udfald af en netkomponent. På denne måde aflastes nettet automatisk, inden der sker skade på netkomponenter, hvilket optimerer udnyttelsen af det eksisterende elnet. Erfaringer for anvendelse af automatisk udkobling af vedvarende energi er dog lav, også selvom teknologien er kendt.

4.2.1.2. Opretholdelse af den høje forsyningssikkerhed mod 2030 kræver yderligere initiativer

Danmark har én af Europas højeste forsyningssikkerheder med strøm i mere end 99,9% af tiden. Den høje forsyningssikkerhed beror bl.a. på en høj effekttilstrækkelighed, dvs. at det danske elforbrug modsvares ved enten at producere eller importere en tilsvarende mængde elektricitet. Den historiske og nuværende høje effekttilstrækkelighed skyldes, at en relativ stor del af elproduktionen består af fleksible produktionsformer baseret på fossile brændsler, biomasse, affald og biogas. Tilsammen udgør de 46% af elproduktionen, mens de øvrige 54% udgøres af energikilder (havvind, landvind og sol), som ikke kan reguleres op, så de matcher efterspørgslen. Danmark er en del af et velfungerende regionalt elektricitetsmarked med direkte forbindelser til Norge, Sverige, Tyskland og Holland, som betyder, at der kan importeres elektricitet i perioder, hvor elforbruget er højere end elproduktionen. Elforsyningssikkerheden kan derfor ikke anskues i et rent nationalt perspektiv. Udenlandsk sikker elproduktion er således afgørende for Danmarks forsyningssikkerhed og dermed en vigtig forudsætning for, at der med de nuværende teknologier kan indpasses en forceret mængde af sol og vind i det danske elsystem.

De fleksible brændsler udfases i høj grad mod 2030 og erstattes af primært havvind, landvind og sol. De tre energikilder forventes i 2030 at udgøre op mod 88% af den samlede elproduktion[4.27]. I den sjældne, men mulige situation, at der hverken produceres elektricitet fra havvind, landvind eller sol, vil Danmark være afhængig af det stadigt faldende antal kraftvarmeværker[4.28] samt import af elektricitet fra nabolande, der ligeledes udfaser fleksibel elproduktionskapacitet. Niveauet for den samlede forsyningssikkerhed fastlægges af klima-, energi- og forsyningsministeren på baggrund af en samlet vurdering foretaget af Energinet på baggrund af Energistyrelsens Basisfremskrivning og en vurdering af udviklingen i Danmarks nabolande[4.29].

Det er vigtigt, at realisering af 70%-målsætningen ikke modsvares af, at elkunderne, og dermed hele samfundet, mister tilliden til, at den energi, de efterspørger, er til rådighed. Der vil derfor i de kommende år blive brug for flere instrumenter og initiativer, for at sikre at Danmark også i 2030 kan opretholde sin høje forsyningssikkerhed.

En ikke-udtømmende liste over instrumenter, som i kombination kan bidrage til dette, er:

- **Udbygning af udlandsforbindelser:** Yderligere forbindelser, særligt i Østdanmark, til Sverige, Tyskland eller Polen, der øger handelskapaciteten og muliggør øget handel med systemydelser på

[4.27] De resterende 12% er primært biomasse (9%) samt affald (2%) og biogas (1%).

[4.28] Den øgede andel af vedvarende elproduktion forventes at skabe mere fluktuerende elpriser, hvilket øger den økonomiske risiko for kraftvarmeværkerne og derved mindsker incitamentet til at opretholde og udbygge kraftvarmekapacitet.

[4.29] Den samlede forsyningssikkerhed udtrykker effekttilstrækkelighed, leveringskvalitet i distributions- og transmissionsnettet samt cybersikkerhed.

tværs af landegrænser (fx i forbindelse med havvindmølleparker.

- **Udnyttelse af batteri- eller lagringskapacitet:** Eksempler er batterikapacitet placeret decentralt i nettet (elbiler og huse) eller anlæg i industriel skala og andre former for energilagring, som fx lagring af grøn gas, stenlagring osv.

- **Mindre spidslast og mere fleksibelt forbrug:** Incitamenter til at flytte elforbrug fra perioder, hvor der traditionelt har været stort elforbrug, fx ved ændret prisdannelse, sektorkobling mv. eller ved direkte afbrydeligt forbrug. En stor del af elforbruget vil være fra kilder, som har en højere grad af fleksibilitet end sammenlignet med i dag, fx elbilopladning, varmepumper mv.

- **Korrekte prissignaler:** Energinet skal løbende opgøre behovet for ydelser til opretholdelse af det ønskede niveau for forsyningssikkerhed og så vidt muligt fremskaffe de nødvendige ydelser gennem markedsbaserede metoder. Her er der fx tale om udbud, så man kan opnå de korrekte prissignaler for investeringer i teknologier til leverance af systemydelser, der ofte kan leveres fra samme teknologier og anlæg, som bidrager til effekttilstrækkeligheden.

Den seneste forsyningssikkerhedsredegørelse viser en fare for, at særligt kunderne på Sjælland[4.30] vil opleve en øget risiko for afbrud. En fordobling af elforbruget og en tilsvarende udfasning af termiske kraftværker drevet af kul og naturgas vil presse det danske elsystem yderligere, særligt hvis forbruget ikke bliver prisfleksibelt. I tillæg hertil vil udfasning af fx atomkraft og kul i Tyskland også skærpe situationen i nabolandene omkring Danmark. Det er derfor vigtigt, at både vurderingen af og tiltag til at opretholde forsyningssikkerheden vurderes på baggrund af et konsistent energisystemscenarie, der beregnes med afsæt i 70%-målsætningen samt opdateret viden om udvikling i nabolande. Hvorvidt det fører til større omkostninger og i hvilket omfang, har det ikke været muligt at vurdere inden for den givne tidsramme, men meget taler for, at omkostningerne bliver stigende.

Vurderingen skal i øvrigt inkludere eventuelle effekter for varmeforsyningssikkerheden, der i stigende omfang også udfordres af udfasning af regulerbar kraftværkskapacitet og følsomhed over for eventuelle afbrud i elsystemet.

4.2.2. Fjernvarmenettet skal udvides, og driften skal blive fleksibel

Fjernvarmenettet skal udvides for at kunne erstatte ca. 140.000 individuelle naturgasfyr. Overgangen fra naturgas til fjernvarme forventes at ske i byområder, hvor der allerede i dag er etableret fjernvarmenet i nærheden af boliger med naturgasfyr. Derfor vil der være tale om en udvidelse af eksisterende fjernvarmenet og ikke etablering af nye selvstændige net.

De samlede omkostninger til udvidelsen af fjernvarmenet vil i høj grad afhænge af lokale forhold, fx kapaciteten i eksisterende fjernvarmenet, befolkningstæthed og andre geografiske forhold. Derfor forventes investeringsomkostninger også at variere betragteligt på tværs af områder. På baggrund af et groft estimat vil de samlede investeringsomkostninger til udvidelsen af fjernvarmenet ligge mellem 7 og 11 mia. kr. i perioden 2019-2030, hvilket dækker både netudvidelser og stikledninger.

Fjernvarmenettene har historisk forgrenet sig ud fra få, centrale produktionsenheder, hvor varmen leveres med høj temperatur. I fremtiden skal nettet i højere grad kunne modtage varmen fra de mindre, decentrale produktionsanlæg, som ofte leverer varme ved lavere temperatur end kraftværkerne. Dette kræver, at driften af fjernvarmenettene optimeres endnu mere end i dag, og at nettene drives ved en generelt lavere temperatur. Digitalisering og fjernaflæste fjernvarmemålere kan bl.a. bidrage til en mere intelligent drift af fjernvarmenettene. Forbrugerfleksibilitet kan desuden medvirke til at begrænse investeringer i både net og produktionsanlæg.

I fremtiden skal varmelagre også være med til give mere fleksibilitet i driften af fjernvarmesystemer. For at minimere produktionsomkostningerne for eldrevet fjernvarmeproduktion er det nødvendigt, at

[4.30] Energinet (2019): Redegørelse for elforsyningssikkerhed.

disse anlæg producerer varme og dermed forbruger el, når elprisen og belastningen i elnettet er lav. Disse tidspunkter er ikke nødvendigvis sammenfaldende med tidspunkterne, hvor der er et højt behov for fjernvarme. Samtidig kan varmelagre også være med til mindske behovet for spidslasteffekt.

Der vil både være behov for mindre daglagre og for egentlig sæsonlagring. De mindre lagre kan bl.a. anvendes til at optimere de elforbrugende produktionsenheder op mod elmarkedet og elnettet. De større sæsonvarmelagre kan opsamle sol-, affalds- og overskudsvarme i løbet af sommerperioden og gemme varmen til vinteren. Det endelige behov for lagring er forskelligt fra område til område og afhænger i høj grad af det tilhørende produktionssystem. Udvidelsen af fjernvarmenettet og en fleksibel drift forudsætter fremadskuende økonomisk regulering, som beskrevet i kapitel 7.

4.2.3. Gasnettets rolle vil forandres

Danmark har en veludbygget gasinfrastruktur, som er dimensioneret til større gasmængder, end der forbruges og transporteres i dag. I den grønne omstilling kommer gasinfrastrukturen til at spille en anden rolle end tidligere.

Naturgasforbruget skal reduceres markant frem mod 2030, for at Danmark kan nå målet om 70% reduktion i 2030. Reduktionen forventes bl.a. at ske ved udfasning af forbrug af naturgas til husholdningers opvarmning, udfasning af naturgas til el- og varmeproduktion samt reduktion af industriens anvendelse af naturgas.

I dag produceres opgraderet biogas, der indfødes i gasnettet, og rå biogas, der ikke indfødes i gasnettet. Mængden af opgraderet biogas forventes at stige markant i fremtiden. Udbygningen af biogas forventes at være opgraderet biogas, som tilsluttes gasnettet. Gasnettet skal fremadrettet være i stand til at modtage den mængde biogas, der opgraderes og indfødes i gasnettet. Samlet set vil omstillingen betyde, at der i 2030 skal transporteres markant mindre naturgas i distributionsnettet end i dag, men at gasnettet fremadrettet vil skulle omstilles til at transportere nye, grønne gasser.

Der er store lokale forskelle på, hvordan gasforbrugssegmenterne, såsom husholdninger og industri, fordeler sig i Danmark. Samtidig produceres og indfødes størstedelen af den samlede danske biogasproduktion i Nord- og Vestjylland. Biogasanlæg er tilsluttet distributionsnettet (6 bar), men opkomprimeres efterfølgende og ledes på fordelingsnettet (40 bar). Selvom den generelle tendens går mod større fælles anlæg, forventes der fremover også en række mindre gårdanlæg.

Det samlede behov for naturgas forventes at falde i 2030 som følge af udskiftning af en større mængde naturgasfyr og udfasning af naturgas til procesvarme i industrien. Der vil dog fortsat være behov for, at gasdistributionsnettet kan levere naturgas til industrien, transportsektoren og de dele af rumvarmen, der fortsat opvarmes med natugasfyr. I den energiintensive industri, som på grund af deres højtemperaturprocesser i dag anvender store mængder af kul i produktionen, vil mindre mængder af naturgassen kunne anvendes som erstatning for kullet og som trædesten for biogassen frem mod 2030, da naturgassen har en lavere CO_2-udledning end kul. Det vil nogle steder kræve en udbygning af gasnettet, men vil samtidig lette overgangen til biogas på sigt.

Gasinfrastrukturens samlede rolle vil forandre sig markant i de kommende år og skal bruges til at fremme den grønne omstilling, hvor det giver økonomisk mening. Derfor er der behov for en plan for gasinfrastrukturen. Nogle dele af gasdistributionen skal lukke som følge af faldende forbrug, i takt med at naturgas til boligopvarmning udfases, nye kunder i industrien vil komme til, og den øgede biogasproduktion skal opsamles og distribueres. Derudover vil gastransmissionsnettet og gaslagrene kunne understøtte udviklingen af Power-to-X-teknologier og spille en rolle som lager/buffer i forhold til den mere fluktuerende elproduktion fra vind og sol.

4.2.4. Power-to-X kan sandsynligvis benytte den eksisterende infrastruktur med supplement af ny brintinfrastruktur

For Power-to-X-produkter, som direkte erstatter eller iblandes fossile brændsler, kan den eksisterende tankstationsinfrastruktur benyttes, mens der for direkte brint i transporten skal udbygges

med nye optankningsmuligheder. Der findes i dag syv brinttankstationer i Danmark, primært placeret i de større byer[4.31]. En udbygning til reduktion af den nødvendige mængde CO_2 i 2030 forventes at kræve 100-200 optankningspunkter til brint, hvilket betyder, at der skal være mulighed for at tanke brint på 50-100 eksisterende eller nye tankstationer, hvortil de samlede omkostninger estimeres at være ca. 2-5 mia. kr.[4.32]

Power-to-X-produkter som brint, diesel, dimetylæter (DME) og metanol kan produceres ved elektrolyseanlæg tæt ved elektricitets- eller CO_2-kilder og herefter transporteres med vejtransport til tankstationer. Det vurderes derfor, at der ikke er et teknisk behov for ny infrastruktur til disse typer af produkter. Et brintnet til transport og lagring inden 2030 kan dog være en økonomisk effektiv måde at forbinde Power-to-X-produktion med lagringsfaciliteter og brintaftagere. Et konkret eksempel vil være en regional sammenkobling af fx elektrolyseproduktion, en kulstofkilde fx biogas, lagring og større brintaftagere (fx en lufthavn eller et raffinaderi). Disse regionale brintnet skal indtænkes i den samlede energiinfrastruktur.

Gasnettet kan understøtte Power-to-X-produktion, både via transport af biogas men også ren brint. Brint i det eksisterende gasnet afhænger bl.a. af pris for konvertering og ledig kapacitet. Derudover kan infrastrukturen udbygges med nye dedikerede brintnet.

Den nødvendige Power-to-X-infrastruktur afhænger af Power-to-X-produkterne, og da det fortsat er usikkert, hvilke brændsler der bliver de foretrukne i 2030, er den nødvendige udbygning og udnyttelse af eksisterende infrastruktur også usikker. Som led i en national Power-to-X-strategi anbefales det derfor, at behovet for Power-to-X-infrastruktur og muligheden for anvendelse af den eksisterende infrastruktur også afdækkes.

4.2.5. Fremtidens infrastruktur skal muliggøre en tættere sektorkobling

Sektorkobling er en nøglekomponent i klimaindsatsen. Sektorkobling vil fx ske, når transportsektoren elektrificeres, når brugen af eldrevne varmepumper i industrien øges, og når overskudsvarmen fra industrielle processer udnyttes i fjernvarmesystemet. Ved at koble energisektorens elementer tættere sammen, og ved at koble andre sektorer tættere til energisektoren, kan anvendelsen af vedvarende energi effektivt øges. Med andre ord vil et større fokus på sektorkobling kunne drive den grønne omstilling på tværs af energiarter og sektorer og sikre en hurtigere og mere omkostningseffektiv grøn omstilling. Den grønne elektrificering, særligt af transportsektoren og industrien, udgør nogle af de vigtigste områder for samarbejde på tværs af klimapartnerskaberne.

Den forcerede grønne omstilling vil også betyde et markant ændret samspil mellem grøn gas, el og varme. Tættere sektorkobling forudsætter en mere integreret energiinfrastruktur. De eksisterende energinet anvendes i dag relativt éndimensionelt, men vil i et grønt energisystem skulle kunne understøtte et flerdimensionelt brug, hvor der fx anvendes el til fjernvarme, brint til gas og trækkes overskudsvarme ud af industri og spildevand, jf. Figur 26.

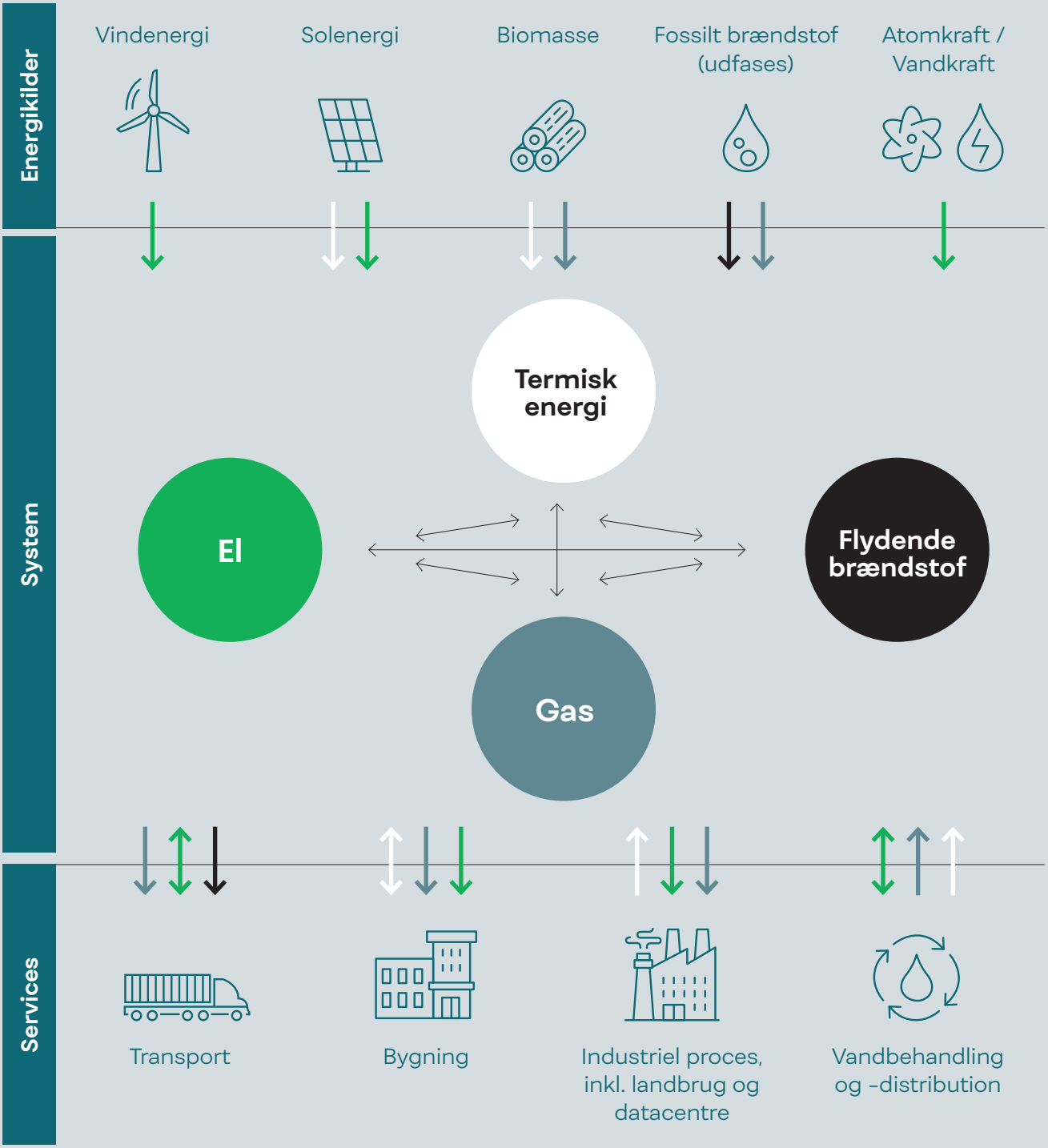
En forceret omstilling af den samlede danske energi- og forsyningssektor kan optimeres og effektiviseres gennem et markant ændret samspil mellem de enkelte sektorer – gas, el og varme. Reguleringen af disse sektorer har derfor stor betydning for, om potentialet kan høstes. Bl.a. kan investeringer i lagringskapacitet give gevinster på tværs af sektorer fx mellem elnet og varmesystem, ligesom anvendelse af opbyggede systemer til overvågning og hjemtagning af data kan ske mere effektivt i et tættere samspil mellem sektorerne. Regulering af monopoldele i energi- og forsyningssektoren bør understøtte muligheden for at udnytte synergier mellem sektorerne.

De foregående tre kapitler har beskrevet, hvordan Danmark kan reducere sin udledning og udbygge sin vedvarende energiproduktion og -infrastruktur for at nå 70%-målsætningen i 2030. På europæisk og internationalt niveau skal der dog også reduceres markant, og her kan Danmark levere et afgørende bidrag. Dette er beskrevet i næste kapitel.

4.31 www.brintbiler.dk (2019).
4.32 Ea Energianalyse.

Figur 26.

En tættere sektorkobling vil være nødvendig i et grønt energisystem i 2030



Kilde: Dansk Industri, Sektorkobling – nøglen til fremtidens bæredygtige energisystem 2020.

5.0 Dansk grøn energi kan bidrage til international omstilling og dansk eksport

Danmark har en unik mulighed for at bidrage til den internationale omstilling ved eksport af store mængder grøn elektricitet produceret ved havvind samt Power-to-X-produkter til erstatning af fossile brændsler i den internationale transport og industri. En forøgelse af eksporten vil bygge videre på Danmarks mangeårige position som grøn pionernation og vil kunne bidrage markant til EU's målsætning om klimaneutralitet i 2050. Samtidig kan Danmark øge sin allerede store, globale eksport af teknologi og rådgivning til energieffektiviseringer og produktion af vedvarende energi. Ud over at bidrage med CO_2-reduktioner vil en øget eksport skabe eksportindtægter og arbejdspladser på tværs af hele Danmark. Eksporten af energiråvarer vil kræve en udbygning af eksportinfrastruktur til elektricitet, og at Danmark får etableret grundlaget for Power-to-X-produktion i løbet af 2020'erne. Øget infrastruktur til samhandel med nabolande vil samtidig udgøre en helt afgørende ventil til at reducere risici, både økonomisk og i forhold til forsyningssikkerheden, hvis udbygningen af vedvarende energi ikke matcher behovet for energi i Danmark hele vejen mod 2030.

Danmark har en lang tradition for energiråvareeksport, primært baseret på olie og naturgas, og fra slutningen af 1990'erne og frem steg eksporten markant og toppede i 2008 med ca. 76 mia. kr. i eksportindtægter, jf. Figur 27[5.1]. Siden da er olie- og naturgasproduktionen reduceret, og det samme er eksporten. Som nye eksportenergiråvarer kan grøn elektricitet og Power-to-X sikre, at Danmark også i fremtiden leverer energi til omverdenen.

De foregående tre kapitler har beskrevet, hvilke reduktionstiltag der er brug for, for at Danmark kan nå 70%-målsætningen, samt hvilken udbygning af vedvarende energi og infrastruktur det vil kræve. Ud over den ambitiøse nationale reduktion kan Danmark også bidrage til markante europæiske og internationale reduktioner, særligt mod 2050. Dette kan ske ved eksport af grøn energi, Power-to-X-produkter og energiteknologi- og rådgivning om energieffektivitet.

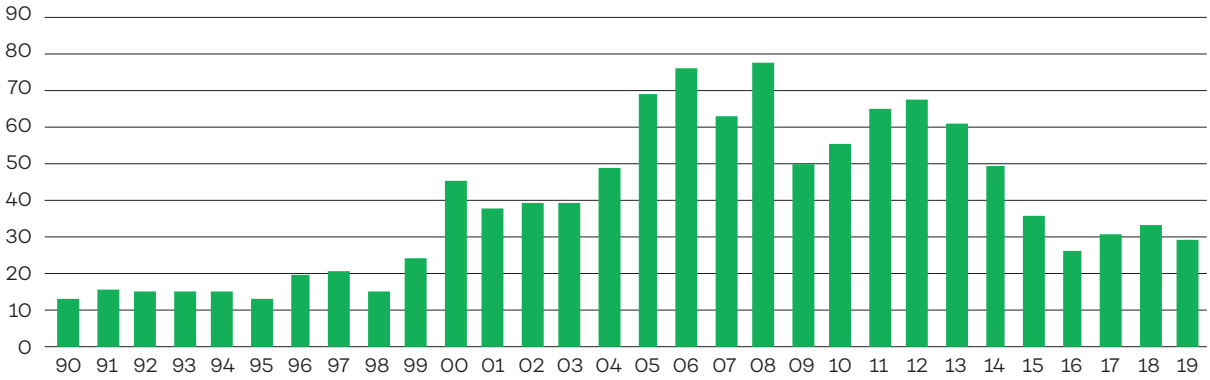
5.1. Store mængder grøn dansk strøm kan erstatte fossile brændsler i Danmarks nabolande

Danmark har gode forudsætninger for udbygning og drift af store mængder produktion fra havvind på grund af det store havareal med gode vindforhold, lave havdybder og jævne havbundsforhold. Samtidig har Europa en ambition om at være klimaneutral i 2050, hvilket ligesom den grønne omstilling i Danmark forventes at bero på en omfattende elektrificering. Hvis Danmark skalerer sin elproduktion fra havvind til eksport, kan det erstatte fossile brændsler i Danmarks nabolande og derved bidrage både til den europæiske, grønne omstilling

[5.1] Inflationskorrigeret til 2019-priser. Den faktiske eksport i 2008 var 68 mia. kr.

Figur 27. **Muligheder for energieksport**

Eksport af energi[1], 1990-2019
Mia. kr., faste priser[2]



Havvind
Eksport af grøn elektricitet

Det forventes at der kan etableres 25 GW havvind med henblik på eksport inden for de nuværende havbindinger

Eksportpotentiale: 30-40 mia. kr. årligt[3]

Power-to-X
Stort potentiale som ny energiløsning

Power-to-X er forudset til at være en central europæisk klimaløsning mod klimaneutralitet i 2050, som Danmark har gode forudsætninger for at bidrage til

Eksportpotentiale: Ikke estimeret, men vurderes at tilføre værdiforøgelse til eksportpotentialet

[1] Energieksport dækker over brændstoffer, smørestoffer og elektrisk strøm (KONJ).
[2] Omregnet fra løbende priser ved Danmarks Statistik forbrugerpriser (PRIS112).
[3] Ved udbygning til 40 GW, hvoraf 25 GW kan benyttes til eksportformål og 15 GW antages benyttet til klimaneutralitet i 2050. Eksportpotentialet er beregnet ved 4.749 fuldlasttimer og en afregningspris på 322 kr.
Kilde: Energistyrelsens teknologikatalog, Danmarks Statistik; Dansk Energi; Qvartz-analyse.

og til eksportindtægter og arbejdspladser på tværs af Danmark.

Energistyrelsen vurderer, at der er et samlet potentiale for udbygning af havvind på ca. 40 GW[5.2], hvilket betyder, at der ud over de ca. 7,6 GW havvind, Danmark skal bruge til egen elproduktion for at nå 70%-målsætningen, er et udbygningspotentiale på yderligere ca. 32 GW. Hvis udbygningen realiseres, kan elektriciteten enten bruges i omstillingen mod fuld klimaneutralitet i Danmark i 2050 eller eksporteres. Der findes endnu ingen estimater for, hvad den nødvendige havvindsudbygning fra 70%-målsætningen i 2030 til fuld klimaneutralitet i 2050 vil være. Hvis det antages, at fuld klimaneutralitet kræver en yderligere udbygning på ca. 7 GW, vil der være ca. 25 GW tilbage til eksport[5.3]. En eksport af elektricitet fra 25 GW forventes at kunne fortrænge ca. 11-25 mio. ton CO_2 i Danmarks sydlige nabolande, afhængigt af om den eksporteres til Polen, Tyskland eller Holland, jf. Figur 28.

En CO_2-reduktion på 11-25 mio. ton svarer til 50-100% af Danmarks forventede CO_2-reduktion mod 2030 og er dermed et markant bidrag til den grønne omstilling i Europa. Samtidig vil en eksport af grøn elektricitet fra havvind på 25 GW kunne skabe eksportindtægter på ca. 30-40 mia. kr. p.a.[5.4] samt danske arbejdspladser til bl.a. produktion, installation og service på havvindmøllerne. Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet vurderer fx, at den samlede beskæftigelseseffekt forbundet med etablering af 950 MW havvindmølleparker er 7.000 arbejdspladser i en 3-årig periode[5.5].

Hvis de eksisterende havbindinger, som i dag begrænser havarealudnyttelsen, ændres, og det udelukkende er afstanden til kysterne på ca. 20 km, som opretholdes, og møllerne samtidig placeres med mindre indbyrdes afstand end i dag, er der potentielt et samlet, teknisk potentiale for dansk havvind på op mod ~180 GW[5.6]. Hvis en større del af dette potentiale realiseres, kan Danmark bidrage markant til de 230-450 GW havvind, der ifølge EU-Kommissionen skal være installeret i 2050[5.7] for at opnå målsætningen om fuld klimaneutralitet i 2050.

5.2. Power-to-X kan bidrage til at erstatte fossile brændsler i Europas industri og transport

Power-to-X forventes at blive en nødvendig erstatning for store mængder fossile brændsler i den europæiske tunge transport og industri og vil dermed bidrage til CO_2-reduktioner i Danmarks nabolande. EU-Kommissionen vurderer, at der i 2050 vil være et europæisk Power-to-X-forbrug på ~1.600 TWh, svarende til ca. 3/4 af det samlede, europæiske elforbrug i dag[5.8].

Der findes fortsat ingen storskalaproduktion af Power-to-X i Europa, men særligt Danmarks nordeuropæiske nabolande har en række projekter under opførelse. Eksempler tæller *HYBRIT* i Sverige, hvor der bygges et større anlæg til produktion af grøn brint til brug i stålproduktion, *Westküste 100* i Tyskland med offentlige årlige investeringer på 100 mio. EUR til udvikling af brintteknologier samt *Gigawatt Electrolysis Factory* i Holland med en national ambition om at installere 3-4 GW elektrolysekapacitet mod 2030[5.9]. Der findes også projekter i Norge og Storbritannien.

5.2 Det samlede potentialeområde for placering af havvind på det danske søterritorium under hensyntagen til eksisterende havbindinger og afstand til kysten udgør 34.914 km^2. Ved Energistyrelsens forudsætninger for arealbehov svarer dette til ca. 40 GW. Energistyrelsen (2019): Havvindspotentialet i Danmark.

5.3 Havvindsudbygningen på ca. 6 GW fra 2019 til 2030 skal bidrage med en 35% CO_2-reduktion, og de 7 GW vil skulle bidrage til den yderligere 30% CO_2-reduktion mod 2050. De 7 GW er et meget groft estimat og skal kvalificeres yderligere, før en endelig eksportanbefaling kan gennemføres. De 25 GW fungerer udelukkende som illustration af fortrængnings- og eksportpotentialet.

5.4 2019-priser. Prisen pr. MWh er baseret på et gennemsnit af teknologikatalogets LCOE for havvind mellem 2030 og 2050. LCOE er brugt som indikator for elprisen.

5.5 Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet (2016).

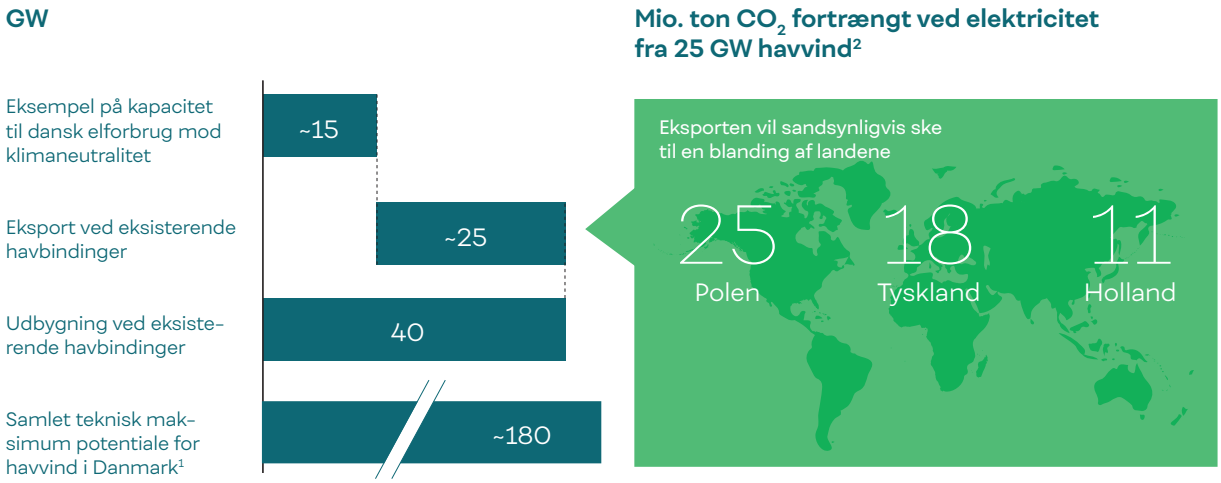
5.6 BVG Associates (2017): Unleashing Europe's offshore wind potential – A new resource assessment. Det tekniske, maksimale potentiale på ca. 180 GW er den samlede potentielle produktionsvolumen fra havvindmøller ved ændring af eksisterende havbindinger, udbygning 22 km fra kysten og ved tættere placering af møller end i dag, opgjort til ca. 800 TWh.

5.7 EU-Kommissionen (2018): A clean planet for all.

5.8 Power-to-X-forbruget dækker både over brintforbrug og øvrige Power-to-X-former og er beregnet ved et gennemsnit af EU-Kommissionens '1.5 Tech.' og '1.5 Life' scenarier.

5.9 www.hybritdevelopment.com (2020); www.westkueste100.de (2020); www.iphe.net (2020).

Figur 28. **Installeret havvindskapacitet og CO_2-reduktion ved dansk eksport af elektricitet fra havvind**



[1] Ved ændring af eksisterende havbindinger, udbygning 22 km fra kysten og ved tættere placering af møller end i dag (BVG Associates 2017).
[2] EU-Kommissionen: Electricity and Steam production (t of CO_2/MWh 2030), technical note, results of the EUCO3232.5 scenario on Member States. Beregnet ved gennemsnittet mellem CO_2-udledningen pr. MWh i hhv. Tyskland, Holland og Polen i 2030 og en udledning på 0 i 2050, under forudsætning af klimaneutralitet i 2050 og eksport i årene 2030 til 2050.
Note: Norge, Sverige og Storbritannien forventes at have lav CO_2-udledning allerede i 2030, hvorfor eksport af elektricitet ikke markant fortrænger fossile kilder.
Kilde: EU-Kommissionen (2019); Energistyrelsen (2019); BVG Associates (2017); Dansk Energi; Qvartz-analyse.

Med de rette politiske initiativer, herunder en national Power-to-X-strategi, kan Danmark også deltage i den nordeuropæiske klynge af lande, som arbejder særlig aktivt med udvikling og udbygning af Power-to-X. Danmark har nogle unikke forudsætninger, som indikerer, at den rette indsats kan lede til en betydelig dansk Power-to-X-industri.

Danmarks unikke forudsætninger er:

- **Store mængder grøn elektricitet.** Danmark har med sit store havareal og med relativt lave energiproduktionsomkostninger i forhold til andre europæiske lande potentiale for produktion af store mængder grøn elektricitet fra havvind til den meget elkrævende elektrolyseproces. En stor del af den elektricitet, som ellers vil skulle eksporteres, kan således forædles til Power-to-X-produkter, som derefter kan eksporteres.

- **Opfangning af CO_2.** Den grønne brint skal kombineres med CO_2 for at producere bl.a. metanol, metan og diesel, hvilket kræver store mængder CO_2, der kan opfanges fra punktkilder, som fx danske biogas-, industri- eller kraftvarmeanlæg.

- **Ambitiøse erhvervspartnere.** Danmark har en række store transportselskaber inden for vej-, bane-, skibs- og lufttransport med ambitiøse klimamål, som i samarbejde med staten og Power-to-X-producenter kan teste og aftage nye brændsler.

- **Sektorkobling.** Sektorkobling mellem el-, gas- og fjernvarmesystemerne kan sikre, at Power-to-X-produkterne bliver produceret billigst muligt – og formentligt billigere end i lande med mindre sektorkobling. Et eksempel er, at elektrolyse og raffineringsproces skaber betydelige mængder overskudsvarme, som kan sælges ind i det veludbyggede, danske fjernvarmesystem og derved både bidrage til klimaneutral opvarmning og understøtte rentabiliteten i Power-to-X-produktionen.

Potentialet for Power-to-X er stort, og ligesom med havvind kan en tidlig understøttelse af efterspørgslen kombineret med et stærkt samarbejde på tværs af relevante aktører føre til, at Danmark kan blive en ledende nation på området.

Perspektiver for Power-to-X i Danmark rækker ud over 70%-målsætningen

Ud over den direkte CO_2-reduktion fra Power-to-X kan en tidlig udbygning og demonstration i Danmark også medføre, at Power-to-X-udbygningen i andre lande skaleres hurtigere end ellers forventet. Således kan Danmark fungere som et godt eksempel på et land, hvor Power-to-X-produktionen er integreret i et energisystem, der i meget høj grad afhænger af vedvarende energikilder, hvilket forventeligt også bliver fremtiden for mange andre lande.

Som bidrag til erstatning af fossile brændsler i den tunge transport på dansk jord er der også i en international kontekst et meget stort potentiale for at fortrænge udledninger fra den internationale skibs- og flytrafik. Disse udledninger tæller ikke med i det nationale klimaregnskab, men står for store mængder CO_2 i det globale klimaregnskab. Hvis Danmark kan skalere en produktion af grønne brændsler som fx ammoniak og kerosen til disse transportformer, vil det have en markant reduktionseffekt globalt.

I dag afgøres valg af fossile brændsler til optankning af skibe og fly i høj grad af prisen og placeringen af eksisterende infrastruktur som fx havne og lufthavne. Nye regionale eller globale klimareduktionskrav inden for skibs- og flytrafik kan øge efterspørgslen på de grønne brændsler og dermed øge optankningen i lande og regioner, hvor Power-to-X-brændsler bliver produceret grønt og billigt. Hermed kan Danmark få en større rolle som en grøn "optankningshub" for den internationale skibs- og flytransport.

Yderligere kan det give et positivt globalt klimabidrag, hvis nye industrier, der efterspørger brint eller brintbaserede produkter, vælger placering i Danmark og dermed fortrænger eller overflødiggør industri i lande med en mere klimabelastende energi- og forsyningssektor. Et eksempel kunne fx være øget produktion af gødning til landbruget på baggrund af grøn ammoniak produceret på grøn brint. Udvikling og tiltrækning af nye Power-to-X-industrier i Danmark kan sammenlignes med den udvikling, der for nylig er sket med etablering af datacentre, hvor de tre første store centre i Danmark bliver færdigbygget i 2020, og der i fremtiden er udsigter til endnu flere[5.10].

[5.10] Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019.

Det eksisterende brintforbrug i industri og raffinaderier er ca. 400 TWh i Europa. Brinten produceres i dag i høj grad ud fra fossile brændsler, dvs. naturgas og kul, som potentielt kan erstattes med elektrolysebaseret brint. En del af den grønne erstatning for disse produkter kan potentielt produceres i Danmark på vedvarende energi og eksporteres til eksisterende industrier. Erstatning af fossilproduceret brint, ammoniak og metanol er nogle af de mest oplagte Power-to-X-anvendelser.

De mest relevante eksportlande kan være Tyskland og Holland, som begge har store industrier, der afhænger af brint, og som er lande med ambitiøse klimamål, der definerer sig selv som fremtidige brintimportører på grund af begrænset potentiale for vedvarende energiudbygning[5.11].

På grund af den store usikkerhed om, hvilke Power-to-X-produkter Danmark kan eksportere, og hvad omfanget af global efterspørgsel og udbud bliver, har denne sektorkøreplan ikke estimeret et eksportpotentiale for Power-to-X. Dansk Power-to-X-produktion vil sandsynligvis tage form som en forædling af en del af den havvindselektricitet, som ellers skulle have været eksporteret, hvorfor et eksportscenarie forventes at medføre en værdiforøgelse.

5.3. Et øget dansk bidrag til den europæiske omstilling kræver, at eksportinfrastrukturen styrkes

Ved en markant forøgelse af eksporten af elektricitet og Power-to-X vil den eksisterende eksportinfrastruktur skulle udbygges.

Elektricitet

Eksporten af elektricitet sker i dag ved udlandsforbindelser med en samlet kapacitet på 7,1 GW til henholdsvis Norge, Sverige, Tyskland og Holland. Den nuværende fremskrivning af udbygningen er til 2023, hvor bl.a. Viking Link til England og forbindelser til Tyskland vil være udbygget, så der samlet set vil være en kapacitet på 10,7 GW.

Ved eksport af 25 GW yderligere elektricitet fra havvind skal der udbygges flere udlandsforbindelser, og i den forbindelse er der fire forskellige modeller for sammenkobling med udlandet, jf. Figur 29. Den første er den eksisterende, hvor transmissionskabler fra havvindmølleparkerne føres i land i Danmark, hvorefter elektriciteten eksporteres over land via transmissionsnettet til udlandet. Således belastes transmissionsnettet markant.

En anden model er en simpel hybrid, hvor en enkelt havvindmøllepark er forbundet med transmissionskabler til både Danmark og et modtagerland. Et eksempel på dette kunne være en havvindmøllepark i Østdanmark med forbindelse til både det øvrige Danmark, Polen og eventuelt Sverige. På denne måde reduceres behovet for infrastruktur, og de nye udbygninger kan aflaste de eksisterende udlandsforbindelser.

En tredje model er en klynge, hvor flere havvindmølleparker kobles sammen på havet, og elektriciteten derefter transporteres til et enkelt land.

Endelig er en fjerde model et klyngenetværk, hvor flere havvindmølleparker kobles sammen, og elektriciteten transporteres til flere lande. Et eksempel på dette kunne være et større havvindmølleområde i Nordsøen, hvor fx England, Holland og Danmark er koblet på. De mere avancerede modeller forventes at have store fordele i forhold økonomisk optimal udbygning af udlandsforbindelser.

Udbygningen af Kriegers Flak med forbindelse til både Danmark og Tyskland er et eksempel på den simple hybrid under opførelse. Hvis det fulde potentiale for hybrid- og klyngemodeller skal realiseres, kræver det dog en markant øget regional koordinering[5.12].

En fordel ved en tidlig udbygning af eksportinfrastrukturen til elektricitet vil være, at Danmark, i tilfælde af at efterspørgslen på elektricitet ikke øges i den forventede grad mod 2030, vil kunne eksportere sin overskydende, grønne elektricitet og derved bidrage til CO_2-reduktioner i Danmarks nabolande. Samtidig har udbygningen af infrastrukturen også en positiv afsmitning på den danske forsyningssikkerhed.

5.11 Energinet (2020): Nye vinde til brint.
5.12 Fx i forbindelse med North Sea Energy Hub.

Power-to-X

Udbygningen af Power-to-X-infrastruktur vil i høj grad afhænge af, hvilke Power-to-X-produkter Danmark ender med at skalere til eksport. Hvis det er brint uden forædling, forudsætter det sandsynligvis et brintnet, der er forbundet med de store aftagere i Danmarks nabolande, fx Tyskland og Holland. Der findes i dag ikke et tværeuropæisk brintnet, men der eksisterer konkrete planer for brintinfrastruktur i både England, Tyskland og Holland[5.13].

Hvis der produceres Power-to-X-produkter med en højere energitæthed, fx metanol, diesel eller ammoniak, vil dette kunne eksporteres til andre lande med skibe over lange afstande eller med lastbiler over kortere afstande. De flydende Power-to-X-produkter har den fordel, at de er relativt billige at transportere[5.13].

Ved produktion af Power-to-X-produkter i en skala, som tillader eksport, vil der også skulle tænkes strategisk med hensyn til, hvor Power-to-X-produktionen etableres. Det meget høje elektricitetsbehov ved Power-to-X-produktion betyder, at det i nogle tilfælde potentielt vil være billigere at etablere Power-to-X-produktionen tæt på eller direkte ved energikilden end at transportere elektriciteten. Et eksempel på dette ville være Power-to-X-produktion på platforme i Nordsøen, tæt ved havvindmølleparkerne og med direkte eksportmulighed til de omkringliggende lande.

5.4. En forøget eksport af energiteknologi og -rådgivning kan også bidrage med internationale CO_2-reduktioner

Ud over den direkte eksport af energiråvarer vil den omfattende omstilling og udbygning af det danske energisystem sandsynligvis også medføre en øget eksport af energirelaterede teknologiprodukter og -services. Allerede i dag bidrager Danmarks eksport til CO_2-reduktioner internationalt. Det sker både ved produkter, som sikrer høj energieffektivitet, fx termostater, pumper, bygningsisolering, fjernevarmesystemer og rådgivning om optimering af energiforbrug, og ved produkter, som er direkte relateret til produktion af vedvarende energi, fx vindmøller, biogasanlæg og relateret rådgivning.

Ud over den positive effekt på CO_2-udledningen bidrager energiteknologi- og rådgivning også til danske eksportindtægter. Danmarks eksport af energiteknologi og -rådgivning var i 2017 på 85 mia. kr., hvoraf ca. halvdelen var grøn energiteknologi[5.14]. Energiteknologien udgjorde 11,1% af den samlede danske vareeksport i 2017. Ud over eksportindtægter skaber virksomhederne inden for energiteknologi og -rådgivning mere end 55.000 arbejdspladser fordelt over hele Danmark[5.15].

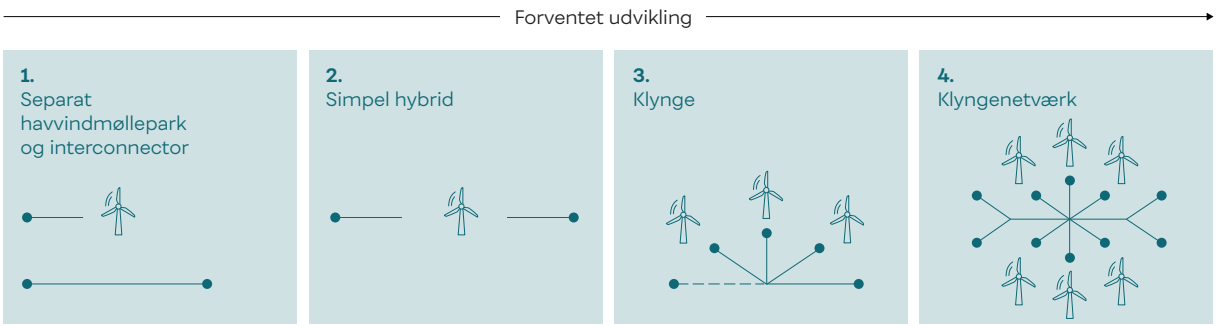
Den stærke danske position er skabt gennem mange års aktiv dansk energi- og klimapolitik, som har sikret et godt forretningsmæssigt afsæt for udviklingen af grøn teknologi i Danmark[5.16]. I forlængelse af dette kan 70%-målsætningen i 2030 øge incitamentet for danske forbrugere og virksomheder til at benytte sig af energieffektive løsninger og vil samtidig medføre øget efterspørgsel på energiteknologi. Dermed understøttes den energiteknologiske innovation i Danmark, som bidrager til, at danske virksomheder har gode forudsætninger for fortsat at udvikle og eksportere konkurrencedygtige energiteknologiske løsninger.

Yderligere områder, hvor Danmark har et godt udgangspunkt for at styrke sin eksport, er bl.a. sektorkobling, intelligent energisystemdesign, digitalisering, fjernvarmeteknologi, energibesparende bygningsteknologi samt bioenergiteknologier[5.17].

5.13 Energinet (2020): Nye vinde til brint.
5.14 Energistyrelsen (2018): Eksport af energiteknologi- og service 2017.
5.15 Dansk Energi (2017).
5.16 Energistyrelsen (2020).
5.17 Dansk Energi, Dansk Industri, IDA (2017): Danmark som energiteknologisk pionerland.

Figur 29. **Modeller for transmissionsinfrastruktur til havvindmølleparker**

Modellen for offshore transmissionsinfrastruktur udvikles løbende



Kilde: Ørsted; Dansk Energi; Qvartz-analyse.

6.0 Omstillingen vil kræve store investeringer, men regningen for den enkelte er håndterbar

Når Danmark har nået 70%-målsætningen i 2030, har energisektoren og energikunderne gennemført betydelige investeringer i vedvarende energi, energiinfrastruktur og ny energieffektiv teknologi. Det er energi- og forsyningssektorens vurdering, at mer- og ekstrainvesteringer samlet set løber op i ca. 32 mia. kr. årligt i årene frem til og med 2030. De investeringer kan realiseres, hvis den politiske regulering understøtter de rigtige investeringsbeslutninger. Der skal investeres i vores fælles energiinfrastruktur, og ikke mindst skal elsystemet gøres klar til et fordoblet elforbrug og de mange yderligere vindmøller og solceller, som tilsluttes systemet. Gas- og varmesystemet vil også undergå store forandringer.

Den samlede meromkostning for samfundet opgøres til ca. 15 mia. kr. i 2030. Det svarer til ca. 5.000 kr. om året pr. husstand. Det er for den enkelte et mærkbart beløb, men fra i dag og til 2030 forventes den gennemsnitlige danske husstands bruttoindkomst at stige med 90.000 kr. Danskerne vil derfor i 2030 både få et mere klimaansvarligt energiforbrug og bruge en mindre andel af det samlede husholdningsbudget på energi, end de gør i dag.

Med uændrede afgiftsstrukturer, der i høj grad beskatter fossile brændselskilder, forventes statskassen at miste indtægter svarende til ca. 23 mia. kr. i 2030. I tillæg hertil vil staten skulle afsætte støttemidler i form af tilskud og målrettede afgiftslettelser, for at sikre at umoden teknologi kan udvikles og skaleres op, og de potentielt negative implikationer for den danske konkurrencekraft kan imødegås. Med forbehold for anbefalingerne fra de øvrige partnerskaber vurderes behovet for støttemidler at ligge i størrelsesordenen 5-7 mia. kr. årligt frem til 2030.

Dette kapitel beskriver de økonomiske konsekvenser for Danmark ved realisering af 70%-målsætningen i 2030. Kapitlet er inddelt i tre underkapitler om henholdsvis investeringer i form af et merinvesteringsbehov hos energiforbrugerne i grøn teknologi og et ekstrainvesteringsbehov, som foretages af energi- og forsyningssektoren (6.1), distributionstariffer (6.2) samt omkostninger for samfundet i form af meromkostninger og effekt for statskassen (6.3).

De beregnede investeringer og omkostninger forudsætter en omkostningseffektiv omstilling, hvor hvert år mod 2030 udnyttes optimalt. Kravet er, at alle samfundets aktører, herunder også den offentlige sektor, bidrager aktivt til omstillingen ved løbende at foretage grønne investeringsbeslutninger, i takt med at eksisterende teknologi er udslidt. Alle estimater er forbundet med usikkerhed, idet de hviler på antagelser om udvikling i priser på teknologi.

Økonomiske effekter af den grønne omstilling

Hvad er en merinvestering?

Merinvesteringer i teknologi hos energikunder vedrører skiftet af fossil energi med teknologi drevet af grøn energi. Det drejer sig fx om skiftet fra gasfyr til varmepumper i husholdninger og industri eller fra fossile biler til grønne biler i persontransporten.

En merinvestering beregnes ved investeringen i grøn teknologi fratrukket den tilsvarende investering i fossilbaseret teknologi, som ikke foretages. Merinvesteringen betegner dermed de ekstra ressourcer, der skal investeres for at sikre den grønne omstilling.

Eksempel: Hvis en elbil koster 300.000 kr., og en tilsvarende benzinbil i samme klasse koster 200.000 kr., er merinvesteringen 300.000 kr. – 200.000 kr. = 100.000 kr.

Hvad er en ekstrainvestering?

En ekstrainvestering er den ekstra investering, som foretages af energi- og forsyningssektoren i vedvarende energi (vindmøller på land og hav, solceller og biogas) og energiinfrastruktur (el, varme og gas) med henblik på at kunne møde den forventede grønne energiefterspørgsel.

Ekstrainvesteringens størrelse er ikke vurderet over for alternativet, idet det udelukkes, at investeringen kunne ske ved levetidsforlængelse af eksisterende kulkraftværker.

Hvad er en meromkostning?

En meromkostning er den ekstra omkostning, der er forbundet med skiftet til grøn teknologi i forhold til at fastholde den fossile teknologi. Meromkostningen omfatter både afskrivningen på en investering i grøn teknologi (fx elbilen) + udgifter til drift (el), fratrukket tilsvarende investeringer i fossil teknologi (benzinbil) og drift (benzin), som spares.

Eksempel: Den årlige meromkostning ved en elbil, der afskrives over 10 år, er:
a. Bil: 100.000 kr. i merinvestering / 10 år = 10.000 kr.
b. Drift: 1.000 kr. i eludgifter – 5.000 kr. i benzinudgifter = -4.000 kr.
Total, a + b: 10.000 kr. – 4.000 kr. = 6.000 kr.

Hvad er effekten for statskassen?

Den grønne omstilling vil påvirke statskassen direkte på to måder:

1. Staten taber indtægter, når danskerne køber færre højtbeskattede biler med forbrændingsmotorer og anvender færre, beskattede, fossile brændsler i industrien, husholdningerne, landbruget, transportsektoren og energisektoren.

2. Staten forventes at få større udgifter, da en del af omstillingen kun kan gennemføres, hvis udvalgte energikunder får tilskud og støtte.

Omkostningen vil stige, hvis danskerne fortsat køber mange fossildrevne biler og reinvesterer i olie- og naturgasfyr langt ind i dette årti. Det skyldes, at det så i tråd med 70%-målsætningen bliver nødvendigt i slutningen af årtiet at skrotte investeringer, der endnu ikke er udtjente, fx skrotning af et nyindkøbt oliefyr, som stadig er langt fra at have udtjent sin levetid. Vil danskerne ikke foretage de nødvendige udskiftninger til elbiler og alternativ opvarmning, vil andre sektorer – landbrug og industri – være tvunget til at løfte den manglende CO_2-reduktion. Det gælder således, at investeringsomfang og omkostninger vil være betydeligt højere, hvis ikke det danske samfund fra nu af handler i tråd med 70%-målsætningen, og alle sektorer bidrager med hver deres del.

Beregningerne i sektorkøreplanen er baseret på en antagelse om, at dansk økonomi vil udvikle sig som forventet i Energistyrelsens Basisfremskrivning frem mod 2030, og dermed at den yderligere reduktionsindsats i fortrængningsmodellen ikke reducerer den økonomiske vækst og efterspørgslen efter de aktiviteter, der kræver energi[6.1]. Givet at 70%-målsætningen vil betyde lidt lavere økonomisk vækst, må man enten foretage kompenserende tiltag, der modvirker det økonomiske tab, som fx beskrevet i Dansk Industris 2030-plan, eller indarbejde tabet i såvel de økonomiske fremskrivninger som Energistyrelsens Basisfremskrivning af det forventede energibehov.

I beregningerne estimeres alene energirelaterede omkostninger knyttet til indfrielse af 70%-målsætningen. Der vil være yderligere omkostninger forbundet med reduktion i ikke-energirelaterede udledninger fra især landbruget og industriens udledning af drivhusgasser, der ikke relaterer sig til deres energiforbrug.

6.1. Der skal investeres ca. 32 mia. kr. mere om året i grøn teknologi, vedvarende energiproduktion og infrastruktur mod 2030

Mer- og ekstrainvesteringer illustrerer, hvilke ekstra økonomiske ressourcer samfundet skal bringe i spil i de næste ti år for at nå 70%-målsætningen.

Investeringerne skyldes merinvesteringer i grøn teknologi, som erstatter teknologi, der drives af sort energi. Men de dækker også over merinvesteringer, der ikke direkte erstatter sorte teknologier, som eksempelvis investeringer i CO_2-fangst og investeringer i produktion af grønne brændsler, der iblandes med sorte i fx transportsektoren. Af merinvesteringerne følger der et behov for ekstrainvesteringer i mere vedvarende energiproduktion og ny energiinfrastruktur (se forrige side for definitioner af mer- og ekstrainvestering).

En investering er ikke det samme som en meromkostning. Og det er ikke ensbetydende med, at det danske samfund skal betale eller "afdrage" den fulde investering i det år, hvor investeringen foretages. Vi kender det fra vores køb af en bil, hvor bilen godt nok betales den dag, vi henter den hos sælger, men lånet afdrages over flere år.

Det samlede mer- og ekstrainvesteringsbehov i perioden 2019-2030 forventes at være ca. 350 mia. kr. i alt. Heraf udgør merinvesteringer i ny grøn teknologi ca. 125 mia. kr., og ekstrainvesteringer i udbygning af produktion af vedvarende energi og infrastruktur udgør ca. 225 mia. kr. Det svarer til ca. 32 mia. kr. om året, heraf 23 mia. kr. årligt i energi- og forsyningssektoren.

Årlige mer- og ekstrainvesteringer på 32 mia. kr. er betydelige både på samfundsniveau og for den enkelte. Til sammenligning udgør de årlige samlede investeringer i boligbyggeri og renovering ca. 100 mia. kr., og de årlige samlede investeringer i transportsektoren udgør ca. 50 mia. kr., mens investeringer i energiforsyning er ca. 18 mia. kr. årligt.

Der er ikke foretaget særskilte beregninger af, hvordan de stigende investeringer vil påvirke samfundsøkonomien bredere set. Antagelsen er, at udbudssiden i dansk økonomi er tilstrækkelig fleksibel til, at der frem mod 2030 kan gennemføres de beregnede mer- og ekstrainvesteringer uden en overophedning af økonomien, uden flaskehalse i dele af arbejdsmarkedet osv. Derudover antages det, at finansmarkederne kan tilvejebringe finansiering af omstillingen uden at fortrænge andre aktiviteter, og

6.1 Se kapitlet om metode for en mere detaljeret beskrivelse af antagelser og forudsætninger i beregningerne af økonomiske effekter.

Figur 30.

Merinvesteringsbehov hos energibrugerne – inklusiv ikke-fossilt energiforbrugende teknologi i forsyningssektoren frem mod 2030

Reduktionstiltag	Merinvesteringsbehov, 2019-2030 Mia. kr. (faste priser 2019)	Investeringsansvarlig
Energi og forsyning		
Erstatning af kul, olie og naturgas i fjernvarmen	8-10	Kraftvarmeværker
Erstatning af olie og naturgas i individuelle fyr	8-10	Husstande[1]
CO_2-fangst og -lagring	7-11	Affaldsenergianlæg, kraftvarmev.
Genanvendelse af plast i affaldsenergi	0,5-1,5	Affaldsenergianlæg
Elektrificering af Nordsø-produktionen[2]		Produktionsplatforme
Transport		
1,5 mio. el- og hybridbiler	45-55	Bilejere
El- og hybridvarevogne	3-5	Varevognsejere
Elbusser og ellastbiler	1-3	Bus- og lastbilsejere
Biobrændstof, bl.a. biogas og -diesel	8-9	Transportmiddelejere
Industri		
Varmepumper i industriprocesser	4-6	Virksomheder
Biogas i gasnet, industri og bygninger[3]		Virksomheder
Energieffektivisering	6-8	Virksomheder
Andet (fx intern transport)	9-11	Virksomheder
Bygninger		
Effektivisering af bygningsinstallationer	0,5-1,5	Bygningsejere
Renovering af klimaskærm	(1-2)	Bygningsejere
Power-to-X		
Indfasning af brintkøretøjer[4] *GROFT ESTIMAT*	2-5	Brintkøretøjsejere
Total	**Σ ca. 125 mia. kr. (100-135)**	

[1] Omfatter kun investeringer i varmepumper. Investeringer i udrulninger af fjernvarmenettet, inkl. stikledninger, fremgår af Figur 29.
[2] Elektrificering af Nordsø-produktionen kræver investeringer, men det har ikke været muligt at beregne omfanget inden for den givne tidsfrist.
[3] Biogas til alle formål (inkl. rumvarme) indgår i Figur 31.
[4] Investeringsbehov i elektrolyse- og slutanlæg til alle Power-to-X-brændsler fremgår af Figur 29.
Kilde: Ea Energianalyse; Dansk Energi; QVARTZ-analyse.

at energibrugerne – husholdninger og erhverv – på linje med energi- og forsyningssektoren er i stand til at rejse den nødvendige kapital.

6.1.1. Merinvestering i ny teknologi hos energibrugerne – husholdninger og erhvervsliv, inkl. energi- og forsyningssektoren

Merinvesteringsbehovet til omstillingen hos energibrugerne forventes at være i størrelsesordenen 125 mia. kr. (100-135 mia. kr.), jf. Figur 30. Det svarer til en merinvestering på ca. 11 mia. kr. årligt.

Fælles for alle investeringer er, at de forudsætter rammebetingelser, som tilskynder, at investeringer i grønne teknologier er økonomisk attraktive sammenlignet med de fossile alternativer. Det vil sige, at aktørerne, der investerer, ikke skal pådrage sig et tab ved konverteringen i forhold til et scenarie, hvor der investeres i fossil teknologi, eller hvor de nuværende fossile løsninger ikke erstattes.

Angivelsen af, hvem der skal foretage investeringsbeslutningen, illustrerer, hvor mange aktører der skal træffe konkrete investeringsbeslutninger, for at samfundet samlet set når i mål med 70%-målsætningen. Til gengæld vil der være mange aktører, som kun skal træffe relativt få, men væsentlige, beslutningspunkter fra nu og frem til 2030. Fx vil mange forbrugere kun tage én beslutning om investering i en ny opvarmningsform fra nu og frem til 2030, og de fleste forbrugere vil kun nå at købe bil én eller to gange. Det er derfor vigtigt, at rammerne for alle investeringsbeslutninger afklares inden for ganske kort tid, så både husholdninger, erhvervsliv og energisektor rammer rigtigt hver gang, der investeres fra nu og frem til 2030. Kendte og forudsigelige rammevilkår, som fx afgifter, der guider forbrugere til at træffe grønne valg, vil spille en nøglerolle, da de valg, der træffes i dag, vil have konsekvenser flere år frem.

6.1.2. Ekstra 20 mia. kr. skal årligt investeres af energi- og forsyningssektoren i udbygning af vedvarende energi og energiinfrastruktur

Det samlede ekstra investeringsbehov for udbygningen af solceller, vindmøller, biogasproduktion og Power-to-X-produktion samt infrastruktur forventes at være ca. 225 mia. kr. i perioden 2019-2030, jf. Figur 31, hvilket svarer til ca. 20 mia. kr. om året.

Det samlede, fremadrettede investeringsbehov for energi- og forsyningssektoren i det eksisterende kapitalapparat er ikke estimeret i denne analyse. Fx indgår investeringer i vedligeholdelse og reinvestering i aktiver ikke. En del af disse vil falde bort, mens en del af disse fortsat vil være der. Historisk har de samlede investeringer for energi- og forsyningssektoren i nyt kapitalapparat, vedligeholdelse og reinvesteringer ligget på ca. 18 mia. kr. årligt. Lægges det til grund, at en andel af disse investeringer skal gennemføres sideløbende, vil det samlede investeringsbehov, som sektoren skal håndtere, dermed være større end de 20 mia. kr., som skyldes det nye, øgede energibehov fra vedvarende energikilder.

Udbygningen af vedvarende energi udgør den største andel af ekstrainvesteringer med et estimeret ekstrainvesteringsbehov på 160-215 mia. kr. i perioden 2019 til 2030. Heraf udgør havvind med 85-105 mia. kr. den største enkelte investeringspost.

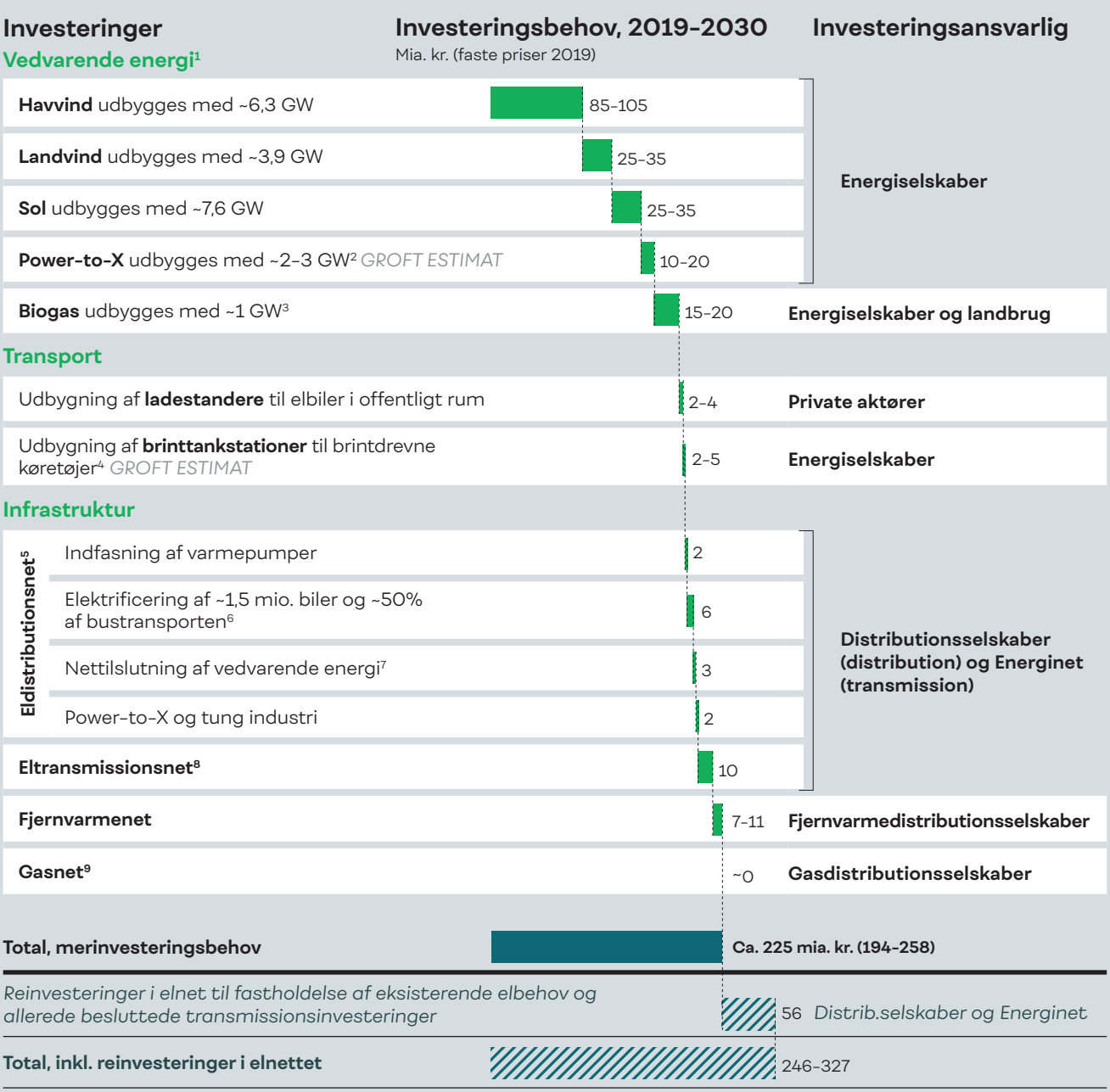
Ekstrainvesteringer i udbygningen af vedvarende energi og infrastruktur sker for at kunne servicere en forventet større efterspørgsel på grøn energi fra energikunderne, primært grøn el og biogas. I sidste ende vil det være den øgede, grønne efterspørgsel, der betaler for investeringerne. Energikunderne betaler gennem den endelige energipris.

Selv om prisen på grøn el forventes at falde yderligere i de kommende år, vil de fremtidige elpriser være markant påvirket af den fremtidige efterspørgsel, som vil være styret af, om Danmark og EU vælger at leve op til Paris-aftalen og udfase fossilt energiforbrug. Den fremtidige prisrisiko vil være vanskelig at løfte af de private investorer alene, da usikkerheden er delvist politisk bestemt. Trods faldende priser på grøn energi vil det fortsat være vigtigt at arbejde med en risikodeling mellem investor og stat, så investor er sikret en minimumsafregning ved manglende efterspørgsel.

Energiselskaberne skal foretage de konkrete investeringsbeslutninger og skal derfor være i stand til at rejse den nødvendige kapital. Det forudsætter, at kapitalmarkedet har tillid til, at sektoren kan forrente

Figur 31.

Energisektorens ekstrainvesteringer i vedvarende energi og infrastruktur (smart scenarie) frem mod 2030



[1] Udbygningen er bruttoudbygning, dvs. den samlede merudbygning fra 2019 til 2030. En mindre del af væksten i elefterspørgslen mod 2030, der ikke kan henføres til introduktion af teknologier, som faciliterer den grønne omstilling (fx datacentre), kan i teorien løftes med el produceret på fossile brændsler. Referenceinvesteringerne i fx re- eller nyopførelse af fossile elproduktionskilder er i denne sammenhæng ikke beregnet og fratrukket, men forventes at udgøre en marginal besparelse.

[2] Investeringer i elektrolyse-, komprimerings- og slutanlæg. Investeringer i brintkøretøjer fremgår af Figur 28. Kapaciteter og investering forudsætter 8.147 fuldlasttimer for elektrolyse til Fischer-Tropsch-diesel og 3.000 fuldlasttimer for elektrolyse til andre formål. Antaget teknologipriser i 2030 på 2,2 mio. kr. pr. MW elektrolyse, 22,4 mio. kr. pr. MW metanol og 11,7 mio. kr. pr. MW Fischer-Tropsch baseret på Ea Energianalyses beregninger.

[3] Beregnet med en kapacitetsfaktor på 90%.

[4] Dele af de beregnede investeringer kan også finde anvendelse til anden ny tankinfrastruktur, herunder til biogas til transportformål.

[5] Udbygning af distribution inkl. smarte tiltag.

[6] I forhold til Dansk Energis elbilanalyse fra maj 2019 er forudsætningerne om antallet af og fordelingen mellem elbiler og hybridbiler ændret.

[7] Forventes jf. politisk PSO-aftale 2016 i finanslov. Investeringen er i intervallet 2-3 mia. kr. Den høje ende af intervallet vises i figuren.

[8] Udbygning af transmission inkl. smarte tiltag. Indeholder dog ikke allerede igangsatte og besluttede projekter, nye udlandsforbindelser, evt. energi-ø og ilandføringer.

[9] Biogas forventes at erstatte naturgasforbrug i gasnettet, og indfasningen er derfor ikke forbundet med merinvesteringsomkostninger til udbygning af gasnettet.

Note: Investeringstallene omfatter det samlede behov for investeringer i vedvarende energi og transport samt merinvesteringer i elnettet, dvs. reinvesteringer i elnettet for at understøtte det nuværende (2019) elforbrug er ikke medtaget.

Kilde: Dansk Energi pba. Ea Energianalyses forudsætninger om elforbrug i 2030 samt Energinet pba. en fremrykning af reinvesterings-, udbygnings- og saneringsplan 2018.

og tilbagebetale investeringen. Udgangspunktet for Danmark er på det punkt godt. Danmark har en solid energi- og forsyningssektor og en finansiel sektor, som kan understøtte omstillingen. Det er derfor mere den regulatoriske udfordring, der skal i fokus. Investorer skal anbringe kapital i markeder, hvor politiske beslutninger har store konsekvenser. Konkret betyder det, at der skal være mulighed for at have tillid til, at de mål, som nu fastsættes politisk, også sikrer, at efterfølgende rammer understøtter, at efterspørgslen på ens produkt viser sig i fremtiden. Derudover har investorer behov for at have tillid til, at man ikke efterfølgende ændrer rammer og mål, der betyder tab på allerede foretagne, grønne investeringer.

Fjernvarmedistributionsselskaberne vil afholde ekstrainvesteringer i udrulningen af fjernvarmenettet til nye forbrugere, som forventes finansieret af varmekunderne. Der forventes ikke at være ekstrainvesteringer forbundet med udvidelse af gasnettet, da den større mængde opgraderet biogas forventes at kunne transporteres i det eksisterende gasnet[6.2].

Eldistributionsselskaberne (distribution)[6.3] og Energinet (transmission) afholder ekstrainvesteringerne i elnettet, som finansieres over forbrugstarifferne. Distributionstarifferne forventes ikke at stige som følge af skalafordele og smarte løsninger, som beskrevet i afsnit 6.2.

For både eldistribution, eltransmission, fjernvarme og gassystem gælder, at der er tale om naturlige monopoler, som er tæt reguleret. Selskaberne vil kun kunne foretage de nødvendige investeringer, hvis den politiske regulering understøtter den nødvendige omstilling.

Ekstrainvesteringerne i udbygningen af produktion af vedvarende energi og i styrkelse af infrastrukturen bliver mindre, hvis energiforbruget kan begrænses. Det er derfor afgørende, at de energieffektiviseringer, som antages at ske i takt med, at ny teknologi implementeres, finder sted, og at regulatoriske forhindringer fjernes. Regeringen og Grønt Erhvervsforum bør derfor nøje se i de øvrige klimapartnerskabers køreplaner efter tiltag, der kan sikre et effektivt energibehov.

Forudsigelige og klare rammebetingelser er derfor afgørende, for at sikre at de påkrævede investeringer finder sted, da investeringer i produktion af vedvarende energi og energiinfrastruktur kræver nøje planlægning, og implementeringen tager mange år. Investeringsbeslutninger af denne type skal foretages flere år inden, behovet opstår hos energikunderne. Typiske investeringer i energisektoren sker i teknologi, som forventes at holde i 30-50 år og dermed afskrives over en meget lang tidshorisont. Både investeringer og den nationale politiske strategi bør derfor også have blik for perioden efter 2030.

6.2. Tariffer for eldistribution forventes ikke at stige

Udviklingen i den samlede elpris har væsentlig betydning både for den enkelte energikundes økonomi og for konkurrencekraften hos virksomheder, som bruger el. Energi- og forsyningssektoren har derfor foretaget en detaljeret beregning af, hvordan forventede investeringer i elinfrastrukturen vil påvirke prisen for transporten af el. Analysen viser, at forbruget af el forventes at stige mere end investeringerne, og at prisen for distribution af el for de fleste kunder forventes at kunne falde.

Elprisen, som slutkunderne betaler, består af fire elementer, jf. Figur 32.

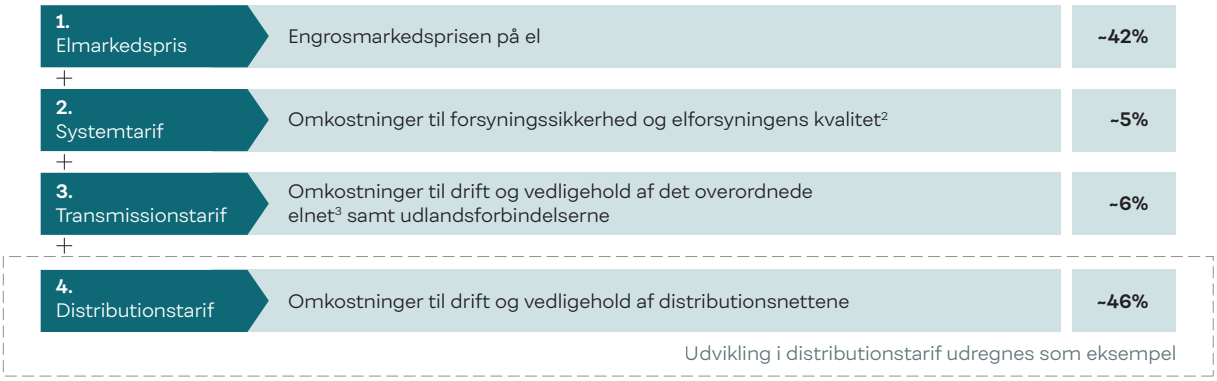
Elkundens samlede slutpris vil være påvirket af modsatrettede pristendenser frem mod 2030, når 70%-målsætningen realiseres. Et større behov for reinvesteringer, flere systemomkostninger og en øget risikopræmie på grund af markeds- og regulatoriske risici presser prisen op, mens større skala og fleksibilitet i elforbruget, øget digitalisering, skift væk fra driftstunge fossile brændsler og en tættere integration med Danmarks nabolande vil presse prisen ned.

6.2 Investeringen i tilslutninger til det eksisterende hovedgasnet fra de nye biogasanlæg er indregnet i selve udbygningen af biogasanlæggene.

6.3 Udbygning af eldistributionsnettet for at kunne tilslutte vedvarende elproduktion forventes jf. politisk PSO-aftale fra 2016 dækket over finansloven.

Figur 32. **Elementer i slutprisen på el ekskl. afgifter**

Andel af elpris i 2019[1]



[1] Relativ andel af elpris i 2019. Den gennemsnitlige engrosmarkedspris for el i Øst- og Vestdanmark, handlet i det europæiske *Day Ahead-Marked*, er anvendt i beregningen af elmarkedsprisen. Den viste distributionstarif er beregnet for en almindelig husstand med et forbrug på 4.000 kWh, og den faste årlige abonnementsbetaling er medtaget i beregningen og fordelt over forbruget på 4.000 kWh.
[2] Herunder reservekapacitet, systemdrift mv.
[3] De højeste spændingsniveauer – 132/150 kV- og 400 kV-nettet medregnet.
Note: Skatter, moms og afgifter indgår også i slutprisen på el, men er ikke medtaget i oversigten for at vise den relative andel af priselementer ekskl. regulering.
Kilde: Dansk Energi; QVARTZ-analyse.

Elmarkedsprisen

Elmarkedsprisen forventes at blive mere volatil, da den i højere grad vil være baseret på fluktuerende elproduktion fra vind og sol. Prisen forventes desuden at forblive lav i gennemsnit, da vedvarende elproduktion har lave marginalomkostninger. På forbrugssiden vil den øgede elektrificering medføre en markant stigning i forbrug. Det øgede forbrug vil alt andet lige medføre højere priser i markedet, mens udbuddet i form af mere produktion fra vind og sol vil sænke priserne. Der vil derfor være et prispres i enten den ene eller anden retning, hvis ikke de to udbygningstakter følges ad[6.4].

Systemtariffen

Systemtariffen forventes at stige som følge af en mere kompleks drift af elsystemet, forårsaget af mere fluktuerende produktion fra vind og sol samt nye typer af forbrug. For det første vil der komme et yderligere balanceringsbehov og et behov for at skabe incitamenter for markedets aktører til at levere den nødvendige fleksibilitet. For det andet vil den daglige drift blive mere kompleks, i takt med at der tilføjes mere produktion og forbrug til nettet[6.5]. Omvendt vil det øgede forbrug også medføre, at der er flere kWh at fordele omkostningerne på.

Transmissionstariffen

Transmissionstariffen forventes som systemtariffen at blive påvirket af modsatrettede effekter. På den ene side vil stigende investeringer til at styrke nettet, øget integration med nabolande og øget tilslutning af vedvarende energi presse prisen op, mens en større skala i forbruget vil presse prisen ned.

Distributionstariffen

Distributionstariffen forventes at falde som følge af større forbrugsfleksibilitet og skalafordele. Omkostningerne til nettet stiger dermed langsommere end elforbruget, hvilket bevirker, at prisen pr. kWh potentielt vil falde. Prisen på transport af den øgede mængde el i distributionsnettet vurderes i faste priser at kunne falde med ca. 5% i 2030 i forhold til i dag, jf. Figur 33.

Den første stigning i distributionstariffen på 5% i Figur 31 dækker reinvesteringer, der vil være nødvendige, for at det eksisterende elbehov kan fastholdes. Disse reinvesteringer er nødvendige for at fastholde en høj leveringssikkerhed. Det skyldes, at en betydelig del af elnettet er etableret i 1960-80'erne, hvor elforbruget steg kraftigt, og at en række kabler og transformerstationer derfor når deres levetid i de kommende årtier og skal udskiftes. Den næste stigning på 5% i tariffen i forhold til i dag dækker opgraderinger af distributionsnettet, der vil skulle til for at understøtte 70%-målsætningen uden smarte tiltag. Smarte tiltag forventes at kunne reducere tariffen, så den ender på et niveau, der er op til 5% lavere end i dag[6.6].

Den positive effekt på tariffen forventes at gøre sig gældende på tværs af alle kundetyper, jf. Figur 34.

Det fremgår af Figur 34, at eldistributionstariffen for privatkunder, erhvervskunder og mindre industrikunder forventes at kunne falde med ca. 5% i 2030 i forhold til i dag[6.7], mens eldistributionstariffen for store industrikunder forventes at være uændret. Sidstnævnte skyldes bl.a., at disse kunder alene anvender højspændingsnettet, og at større dele af højspændingsnettet står over for udskiftning i de kommende årtier. Det påvirker distributionstariffen relativt mere for disse kunder, da de alene benytter højspændingsnettet og derfor ikke betaler til lav- og mellemspændingsnettet.

6.3. Omstillingen koster samfundet ca. 15 mia. kr. i 2030

Der vil være omkostninger forbundet med omstillingen til et samfund, der opfylder 70%-målsætnin-

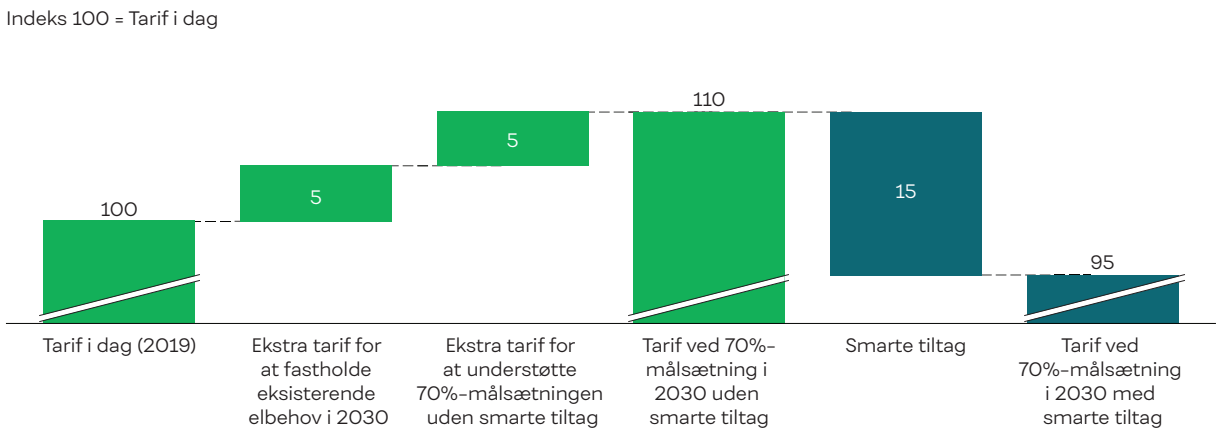
6.4 Korrigeret for import- og eksportmuligheder.

6.5 Der vil også være et trade-off mellem systemtarif og nettarif. Fx kan det i nogle situationer være samfundsøkonomisk optimalt at kompensere vindmølleejere i en peak-produktionssituation i stedet for at udbygge til disse peaks. Det flytter omkostninger fra nettarif til systemtarif.

6.6 Uddybes i afsnit 4.2.1.1.

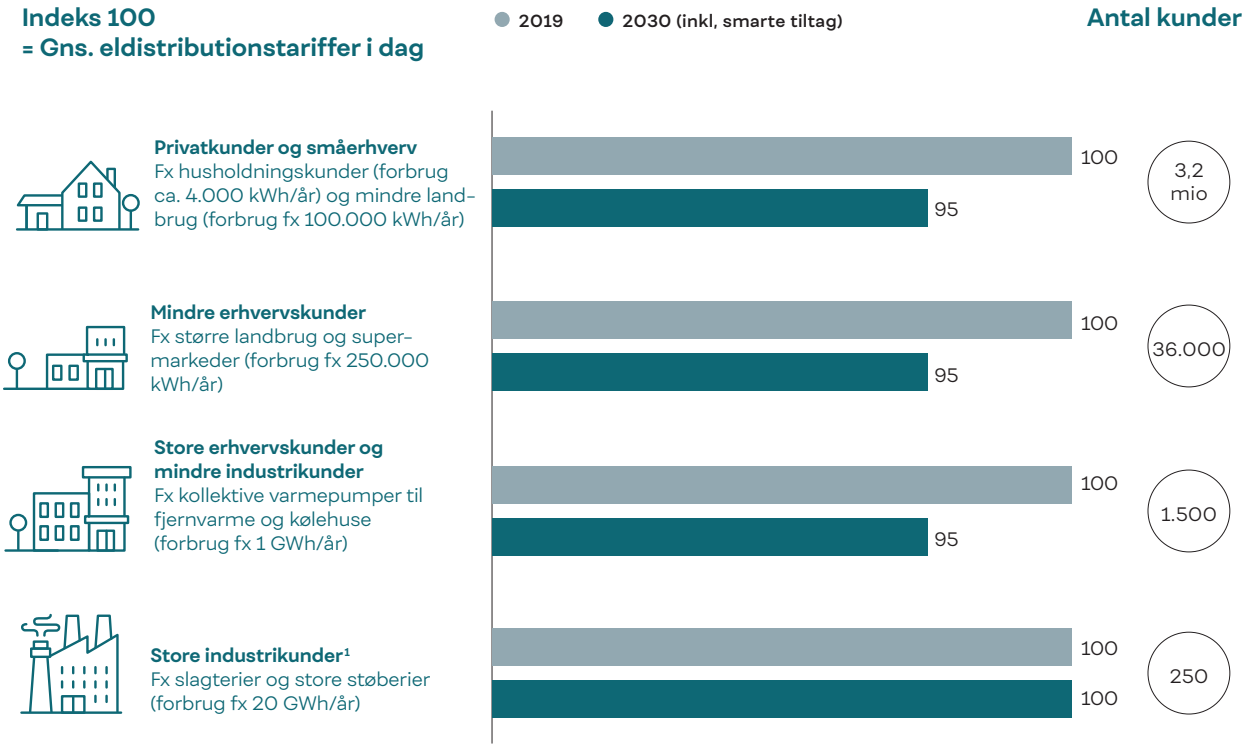
6.7 Faldet i tarif forudsætter, at kunderne ønsker at flytte deres forbrug. Ønsker kunderne i stedet at betale en højere tarif for et forbrug, der finder sted, når der er trængsel i nettet, vil elnetselskaberne skulle investere i at udbygge nettet til dette. Her er det afgørende, at elnetselskaberne ved at indføre tidsdifferentierede tariffer sikrer, at det er de kunder, der giver anledning til den største opgradering af nettet, der også betaler for det.

Figur 33. **Forventet udvikling i gennemsnitlig eldistributionstarif frem mod 2030**



Kilde: Dansk Energi; QVARTZ-analyse.

Figur 34. **Forventet udvikling i gennemsnitlig eldistributionstarif fordelt på kundetyper i et 'smart' scenarie**



[1] Tariffen for store industrikunder forventes ikke at falde, da en større del af højspændingsnettet er ved at have nået sin levetid. Der skal derfor foretages betydelige reinvesteringer frem mod 2030. Tariffen har således været ekstraordinært lav i de senere år grundet et relativt afskrevet højspændingsnet.

Kilde: Dansk Energi; QVARTZ-analyse.

gen. I dette underkapitel præsenteres to forskellige perspektiver på omfanget af omkostningerne:

- Den samlede årlige meromkostning i 2030 ved den grønne omstilling forbundet med anskaffelse og drift af nye, grønne løsninger i stedet for fossile løsninger for alle samfundets aktører, dvs. både borgere og erhvervsliv.

- Effekt for statsbudgettet i 2030, herunder påvirkningen af statsprovenuet, når fossil energi udfases.

6.3.1. Omstillingens meromkostning for at levere på 70%-målsætningen

Omstillingen til et samfund med 70% mindre CO_2 end i 1990 vil være forbundet med omkostninger på tværs af sektorer. Der er tale om meromkostninger som følge af anskaffelse af ny grøn teknologi, der er dyrere end tilsvarende fossilbaseret teknologi (fx en elbil i stedet for en benzinbil), og til grøn drift, som for dele af omstillingen vil være dyrere end fossil drift (fx biogas i gasnettet i stedet for naturgas). Denne meromkostning til den grønne omstilling repræsenterer betalingen for, at Danmark bliver et klimamæssigt markant foregangsland og forberedes på en fremtid, der kommer i den forventning, at flertallet af lande tager Paris-aftalen alvorligt.

For en række teknologiskifte vil den grønne omstilling være forbundet med økonomiske gevinster eller være økonomisk neutral. Fx forventes omlægning til el for bybusser og omlægning til varmepumper i en stor del af den individuelle opvarmning ikke at indebære en meromkostning, da merinvesteringer hentes hjem gennem større besparelser i driften. Omvendt vil der på andre områder være en meromkostning ved at foretage et teknologiskifte fra fossil til grøn teknologi.

I beregninger af meromkostningen er der ikke foretaget en eksplicit eller implicit antagelse om, hvem der bærer meromkostningen. Om det er den enkelte borger, erhvervslivet eller staten beror både på den konkrete teknologi samt på de reguleringsrammer, der vil være for området frem mod og i 2030.

Det er antaget, at de grønne teknologier gradvis bliver billigere relativt til den fossile teknologi, som de erstatter. Men det er ikke antaget, at der vil ske markante prisfald som følge af teknologispring. Fremtiden vil udvikle sig anderledes, og priserne på grønne teknologier kan blive lavere, end det er forudsat i disse beregninger, som følge af markedsgørelse og national samt global skalering. Fx antog fremskrivninger af teknologipriser for ti år siden langt større omkostninger til vindkraft, batteriteknologi og solceller, end de priser som vi faktisk har i dag. Det er sandsynligt, at det samme vil ske for flere af de nye teknologier, der skal tages i brug i de kommende ti år – i hvilket omfang er selvsagt usikkert.

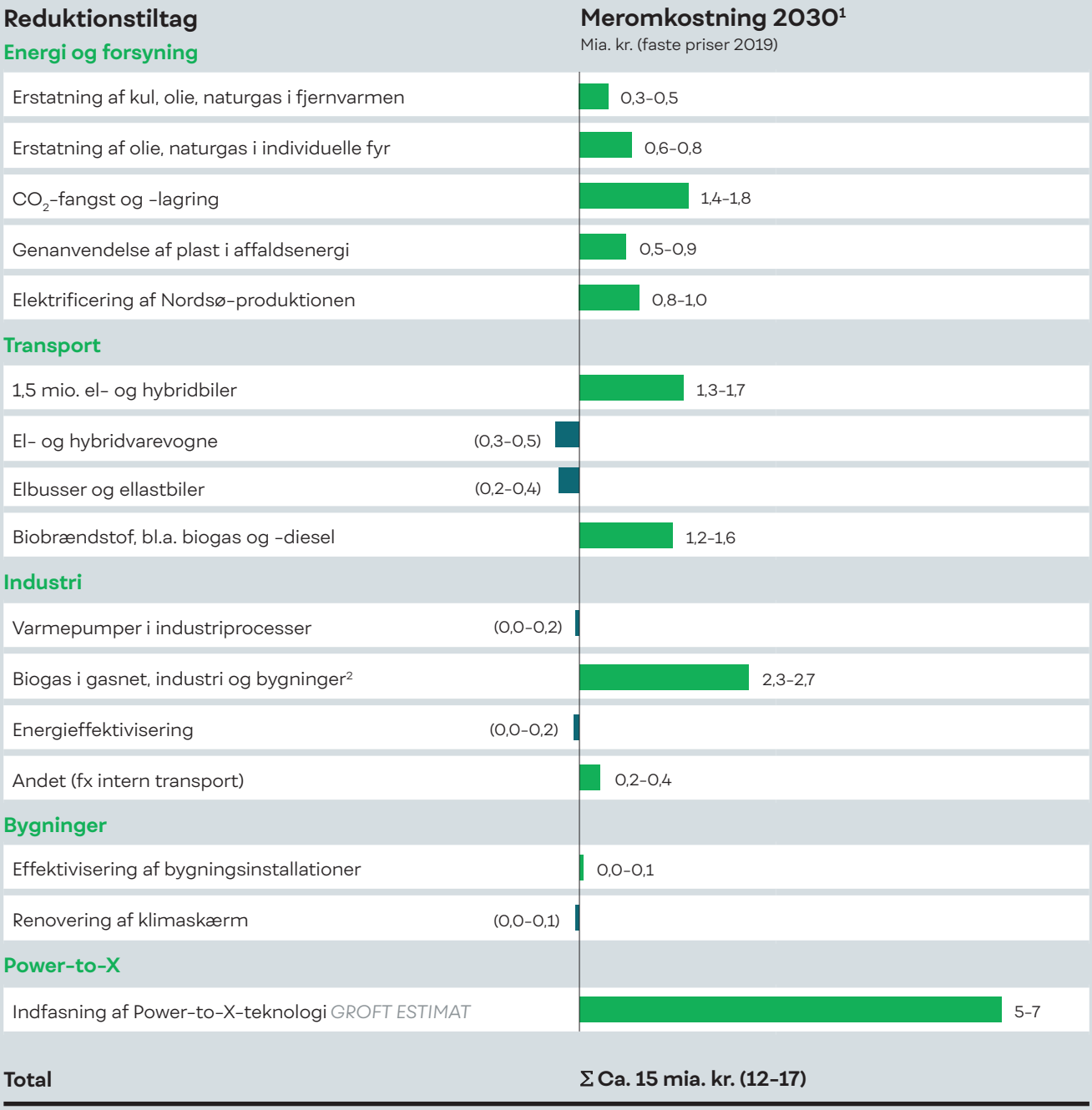
Meromkostninger i denne kontekst omfatter ikke, hvad der kan betegnes som de fulde samfundsøkonomiske omkostninger. Det betyder, at eksternaliteter, der ligger ud over de privatøkonomiske, ikke er inkluderet i beregningerne. Det kan fx være mindre støj fra eldreven transport, mindre luftforurening, bedre indeklima, bedre kontrol over industriens produktionsprocesser mv. Endeligt er den globale gevinst ved at reducere drivhusgasudledningen heller ikke indregnet i opgørelsen af omstillingens meromkostning[6.8].

Der er også en række forhold, der kan øge meromkostningerne. Det er muligt, at det forventede fald i prisen på grønne teknologier ikke realiseres. Der kan være ekstraordinære eller ikke kendte meromkostninger for de enkelte aktører, der ikke er taget højde for her. Nogle forbrugere har fx en benzinbil eller et oliefyr, som fortsat har en brugsværdi, selv om de tekniske modeller siger, at de står over for at blive udskiftet. Det kan være en del af forklaringen på, hvorfor teknologiskift ikke nødvendigvis gennemføres, selv om det grønne valg i modellerne er økonomisk attraktivt. Studier af forbrugeradfærd viser også, at fx husejere er tilbageholdende med at skifte til ny og dermed ukendt teknologi som fx en varmepumpe.

[6.8] Afhængig af energikilde kan en reduktion på 26 mio. ton CO_2 opgøres til en global gevinst på mellem 10 og 40 mia. kr.

Figur 35.

Meromkostning ved omstilling til 70% reduktion i CO_2-udledning i 2030



[1] Med meromkostning er alene opgjort den privatøkonomiske forskel uden afgifter mellem teknologier. Det vil sige forskel i pris mellem den teknologi (fx varmepumpen), der erstatter, og den teknologi, der erstattes (oliefyret). I beregningen indgår både omkostninger til afskrivning og drift. Der indgår ikke eksternaliteter, dvs. eventuelle gevinster ved mindre forurening, støj, mm. Der indgår heller ikke et eventuelt tab, hvis der skal tilvejebringes finansiering til udskiftning af teknologi.

[2] Den viste omkostning for biogassen inkluderer også rumvarme til boliger og erhverv.

Note: Meromkostninger i Basisfremskrivning 2019 er ikke beregnet. En række grønne teknologier forventes indfaset uden yderligere tiltag. Der er en omkostning forbundet med disse, men bl.a. favorable afgiftsvilkår gør, at de forventes indfaset i 2030.

Kilde: Ea Energianalyse; Dansk Energi; QVARTZ-analyse.

I den virkelige verden kan der derfor være behov for at sende et endnu stærkere økonomisk signal til borgere og virksomheder, end det som fremgår af denne analyse. Det indebærer, at der vil være højere omkostninger til virkemidler. Der er også en risiko for, at det endelige valg af tiltag og virkemidler ikke vil være det mest samfundsøkonomisk optimale, fordi man politisk vil vægte andre hensyn højere (fordeling mellem indkomstgrupper, land/by, beskyttelse af udvalgte erhvervs konkurrenceevne osv).

Den samlede meromkostning ved realisering af denne sektorkøreplan[6.9] forventes at være ca. 15 mia. kr., jf. Figur 30. Med andre ord forventes det, at det vil være ca. 15 mia. kr. dyrere i 2030 at omstille til og anvende grønne teknologier frem for at beholde eller geninvestere i de fossile. Vurderingen af meromkostningen på 15 mia. kr. i 2030 skal ses i sammenhæng med, at den danske økonomi i 2030 forventes at være vokset med 350 mia. kr. siden 2019.

De 15 mia. kr. er et øjebliksbillede af den beregnede meromkostning i 2030. Det er ikke ensbetydende med, at Danmark skal betale en permanent meromkostning. Omstillingen indebærer, at en del nye teknologier bringes i spil hurtigt. Efterhånden som disse teknologier modnes, vil prisforskellen til de fossile teknologier udlignes. På samme vis som grøn elproduktion i dag er konkurrencedygtig med fossil elproduktion.

Den største meromkostning på ca. 5-7 mia. kr. om året i 2030 er indfasning af Power-to-X-teknologi, som vil være nødvendig for at nå 70%-målsætningen i 2030 og fuld klimaneutralitet i 2050. De beregnede meromkostninger for Power-to-X er forbundet med en betydelig usikkerhed, og som for alle umodne teknologier vil en fokuseret indsats for Power-to-X gøre det rimeligt at forvente et større prisfald frem mod 2030.

Tilsvarende gør sig gældende for prisudviklingen af elbiler, der også kan vise sig at ske både langt hurtigere eller langsommere end forudsat. I de viste beregninger forventes det, at marginalomkostningerne ved at indfase den sidste halve mio. elbiler er højere end for den første halve mio., fordi man for at nå 1,5 mio. i elbiler i 2030 skal optrappe indfasningen på et tidligere tidspunkt, hvor teknologien er dyrere. Det er antaget, at bilerne udfases i takt med, at de er udtjent. Derfor vil et større antal elbiler i 2030 kræve, at elbiler dominerer salget af nye biler hurtigere.

Ser man i stedet på meromkostningen pr. bil i det enkelte år, så vil meromkostningen være markant lavere i 2030 end i 2021. Var ambitionen i stedet kun at nå 1 mio. elbiler i 2030, ville man altså kunne begynde indfasningen senere, når teknologien er mere moden og derfor forventes at være billigere. Da der sker en naturlig løbende udskiftning af bilparken i Danmark, betyder forskellen på 1 eller 1½ mio. elbiler, at året, hvor elbiler dominerer nysalget med mere end 90%, rykkes fra 2029 til 2027.

For de øvrige omkostninger ved den grønne omstilling på ca. 7-10 mia. kr. består den største meromkostning i erstatning af naturgas med biogas i gasnettet, i CO_2-fangst og -lagring, i udskiftning af fossile biler med elbiler samt i iblanding af biobrændstof. Samlet tegner de fire tiltag sig for ca. 70% af den samlede meromkostning ekskl. Power-to-X.

Vejen til 2030 indebærer en hurtig indfasning af en række teknologier, der endnu ikke er konkurrencedygtige med de fossile teknologier, som de erstatter. Derfor står samfundet i 2030 med en meromkostning på 15 mia. kr. Den meromkostning skal dog kun betales én gang. Ved at skifte fra fossile til grønne teknologier vil de grønne teknologier samtidig begynde at falde i pris. Det vil sige, at når den første elbil eller varmepumpe skal erstattes efter 2030, vil det med stor sandsynlighed være til en pris, der er mere konkurrencedygtig end det fossile alternativ. Meromkostningen forventes derfor at falde efter 2030 for dén omstilling.

Der kan så ligge nye meromkostninger fra 70%-målsætningen i 2030 til fuld klimaneutralitet, men det ligger ud over denne analyses beregninger.

[6.9] Meromkostninger i 2030 inkluderer både afskrivninger i 2030 på grøn teknologi anskaffet i perioden 2019-2030, samt de løbende udgifter til drift.

Et større antal elbiler i 2030 vil kræve, at elbiler dominerer salget af nye biler hurtigere

De beregnede meromkostninger omfatter alene de energirelaterede udledninger. Meromkostninger ved reduktioner, som ikke er relateret til energianvendelse, indgår ikke i disse beregninger.

Økonomisk effekt af virkemidler i den grønne omstilling

Den grønne omstilling forudsætter passende virkemidler, der kan få teknologiskiftet til at finde sted. Selv når meromkostningen er negativ og dermed en gevinst, vil omstillingen ikke nødvendigvis ske af sig selv. Kollektiv transport styres fx af offentlige udbud, og såvel borgere som virksomheder er historisk set langsomme til at foretage mere fundamentale teknologiskift. Der vil også være et samfundsøkonomisk tab ud over det privatøkonomiske, når staten skal finansiere nye udgifter, eller når forbrugere må indordne sig efter forbud og krav, de ellers ikke ville have fulgt.

Meromkostningen kan både bæres af forbrugere og erhvervslivet eller af staten, afhængig af hvilke virkemidler der vælges. Gennemføres omstillingen gennem forbud, vil tiltagene ikke medføre omkostninger for staten, men vil i stedet bæres af forbrugerne og erhvervslivet. Gennemføres omstillingen omvendt gennem økonomiske tilskud, bæres omkostningen af staten.

Antager man, at alle meromkostninger betales af forbrugerne, så svarer det til, at hver husholdning skal betale ca. 5.000 kr. ekstra i 2030 for deres samlede forbrug af energi, herunder for at dække den meromkostning, der er for erhvervslivet. Meromkostningen skal ses i kontekst af, at den danske velstand i samme periode forventes at vokse med ca. 350 mia. kr. Danskerne forventes derved i gennemsnit at blive rigere i 2030 svarende til ca. 90.000 kr. pr. husholdning om året[6.10].

Den grønne omstillings konsekvenser for forbrugerne kan også vurderes ved at betragte udviklingen i andelen af husholdningers disponible indkomst, der går til at dække deres samlede gennemsnitlige energibehov. I 2019 udgjorde disse udgifter ca. 19% af forbrugernes husholdningsbudgetter (dette inkluderer køb af bil samt løbende udgifter til energikøb til lys, opvarmning og transport mv.). Under antagelse af at alle meromkostninger dækkes af husholdningerne, vil andelen udgøre 17% i 2030. Forbrugerne kan således se frem til at få grøn energi, teknologi og en samlet energiregning, som vil lægge beslag på en mindre andel af en gennemsnitlig families økonomiske råderum.

6.3.2. Statskassen udfordres af 70%-målsætningen, men det kan løses

Den grønne omstilling vil påvirke statskassen direkte på to måder:

- Staten taber indtægter, når forbrugerne køber færre højtbeskattede biler med forbrændingsmotorer og anvender færre beskattede, fossile brændsler i industrien, husholdningerne, landbruget, transportsektoren og energisektoren.

- Staten forventes at få større udgifter, da en del af omstillingen kun kan gennemføres, hvis udvalgte energikunder får støtte.

6.3.2.1. Direkte tab af statsprovenu forventes at være ca. 23 mia. kr. i 2030 med nuværende afgiftsstrukturer

En fuldt dækkende beregning af tabt statsprovenu forudsætter kendskab til et fuldt dækkende valg af virkemidler, som endnu ikke kendes. Den samlede økonomiske effekt på statens indtægtsside kan i stedet illustreres, under antagelse af at den nødvendige omstilling gennemføres uden justering af det gældende skatte- og afgiftssystem. Beregningen er dermed alene illustrativ for udfordringens størrelse, idet det er rimeligt at antage, at den delvist vil blive modsvaret af en forhøjelse af andre skatter, ligesom det hen mod 2030 må forventes, at en del af de grønne teknologier vil have oplevet et prisfald, der muliggør, at de også kan beskattes mere end på det niveau, som gælder i 2020.

Den største direkte effekt af den grønne omstilling på statens provenu forårsages af erstatningen af

[6.10] Forventninger til stigninger i velstand for husholdninger er beregnet pba. Finansministeriet: Danmarks Konvergensprogram (2019).

Figur 36.

Årligt tabt statsprovenu i 2030 med nuværende afgiftsstruktur

Reduktionstiltag	Tabt statsprovenu, 2030[1] Mia. kr.	Primære omkostningsdrivere
Basisfremskrivning 2019		
Udvikling i Basisfremskrivningen 2019-2030	1,0-1,5	Færre afgifter fra kul, olie og naturgas
Energi og forsyning		
Erstatning af kul, olie og naturgas i fjernvarmen	0,9-1,1	Færre afgifter fra kul, olie og naturgas
Erstatning af olie og naturgas i individuelle fyr	0,5-0,7	Færre afgifter fra olie og gas
CO_2-fangst og -lagring	0,0-0,1	Færre CO_2-afgifter fra udledninger fra fossilt affald
Genanvendelse af plast i affaldsenergi	0,4-0,6	Færre CO_2-afgifter fra udledninger fra fossilt affald
Effektivisering og elektrificering af Nordsø-prod.[2]		Mersalg af naturgas
Transport		
1,5 mio. el- og hybridbiler[3]	16,0-19,0	Lavere registreringsafgifter, færre benzin- og dieselafgifter
El- og hybridvarevogne	0,8-1,0	Lavere registreringsafgifter, færre benzin- og dieselafgifter
Elbusser og ellastbiler	0,2-0,4	Færre dieselafgifter
Biobrændstof, bl.a. biogas og -diesel	0,4-0,6	Færre benzin- og dieselafgifter
Industri		
Varmepumper i industriprocesser	~0	Minimal ændring i afgiftssats ved skift fra fossil energi
Biogas i gasnet, industri og bygninger[4]	~0	Minimal ændring i afgiftssats ved skift fra fossil energi
Energieffektivisering	~0	Minimal ændring i afgiftssats ved skift fra fossil energi
Andet (fx intern transport)	~0	Minimal ændring i afgiftssats ved skift fra fossil energi
Bygninger		
Effektivisering af bygningsinstallationer	0,0-0,2	Færre afgifter på brændsler
Renovering af klimaskærm	0,0-0,2	Færre afgifter på brændsler
Total	**Σ Ca. 23 mia. kr. (21-25)**	
Støttebehov	**5-7 mia. kr.[5]**	*Støtte til at sikre grøn omstilling*

[1] Årlig effekt baseret på et frozen policy-scenarie, dvs. med nuværende afgiftsstruktur, der i høj grad beskatter fossile brændselskilder.
[2] Har ikke været muligt at beregne indenfor den givne tidsfrist.
[3] Registreringsafgifter for elbiler er beregnet, under forudsætning af at 2020-afgiftsatsen på 40% er fastholdt til 2030. En højere registreringsafgift frem mod 2030 drøftes politisk, men da en elbil i mellemklassen (250.000 kr. i forhandlerpris ekskl. afgift) får fuldt nedslag i registreringsafgift grundet dens høje energieffektivitet, vil der fortsat være en betydelig effekt på statens provenu selv med fuld indfasning af registreringsafgift for elbiler.
[4] Omfatter biogas til alle formål. Under antagelse af uændret regulering regnes der med støtte til biogasproduktion indtil 1. januar 2021.
[5] Støttebehov beskrives i kapitel 7.
Note: Tabt statsprovenu er beregnet med tilbageløb.
Kilde: Ea Energianalyse 2019; beregninger af Dansk Energi; QVARTZ-analyse.

fossile brændsler og fossildrevne teknologier. Staten opkræver i dag ca. 30 mia. kr. fra fossile brændsler og yderligere lidt over 30 mia. kr. fra den fossildrevne person- og varetransport. I takt med omstillingen vil en betydelig del af indtægterne fra afgifter på de fossile brændsler og fossildrevne køretøjer, der anvendes i dag, falde bort.

Konkret forventes det tabte statsprovenu, under antagelse af at der ikke ændres på afgifterne, at blive ca. 23 mia. kr. i 2030, jf. Figur 36.

Det tabte statsprovenu kan imødegås skattemæssigt på mange forskellige måder. Det største enkeltstående bidrag til tabt statsprovenu forventes at være omstillingen til el- og hybridbiler, som er forbundet med et tab både ved en lavere registreringsafgift på el- og hybridbiler og ved faldende indtægter fra afgifter på benzin og diesel. Det forventes, at en del af tabet gradvist kan indhentes gennem gradvis øget beskatning af el- og hybridbiler, i takt med at de opnår prismæssig ligestilling med de fossile biler, men ikke det hele. Analysen viser dermed, at regering og Folketinget i forlængelse af 70%-målsætningen må indstille sig på et årti, hvor beskatning af privatbilisme kommer til at bidrage mindre til statens indtægter, end det historisk har været tilfældet.

Med tiden vil man også kunne beskatte grøn energi, hvis de grønne energikilder fastholder konkurrenceevnen over for deres fossile alternativer. Det vil også være muligt at hæve afgifterne på fossil energi under behørig hensyntagen til særligt erhvervslivets konkurrenceevne. Endelig kan man vælge at omprioritere inden for det offentlige forbrug eller omfordele skatten, så mindre skattebetaling ved køb af bil eller over energiregningen erstattes af øget beskatning på andre områder.

6.3.2.2. Staten skal bidrage aktivt til at få den grønne omstilling til at ske

Realiseringen af 70%-målsætningen kræver, at der udvikles ny teknologi, og at både eksisterende og nye teknologier spredes. Energi- og forsyningssektoren og energikunderne behøver støtte til denne udvikling. Selvom fx infrastrukturen og en del af de grønne brændsler skal betales af energikunderne over deres energiregning, vil det ikke i sig selv være tilstrækkeligt, hvis et stærkt erhvervsliv, en stærk energisektor og en fortsat fair social balance i det danske samfund skal bibeholdes, som beskrevet i klimaloven som forudsætninger for vejen til 2030. Samfundet som helhed kommer derfor til at bære nogle af omkostningerne gennem omfordeling via statskassen.

For det første vil investeringer i forceret udbygning af vedvarende energi på nogle områder kræve tilskud. Det handler primært om fortsat tilskud til biogasproduktion og nye tilskud til skalering af CO_2-fangst og til Power-to-X-brændsler.

For det andet er der behov for risikodeling i udbygningen af vind og sol. For denne elproduktion er den største udfordring, at prisen på el afhænger af, om elektrificeringen af både Danmark og EU forløber efter de erklærede hensigter eller ej. Udbygges produktionen uden en tilsvarende forøgelse i elforbruget, vil elprisen falde og derved udgøre en risiko for rentabiliteten i udbygningen. Da elektrificeringen af både Danmark og EU de kommende 10-20 år i høj grad er drevet af politiske beslutninger, er den risiko vanskelig at løfte alene for privat kapital. Der er derfor behov for reguleringsmodeller, hvor samfundet tager en del af risikoen, fx gennem udbudsordninger, hvor investorerne kompenseres ved lave elpriser.

For det tredje vil der være behov for en offentlig indsats knyttet til "byggemodning" af pladser til elbil-ladestandere i det offentlige rum, i tyndt befolkede områder, langs motorveje osv.

For det fjerde skal meromkostningen for nogle af energikunderne håndteres med støtte. Behovet for støtte til at håndtere meromkostningerne for energikunderne vil indgå som element i de øvrige 12 klimapartnerskabers køreplaner. Energi- og forsyningssektoren har i denne sektorkøreplan ikke vurderet det behov. Men energi- og forsyningssektoren anerkender den alvor, som rammer enhver virksomhed, der mødes af en meromkostning, som ikke kan dækkes tilsvarende på indtægtssiden. Udfordringen er den samme for energi- og forsyningssektoren. Det er derfor en opgave for regering, Folketing og Grønt Erhvervsforum at vurdere det samlede støttebehov.

Støtte til omstillingen kan konkret finde sted, ved at en del af meromkostningen for borgere og virksomheder løftes kollektivt af staten igennem tilskud eller målrettede afgiftslettelser (fx på overskudsvarme og el), der fremskynder og lemper omstillingen, igennem støtte til udvikling, skalering og spredning af teknologier samt ved investeringer i den forskning, som er nødvendig, for at de nødvendige teknologier kan modnes. Behovet for kollektiv finansiering af omstillingen kan begrundes både af fordelingsmæssige og konkurrencemæssige hensyn. Fordelingsmæssigt, så det er muligt for alle borgere at være med til det grønne teknologiskifte. Konkurrencemæssigt, så erhverv, der opererer under international konkurrenceudsættelse, såsom transport, industri og landbrug, får hjælp til at gennemføre omstillingen, uden at det forringer konkurrenceevnen.

Hvor store udgifterne bliver for statskassen, kan kun estimeres med en fuldt gennemregnet plan baseret på alle klimapartnerskabers anbefalinger, hvor alle virkemidler fastlægges. Samtidig er kombinationen af virkemidler et politisk valg.

Samlet set viser analyserne af de økonomiske konsekvenser af 70%-målsætningen, at regering og Folketing sideløbende med valg af strategisk retning, handling og virkemidler også må forholde sig til en samlet finansieringsplan for rejsen til 2030.

7.0 En grøn samfundskontrakt om vejen mod klimaneutralitet

Et nyt partnerskab mellem privatsektor, regering og Folketing skal sikre de nødvendige investeringer og den nødvendige politik, der kan lede Danmark til 70% reduktion i 2030 og fuld klimaneutralitet i 2050. Omfanget og hastigheden af de nødvendige investeringer i konkurrencedygtig teknologi og i ny, umoden teknologi vil kræve, at der investeres på forkant med efterspørgslen, i forventning om at politik vil drive behov og efterspørgsel. Det kan kun lade sig gøre at tiltrække ny kapital, hvis samfundet er villig til at dele de risici, der følger med, fx igennem fastprisaftaler. Energi- og forsyningssektoren efterspørger en gensidig, grøn samfundskontrakt konsistent med 70%-målsætningen og præsenterer forslag til ændret regulering og rammevilkår for 12 indsatsområder, der kan sikre Danmarks grønne omstilling.

Udgangspunktet for denne sektorkøreplans arbejde har været Energistyrelsens Basisfremskrivning, der årligt estimerer det fremtidige energibehov med henblik på at vurdere, hvordan sektoren forventes at kunne udvikle sig under gældende regulering. Der findes således et myndighedsestimat over, hvilke tiltag energisektoren kan gennemføre uden nye rammevilkår. Basisfremskrivningen viser også med al tydelighed, at der skal mere til for at komme i mål med 70%, forstået som ny regulering, nye strategiske beslutninger i dansk erhvervsliv, herunder energi- og forsyningssektoren og hos hver enkelt dansker.

70%-målsætningen kan nås, hvis alle bidrager med kapital, viden og strategiske beslutninger. Danmark har i mange år nydt godt af en bred politisk enighed om regulering af energi- og forsyningssektoren, som har affødt grønne investeringer og grønt, industrielt lederskab. Energi- og forsyningssektoren ser frem til fortsat at bidrage til Danmarks grønne omstilling og til regeringens og Folketingets 70%-målsætning.

En grøn samfundskontrakt bygger på politik, der er konsistent med 70%-målsætningen

Den strategiske retning frem mod 2030 står soleklar; al energi skal bruges effektivt, og fossilt brændsel skal erstattes med grøn energi – grøn energi i form af el fra sol og vind suppleret med biogas. Den danske produktion af vedvarende energi skal derfor øges markant. Elinfrastrukturen skal udbygges, gassystemets rolle forandres, fjernvarmen skal gennemgå store forandringer, og energikunderne skal tage ny teknologi til sig. En stor del af udviklingen vil blive drevet af direkte elektrificering i form af elbiler og varmepumper eller via biogas, som vil erstatte kul og naturgas. Men direkte elektrificering kan ikke tage Danmark hele vejen til 70% i 2030 eller fuld klimaneutralitet i 2050.

Nye, avancerede, brintbaserede brændsler lavet på CO_2-fangst eller biogas skal ikke bare snarest udvikles, men også tages i anvendelse i industrien og i transporten. Der skal åbnes op for, at CO_2-lagring er en strategisk mulighed for at reducere Danmarks udledning, og CO_2-indholdet i det affald, som brændes af for at producere varme, skal nedsættes

markant med bedre udsorterings- og genanvendelsesmetoder.

Der vil helt naturligt være forskellige vurderinger af, hvilken rolle de enkelte brikker skal spille frem mod 2030, samt hvor hurtigt de forskellige teknologier kan udvikle sig, hvilke der bliver de fortrukne, og i hvor store mængder. Men skal Danmark nå 70% og især nå fuld klimaneutralitet i 2050, er det afgørende, at alle brikker sættes i spil. Lige så afgørende er det, at de strategiske valg tages nu, så de mange forandringer, energi- og forsyningssektoren og energikunderne skal igennem, understøttes af de regulatoriske rammevilkår. Og så vi som sektor, og vores kunder, kan hjælpe via forbrugeradfærd og investeringsbeslutninger.

Energi- og forsyningssektoren efterspørger en gensidig, grøn samfundskontrakt konsistent med 70%-målsætningen. Vi er som sektor parat til at rejse endnu mere kapital til de nødvendige, grønne investeringer, der kan 1) levere en næsten fossilfri energi- og forsyningssektor i 2030, 2) levere grøn energi og infrastruktur til den fulde omstilling af Danmark samt 3) bidrage med store mængder af vedvarende energi til eksport og grøn omstilling af vores nabolande, og som samtidig vil skabe vækst, værdi og velstand i Danmark.

Energi- og forsyningssektoren er sammensat af aktiviteter, der er omfattet af tæt regulerede monopoler – fjernvarme, gasinfrastruktur og elinfrastruktur – og aktiviteter, der fortages på et mere almindeligt frit marked. En national klimastrategi må derfor både forholde sig til, hvordan de regulerede dele af sektoren bringes i en position, hvor de kan udfylde hver deres forandrede rolle, der følger af 70%-målsætningen, og til hvordan kommercielle investeringer i realisering af 70%-målsætningen gøres profitable.

Forandringer af kundernes energiforbrug skal guides af regulering, der igen hviler på svære valg, når det kommer til den konkrete politik. Noget skal drives af, at fossil anvendelse gøres dyrere, andre steder skal positive incitamenter såsom tilskud bringes i anvendelse, og i helt særlige tilfælde krav eller forbud. De forskellige undersektorer og virksomheder, der indgår i vores klimapartnerskab, har helt naturligt forskellige holdninger til virkemidler, ligesom der ganske givet også på kundesiden vil være forskellige holdninger.

Svære valg ligger forude, og ikke alle de teknologiske og markedsmæssige muligheder er kendte. Trods det, opfordres regering og partierne bag klimaloven til at fremlægge en samlet klimahandlingsplan, som er konsistent med 70%-målsætningen. Planen skal tage højde for, at nogle teknologiske svar endnu er usikre, og i disse tilfælde vise, hvordan fremtidens usikkerhed kan mindskes og håndteres i dag fx gennem støtte til teknologiudvikling og forceret teknologispredning.

På tværs af alle dele af energi- og forsyningssektoren er der to forhold, som skal håndteres politisk. Det ene er, hvordan risikoen i de store investeringer deles mellem sektor og samfund. Det andet er adgangen til arealer.

Risikodelingen er nødvendig, fordi megen infrastruktur og vedvarende energi skal planlægges i så god tid, og investeringsbeslutningerne har så lange horisonter, at investeringerne bliver nødt til at ske, lang tid før efterspørgslen opstår. Samtidig har energiteknologi typisk meget lang levetid (20-50 år). Derfor er det også helt centralt, at der i en grøn samfundskontrakt gives politisk håndslag på, dels vilje til at skubbe på efterspørgslen, og dels vilje til at dele risikoen ved, at energi- og forsyningssektoren skal foretage investeringer, inden vi har set den fulde efterspørgsel. Det kan nemlig kun lade sig gøre at tiltrække den nødvendige ny kapital, hvis samfundet er villigt til at dele de risici, der følger med. For monopolinfrastruktur, som især kendetegner vores sektor, kræver det, at regulator også accepterer præmissen om, at der skal foretages store investeringer frem mod 70% og fuld klimaneutralitet i 2050. For konkurrenceudsatte teknologier, som vedvarende energiproduktion, kræver det politisk vilje i form af forskellige former for fastprisaftaler. Dertil kommer, at der skal værnes om tilliden til, at grønne investeringer, som foretages baseret på den aktuelle viden og regulering, ikke eroderes af fremtidig ændret lovgivning.

Adgangen til areal er et andet vigtigt tema for energi- og forsyningssektoren frem mod 2030. Vedvarende energianlæg, der sørger for grøn el og biogas til danskerne, fylder på både land og på havet. Selv i byerne, er der kamp om arealer til fx ladepladser til elbiler. Det er derfor af afgørende betydning, at regeringen og forligspartierne anerkender, at klimahandlingsplanen ikke kun kommer til at fylde øko-

nomisk, men at den vil kunne ses og mærkes rundt om i landet. Dertil kommer, at udpegning af arealer fordrer svære afvejninger fx i forhold til miljøpåvirkning og de langsigtede klimaforandringer. En tættere dialog med kommunerne skal derfor være en del af ligningen. Fra havvindmølleparker til parkerings- og ladepladser i byerne – på alle områder skal der udpeges, prioriteres og træffes nogle klare, politiske valg.

De politiske beslutninger skal vise vejen for store reduktioner af brugen af de fossile brændsler i hele det danske samfund. Investerer vi som samfund alene i udbud af grøn energi og infrastruktur, men ikke i grønt og fossilfrit forbrug, kommer Danmark ikke i mål. Der skal føres en klar og offensiv politik for at guide energikundernes valg de kommende år, så der vælges grønt hver gang, når der investeres i bil, bolig eller virksomhed. Det skal kombineres med et strategisk sigte om, ikke alene at forsyne hele Danmark med grøn energi, men også et sigte om at høste gevinsten ved at forsyne Europa med grøn energi.

Finansiering

Som vist i kapitel 6 bliver omstillingen ikke gratis, men vil kræve store investeringer. En grøn samfundskontrakt må derfor ledsages af en klar strategi for finansiering af Danmarks vej mod de 70%, og på en måde der ikke øger den sociale ulighed eller forringer erhvervslivets konkurrenceevne. For energikunderne kan regningen blive mindre, hvis Danmark i samme periode letter afgifterne på de grønne løsninger og bruger støtte til teknologiskift, der hvor de grønne valg er sværest. En accelereret udbygning af den grønne energi vil i en overgangsperiode fortsat kræve støtte. Energi- og forsyningssektoren vurderer et samlet foreløbigt støttebehov på 5-7 mia. kr. årligt til omstillingen af energisektoren for at kunne levere tilstrækkelig med grøn energi til at indfri 70%-målsætningen i 2030 og lægge trædestenene til klimaneutralitet i 2050.

Finansieringen af velfærdssamfundet er afgørende for energi- og forsyningssektoren, erhvervslivet og naturligvis danskerne. Men den betyder mere end det. For justering af afgifter og forudsigeligheden i at vide, hvordan afgifterne vil udvikle sig de næste 10 år, er et vigtigt redskab til at guide de mange mennesker, der i de kommende år skal træffe grønne investeringsbeslutninger.

Der bør derfor gennemføres en samlet, grøn skattereform, hvor finansieringen af velfærdssamfundet gøres mindre afhængig af beskatningen af energi og personbiler. I tillæg hertil skal der findes en balance mellem CO_2-afgifter, tilskud og gradvist stigende afgifter på grønne personbiler i takt med, at de bliver billigere. Afgifter skal justeres med stor varsomhed over for risikoen for såkaldt lækage – risikoen for, at den erhvervsmæssige aktivitet blot flytter ud af Danmark uden gavn for klimaet. Tilsvarende skal afgifter på grønne biler introduceres på en måde, der ikke konflikter med behovet for CO_2-reduktioner. Behovet for store forandringer af det samlede skatte-/afgiftssystem vil blive mindre, hvis der er politisk vilje til, at en del af det fremtidige råderum i den offentlige økonomi prioriteres til finansiering af klimahandlingsplanen suppleret med en vækstorienteret, økonomisk politik. Det vil muliggøre en realisering af 70%-målsætningen uden at forringe erhvervslivets konkurrencekraft eller øge den sociale ulighed.

Strategisk retning, partnerskab og handling

Vi opfordrer til, at regeringen og forligskredsen bag klimaloven i løbet af de kommende måneder fastlægger den overordnede strategi, der skal føre Danmark frem til 70%-målsætningen. Strategien skal med fem centrale opgaver sætte retningen for den energi- og forsyningssektor, der skal stå klar i 2030.

Når regeringen har gjort sin strategiske position op, og når de afgørende strategiske beslutninger er truffet, skal det hele omsættes til handling og detailregulering i embedsværket. På nogle områder kan og skal der handles hurtigt. Fx skal udbud af ny havvind besluttes snarest, så embedsværket kan gå i gang med udpegning af sites og infrastrukturen forberedes. Afstanden mellem beslutning og handling bliver nødt til at være kort.

Energi- og forsyningssektoren præsenterer i oversigtsform sine mere detaljerede anbefalinger til ændrede rammevilkår under 12 indsatsområder, som er centrale for, at energi- og forsyningssektoren kan løse sin opgave med at forsyne Danmark med grøn energi på vejen mod 70% i 2030. Det gælder for varme, CO_2-fangst, effektivisering og elektrificering af Nordsø-produktionen, vedvarende energi til transport og industri, udbygning af havvind, landvind, sol, Power-to-X, biogas, opretholdelse af forsyningssikkerheden og styrkelse af infrastrukturen samt øge

Figur 37. **Ny detailregulering på 12 indsatsområder skal understøtte en national klimastrategi**

det fleksible forbrug. De 12 indsatsområder, hvor der skal sættes ind med detailregulering, beskrives i de følgende afsnit. Det er er klar forudsætning for anbefalingerne, at Energiaftalen fra 2018 implementeres uden forsinkelser.

På baggrund af de kommende måneders klare politiske valg, står energi- og forsyningssektoren klar til at fortsætte arbejdet i partnerskab med regeringen og udfylde den rolle, vi bliver tildelt. Vi anerkender til fulde opgavens omfang og kompleksitet og behovet for, at politikken og indsatsen skal tilpasses i takt med spredning af teknologier, teknologiudvikling og forbrugeradfærd. Klar strategisk retning, partnerskab og handlekraft er de tre ingredienser, der danner fundamentet for den samfundskontrakt, der er nødvendig, for at Danmark kommer i mål.

1. Varme
(kul, naturgas, affald og biomasse)

Figur 38. **Fra situationen i dag og til 70%-målsætningen i 2030**

Situation i dag

- Kul i centrale kraftvarmeanlæg udleder i dag ca. 6 mio. ton CO_2e om året
- Fossilt affald (plast) i affaldsenergianlæg udleder i dag ca. 1,7 mio. ton CO_2e om året
- Naturgas og olie i el-og fjernvarme udleder i dag ca. 1,2 mio. ton CO_2e om året
- Oliefyr i ca. 80.000 og naturgasfyr i ca. 375.000 husstande udleder i dag ca. 3,2 mio. ton CO_2e om året.

Situation i 2030 for at nå 70%-målsætningen

- Kul er helt udfaset af centrale kraftvarmeanlæg
- Halvdelen af fossilt (plast) affald udsorteres og genanvendes i affaldsenergianlæg
- Naturgas og olie er udfaset af fjernvarme (med undtagelse af olie til opstart)
- 95% af alle individuelle oliefyr og 70% af alle individuelle naturgasfyr er udfasede. Resterende gasfyr bruger kun biogas.

Den forcerede udfasning af fossile kilder i varmesektoren kommer ikke af sig selv. Hvad der skal erstatte den fossile energi i varmesektoren vil variere fra område til område. Det afhænger af adgangen til effektive varmekilder som varmepumper, geotermi og overskudsvarme. Dertil kommer, at mængden af den fossile energi, som skal udfases, er forskellig fra område til område, og at usikkerheden om den fremtidige regulering af fjernvarmesektoren spænder ben for, at investeringer i grønne alternativer tager fart.

Biomasse er en væsentlig del af grundlaget for fjernvarmeforsyningen i dag. Biomasse opfattes som CO_2-neutral i den netop vedtagne klimalov og har været den vigtigste bidragyder til CO_2-reduktion ved at erstatte kul. Der mangler dog stadig en lovfæstet definition af kriterierne til bæredygtighed samt krav om kontrol og certificering. Den manglende lovgivning skaber stor offentlig og politisk debat om brugen af biomasse og dermed også politisk usikkerhed. Denne lovgivning må på plads så hurtigt som muligt.

For at sektoren skal kunne reducere med mere end 95% i 2030, vil det også være nødvendigt at reducere udledningen fra produktionen af varme på affaldsenergianlæg. Udledningerne skyldes, at en del af affaldet bl.a. består af plast og andre fossiltbaserede produkter, men i dag findes der begræn-

sede incitamenter til udsortering og genanvendelse af plastaffald i virksomheder og husholdninger. Energiafgifter har stor påvirkning på valg af varmekilde, når det kommer til udfasning af fossile brændsler i den individuelle opvarmning. For de kunder, der har naturgasfyr, er der desuden omkostninger forbundet med at forlade naturgasnettet. For de kunder, der skal skifte fra fx et oliefyr til en varmepumpe, ville dette skifte være forbundet med en væsentlig investering. Selvom disse investeringer på papiret tjener sig hjem over en årrække, kan det for mange boligejere være svært at rejse de nødvendige midler til udskiftningen. Dertil kommer, at gasinfrastrukturen formentlig vil ændres som følge af en reduktion af naturgasforbruget i både husholdninger og industri. Det betyder, at kunder vil have behov for viden om, hvor og hvor længe naturgas vil være en reel mulighed i deres opvarmning, herunder muligheden for at skifte til biogas.

Energi- og forsyningssektoren anbefaler:

Regulering, der understøtter udfasning af kul og naturgas i fjernvarme	• En moderne regulering som: – tager afsæt i det enkelte værks konkrete situation og planer for en fossilfri fremtid – muliggør de nødvendige investeringer i nye varmekilder, så en eventuel omkostningsramme skal fx baseres på fremtidige forventede omkostninger og ikke på historiske omkostninger – tager højde for allerede foretagne investeringer – sikrer, at varmeselskabet altid kan investere i det billigste, grønne alternativ fremfor en fossilbaseret løsning. Det skal kombineres med overvejelse om et forbud mod etablering af ny gaskapacitet og drift heraf efter 2030, samt sikkerhed for at brændselsbindinger ikke står i vejen for fossil udfasning – muliggør kommerciel varmeleverance til varmeselskabet som fx kontrakter, der omfatter geotermi, overskudsvarme og varmepumper, og sikrer, at investeringer ikke undermineres i afskrivningsperiode – understøtter fjernvarmens konkurrencekraft i en verden, hvor også individuelle alternativer falder i pris. • Da det kan underminere fremtidsorienterede grønne investeringer, bør den regulatoriske ramme ikke baseres på bagudskuende indtægtsrammer og benchmarking af alle varmeselskaber og produktionsteknologier.
Udfasningen af fossile brændsler og skift til grønne teknologier, der ikke leder til høje varmepriser for enkelte kundegrupper	• Et afgiftsregime eller tilskudssystem for at modvirke varmeprisstigninger hos de enkelte erhvervskundegrupper, der i dag alene betaler procesafgift og kan opleve høje varmepriser som følge af udfasning af fossile kilder. • Behovet for en tilskudsordning forventes at være i størrelsesordenen mellem 25 og 73 mio. kr./år til konkurrenceudsatte erhverv[7.1].

7.1 Som en del af Energiaftalen 2018 blev der afsat 540 mio. kr. til håndtering af grundbeløbets ophør i form af puljer og økonomisk støtte. Da disse midler endnu ikke er fuldt udmøntet, er det svært at vurdere et eventuelt yderligere tilskudsbehov for værker og privatkunder.

Incitamenter til bedre udsortering og genanvendelse af plastaffald	• Større politisk fokus på genanvendelse af plast og modning af genanvendelsesteknologier. • At overveje reform af affaldsafgifter på afbrænding af fossile fraktioner for at fremme genanvendelse. • Klimapartnerskabet for affald, vand og cirkulær økonomi anbefaler bl.a. følgende initiativer, som skal sikre genanvendelse: – Ensartet sortering af husholdningsaffald nationalt via branchefælles standarder for sortering – Indførelse af producentansvar for emballage, herunder plast, skal sikre at affald bliver genanvendt og dokumenteret, samt give større incitament til at designe emballage, så det kan genanvendes til nye materialer – Affaldspiktogrammer skal anvendes på indsamlingsmateriel, ligesom det er forventningen, at producenterne vil mærke deres produkter og emballage med piktogrammerne for at gøre det lettere for forbrugere at sortere – I forhold til servicesektoren og industrien skal kravene til kildesortering skærpes, og der skal indføres et effektivt tilsyn. Modtagekontrollen på affaldsforbrændingsanlæggene skal håndhæves, hvorved læs indeholdende større mængder af genanvendeligt materiale kan blive afvist og sorteret.
Incitamenter til udskiftning af individuelle olie- og gasfyr	• Øget beskatning af naturgas og fyringsolie til opvarmningsformål kombineret med eventuel investeringsstøtte til konvertering til alternativ grøn opvarmning, fx en ny energispareordning eller "skrot dit oliefyr". • Målrettet sænkelse af elafgiften for el brugt til varmepumper gennem en særskilt måling af varmepumpens forbrug. • Plan for gasinfrastrukturen, så kunder, der står overfor udskiftning af deres varmeforsyning, har viden om hvor og hvor længe naturgas vil være en reel mulighed. • Tilskud til privatkunder til betaling af "afkoblingsbidrag" til gasnettet. Behovet for tilskud forventes at være i størrelsesordenen på ca. 70 mio. kr./år. • Fremme af nye forretningsmodeller for grøn opvarmning, f.eks. nærvarme eller leasing-modeller. • Krav om, at individuelle gasfyr og hybridvarmepumper skal anvende biogas i 2030. • Forbud mod installation af nye konventionelle oliefyr i 2022 og naturgasfyr i 2022 fx ved ændring af Bygningsreglementet.
Lovfastsatte rammer for bæredygtig biomasse	• Lovfastsatte rammer for bæredygtig biomasse, der bl.a. sikrer, at biomassen reelt bidrager til markant reduktion af CO_2 og overholder krav om biodiversitet. Det indebærer: – 100%-certificering baseret på principperne i certificeringsordningerne – Gennemsigtighed om typen af biomasse, og hvor den kommer fra – At alle, der bruger træbaseret biomasse, skal omfattes af samme krav – kollektivt og individuelt.

2. CO_2-fangst

Figur 39. **Fra situationen i dag og til 70%-målsætningen i 2030**

Situation i dag

- CO_2-fangst finder i Danmark kun sted ved Korskro Biogasanlæg
- Der findes i dag ikke lagring af CO_2 i Danmark
- Der er 19 storskalaanlæg til CO_2-fangst i drift globalt, 4 under opførsel og yderligere 28 anlæg, som er under udvikling.

Situation i 2030 for at nå 70%-målsætningen

- Ca. 1,3 mio. ton CO_2 fra energiproduktion om året indfanges og deponeres
- I stedet for lagring kan opfanget CO_2 anvendes til fremstilling af bæredygtige transportbrændstoffer (se indsatsområde om Power-to-X). Hvis transportbrændslet skal være CO_2-neutralt, når det afbrændes, skal det fremstilles med CO_2 fra biogene brændsler.

CO_2-fangst vil blive en del af løsningen for energi- og forsyningssektorens rejse mod mere end en 95% reduktion i 2030, og vil være nødvendig for vejen mod fuld klimaneutralitet i 2050, idet teknologien også har stort potentiale i dele af industrien. Teknologien er udviklet, men der er i dag begrænset erfaring med storskala-anlæg. Der er også i dag betydelige omkostninger forbundet med installering af anlæg, og der er ikke mulighed for at få dækket de samlede omkostninger til CO_2-fangst. Eneste indtægt er den sparede kvoteudgift, men dette er ikke tilstrækkeligt for at dække omkostningerne, og muligheder for sparede kvoteudgifter gælder desuden kun ved afbrænding af fossile brændsler.

Med andre ord er CO_2-fangst en kendt, men endnu ikke moden og industrialiseret teknologi. Det vil sige, at de udgifter, der vil være frem mod 2030, ikke forventes at være de samme pr. mængde opfanget CO_2 efter 2030. Men for at CO_2-fangst kan blive en del af løsningen, skal der allerede i dag tages politisk stilling til, hvilken rolle CO_2-fangst skal spille fremadrettet i Danmark, og der skal udarbejdes regulering, som kan understøtte udviklingen og behovet.

Omkostningerne for CO_2-fangst kan ikke bæres af varmekunderne, som vil aftage varme fra anlæg, der fanger CO_2, og det er desuden heller ikke sandsynligt, at omkostningen vil kunne bæres af renovationskunderne, hvorfor en væsentlig del af omkostningen må foretages via statskassen.

Energi- og forsyningssektoren anbefaler:

National strategi

- Fundamental politisk stillingtagen til, hvordan og i hvilket omfang CO_2-fangst skal bruges i Danmark.
- En national strategi, der sætter rammerne for dansk CO_2-fangst, herunder lagring og udnyttelse, samt skaber incitament til opførelse af anlæg på danske punktkilder. Strategien skal:
  - sætte en politisk ambition for Carbon Capture i Danmark herunder lagring og udnyttelse
  - komme med oplæg til system til skelnen mellem, om kilden til CO_2 er fossil eller biogen samt sporbarhed og europæisk certifikatsystem.

Udbud og støtte

- Etablering af en statslig pulje til investerings- og driftsstøtte for at give investorer incitament til investering og drift til CO_2-fangst. Investeringsstøtten skal tildeles gennem udbud for at sikre konkurrence mellem potentielle investorer.
- Vindere af udbud skal opføre og drive CO_2-fangstanlæg og forpligtes til enten at lagre eller udnytte til et formål, der fortrænger fossil CO_2. Der skal derfor stilles krav om dokumentation og sporbarhed.
- Årligt støttebehov i størrelsesordenen 0,9-1,5 mia. kr. Afhængigt af bydere og omkostninger vil det kræve støtte at fange og anbringe de 1,3 mio. ton CO_2 identificeret i energi- og forsyningssektoren.
- Design af støttemodel, der indtænker skalerbarhed, forretningsmodel, eksportpotentiale og håndtering af risiko.
- Varme- og/eller affaldskunder, der er tilknyttet punktkilderne, skal ikke bære risiko og omkostning ved etablering af CO_2-fangst til lagring og udnyttelse, idet etablering og opførelse af infrastruktur vil være forbundet med høje opstarts- og enhedsomkostninger.
- Etablering af mulighed for kvoteindtægt svarende til den negative emission ved CCS på fossilfrie brændsler (biogent affald og bæredygtig biomasse) fx gennem EU eller internationale aftaler om beregnings- og betalingsregler ved fangst, lagring eller udnyttelse af CO_2. (CO_2-fangst til udnyttelse uddybes under indsatsområde om Power-to-X).

3. Effektivisering og elektrificering af Nordsø-produktion

Figur 40. **Fra situationen i dag og til 70%-målsætningen i 2030**

Situation i dag

- Naturgas anvendes i drift af turbiner til indvinding af olie og naturgas i Nordsøen
- Udledningen fra drift af produktionen udleder i dag ca. 1,6 mio. ton CO_2 om året.

Situation i 2030 for at nå 70%-målsætningen

- Udledningen fra produktionen af olie og naturgas i Nordsøen forventes at kunne nedbringes med mellem 0,6 og 1,1 mio. ton CO_2 om året i 2030.

Der er i dag store udledninger forbundet med olie- og naturgasproduktionen i Nordsøen. Effektivisering og elektrificering af produktionen kan reducere udledningen, men er afhængig af, at vedvarende energianlæg kan etableres i nærheden af eksisterende produktionsanlæg. Desuden er der store omkostninger forbundet med den modifikation af eksisterende og kommende anlæg, som er nødvendig for, at produktionen kan anvende elektriciteten fra vedvarende energianlæg.

Energi- og forsyningssektoren anbefaler:

Regulering, der understøtter elektrificering

- Regulering, der tilskynder udlægning og reservering af havvindmøllearealer i nærheden af olie- og naturgasinstallationer i Nordsøen.
- Rammevilkår, der understøtter investering i etablering af en vedvarende energiforsyning tæt på produktionsplatformene, evt. fra land eller fra en energi-ø.
- Etablering af grundlag, der tilskynder tredjepartsinvesteringer, herunder sikrer at der er afgiftsfritagelse, hvis der leveres havvind baseret på elektricitet direkte til industrielle kunder.
- Investering i anlægsomkostninger med henblik på elektrificering af Nordsø-produktionen ved tilslutning og ved udskiftning af eksisterende gasturbiner med motorer.

4. Vedvarende energi til transport og industri

Figur 41. **Fra situationen i dag og til 70%-målsætningen i 2030**

Situation i dag

- Der er ca. 26.000 biler, 1.300 varebiler, 250 busser og 200 lastbiler i Danmark, der bruger vedvarende energi (el/biogas) i dag
- Der anvendes i dag ca. 34 PJ kul og olie til procesvarme i industrien
- Der anvendes i dag ca. 29 PJ naturgas til procesvarme i industrien
- Der anvendes i dag ca. 21 PJ diesel til intern transport i industrien.

Situation i 2030 for at nå 70%-målsætningen

- Ca. 1,5 mio. biler, 160.000 varebiler, 5.000 busser og 3.000 lastbiler, der bruger vedvarende energi (el/biogas)
- 24 PJ kul og diesel er fortrængt med varmepumper og energieffektiviseringer
- Alle 29 PJ naturgas er fortrængt med varmepumper, energieffektiviseringer og med biogas i gasnettet
- 8 PJ diesel til intern transport i industrien er fortrængt med vedvarende energi-drivmidler.

Der er behov for ca. en halvering af de fossile brændsler i transport- og industrisektoren for at komme i mål med 70%-målsætningen. Energi- og forsyningssektoren kan levere alternativ energi og brændsler til denne omstilling, men det helt centrale er, at der skabes en efterspørgsel på alternativet. Det kræver adfærdspåvirkende regulering og rammevilkår, som understøtter et teknologiskifte både i transportsektoren, vejtransport og den kollektive transport, samt i industrien. Det er i dag ikke tilstrækkeligt økonomisk attraktivt og bekvemt at investere i og at anvende en grøn transportform frem for den fossile, ligesom der er betydelige omkostninger forbundet med omstilling af industriens processer, og øgede energiomkostninger vil have stor betydning for virksomhedernes internationale konkurrenceevne. Indsatsen skal understøttes af energieffektive teknologier for at begrænse energibehovet, og en kombination af direkte elektrificering og bioenergi vil spille en rolle.

Energi- og forsyningssektoren anbefaler:

Regulatoriske rammer, der understøtter grøn omstilling og teknologiskifte i transportsektoren	• Grønt afgiftssystem på biler og energi, som understøtter målet om udfasning af fossile brændsler i transportsektoren. • Lovfastsat krav til, hvor stort et CO_2-aftryk energi til transport må have. CO_2-fortrængnings-krav vil øge efterspørgslen på grønne produkter. • Øgede mål for vedvarende energi i transport. Det kan være iblandingskrav, offentlige udbud og nulemissionszoner mv.
Plan for infrastruktur, der understøtter grøn omstilling og teknologiskifte i transportsektoren	• Plan for udrulning og forstærkning af infrastruktur – både i forhold til opladning af det stigende antal elbiler, elvarevogne og elbusser samt grøn gas til gasdrevne køretøjer. Indsatsen skal kombineres med fokus på de områder, hvor markedet ikke af sig selv driver udviklingen fx i tyndtbefolkede områder. • Udpegning af arealer til etablering af ladepladser. • Udbygning af energiinfrastrukturen, som indtænker de danske havne, og som tager højde for efterspørgsel på el til skibe, der ligger ved kaj, og skibe, der skal have ladet batterier op til videre sejlads.
Regulatoriske rammer, der understøtter grøn omstilling og teknologi-skifte i industrien	• Incitamenter til og understøttelse af, at virksomheder foretager et grønt energiskifte, fx investeringstilskud til udfasning af fossile brændsler i industrien. • En klar strategi for gasinfrastrukturen og anvendelse af grøn gas i industrien. • Incitamenter og understøttelse af sektorkoblingsindsatser, fx levering af overskudsvarme, CCS fra grønne energikilder.

5. Power-to-X

Figur 42. **Fra situationen i dag og til 70%-målsætningen i 2030**

Situation i dag

- Energiforbruget i en del af den tunge transport og en række energiintensive industriprocesser kan ikke direkte elektrificeres
- Her kan energiforbruget i stedet erstattes af brintbaserede brændsler, produceret ved elektricitet (Power-to-X)
- Teknologien til Power-to-X findes, men der er ikke i dag skaleret produktion eller forbrug af Power-to-X i Danmark
- Der er i øjeblikket demonstrationsprojekter etableret og under udarbejdelse i bl.a. Skive, Fredericia og København. Derudover er der gennemført projekt i Ringe og et igangværende projekt i Holsted.

Situation i 2030 for at nå 70%-målsætningen

- Der skal udbygges ca. 2-3 GW Power-to-X-elektrolysekapacitet mod 2030, svarende til en udledningsreduktion på 1,9 mio. ton CO_2 som bidrag til 70%-målsætningen
- Den forventede primære anvendelse vil være brint til tung transport, diesel fra vedvarende energi samt metanol, fx til iblanding i brændsel eller direkte brug i skibe eller køretøjer samt metan til industrien eller Dimetylæter (DME) til tung transport
- Bidrag til den globale reduktion, herunder produktion af brændstof til international skibs- og flytransport, vil kræve en yderligere udbygning af Power-to-X-produktionen.

En satsning på Power-to-X vil ligge i naturlig forlængelse af Danmarks årelange indsats for at øge udbuddet af især vindkraft og vil være nødvendig for at kunne bidrage med reduktioner i bl.a. tung transport, skibs- og flytransport i Danmark såvel som i Europa. Teknologien er kendt, og produktion af brintbaserede brændsler sker flere steder globalt, herunder i Europa. Men før Power-to-X-teknologier kan produceres til konkurrencedygtige priser, skal de modnes helt og op i industriel skala. Det kræver omkostningstunge investeringer, der ikke bliver foretaget, så længe der ikke er en klar politisk tilkendegivelse om, at Power-to-X skal spille en afgørende rolle i Danmarks vej mod klimaneutralitet, klare prioriteringer på forsknings- og udviklingsområdet samt den nødvendige efterspørgsel.

Energi- og forsyningssektoren anbefaler:

National strategi for Power-to-X

- National strategi for Power-to-X, som:
  - omfatter hele kæden – produktion af brint, CO_2-fangst og forædlingen til brintbaserede brændstoffer
  - understøtter en kommercialisering
  - identificerer og i givet fald etablerer de planmæssige rammer med fokus på sektorkobling, placering af anlæg i forhold til infrastruktur, varmebehov og anvendelse af slutproduktet (x'et)
  - afklarer infrastrukturbehov for transport og lagring af brint, herunder muligheder for at anvende eksisterende offshore platforme og ilandføring til produktion, opbevaring og transport af brint.

Incitamenter til øget anvendelse af brintbaserede brændsler

- Tættere kobling mellem efterspørgsels- og udbudssiden. Det kan fx være:
  - emissionskrav til transport i byer
  - iblandings-/CO_2-reduktionskrav til transportsektoren i Danmark
  - standardisering i EU i forhold til infrastruktur til brint, IMO-standarder, brændselskvalitet fx tilladt iblanding.
- Se i øvrigt tiltag til fremme af vedvarende energi i transportsektoren.

Rammevilkår, som understøtter investeringer i Power-to-X-teknologier

- Storskalademonstrationsstøtte til Power-to-X-produktion, herunder tilskud til flagskibsprojekter, som sætter Danmark på Power to-X-landkortet.
- Et stort Power-to-X-projekt i en eller flere større danske byer.
- Anlægsinvesteringstilskud[7.2] forventeligt i størrelsesordenen 250-500 mio. kr./år fra 2020-2025, stigende til 500-750 mio. kr./år fra 2026-2030[7.3].
- REDII, delegeret retsakt under artikel 27, skal implementeres, så brintanlæg koblet på net også kan anses for at være 100% vedvarende energi, hvis de lever op til bestemte kriterier.
- Uhensigtsmæssige incitamenter i EU's CO_2-kvotesystem skal elimineres, så det ikke kun er fossil brint, der får gratis tildeling af kvoter.

Dedikerede udviklingsmidler

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

Rammevilkår, som understøtter værdistrømme, der kan understøtte de samlede omkostninger

- Samtænkning af adgang til vedvarende energikilder, opsamling af CO_2 og udnyttelse af overskudsvarme fra Power-to-X, fx ved planmæssig udpegning af egnede områder i kombination med at sikre korrekte pris- og tarifsignaler.
- Sikkerhed for værdi til overskudsvarme fra Power-to-X, bl.a. ved at den økonomiske rammeregulering af fjernvarmesektoren understøtter eksterne varmekontrakter, jf. afsnit om varme.
- Afklaring af CCU-muligheder, jf. afsnit om CO_2-fangst.
- El til brint og anden Power-to-X-produktion sidestilles afgiftsmæssigt med el til proces.
- Klare retningslinjer for egenproducenter og for, hvordan vedvarende energiproduktion og brintproduktion håndteres i et virtuelt "fællesskab", herunder i forhold til afgifter og tariffer.
- Produktionsstøtte, hvis det ikke lykkes at skabe betalingsvilje eller efterspørgselskrav i transportsektoren. Et tilskudsbehov forventes at være i omfanget af 0,25-0,75 mia. kr./år i 2020-2025 og stigende til 1-3 mia. kr./år for perioden 2026-2030. Teknologisk udvikling og de faktiske Power-to-X-brugsformer vil have afgørende betydning for behovet til produktionsstøtte.

7.2 Forudsat 40% anlægsstøtte.
7.3 Anlægsinvestering og støttebehov er inkl. CO_2-fangst-anlæg.

6 . Havvind

Figur 43. **Fra situationen i dag og til 70%-målsætningen i 2030**

Situation i dag

- Danmark har en havvindskapacitet på 1,7 GW, som producerer ca. 6 TWh elektricitet årligt
- Som konsekvens af Energiaftalen 2012 etableres Kriegers Flak og de kystnære havmølleparker, der vil levere hhv. 600 MW (2021) og 350 MW (2023)
- Der er planlagt tre udbud i hhv. 2021, 2023 og 2025 på samlet 2,4-3,0 GW (Energiaftalen 2018).

Situation i 2030 for at nå 70%-målsætningen

- Havvind skal levere 33-34 TWh i 2030, hvilket kræver en samlet installeret effekt på 7,6 GW (estimat skal løbende revideres i sammenhæng med udbygning af øvrige vedvarende energikilder)
- Der er etableret 6,3 GW bestående af allerede vedtagne udbygninger (Energiaftalen 2012), yderligere udbygning via Åben-dør samt ca. 5 GW ved statslige udbud i perioden 2021-2024.
- Danmark har stort potentiale for havvind, som kan bruges til eksport af grøn el, og som er afgørende for reduktioner i Danmarks nabolande. Der skal bygges forbindelser til andre lande fra nogle af de nye parker, og der skal åbnes for, at der kan udbygges mere havvind inden 2030.

Den nuværende politik, hastigheden i udbygningen og rammevilkår harmonerer ikke med den nødvendige udbygning af havvind, der kan tage Danmark og Europa til fuld klimaneutralitet i 2050. Havvind kan ikke bidrage i tilstrækkelig grad til at dække den stigende efterspørgsel på elektricitet, medmindre man fra politisk side ændrer tilgangen til havvind fundamentalt fra i dag at se havvind som en teknologi under udvikling og med få parker i pipeline, til at se havvind som en fuld moden og afgørende teknologi i en dansk og europæisk kontekst til at bekæmpe klimaforandringerne på en omkostningseffektiv måde. Kortsigtede udbygningsplaner, den manglende udstykning af havarealer til havvind og langsommelige myndighedsprocesser er alle barrierer for markedsaktører til at foretage de nødvendige investeringer i havvind. Endeligt er der behov for en nytænkning af, hvordan og hvor produktion af grøn strøm tilsluttes og føres i land. Allerede nu er det afgørende, at sammenkoblingen af havvind med flere markeder påbegyndes, så vi skaber en afgørende fleksibilitet til at håndtere de forventede store udsving i balancen mellem udbud og efterspørgsel frem mod 2030 og 2050.

Energi- og forsyningssektoren anbefaler:

Langsigtet plan for havvindsudbygning

- Langsigtet havvindsudbygningsplan for det fulde danske potentiale for havvind på op mod 180 GW inkl. en revurdering af eksisterende arealbindinger og begrænsninger, som prioriteres i lyset af klimaloven:
  - I første omgang reserveres arealer, der jf. Energistyrelsen kan rumme 40 GW under hensyntagen til eksisterende arealbindinger i den kommende Havplan
  - Dernæst gennemføres en strategisk miljøvurdering (SMV) af de allerede identificerede 12,4 GW fra Energistyrelsens seneste screening for at sikre, at de mest fordelagtige områder udbygges først. På den måde sikres den økonomisk mest optimale udbygningsrækkefølge.
- Udbygningen med havvind skal samtænkes med udlandsforbindelser for bl.a. at mindske antallet af kabler hen over havbunden og ilandføringsområder samt øget forsyningssikkerhed, øget fleksibilitet og øgede eksportmuligheder.

Hurtigere forberedelsestid for statslige udbud

- Staten bør hurtigst muligt foretage en SMV af de arealer i Nordsøen, Østersøen og indre farvande, der er relevante for udbygningen inden 2030, for at sikre acceleration af udbuddene og udbygningen de næste år. SMV'en skal gennemføres for at muliggøre hurtig skalering og etablering af yderligere havvind.
- Staten bør nytænke ansvarsfordelingen mellem myndigheder og udviklere. På den helt korte bane skal myndighederne igangsætte de nødvendige fuglestudier, som kan kræve op til to års indsamlingstid, mens udviklerne efter udbud forestår øvrige undersøgelser.

Udbudsformer og tidsplaner, der harmonerer med den nødvendige udbygning (fortsættes)

- Der skal ved årlige udbud fra 2021 til 2024 samlet etableres mindst 5 GW havvindmølleparker til idriftsættelse før 2030, hvoraf der allerede i Energiaftalen 2018 er vedtaget op til 3 GW.
- Der skal skabes fleksibilitet til, at der ved behov kan bygges mere end ovennævnte inden 2030 ved yderligere statslige udbud eller Åben Dør.
- Udbudsbetingelserne skal baseres på det kommende Thor-udbud evt. justeret for de erfaringer, der gøres med Thor-udbuddet, men med fastholdelse af grundprincipperne for forudsigelighedens skyld. En løbende industridialog med potentielle bydere skal sikre fortsat optimering af udbudsvilkårene.
- Placering af et af de førstkommende udbud til Østdanmark (DK2) for at sikre en bred geografisk fordeling af ny kapacitet, som er hensigtsmæssig i forhold til de danske forbrugscentre og for at bidrage til effekttilstrækkelighed.

Udbudsformer og tidsplaner, der harmonerer med den nødvendige udbygning (fortsat)	• Minimum én af de kommende udbudte havvindmølleparker mod 2024 skal kobles sammen med en udlandsforbindelse for at kickstarte udviklingen af energiklynger og samtænkningen af offshore transmissionsnet med havvindsudbygning, fx i et "Nordsø-grid" eller "Østersø-grid". • Ud over de minimum 5 GW i statslige udbud fra 2021 til 2024 skal staten allokere arealer til yderligere udbygning på ca. 6-8 GW for at give mulighed for hurtigt at øge udbygningen, hvis dette viser sig at være samfundsøkonomisk optimalt, og ét eller flere af vores nabolande ønsker at samarbejde med Danmark om udbygning med mere havvind. Et eksempel på en sådan udbygning kunne være to klynger/energi-øer på hver 3-4 GW. • Gennemførelse af multisideudbud inden 2030 for at sikre yderligere konkurrence i fremtiden. • Åben Dør-projekt, som muliggør yderligere udbygning, som, hvis muligt, kan realiseres i medfør af teknologineutrale udbud eller på markedsvilkår. Det skal være muligt at søge om Åben Dør-projekt inden for områder reserveret til havvindmølleparker. Projekterne skal underlægges fremdriftskrav frem mod nettilslutning for at undgå uhensigtsmæssig blokering af sites. • Udbud og projekter på markedsvilkår som tillader, at havvindudviklerne optimerer anlæggets kapacitet inden for en fleksibel arealramme på ca. 30% over den nuværende standard-arealallokering. Selvom den installerede effekt overstiger den udbudte, er opstiller alene berettiget til støtte af den udbudte kapacitet.
Kontinuitet og synliggørelse af pipeline for udbygning af havvind	• Politisk aftale om årlige udbud frem mod 2030 på mindst 12-13 GW vil synliggøre en dansk pipeline og tiltrække flere aktører samt skærpe konkurrencen. • Synliggørelse af pipeline, som vil understøtte teknologileverandørernes mulighed for at dimensionere produktionskapacitet i henhold til aftalte udbud og derved sikre danske arbejdspladser. • Standardiserede udbudsbetingelser som sikrer, at udbud effektivt kan gentages år for år for samme type projekt.
Udvidelse af arealer til etablering af havvind	• Arealbindingerne på havet skal afspejle politiske ambitioner om klima og miljø, dvs. at havvind skal gives større prioritet fx i afvejningsområder med lave havdybder, hvor elproduktion fra vedvarende energi har forrang, uanset om det karambolerer med fx råstofsinteresser. • Multifunktionel arealanvendelse skal indsættes som centralt princip i fordeling af havarealer.
CO_2-reduktioner uden for Danmark	• Danmark og danske myndigheder skal være ledende aktører i de regionale samarbejder på tværs af nationalstater, som er etableret for at fremme mere havvind som fx North Sea Energy Cooperation og tilsvarende i Østersøen.

7 . Landvind

Figur 44. **Fra situationen i dag og til 70%-målsætningen i 2030**

Situation i dag

- Danmark har en landsvindskapacitet på 4,4 GW, som producerer ca. 11 TWh elektricitet årligt
- Aftale om gennemførelse af teknologineutrale udbud fra 2020 til 2024, fordelt på både kystnære havvindmøller, landvindmøller og solcelleparker (fordelingen afhænger af budene)
- Aftale om vindmølleloft på 1.850 enheder i 2030.

Situation i 2030 for at nå 70%-målsætningen

- Landvind skal levere 19-21 TWh i 2030, hvilket kræver en bruttoudbygning på yderligere ca. 3,9 GW landvindskapacitet (estimat skal løbende revideres i sammenhæng med udbygning af øvrige vedvarende energikilder)
- Ud af de 3,9 GW er der allerede ca. 0,3 under udbygning, hvorfor der skal bygges ca. 3,6 GW yderligere.

Landvind på gode placeringer er fortsat den billigste form for elproduktion baseret på vedvarende energi og er afgørende for at sikre et tilstrækkeligt udbud af grøn energi. Investorer udfordres af lange godkendelsesprocesser fra myndighedernes side kombineret med lokal modstand mod opførelsen af nye vindmøller samt forældede klageprocedurer og langtrukne klagebehandlingstider. Det er yderst vigtigt for investeringssikkerheden, at Energiaftalen 2018 gennemføres som planlagt. I takt med faldende direkte økonomisk støtte øges væsentligheden af et velfungerende marked for private PPA'er. Derudover er kapacitetsbegrænsninger i transmissions- og distributionsnettet en barriere for, at nye landvindmølleparker kan blive tilsluttet i et rettidigt tempo.

Energi- og forsyningssektoren anbefaler:

Sikkerhed for investeringer	• Forstærkninger af transmissions- og distributionsnettet, så nye vindmølleparker kan tilsluttes og levere strøm hurtigt. • Energinet og netselskaberne skal som led i deres netplanlægning kunne sende signal til udviklere af vedvarende energi om, hvor det er hurtigst at tilslutte nye anlæg til infrastrukturen. • Stabilt investeringsmiljø, som understøttes ved at fastholde de aftalte midler, herunder afholde de aftalte teknologineutrale udbud, som besluttet i Energiaftalen 2018. • Udviklere af landbaserede vedvarende energianlæg skal tilbydes en model for risikodeling. • Styrkelse af markedet for private PPA'er og *forwardmarkedet* gennem en integration af markederne og et øget salg af længere transmissionsrettigheder på udlandsforbindelserne.
Lovgivning, som understøtter udbygning af vedvarende energi	• Vedtagne loft i Energiaftalen 2018 på 1.850 landbaserede vindmøller i 2030 skal ophæves. At tvinge funktionelle vindmøller ud af drift harmonerer ikke med et ambitiøst klimamål. • Afskaffelse af den kirkelige særstilling i forhold til godkendelse af lokalplaner, så det alene er ministeren, der har denne ret. • Barrierer for opstilling af nye vindmøller i nærheden af eksisterende bør fjernes. Regneregler for støj bør derfor ændres i tilfælde, hvor det ikke bidrager til reel borgerbeskyttelse, som det er tilfældet i situationer, hvor støjpåvirkningen ikke ændres hos borgere, der er støjpåvirkede fra hidtidige møller. • Multifunktionel arealanvendelse i bl.a. plantager med lav naturværdi og forbedret mulighed for opstilling af landbaserede vindmøller tættere på eksisterende infrastruktur.
Kortere planprocesser	• Planprocesser for grønne projekter må maksimalt tage tre år og maksimalt ét år for repowering-projekter. • Krav om aktiv kommunal sagsbehandling for landvindmølleprojekter. • Fastsat loft for klageprocessen for vedvarende energiprojekter, samt midler til klagenævn, så sagsbehandlingstiden kan opretholdes/reduceres.
Styrkelse af lokalaccept af landvind	• Strategi og redskaber til at sikre borgeropbakning til landvindmølleparker.

8. Sol

Figur 45. **Fra situationen i dag og til 70%-målsætningen i 2030**

Situation i dag

- Danmark har solcellekapacitet på 1,2 GW, som producerer ca. 1,0 TWh elektricitet årligt
- Aftale om gennemførelse af teknologineutrale udbud fra 2020 til 2024, fordelt på både kystnære havvindmøller, landvindmøller og solcelleparker (fordelingen afhænger af budene).

Situation i 2030 for at nå 70%-målsætningen

- Sol skal levere 9-10 TWh i 2030, hvilket kræver en samlet udbygning på ca. 7,6 GW solkapacitet (estimat skal løbende revideres i sammenhæng med udbygning af øvrige vedvarende energikilder)
- Ud af de ca. 7,6 GW er der allerede ca. 0,2 under udbygning, hvorfor der skal bygges ca. 7,4 GW yderligere.

Frem mod 2030 vil der være behov for udbygning af solcelleanlæg, som kan supplere produktionen af vedvarende energi fra vindmøller. Nuværende rammebetingelser og usikkerhed om infrastrukturen er en barriere for, at udbygningen af ny solenergi kan ske i et rettidigt tempo. Det gælder især usikkerhed om fremtidens finansielle rammer, herunder politisk usikkerhed om de aftalte teknologineutrale udbud samt udfordringer med begrænsninger i elinfrastrukturen, der forsinker en hurtig nettilslutning af solcelleparker. Derudover er lokal modstand, manglende adgang til arealer samt langsommelige klagebehandlings- og godkendelsesprocesser en decideret udfordring for opførelse af solenergi, ligesom for landvind. Tilsammen begrænser det investeringsmulighederne og forsinker eller standser udbygningstakten.

Energi- og forsyningssektoren anbefaler:

Sikkerhed for investeringer	• Forstærkninger af transmissions- og distributionsnettet, så nye solcelleparker kan tilsluttes og levere strøm fra vedvarende energi hurtigt. • Energinet og netselskaberne skal kunne sende signal til udviklere af vedvarende energi om, hvor det er bedst at tilslutte nye anlæg til infrastrukturen.
Lovgivning, som understøtter udbygning af vedvarende energi	• Stabilt investeringsmiljø, som understøttes ved at fastholde de aftalte midler, herunder afholde de aftalte teknologineutrale udbud, som besluttet i Energiaftalen 2018. • Multifunktionel arealanvendelse i forbindelse med ny regulering, bl.a. miljøbeskyttelsesloven og en kommende ny jordreform, herunder opstilling af solcelleparker på lavbundsjorde, så der, ud over bedre arealanvendelse, sikres mere strøm fra vedvarende energikilder, styrket biodiversitet og en reduktion af landbrugets drivhusgasudledninger.
Kortere planprocesser	• Planprocesser for grønne projekter må maksimalt tage tre år. • Krav om kommunal udpegning af arealer til solceller. • Fastsat loft for klageprocessen for vedvarende energiprojekter og tilførte midler til klagenævn, så sagsbehandlingstiden kan opretholdes og reduceres.

9. Biogas

Figur 46. **Fra situationen i dag og til 70%-målsætningen i 2030**

Situation i dag

- I 2019 blev der produceret ca. 4,4 TWh biogas primært til afbrænding i fjernvarmeværker og i industrien. Ca. halvdelen er opgraderet biogas, som bl.a. kan erstatte naturgas
- I 2019 udgjorde den samlede danske gasefterspørgsel (naturgas, biogas mv.) 23,3 TWh ekskl. gasforbrug i Nordsøen.

Situation i 2030 for at nå 70%-målsætningen

- Der er forventet et samlet produktionsbehov på 13,3 TWh biogas i 2030, hvilket kræver en udbygning på 8,9 TWh fra i dag. Den samlede udbygning skal være opgraderet biogas
- De 13,3 TWh biogasproduktion vil i 2030 dække det samlede danske gasforbrug, ekskl. Nordsø-forbruget, da gasforbruget er reduceret markant som følge af elektrificering.

For at komme i mål med 70%-målsætningen vil der være behov for udbygning af biogasproduktionen, ikke mindst som en vigtig kilde til reduktion af udledningerne i landbruget. Biogassen kan kanaliseres hen i den tunge transport, hvor den kan erstatte benzin og diesel, samt i industrien som afløser for naturgas. Manglende politisk signal om, hvilke sektorer der skal aftage biogassen, samt usikkerhed om fremtidige rammevilkår, herunder tilskud, udfordrer den fortsatte udbygning af grøn gas. Dertil kommer, at de lave priser på fossile brændsler set i forhold til priserne på biogas i dag mindsker efterspørgslen på biogas.

Energi- og forsyningssektoren anbefaler:

Klarhed om rammer for handel med grøn gas	• Fremme af et europæisk certifikatsystem for grøn gas, som understøtter udbygning af grøn gas og sikrer omkostningseffektiv produktion af grøn gas. • Fastholdelse og udbygning af det begrænsede marked for støttefri biogas med efterspørgselsfremmende initiativer.
Fremme af efterspørgsel og produktion af biogas	• Iblandingskrav i relevante sektorer, herunder transport, som kan skabe et efterspørgselstræk efter grøn gas. • Fortsat, men faldende investeringsstøtte til grøn gas fx som teknologineutrale udbud af grøn gas. Et tilskudsbehov forventes at være i størrelsesordenen 0,8-1,1 mia. kr./år ud over de nuværende rammer for støtte af biogas.
Afgiftsmæssig ligestilling for grøn gas anvendt i transportsektoren	• Biogas og andre grønne gasser skal afgiftsmæssigt, som minimum, ligestilles med fossile brændsler i transport.
Styrkelse af lokalaccept af biogasanlæg	• Strategi og redskaber til at sikre borgeropbakning til biogasanlæg.

10. Forsyningssikkerhed

Figur 47. **Fra situationen i dag og til 70%-målsætningen i 2030**

Situation i dag

- Danmark har en af Europas højeste forsyningssikkerheder med strøm mere end 99,9% af tiden.

Situation i 2030 for at nå 70%-målsætningen

- Den store forøgelse af elektricitetsforbruget og udfasningen af de fleksible brændsler betyder, at forsyningssikkerheden uden yderligere tiltag vil blive udfordret mod 2030
- Tiltag kan være yderligere udlandsforbindelser, udnyttelse af batteri- eller lagringsteknologi, et mindre spidslastforbrug og korrekte prissignaler
- Der skal ske en konkret vurdering af udfordringen med effekttilstrækkelighed, og den årlige forsyningsredegørelse skal baseres på scenarier, der er konsistente med 70%-målsætningen.

I fremtiden vil energiproduktionen i langt højere grad være baseret på variabel vedvarende energi, hvilket kan udfordre forsyningssikkerheden. På den anden side vil fordoblingen af elforbruget gå til anvendelsesformer, der kan formodes at være langt mere fleksible, såsom elbiler, varmepumper og Power-to-X. Det vil under alle omstændigheder kræve et fornyet blik på forsyningssikkerheden. I takt med en stigende fluktuerende elproduktion bliver Danmark også mere afhængig af at indgå i et veludbygget elsystem med vores nabolande samt implementere nye virkemidler over for elproducenter, der er nødvendige for at fastholde en høj elforsyningssikkerhed. I dag er hverken virkemidlerne tilstrækkelige eller rammerne konsistente med en ambition om en 70% reduktion i 2030.

Energi- og forsyningssektoren anbefaler:

Officiel vurdering af forsyningssikkerheden, som tager højde for 70%-målsætningen	• Energinet skal i en åben og inddragende proces udarbejde en detaljeret og konkret vurdering af udfordringen med effekttilstrækkelighed i 2030. • Energinets årlige forsyningssikkerhedsredegørelse skal baseres på scenarier, der er konsistente med opfyldelse af 70%-målsætningen. • Beregningerne for udlandet skal afspejle udviklingen som følge af EU's dekarboniseringsstrategi mod 2050 og kuludfasningen i Danmarks nabolande.
Bedre virkemidler til at opretholde forsyningssikkerheden	• Ministerens forsyningssikkerhedsmålsætning skal baseres på Energinets forsyningssikkerhedsredegørelse, som skal afspejle 70%-målsætningen. • Ministerens forsyningssikkerhedsmålsætning skal sikre, at Energinet har adgang til de virkemidler, der er nødvendige for at opretholde forsyningssikkerheden, samt at disse virkemidler implementeres rettidigt.
Incitamenter til opretholdelse af forsyningssikkerheden	• Energinet skal løbende opgøre behovet for ydelser til opretholdelse af det ønskede niveau for forsyningssikkerhed og så vidt muligt fremskaffe de nødvendige ydelser gennem markedsbaserede metoder, fx udbud. Prissignalet skal afspejle ydelsernes fulde værdi for elektricitetssystemet, fx i knaphedssituationer, så der skabes et korrekt incitament til re- og nyinvesteringer i leveringen af disse ydelser.
Udbygning af udlandsforbindelser, som indtænker forsyningssikkerheden	• Internationale forbindelser, der øger forsyningssikkerhed navnlig for DK2, skal indtænkes i en klimahandlingsplan. • Fremtidige udlandsforbindelser skal samtænkes med produktionskapacitet (som Kriegers Flak), hvorved forsyningssikkerheden øges fra både produktionskapacitet og udlandsforbindelse.
Incitamenter til fleksibilitet i elforbruget	• Prissætningen af elektricitet i knaphedssituationer skal afspejle forbrugernes betalingsvillighed, så forsyningen sikres, hvor den skaber størst værdi. • Ny tarifering, der kan give bedre udnyttelse af eksisterende elnet og bidrage til at opretholde forsyningssikkerheden, fx ved en kraftigere tidsdifferentiering og geografisk differentiering, der giver incitament til at bruge elnettet, når der er plads. • Øgede geografiske signaler til en hensigtsmæssig placering af ny produktion og forbrug, som bidrager til forsyningssikkerheden og sikrer lavere investeringsomkostninger.

11. Infrastruktur

Figur 48. **Fra situationen i dag og til 70%-målsætningen i 2030**

Situation i dag

- Elforbruget i Danmark var i 2019 på 35 TWh, heraf 34 TWh på distributionsniveau og 1 TWh på transmissionsniveau
- Der er tilsluttet 5,7 GW VE-elproduktionskapacitet på distributionsniveau og 1,5 GW på transmissionsniveau
- Ca. 375.000 husstande er i dag tilkoblet gasnettet.

Situation i 2030 for at nå 70%-målsætningen

- Elforbruget i Danmark i 2030 forventes at være på 71 TWh, heraf 58 TWh på distributionsniveau og 13 TWh på transmissionsniveau
- Yderligere 5,4 hhv. 9,8 GW VE-elproduktionskapacitet forventes at være tilsluttet på distributions- hhv. transmissionsniveau i et smart investeringsscenarie. De tal er ca. 8,2 hhv. 7,0 GW i et dyrt (ufleksibelt) scenarie
- Ca. 100.000 husstande forventes at være tilkoblet gasnettet og opvarme med biogas.

Regulering af energiinfrastrukturen spænder i dag ben for muligheden for at forberede infrastrukturen til at kunne levere den nødvendige grønne energi, der er konsistent med klimamålet for 2030. Fx er tendensen i den økonomiske regulering af distributionsselskaberne, at den baserer sig på fortidens distributionsbehov og derfor hverken understøtter en grønnere fremtid, hvor efterspørgslen på el stiger markant, eller en fleksibel brug af infrastrukturen, som kan gøre vejen til 70%-målsætningen omkostningseffektiv. Dertil kommer, at usikkerhed om helt grundlæggende rammevilkår for de regulerede energiselskaber stærkt modarbejder de nødvendige investeringer. Langsommelige processer for fx godkendelse af transmissionsprojekter medfører desuden, at udbygningen går for langsomt til, at transmissionsnettet effektivt kan håndtere en øget vedvarende energiproduktion og et øget energiforbrug, som følge af 70%-målsætningen.

Energi- og forsyningssektoren anbefaler:

Fremadskuende økonomisk regulering	• Økonomisk regulering af el-, gas- og fjernvarmedistributionsselskaber, der er konsistent med 70%-målsætningen. Den økonomiske regulering bør indeholde et grønt element, som giver de regulererede forsyningsselskaber mulighed for at opdatere og udvide infrastrukturen til at understøtte vedvarende energiproduktion og -forbrug. • Benchmarking af eldistributionsselskaberne, som sikrer neutralitet mellem brug af smarte fleksibilitetsløsninger og udbygning af nettet, så selskaberne kan vælge de mest effektive løsninger. • Regulering af el-, gas- og fjernvarmedistributionsselskaber, der er neutral over for aktiv deltagelse i forsknings-, udviklings- og demonstrationsprojekter i de tilfælde, hvor det giver en gevinst for kunderne. • Klar oplysning og klare incitamenter til markedsaktører for placering af produktion de steder, hvor produktion og nettilslutning samlet set kan foregå mest effektivt.
Sikkerhed om grundlæggende målsætninger og rammevilkår	• Politisk mål for den danske forsyningssikkerhed. • Politisk stillingtagen til den overordnede retning af energiomstillingen, herunder et mål for antal elbiler, Power-to-X-produktion mv., som muliggør en rettidig og effektiv udbygning af forsyningsinfrastrukturen. • Plan for gasinfrastrukturen, som tager stilling til, hvor og hvornår dele af gasnettet kan/skal lukkes som følge af faldende naturgasforbrug i den individuelle opvarmning. • Klare, langsigtede rammer for fremtidige bevillinger til ejerne af kritisk infrastruktur, så de nødvendige langsigtede investeringer, der skal til for at understøtte energiomstillingen, ikke strander på grund af usikkerhed.
Regulering, der understøtter udbygning af transmissionsnettet og som tager højde for 70%-målsætningen	• Økonomisk regulering af Energinets eltransmissionsselskab, der er konsistent med 70%-målsætningen og EU's målsætning om klimaneutralitet i 2050, så transmissionsnettet kan opdateres og udvides til at understøtte vedvarende energiproduktion og energiforbrug. • Afklaring af muligheder for etablering af energi-ø. • Nedbringelse af tiden for godkendelsesproces for transmissionsprojekter. • Strategi og redskaber til at sikre borgeropbakning til transmissionsprojekter på land. • Udvikling af hybridmodeller for offshore eltransmission, så den både kan benyttes som ilandføring og udlandsforbindelser. • Operationalisering af Nordsø-samarbejdet.

12. Fleksibelt elforbrug

Figur 49. **Fra situationen i dag og til 70%-målsætningen i 2030**

Situation i dag

- Elforbruget er i dag relativt ufleksibelt og topper i "kogespidsen" mellem kl. 17 og 20, hvor forbrugerne er kommet hjem, laver aftensmad, sætter vasketøjet over, og tænder for TV'et
- Med det klassiske elforbrug er der i dag tilstrækkelig kapacitet i elnettet. Visse steder er nettet dog meget udfordret pga. meget lokal vedvarende energiproduktion.

Situation i 2030 for at nå 70%-målsætningen

- Markant flere elbiler og individuelle varmepumper vil øge elbehovet i kogespidsen mellem kl. 17 og 20
- Dette nye forbrug aftages i lavspændingsnettet, men vil også blive transporteret gennem distributionsnettets højere spændingsniveauer, hvor øget forbrug fra kollektive varmepumper, industri, Power-to-X mv. også aftages
- Såfremt elkunderne er villige til at flytte forbrug fra de timer på døgnet, hvor der er mest trængsel i elnettet til andre tidspunkter, vil det reducere behovet for opgradering af elnettet markant
- Derfor bør fleksibelt forbrug belønnes.

Fleksibilitet, smarte løsninger og bedre udnyttelse af den eksisterende infrastruktur vil kunne begrænse behovet for udbygning. Men i dag modvirker regulering og træge godkendelsesprocesser af en løbende moderniseret prissætning udnyttelsen af dette potentiale. Hvis der samtidig ikke sikres adgang til bedre og flere data for energimarkedets aktører, vil digitalisering ikke kunne bidrage tilstrækkeligt til at øge fleksibiliteten i forbruget. Der er derfor behov for klare politiske og lovgivningsmæssige rammer for frisættelse af forsyningsdata fra forsyningsselskaber. Desuden er der behov for at fjerne regulatoriske barrierer, som modvirker neutralitet mellem brug af smarte fleksibilitetsløsninger og udbygning af infrastrukturen.

Energi- og forsyningssektoren anbefaler:

Agil prissætning	• Agile godkendelsesprocesser for ændringer af metoden for tarifering, så elnetselskaber og Energinet hurtigere kan foretage løbende tilpasninger af deres prissætning for brug af elnettet. • Lovgivning, der tillader geografiske tarifsignaler. • Ophævelse af det regulatoriske prisloft for markeds-el, så prisen også i knaphedssituationer afspejler forbrugernes betalingsvillighed og dermed giver et signal om at flytte forbrug til tidspunkter, hvor der er rigelig med grøn strøm. • Tvangskørsler af kraftværkerne bør i videst mulige omfang erstattes af markedsindkøb af fleksibilitet, så fleksibelt forbrug og fleksibel produktion aflønnes til markedspris.
Rammer for frisættelse af forsyningsdata samt cyber- og informationssikkerhed	• Hjemmel i elforsyningsloven mv., til at forsyningsselskaber kan frisætte data for produktion og forbrug, som kan motivere innovation og udvikling af nye produkter og løsninger, der øger fleksibilitet og effektivitet. • Fortsat udvikling af langsigtet politisk strategi for cyber- og informationssikkerhed i forsyningssektoren. • Rammer for samarbejde mellem infrastrukturejere og markedsaktører, så den nødvendige videndeling for at bekæmpe cybertrusler kan finde sted.
Regulering, der understøtter balance mellem smarte fleksibilitetsløsninger og udbygning af infrastruktur	• Benchmarking af eldistributionsselskaberne, som sikrer neutralitet mellem brug af smarte fleksibilitetsløsninger og udbygning af nettet, så selskaberne kan vælge de mest effektive løsninger. • Regulering, som er neutral over for aktiv deltagelse i forsknings-, udviklings- og demonstrationsprojekter i de tilfælde, hvor det giver en gevinst for kunderne. • Virkemidler, der sikrer, at der ikke dobbeltbeskattes på lagring af energi.

Metode

Energi- og forsyningssektorens køreplan indeholder: A) beregnede tiltag for drivhusgasreduktioner i energi- og forsyningssektoren, B) estimat af det samlede energibehov i 2030 ved gennemførelse af reduktionstiltag i egen såvel som øvrige sektorer for at nå 70%-målsætningen, C) estimat af hvilken udbygning af vedvarende energiproduktion og dertilhørende energiinfrastruktur, der skal til for at møde energibehovet, samt D) beregning af de økonomiske omkostninger forbundet med tiltagene og den forventede udbygning af vedvarende energiproduktion og -infrastruktur for opnåelse af 70%-målsætningen. Beregninger i køreplanen er foretaget af Dansk Energi og QVARTZ med væsentlige bidrag fra Ea Energianalyse.

Der tages i hele analysen udgangspunkt i Energistyrelsens Basisfremskrivning (2019), herunder særligt i beregningen af tiltag til reduktion af drivhusgasser samt i udbygningen af vedvarende energikilder mod 2030. Basisfremskrivningen er et såkaldt frozen policy-scenarie for, hvordan drivhusgasudledningen og energiproduktionen vil være i 2030 under fravær af nye tiltag på klima- og energiområdet, men med fremskreven udvikling i andre dele af økonomien. Alle forventede tiltag i Basisfremskrivningen er inkluderet i denne analyses beregningsmodel. Anvendelsen af Basisfremskrivningen som udgangspunkt betyder, at drivhusgasudledningen opgøres efter samme principper, som Danmark indrapporterer udledning efter til FN. Udledning er opgjort eksklusiv LULUCF og som faktisk udledning, dvs. ikke klima- eller elhandelskorrigeret. Biomasse behandles som CO_2-neutralt på baggrund af brancheaftalen om bæredygtig biomasse, som er fuldt indfaset i 2019.

A) Beregnede tiltag for drivhusgasreduktioner i energi- og forsyningssektoren

Ud over de i Basisfremskrivningen beregnede reduktionstiltag for energi- og forsyningssektoren har sektoren i denne analyse identificeret yderligere tiltag, som sektoren kan gennemføre, og som bidrager til 70%-målsætningen. Udledning fra energi- og forsyningssektoren er i denne forbindelse defineret på samme måde som i klimapartnerskaberne, dvs. som udledning ved udvinding af gas og olie, konvertering til el og varme og ved endelige opvarmning (både fjernvarme og individuel varme). For hvert identificeret tiltag er der udregnet et årligt reduktionspotentiale ved fortrængning af fossile udledningskilder i CO_2 samt en forventet økonomisk omkostning i kr. pr. ton CO_2.

B) Estimat af det samlede energibehov i 2030 ved gennemførelse af reduktionstiltag i egen såvel som øvrige sektorer

Ud over reduktionerne i egen sektor kan energi- og forsyningssektoren bidrage markant til de øvrige sektorers reduktioner ved at sikre, at det øgede behov for vedvarende energi som følge af de øvriges sektorer omstilling imødekommes af en tilsvarende øget produktion af vedvarende energi. For at skabe et kvalificeret og konkret bud på, hvor meget vedvarende energi der er behov for i 2030, har Ea Energianalyse for Dansk Energi videreudviklet den fortrængningsmodel, som Ea Energianalyse tidligere har udarbejdet for Dansk Industri. Fortrængningsmodellen viser potentielle tiltag til reduktion af drivhusgasudledning mod 2030 og de beregnede relaterede omkostninger for hvert tiltag. Ved en rangering af tiltagene efter de relaterede omkostninger pr. ton drivhusgasreduktion kan modellen således bruges til at identificere, hvilke reduktionstiltag som samlet set udgør den mest omkostningseffektive måde at nå 70%-målsætningen. I kombination med Basisfremskrivningens forventninger til energibehov bruges disse tiltag til at estimere det samlede energibehov i 2030.

I denne sammenhæng er det afgørende at understrege, at det ikke er op til energi- og forsyningssektorens klimapartnerskab at anvise, hvilke reduktionstiltag der skal gennemføres i de øvrige sektorer for at nå 70%-målsætningen. Således bruges fortrængningsmodellen udelukkende til at give et konkret og kvalificeret bud på det forventede energibehov i 2030, som energi- og forsyningssektoren skal levere til. Energibehovet i 2030 er estimeret på

tværs af energikilder, dvs. elektricitet, biogas, biobrændstof mv. Fortrængningsmodellen indeholder også betydelige energieffektiviseringer. Det samlede energibehov i 2030 ved indfrielse af 70%-målsætningen forventes således at være 13% mere energieffektivt end estimeret i Basisfremskrivningen som følge af omstilling til mere effektive teknologier (fx elbiler og varmepumper) og energieffektivisering (fx proceseffektiviseringer i industrien og klimaskærme i bygninger).

C) Estimat af udbygningen af vedvarende energiproduktion og dertilhørende energiinfrastruktur til at dække energibehovet i 2030

Det øgede energibehov i 2030 skal dækkes af energi- og forsyningssektoren. Energibehovet i 2030 består af fossile brændsler, grønne brændsler (fx biomasse, biogas, bioaffald mv.) og elektricitet, som skal produceres ved vedvarende energikilder (sol og vind). For alle energikilder tages udgangspunkt i Basisfremskrivningens 2030-scenarie suppleret med energibehovet fra de forventede yderligere tiltag mod 70%-reduktion. Særligt elektricitetsbehovet stiger markant som følge af en omfattende elektrificering af processer, der i dag benytter fossile brændsler (fx transport, opvarmning og industrielle processer).

I estimeringen af hvilken volumen af grønne elektricitetskilder (hhv. havvind, landvind og sol), der skal udbygges for at dække det øgede elektricitetsbehov, tages udgangspunkt i den allerede forventede udbygning mod 2030 i Energistyrelsens Analyseforudsætninger (2019). Differencen fra den forventede installerede elektricitetsvolumen i analyseforudsætningerne i 2030 og den nødvendige elektricitetsvolumen ved 70%-målsætningen fordeles mellem havvind, landvind og sol i samme relative udbygningsandel, som analyseforudsætningerne fremskriver mellem 2019 og 2030. Således følger udbygningen af elproduktionsvolumen samme udbygningsmønster som den udbygning, analyseforudsætningerne allerede fremskriver fra i dag til 2030. Det konkrete udbygningsforslag af havvind, landvind og sol er udelukkende inkluderet for at illustrere, hvordan en udbygning af den nødvendige elektricitetsvolumen kan realiseres, men kan afvige fra det foreslåede. Ved at bruge samme relative udbygningsmønster som analyseforudsætningen er der ikke korrigeret for fx teknologipriser, udbudsstørrelse, teknologisk levealder, infrastrukturbegrænsninger eller lignende ud over, hvad der implicit ligger i analyseforudsætningerne. Den påkrævede udbygning af distributionsnet og varmenet er beregnet af Dansk Energi på baggrund af de forventede initiativer i fortrængningsmodellen og det samlede el- og varmebehov. Energinet har beregnet den påkrævede udbygning af transmissionsnettet.

Der forventes at skulle iværksættes yderligere initiativer for at undgå udfordringer med forsyningssikkerheden i en situation, hvor de fleksible brændsler i nogen grad er udfaset fra elektricitetsproduktionen. Den præcise estimering af omfanget af udfordringerne og forslag til de konkrete initiativer for at undgå dem (fx udlandsforbindelser, kraftværkskapacitet mv.) ligger uden for denne sektorkøreplan. Det anbefales således, at der i forlængelse af energi- og forsyningssektorens sektorkøreplan iværksættes en samlet analyse af forsyningssikkerheden i 2030 i scenarier, som er konsistente med opfyldelsen af 70%-målsætningen og med nabolandenes forventede udfasning af fleksibel elproduktionskapacitet.

D) Økonomiske omkostninger forbundet med reduktionstiltag og udbygning af vedvarende energiproduktion og infrastruktur

Med afsæt i de anviste tiltag i fortrængningsmodellen og det estimerede behov for vedvarende energi er der beregnet økonomiske effekter af den påkrævede grønne omstilling. I sektorkøreplanen beregnes både den totale samfundsmæssige meromkostning i 2030 samt de påkrævede investeringer i udskiftning af teknologi, udbygning af produktion af vedvarende energi og anlæg af ny infrastruktur frem mod 2030. Beregningerne er foretaget i faste priser uden diskontering.

Beregningerne af økonomiske effekter er baseret på en antagelse om, at dansk økonomi frem mod 2030 vil udvikle sig som forventet i Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019. Det forudsættes dermed, at den yderligere reduktionsindsats ikke vil hæmme den økonomiske vækst, og at eventuelle negative vækststeffekter af de nødvendige reduktionstiltag vil blive neutraliseret af modsvarende politiske initiativer. Hertil antages det, at udbudssiden i dansk økonomi er tilstrækkelig fleksibel til, at der frem mod 2030 kan gennemføres de beregnede investeringer uden at overophede økonomien.

Alle beregninger er baseret på en forudsætning om, at omstillingen vil ske så omkostningseffektivt som muligt, uanset hvilke konkrete virkemidler der vælges til at sikre omstillingen. Hertil antages det, at teknologiudviklingen vil være upåvirket af valget af virkemidler i reduktionsindsatsen. Reduktionsomkostninger kan blive højere end estimeret i sektorkøreplanen, hvis omstillingen ikke er omkostningseffektiv.

De beskrevne tiltag er som udgangspunkt tilrettelagt, så der ikke er behov for en forceret udfasning af fossile teknologier. En forceret udfasning af teknologi, der ikke er udtjent, vil føre til stigende marginale omkostninger for de enkelte tiltag. Der kan dog være tilpasningsomkostninger for de enkelte aktører, der ikke er taget højde for. Virkemidler vil sandsynligvis også skulle give et stærkere økonomisk signal, end de tekniske beregninger tilsiger, før der sker et teknologiskifte. Der vil være nogle, for hvem skifte til varmepumpe eller elbil indebærer omkostninger, der ikke er taget højde for. Det er en del af usikkerhederne i beregningerne.

De virkemidler, der vælges til at realisere de beskrevne tiltag, kan have indirekte effekter. Eksempelvis vil nogle forbrugere tage toget eller cyklen i stedet for bilen, hvis benzin og diesel bliver dyrere. Disse effekter vil alt andet lige sænke reduktionsomkostningerne, men kan ikke beregnes, før der tages konkret stilling til virkemidler.

Med udgangspunkt i den påkrævede udbygning af elnettet beregnes også, hvordan tarifferne på eldistributionsnettet forventes at udvikle sig frem mod 2030. Endeligt beregnes den forventede effekt på statsprovenuet og for husholdninger i 2030 under antagelse af frozen policy. Den beregnede effekt på statsprovenuet tager ikke højde for eventuelle virkemidler, der kan være nødvendige for at sikre den grønne omstilling. Fælles for alle økonomiske beregninger er, at de er behæftet med væsentlig usikkerhed, samt at de forudsætter, at alle tiltag i fortrængningsmodellen føres ud i livet.

Bidragsydere til klima-partnerskabet for energi- og forsyningssektoren

En lang række organisationer og virksomheder har bidraget til arbejdet med udvikling af sektorkøre-planen for energi- og forsyningssektorens klima-partnerskab.

Tak til alle der har bidraget til det store arbejde undervejs.

FORMAND FOR KLIMAPARTNERSKABET FOR ENERGI- OG FORSYNINGSSEKTOREN

Henrik Poulsen, CEO Ørsted

KLIMAPARTNERSKABETS ADVISORY BOARD

Henrik Andersen, CEO Vestas
Jens Rasmussen, CEO Eurowind Energy
Jesper Hjulmand, CEO SEAS-NVE
Kim Grøn Knudsen, EVP Haldor Topsøe
Lars Therkildsen, CEO HOFOR
Martin Rune Pedersen, VP Total
Niels Duedahl, CEO Norlys
Ole Hvelplund, CEO Nature Energy
Thomas Egebo, CEO Energinet

ORGANISATIONER

Dansk Industri
Dansk Erhverv
Dansk Affaldsforening
Dansk Fjernvarme
De frie Energiselskaber
Drivkraft Danmark
Landbrug & Fødevarer
Olie Gas Danmark
Wind Denmark
Dansk Skovforening
Brintbranchen
Dansk Metal

SEKRETARIAT FOR KLIMAPARTNERSKABET

Dansk Energi

EKSTERN SUPPORT

Ea Energianalyse
QVARTZ

FSC
www.fsc.org
MIX
Papir fra ansvarlige kilder
FSC® C134749

541-740

Tryk: Litotryk.dk
Foto: Jeppe Carlsen. Ørsted, Clever, Nature Energy, Eon, HOFOR, Radius
Design: Essensen®

Læs mere på:
klimapartnerskab.dk
danskenergi.dk