

# Klima-KPI for Dansk Industri

Muligheder og omkostninger ved drivhusgas-  
reduktionstiltag frem mod 2030

September 2019

# Metode og formål

---

Ea Energianalyse har analyseret en række tiltag for at reducere udledningen af drivhusgasser i Danmark i 2030. Tiltagene kvantificeres både for samfundsøkonomi, effekten på statsbudgettet samt udledningen af drivhusgasser.

Udgangspunktet for beregningerne er et reduktionsmål på mellem 60% og 70% i 2030 ift. 1990. De opstillede tiltag sammenlignes med en baseline uden tiltagene. Ved opstilling af tiltagene er der taget hensyn til et langsigtet perspektiv mod et fossilfrit energisystem i 2050, dvs. tiltagene bremser eller vanskeliggør ikke den langsigtede omstilling, men baner vejen mod et fossilfrit energisystem. Tiltagene udgør ikke en udtømmende liste over mulige tiltag, men vil efter vores vurdering udgøre langt hovedparten af de relevante tiltag. Baseline er baseret på Energistyrelsens basisfremskrivning 2018, men inkluderer estimater af betydningen af energiaftalen 2018:

- 3 havmølleparker
- Pulje til teknologineutrale udbud
- Reduktion af elvarmeafgiften
- Energispareindsats\*
- Revideret estimat for biogasproduktion

Derudover inkluderes mindre ændringer, der skyldes, at beregningerne gennemføres med Ea's modeller og værktøjer for Energisektoren. Herved sikres, at tiltagene og baseline sammenlignes under samme forudsætninger.

Drivhusgasudledninger og ændringer heraf er allokeret til den sektor, hvor den direkte udledning foregår. Drivhusgasemissioner ved el- og fjernvarmeproduktion behandles derfor i el- og fjernvarmesektoren, og ikke i sektoren for det endelige slutforbrug af el og fjernvarme. Beregningerne fokuserer på tiltag indenfor energirelaterede udledninger af drivhusgasser. Da reduktionsmålet omfatter den samlede drivhusgasudledning i Danmark, er der dog tilføjet estimater for udviklingen og muligheder af udledningen af drivhusgasser indenfor landbrug, industrigasser og øvrige udledninger.

\* Energispareindsatsen omfatter kun slutforbrug af brændsler, da reduktion af CO<sub>2</sub> i el-og fjernvarmesektoren beregningsmæssigt håndteres som VE.

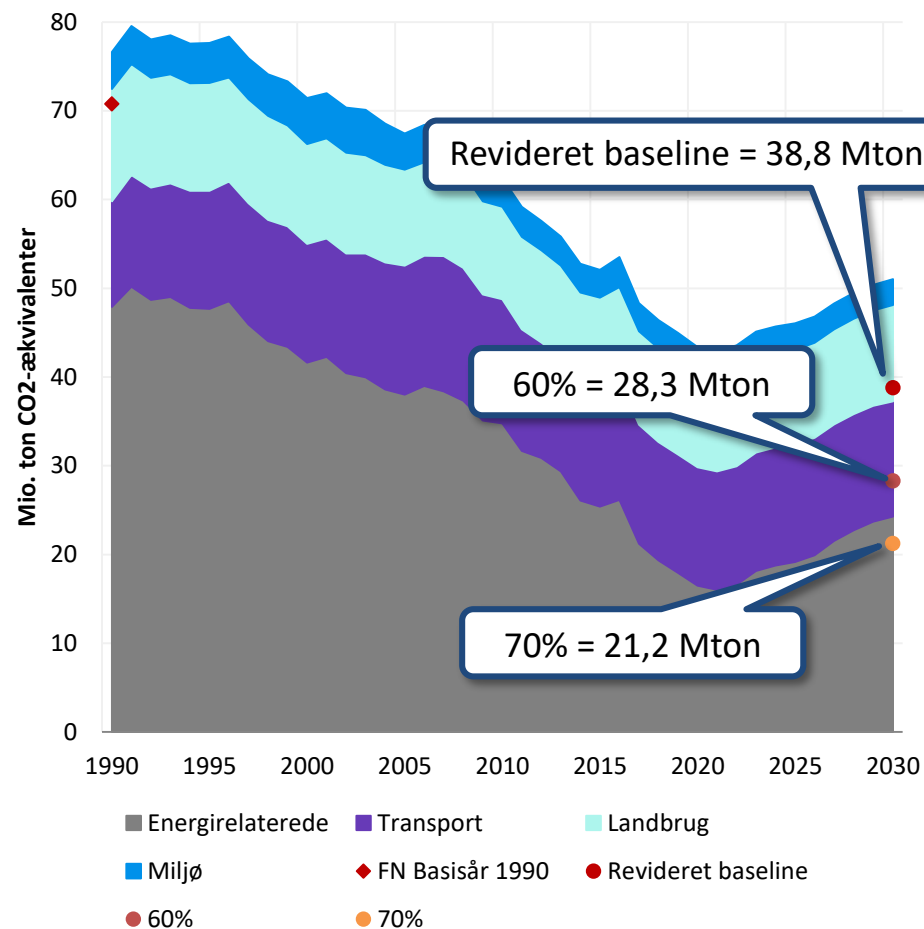
# Målsætning ved 60-70% reduktion

## Udledning drivhusgasser

Mio. ton/år	2020	2030
Basisfremskrivning 2018 - Uden ny energiaftale	43,4	51,0
Revideret baseline - Med ny energiaftale	43,7	38,8
Basisfremskrivning 2019*	44,2	38,2

## Reduktionsbehov

Mio. ton	Udledning 2030	Reduktion ift. BF18	Reduktion ift. revideret baseline
60% red. ift. 1990	28,3	22,7	10,4
65% red. ift. 1990	24,8	26,2	14,0
70% red. ift. 1990	21,2	29,8	17,5

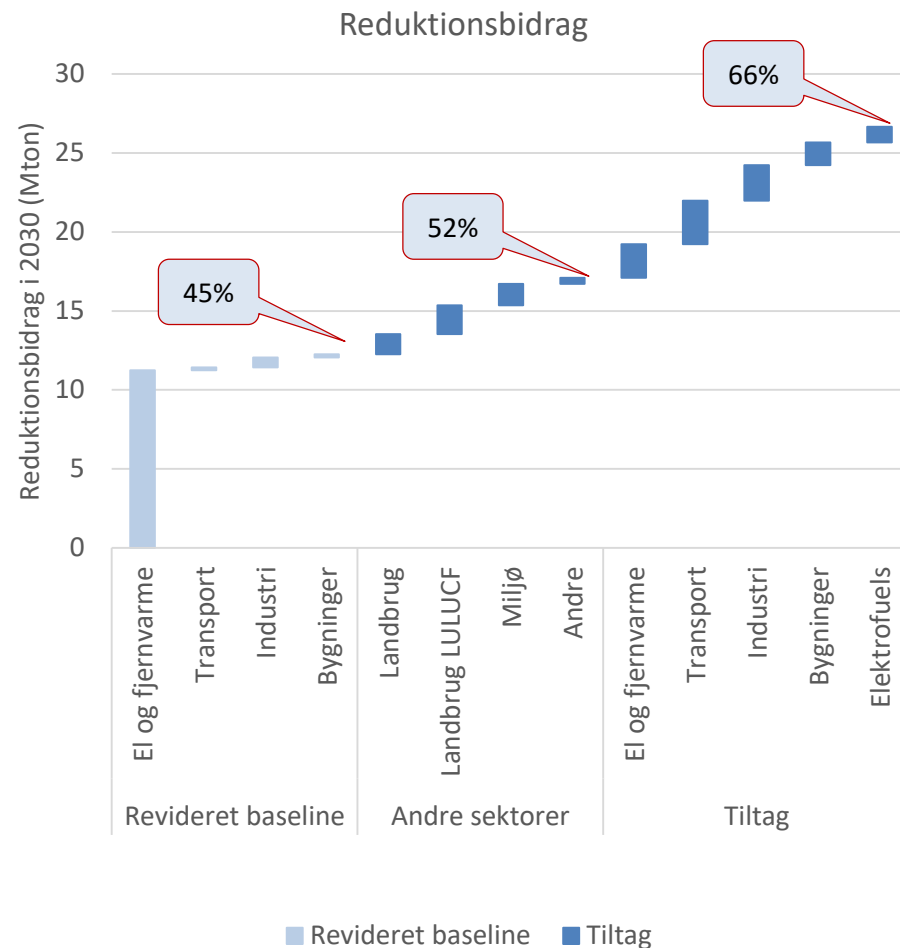


Kilde: Basisfremskrivning 2018 + egne beregninger

\*) Basisfremskrivning 2019 er offentliggjort 30. september 2019, da hovedparten af denne analyse var afsluttet. BF19 er derfor kun vist for sammenligningens skyld.

# Det samlede billede

- Væsentlig reduktion i revideret baseline ift. BF18
  - Energifortale om tiltag indenfor el og fjernvarme.
- Andre sektorer bidrager med ca. 7%-point svarende til ca. en 1/3 af reduktion udover baseline.
- De beregnede tiltag bidrager med ca. 14%-point.
  - Heraf
    - 29% i transport
    - 24% i industrien
    - 22% i el og fjernvarme
    - 15% i bygninger
    - 10% elektrofuels
- I alt opnås en reduktion på 66% ift. 1990. Tværgående tiltag indenfor elektrofuels og biogas kan i princippet skaleres for at opnå en større samlet reduktion



# Reduktionsbidrag fra andre sektorer

- Landbrug

- Udgør en relativ stor andel af den samlede drivhusgasemission i Danmark i 2030. Der antages en reduktion fra håndtering af afgrøder gødning, husdyr og arealanvendelse på ca. 1,3 Mton, svarende til en reduktion på ca. 10% ift. 1990.
- Derudover udleder landbruget drivhusgasemissioner som følge af ændringer af kulstof-balancen i jorden (LULUCF). Her estimeres et reduktionspotentiale på i alt 1,8 Mton. Udledninger fra LULUCF er ikke inkluderet i udledninger i 1990, som er udgangspunkt for reduktionsmålet om 70%.

- Miljø

- Der antages et reduktionsbidrag fra miljø (håndtering af spildevand + industrigasser) på 50% ift. 2020 svarende til 63% ift. 1990.

- Andre

- Dækker over emissioner opgjort af DCE udover de emissioner direkte relateret til dansk energiforbrug. Især grænsehandelskorrektur for diesel samt flygtige og indirekte emissioner. Der antages et samlet bidrag på 0,4 Mton svarende til 35% ift. 2020.

Mio. ton	Reduktionsbidrag 2030
Landbrug	1,3
Landbrug LULUCF	1,8
Miljø	1,4
Andre	0,4
<b>Total</b>	<b>4,9</b>

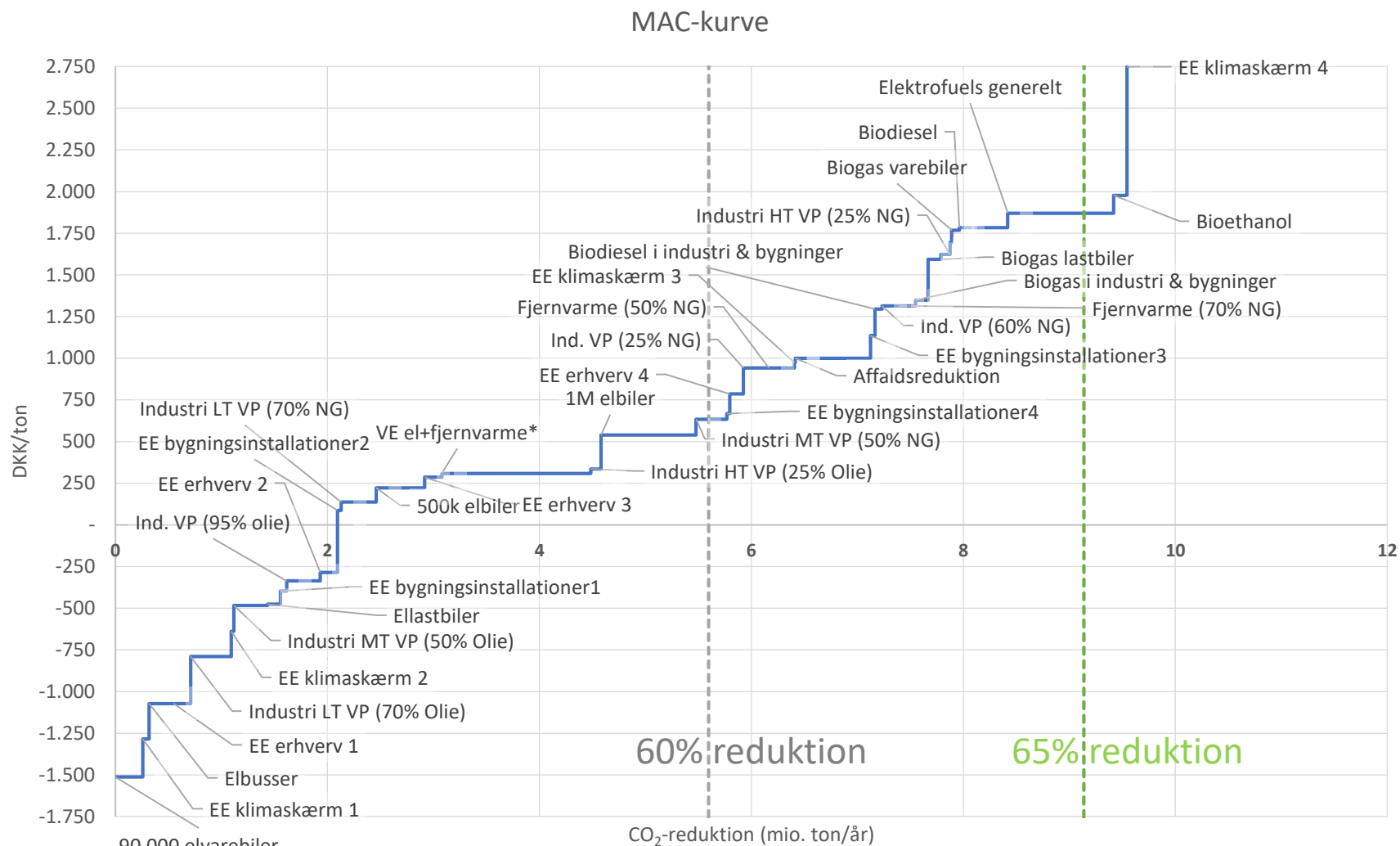
Mio. ton	Reduktion ift. revideret baseline	Reduktion ift. revideret baseline efter bidrag fra andre sektorer
60% red. ift. 1990	10,4	5,6
65% red. ift. 1990	14,0	9,1
70% red. ift. 1990	17,5	12,7

# Reduktionsbidrag fra tiltag i 2030

- Gennemregnet med Ea's værktøjer - mht. potentiale og omkostninger
- Udgangspunkt er en ambitiøs - men ikke nødvendigvis teknisk maksimal - udnyttelse af potentialerne
- Bygninger
  - Potentiale indenfor omstilling af varmforsyning. Maksimalt 70% af tilbageværende naturgasfyr og 95% af oliefyrr omlægges til varmepumper eller fjernvarme.
  - Potentiale for energibesparelser (klimaskærm + bygningsinstallationer). Energiltag tilpasses behov for bygningsrenovering.
- Industri
  - Potentiale indenfor omstilling af procesvarmforsyning. Beregnet potentiale på baggrund af elektrificering af 70% af lavtemperaturprocesser, 50% af mellemtemperaturprocesser og 25% af højtemperaturprocesser.
  - Potentiale for energibesparelser i industrielle processer.
- Transport
  - Potentiale indenfor elektrificering af persontransport.
  - Elektrificering af lastbiler (15% af nye biler i 2030), varebiler (60% af nye biler i 2030) og elbusser (75% af rutebusser).
  - Bidrag fra øget iblanding biobrændstoffer (2.g) og biogas. Fordobling af iblandingsprocenter ift. baseline. Antages gennemført efter elektrificering.
- El og fjernvarme
  - Øget anvendelse af el til fjernvarme i baseline fører til netto-import af el. En øget udbygning af VE i Danmark vil fortrænge anvendelse af fossile brændsler i udlandet og derved bidrage til en CO<sub>2</sub>-reduktion. VE udbygning kan alternativt erstattes af energibesparelser i bygninger og i produktionserhvervet. Det optimale skæringspunkt er ikke beregnet i denne analyse. En grov vurdering på basis af en igangværende "Analyse af det samfundsøkonomiske potentiale for energibesparelser" (Ea Energianalyse for SYNERGI og Renovering på Dagsordenen, 2019) viser, at ca. halvdelen af potentialet, svarende til 0,7 mio. ton, kunne være EE-tiltag.
  - Øget udsortering af plast, genanvendelse eller biogen plastic forventes at kunne halvere de fossile affaldsmængder med 50%.

Mio. ton/år	Bidrag ift. revideret baseline 2030
Bygninger	-1,43
Renovering + effektivisering	-0,26
Omstilling af varmforsyning	-1,12
Biobrændstoffer	-0,00
Biogas	-0,04
Industri	-2,25
Effektivisering	-0,61
Omstilling af varmforsyning	-1,50
Biobrændstoffer	-0,06
Biogas	-0,07
El og fjernvarme	-2,12
Forsyning	-1,41
Affald	-0,71
Transport	-2,76
0,5 mio. elbiler	-0,46
1 mio. elbiler	-0,90
Elvarebiler	-0,26
Ellastbiler	-0,12
Elbusser	-0,23
Biogas til lastbiler, varebiler og busser	-0,21
Biobrændstoffer	-0,58
Tværgående tiltag (elektrofuels)	-1,00
<b>Total</b>	<b>-9,56</b>

# Økonomi (MAC-kurve)



\*) CO<sub>2</sub>-effekt og økonomi er beregnet som el- og fjernvarmeforsyning med VE. Som det fremgår af forrige slide, skønnes det, at en del af CO<sub>2</sub>-effekten potentielt kan erstattes af energibesparelser i slutenergiforbruget.

# Samfundsøkonomisk omkostning

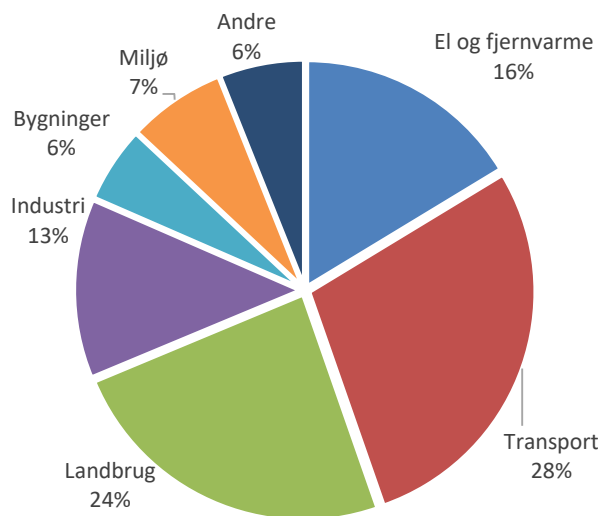
- For de enkelte tiltag beregnes den samfundsøkonomiske omkostning
- På baggrund af MAC-kurven kan tiltagenes samlede omkostninger for bestemte reduktionsniveauer estimeres
- Omkostningen opgøres pr. år, men inkluderer omkostninger "på vej" til 2030, dvs. eksempelvis omkostninger ved at introducere elbiler tidligt nok til at kunne opnå den beregnede bilpark i 2030
- Omkostninger for reduktionsbidrag fra miljø, landbrug og *andre*, jf. slide 5, er ikke opgjort, og de viste omkostninger afspejler derfor ikke de samlede omkostninger for Danmark for at nå reduktioner mellem 60% og 70%.

Mio. ton	Reduktion (Mton)	Omkostning mio. kr. /år	Gennemsnit DKK/ton
60% red. ift. 1990	5,60	-369	-66
65% red. ift. 1990	9,14	4.382	480
70% red. ift. 1990	12,68	10.037	792

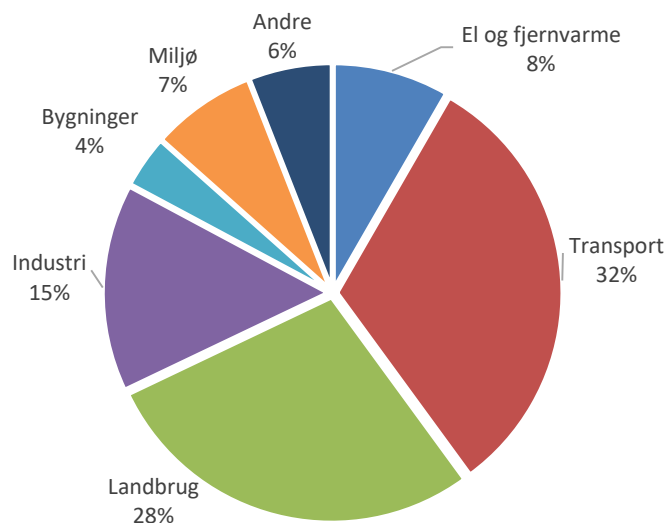


# Danmarks drivhusgasemission

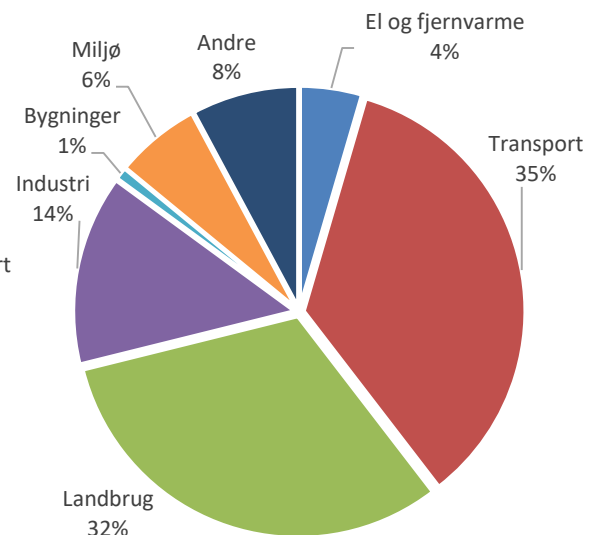
## 2020



## 2030-baseline



## 2030 med tiltag



Fordeling af emissioner vist med udgangspunkt i BF18 + revideret baseline for 2020 og 2030-baseline. For 2030-tiltag inkluderes de opstillede tiltag. Total reduktion i 2030 ca. 65,6% ift. 1990. Landbrug vises inkl. reduktionsbidrag fra LULUCF, selvom den absolutte udledning fra LULUCF ikke er med i hverken BF18 eller den reviderede baseline.

# Revideret baseline

---

BF18 er revideret på følgende punkter:

- Fremskrivning af el- og fjernvarmesektoren på baggrund af energiaftalen
  - Havmølleparker
  - Teknologineutrale tilskud
  - Sænkning af elvarmeafgiften
  - Særlige krav til investering i biomasseværker i små decentrale områder (tolkes som tilskud til alternativer)
  - Et revideret baselineforløb er beregnet med Balmorel-modellen.
- Energiforbrug i industrien
  - Pulje til energibesparelser. Antages at reducere stigning i energiforbrug til og med 2024, hvorefter stigningerne igen svarer til basisfremskrivningens forudsætninger. Energieffektivisering antages at svare til ca. halvdelen af effektiviseringen forudsat i basisfremskrivningen for årene 2018 til 2020.
  - Den i energiaftalen aftalte pulje til energibesparelser i industrien forudsættes at føre til en effektivisering i årene 2021-2024 ift. BF18, hvorefter stigningerne igen svarer til basisfremskrivningens forudsætninger. Energieffektivisering antages at svare til ca. halvdelen af effektiviseringen forudsat i basisfremskrivningen for årene 2018 til 2020. I 2030 reducerer dette udledningen i baseline og dermed reduktionspotentialet med ca. 0,5 Mton. Dette svarer ca. til Energistyrelsens vurdering i *Effekter af Energiaftalen*.
- Energiforbrug i bygninger
  - Reduktionen af elvarmeafgiften antages at føre til en forøget udskiftning af oliefyr med varmepumper. Reduktionen i elvarmeafgiften antages ikke at føre til en yderligere reduktion af naturgasforbruget, da dette i forvejen vurderes at være en optimistisk antagelse. I 2030 reducerer reduktionen af elvarmeafgiften udledningen i baseline og dermed reduktionspotentialet med ca. 0,1 Mton. Dette svarer ca. til Energistyrelsens vurdering i *Effekter af Energiaftalen*.
  - Ingen yderligere effekt af pulje til energibesparelser i bygninger, da antagelserne i BF18 i forvejen vurderes at være optimistiske.
- Transport
  - Den reviderede baseline læner sig op ad basisfremskrivning, men er beregnet med Ea's modelværktøj (PETRA) samt Ea's vurdering af teknologiudviklingen. Det giver mindre forskelle i energiforbruget.

# EL- OG FJERNVARME

# El- og fjernvarmesektoren

## Forudsætninger og metode

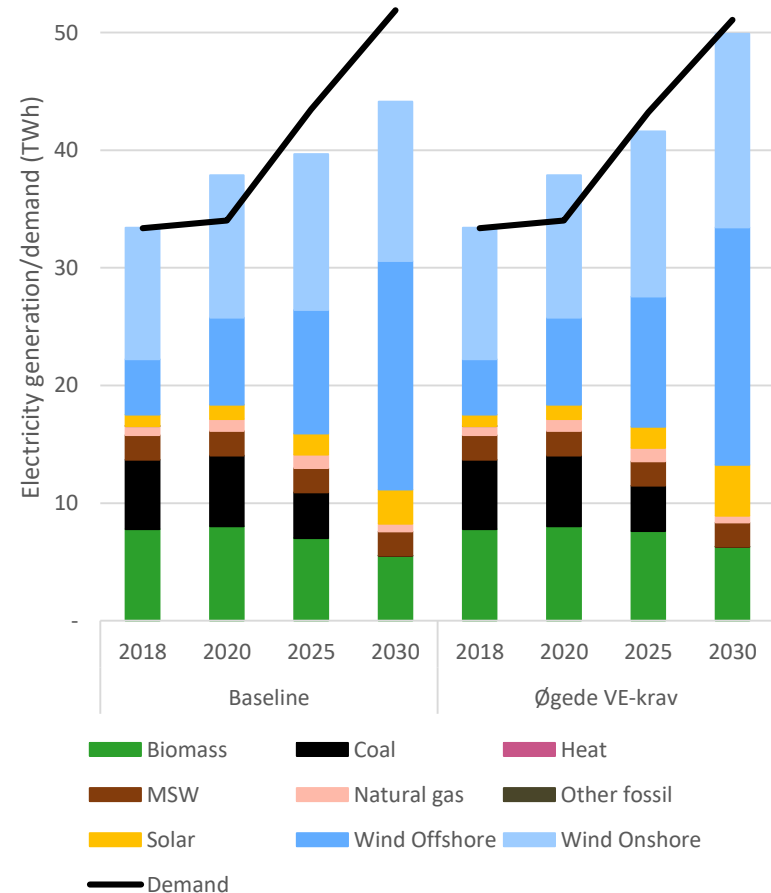
### Baseline

- Der beregnes en baseline med Balmorel-modellen
- Forudsætninger baseres bl.a. på basisfremskrivningen og aftalte tiltag:
  - Tre ekstra havmølleparker
  - Større kapacitet på solceller
  - Reduktion af elvarmeafgiften
- Forudsætningerne for den reviderede baseline afviger fra basisfremskrivningen på flere punkter
  - Ovennævnte tiltag
  - En optimering af de samlede el- og fjernvarmesystemer i Nordvesteuropa, der fører til et elmarked i balance
  - Kulstop (både i Danmark og nabolandene med forskellig timing)
- Baseline viser nettoimport til Danmark i 2030. Dette kan vise sig at blive øget, når flere af elektrificeringstiltagene (varmepumper til opvarmning og industrien, el til transport) bliver gennemført
  - I BF18 tilskriver Energistyrelsen importeret el en CO<sub>2</sub>-emission ifølge en fastlagt antagelse om produktionsfordeling i udlandet. Øget VE-elproduktion i Danmark antages at fortrænge denne CO<sub>2</sub>.
  - Balmorel modellen viser CO<sub>2</sub>-emission både Danmark og udlandet, og kan derfor beregne ændringer i CO<sub>2</sub>-emission ved øget VE-elproduktion i Danmark.

### Beregningssetup for omstillingstiltag

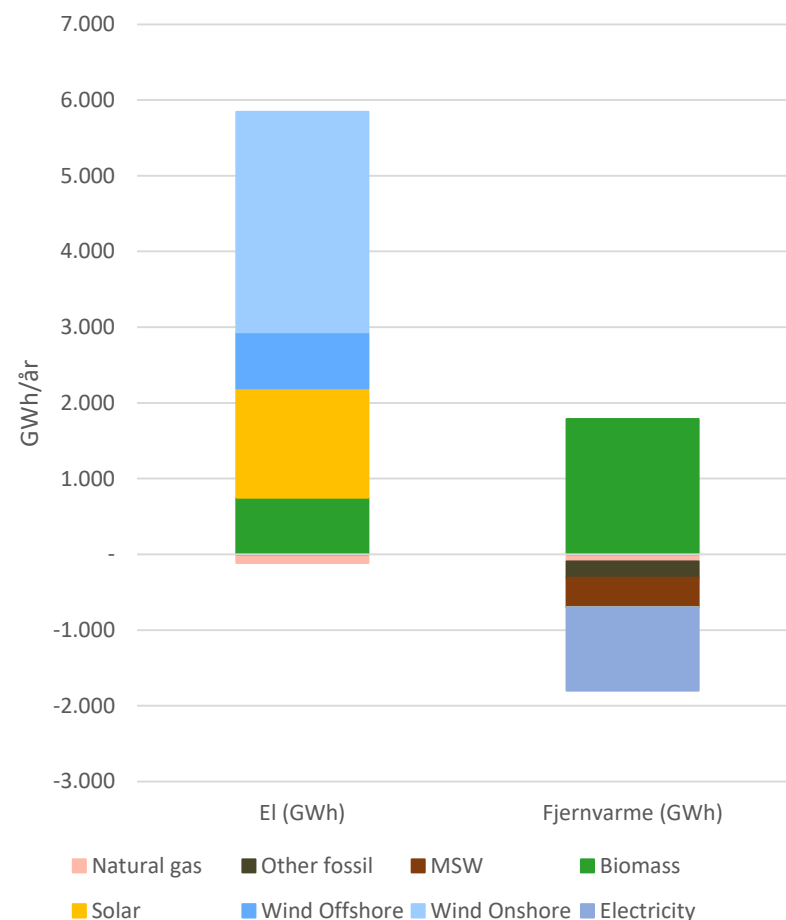
- To scenarier med øgede VE-krav i Danmark viser, hvordan den danske el- og fjernvarmesektor kan omstilles til (tæt på) 100% VE i 2030.
  - Baseline + VE: Scenarie med samme forbrug som baseline men øgede VE-krav. Illustrerer omstillingstiltag for "eksisterende" el- og fjernvarmeforbrug.
- Beregningerne med Balmorel illustrerer
  - De samfundsøkonomiske omkostninger ved omstilling af el- og fjernvarmesektoren
  - CO<sub>2</sub>-effekten i det samlede system
  - Omkostningen ved øget VE-elproduktion i Danmark

## Elproduktion og elforbrug Danmark



# Øget VE-produktion i Danmark

- Den øgede VE-produktion i Danmark opfyldes i 2030 primært ved landvind (op til et antaget maksimalt potentiale på 5 GW), solceller og biomasse.
- I fjernvarmesektoren øges anvendelse af biomasse ift. baseline, mens anvendelsen af både fossile brændsler og varmepumper reduceres.
  - Beregningsmæssigt er der forudsat et VE-krav, der i modelberegningerne kan give uventede incitamerter.
    - Bortkøling af affaldsvarme øges, uden at dette i sig selv bidrager til en reduktion af drivhusgasemissionen. I praksis er dette ikke sandsynligt, og der vil i stedet anvendes mindre biomasse.
    - Biomasse til fjernvarme kan visse steder have en fordel i dette setup sammenlignet med varmepumper kombineret med øget udbygning med solceller eller havvind.
  - De konkrete virkemidler bør tage højde for utilsigtede effekter, men samfundsøkonomien vurderes ikke at blive markant påvirket.

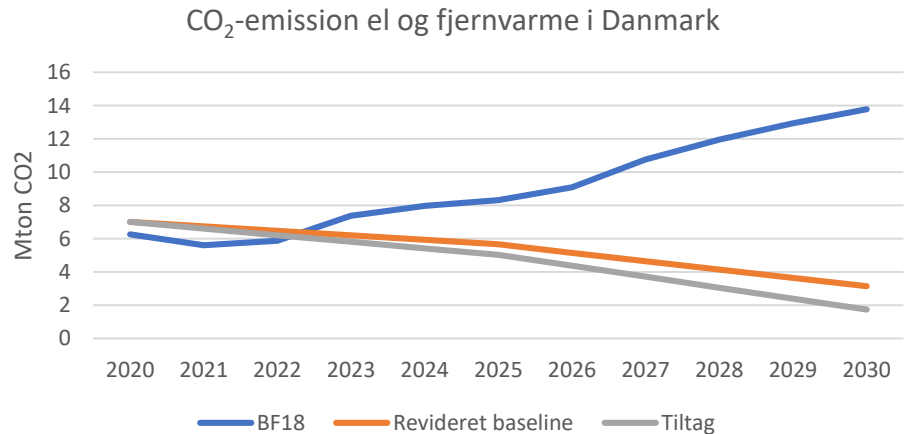


# Effekt af omstillingstiltag

## VE tiltag i Danmark

- Øget elproduktion i Danmark vil i modelberegningerne føre til en forskydning af markedsbalancen i andre lande. Den øgede elproduktion fortrænger import til Danmark og dermed et mix af produktion i andre lande, herunder anden VE.
- CO<sub>2</sub>-effekten af øget VE i Danmark afhænger af, om den marginale udbygning af VE i udlandet foregår på markedsvilkår eller fx via udbud. Ved udbygning på markedsvilkår vil VE i Danmark i højre grad fortrænge VE i udlandet. Ved udbygning på markedsvilkår vil øget elproduktion i Danmark ikke i samme grad påvirke VE-elproduktionen i udlandet.
- CO<sub>2</sub>-effekten beregnes her som et gennemsnit af en situation, hvor udlandets investeringer påvirkes og en situation, hvor udlandets VE-investeringer antages at foregå via udbud, og vil derfor være upåvirkede. Driftsbeslutningerne (på både VE og fossile anlæg) antages stadig at være påvirket af dansk VE-udbygning
- Fortrængning af VE-produktion i udlandet begrænser CO<sub>2</sub>-effekten af øget VE-produktion i Danmark.
  - En ekstra VE-produktion i det samlede system fortrænger omkring 365 g CO<sub>2</sub>/kWh.
  - Ekstra VE-produktion i Danmark fortrænger kun ca. 200 CO<sub>2</sub> g/kWh, da VE i det samlede system kun øges med 0,5, når der tilføjes 1 ekstra VE i Danmark.
- Den absolutte CO<sub>2</sub> fra el- og fjernvarme er beregnet efter følgende princip:
  - Tiltagsscenarie: Absolut CO<sub>2</sub> fra produktion på dansk jord i scenariet med VE-krav i Danmark
  - Baseline: Absolut CO<sub>2</sub> fra tiltagsscenarie tillagt forskellen i samlet CO<sub>2</sub>-emission (både Danmark og udlandet) på baseline og tiltagsscenarie.
  - Der foretages dermed ikke en fuld import/eksport-korrektion for al import/eksport fra Danmark, men der tages hensyn til effekten af dansk VE på det samlede system.
- Scenariet med øgede VE-krav i Danmark giver stadig rum for import af el på årsbasis. Yderligere ville kunne fortrænge importen og bidrage med yderligere CO<sub>2</sub>-reduktion i størrelsesordenen 0,23 Mton/år.

## CO<sub>2</sub>-effekter



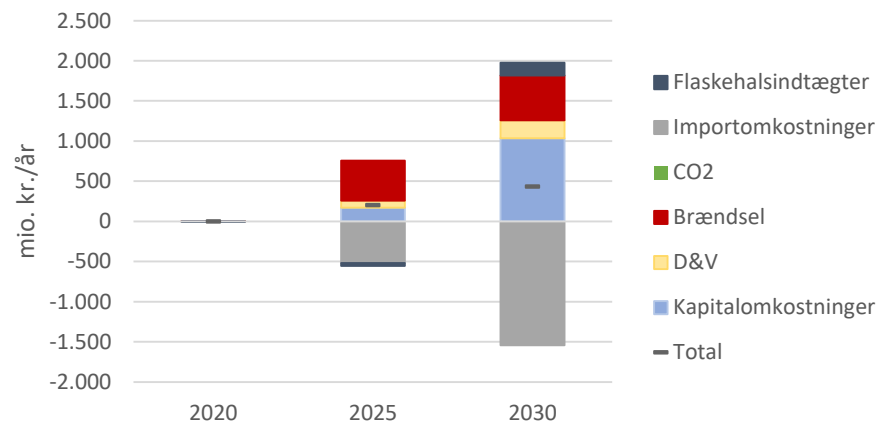
	Marginal udbygning på markedsvilkår	Marginal udbygning på udbudsvilkår	Gennemsnit
Nødvendig dansk VE pr. ekstra system VE	2,54	1,50	2
CO <sub>2</sub> -fortrængning (g CO <sub>2</sub> /kWh ekstra VE)	-346	-384	-365
CO <sub>2</sub> -fortrængning (g CO <sub>2</sub> /kWh ekstra dansk VE)	-136	-255	-196

# Økonomi el og fjernvarme

## Tiltag

- Muligheder for elproduktion
  - Landvind (i det omfang en maksimal udbygning ikke er inkluderet i baseline)
  - Solceller (udover udbygning i baseline)
  - Havvind (udover udbygning i baseline)
- Fjernvarmeproduktion
  - Biomasse
  - Varmepumper
- Da baseline er et optimeret scenarie, vil yderligere VE ifølge beregningssetuppet være forbundet med omkostninger (ellers ville den yderligere VE-produktion allerede være inkluderet i baseline).
- Omkostningen ved øget VE-produktion afhænger af den anvendte teknologi, samt om der er yderligere potentiale for udbygning. I gennemsnit er den samfundsøkonomiske meromkostning ca. 60 DKK/MWh ved udbygning med VE i Danmark, hvilket giver en CO<sub>2</sub>-fortrængningsomkostning på ca. 310 DKK/ton.
- I alt betyder den øgede VE-produktion merudgifter til kapitalomkostninger, brændsel (biomasse) men besparelser til import af el

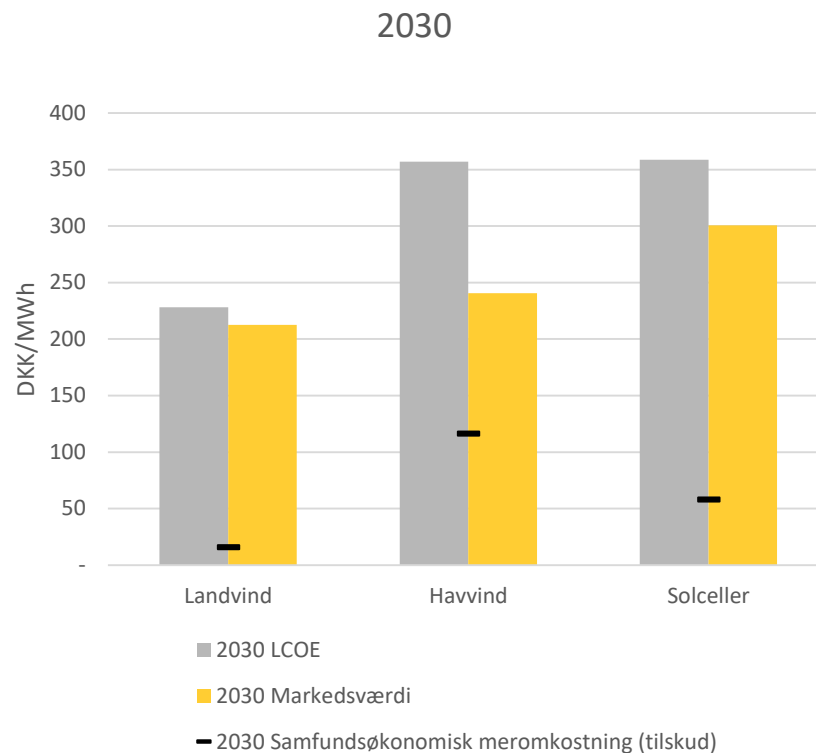
## Omkostninger for øget VE-elproduktion



Tiltag	Post	Over perioden		NPV												
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030				
Elvarebiler	CO2-reduktion (mio. ton)	7	5	-	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,79	0,94	1,10	1,25	1,41		
	Omkostning (mio. DKK)	2.311	1.692	-	40	81	121	161	202	248	295	341	388	435		
	Statsbudget (mio. DKK)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	314	314	-	64	128	192	256	320	318	315	313	311	309		

# Elektrificeringstiltag

- Elektrificering udover baseline (f.eks. i de enkelte tiltag) forudsættes at være forsynet med marginal VE-elproduktion. Modelberegningerne viser her en samfundsøkonomisk meromkostning (oveni elprisen) på mellem ca. 60 og 115 DKK/MWh afhængigt af, om der er tale om havvind eller solceller. For tiltag, der bruger el, anvendes derfor den gennemsnitlige markedspris plus et tillæg (gennemsnit for havvind og solceller) for at sikre CO<sub>2</sub>-fri elproduktion i Danmark. Elprisen på grøn strøm (ekskl. omkostninger til elnettet) bliver dermed ca. 430 DKK/MWh i 2030.



Tiltag	Post	Over perioden													
		NPV	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030		
Elvarebiler	CO <sub>2</sub> -reduktion (mio. ton)	7	5	-	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,79	0,94	1,10	1,25	1,41	
	Omkostning (mio. DKK)	2.311	1.692	-	40	81	121	161	202	248	295	341	388	435	
	Statsbudget (mio. DKK)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	314	314	-	64	128	192	256	320	318	315	313	311	309	



# Fossilt affald

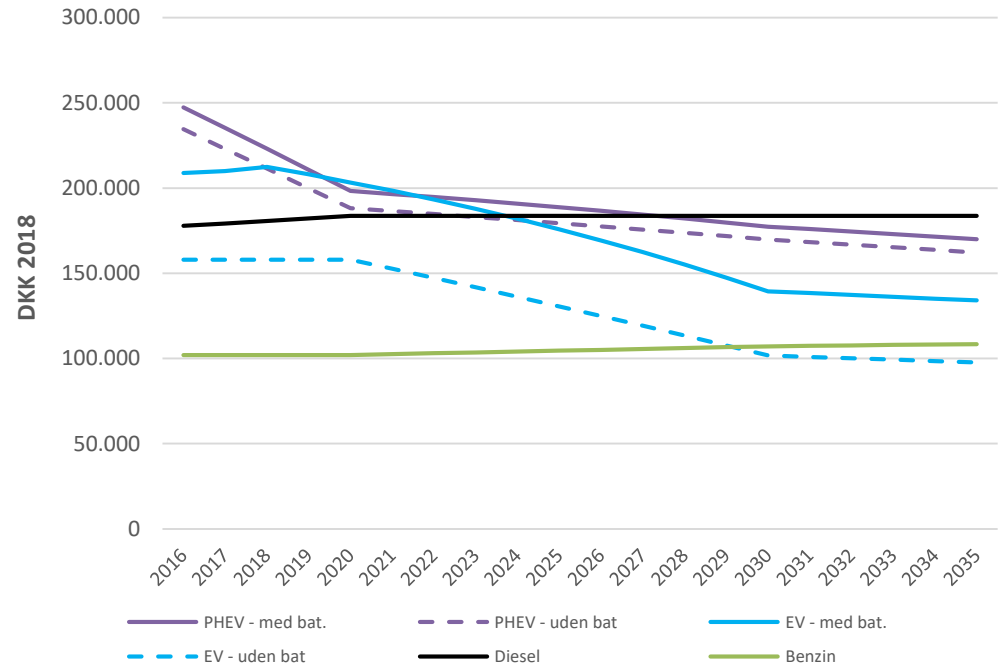
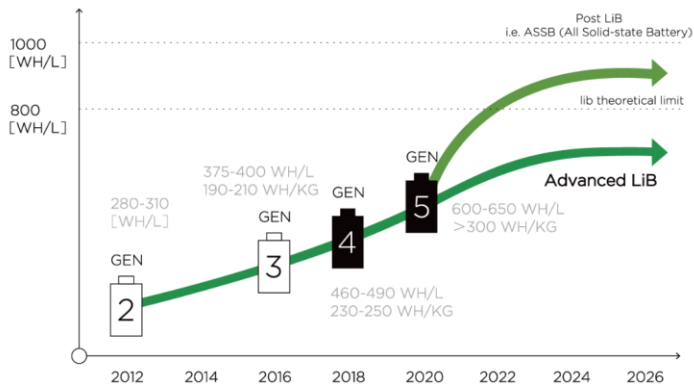
- Affaldsforbrænding medfører udledning af fossilt CO<sub>2</sub> på grund af den fossile del i affaldet. Fossilt affald falder i basisfremskrivningen fra 17,85 PJ i 2017 til 17,58 PJ i 2030.
- Et tiltag til halvering af CO<sub>2</sub> fra affaldsforbrænding vurderes at være en kombination af følgende muligheder:
  - Der anvendes biogen plastic
  - Anlæggene etableres med CCS
  - 50% plastic udsorteres til genanvendelse, og det manglende brændsel håndteres ved:
    - Anlæggene fyldes op med biomasse
    - Der produceres mindre el og varme fra affald, og varmen suppleres fra varmepumper.
- I praksis kan der være tale om en kombination af ovenstående.
- Halvering af de fossile affaldsmængder antages indfaset lineært mellem 2020 og 2030.
- Økonomiberegningerne baseres på, at fossilt affald erstattes af biomasse. Baseret på forskellige prisoplysninger antages det, at den udsorterede plastik kan genanvendes for 1200 kr./ton plastik = 30 kr./GJ. Hertil kommer, at der skal købes biomasse for ca. 50 kr./GJ = i alt 80 kr./GJ.

Tiltag	Post	Over perioden	NPV	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
	CO <sub>2</sub> -reduktion (mio. ton)	4	3		0,07	0,14	0,21	0,28	0,36	0,43	0,50	0,57	0,64	0,71
Affaldsreduktion	Omkostning (mio. DKK)	3.907	2.983		71	142	213	284	355	426	497	568	639	710
	Statsbudget (mio. DKK)	-2.474	-1.889		-45	-90	-135	-180	-225	-270	-315	-360	-405	-450
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

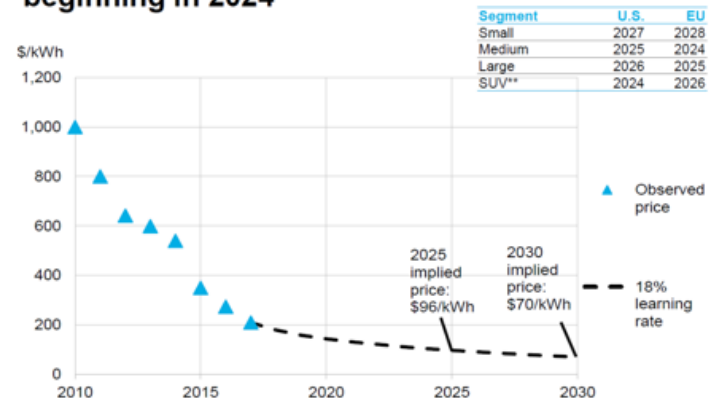
# TILTAG FOR TRANSPORTSEKTOREN

# Transport: Introduktion

- Følgende tiltag tager udgangspunkt i den reviderede baseline, som er baseret på Basisfremskrivningen 2018.
- Hvis tiltagene overlapper, fx hvorvidt man introducerer biobrændsler eller elbiler først, introduceres det billigste tiltag først.
- Vigtige antagelser:
  - Udvikling i bilpriser (uden batteri). Hertil er det nødvendigt at estimere, hvornår en tilstrækkelig stor produktionsskala forventes. Når denne opnås, bør tilnærmelsesvis alle køretøjstyper være billigere end deres modparter med forbrændingsmotor grundet simple motorer og drivlinjer.
  - Antaget udvikling i batteripriser og energi-densitet (kilde: bl.a. Bloomberg og Rho Motion).
    - 135 €/kWh i 2020 og 250 Wh/kg
    - 100 €/kWh i 2025 og 325 Wh/kg
    - 67 €/kWh i 2030 og 400 Wh/kg



## EVs reach up-front cost parity with ICEs beginning in 2024



Segment	U.S.	EU
Small	2027	2028
Medium	2025	2024
Large	2026	2025
SUV**	2024	2026

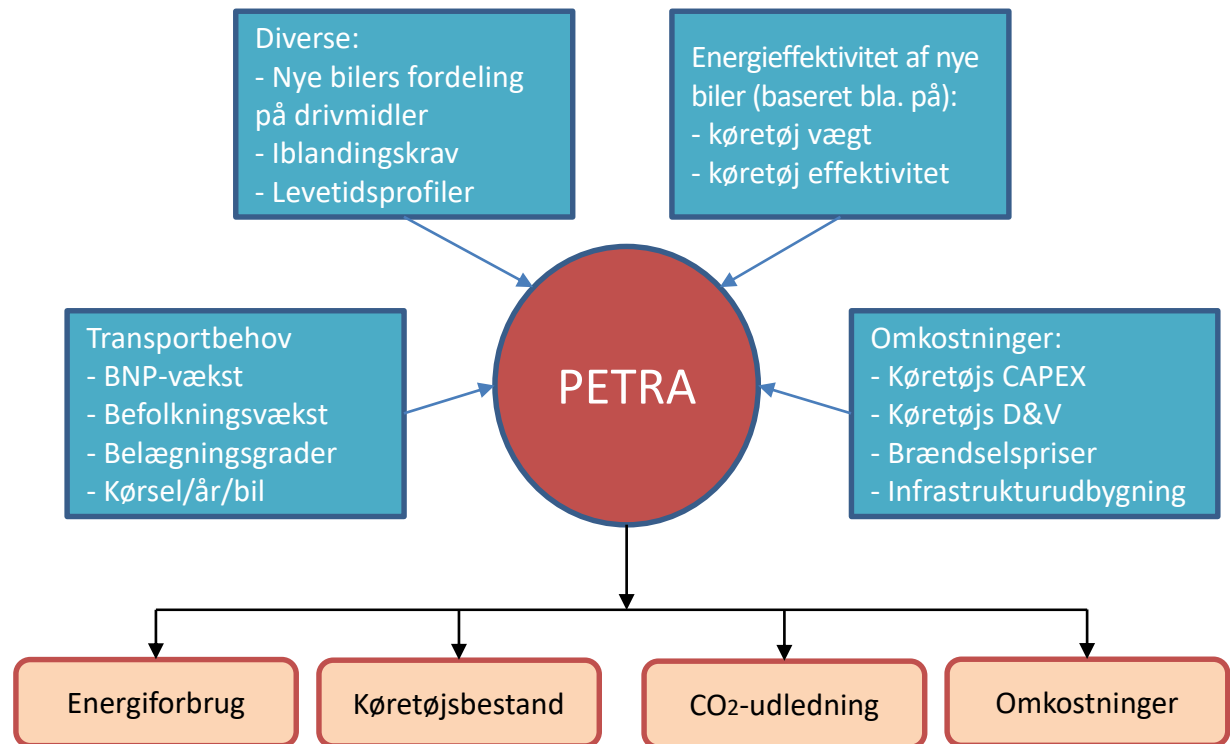
# Transport: Modellerne

Der er til projektet anvendt to modelværktøjer: En **køretøjsmodel** og regnearksmodellen **PETRA**.

I køretøjsmodellen er de tekniske udviklingsmuligheder for personbiler, varebiler, lastbiler og busser analyseret på baggrund af interviews og litteraturstudier af tekniske data om køretøjer.

Resultaterne fra køretøjsmodellen er brugt som input til transportmodellen PETRA, som beregner transportens energiforbrug, CO<sub>2</sub>-udledning og samfundsøkonomiske omkostninger. Modellen er til dette projekt udvidet til at kunne beregne samfundsøkonomiske konsekvenser af de forskellige tiltag.

Modellen anvender som input teknologi-mixet for det årlige nybilssalg for personbiler, varebiler, lastbiler og busser. Modellen anvender ydermere energieffektiviteten for nye køretøjer som et input.



# 500k og 1 mio. el- og plug-in personbiler i 2030

## 500 k i 2030:

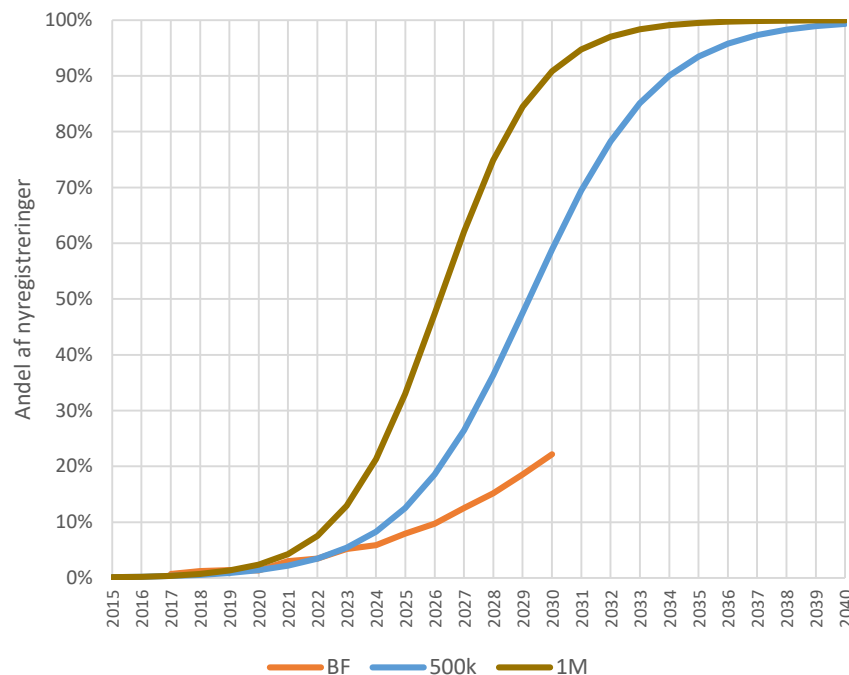
- Tiltaget følger udviklingen i Basisfremskrivningen 2018 til og med 2023, hvorefter andelen af salg af nye personlige køretøjer, som enten er rene batteridreven elbil eller plug-in hybrid, øges til 60% i 2030.
- Udviklingen følger en 'S-kurve' således at 500,000 elbiler opnås i 2030.

## 1 mio. i 2030:

- I dette tiltag afviges fra udviklingen i Basisfremskrivningen 2018 allerede i 2020, for at kunne nå målet om 1 mio. elbiler i 2030.
- I 2030 er 90% af salget af nye personlige køretøjer enten en batteridreven elbil eller en plug-in hybrid.
- CO<sub>2</sub> reduktionerne og omkostninger for dette tiltag er **udover** reduktionerne og omkostningerne for de første 500 k elbiler (se forrige tiltag)

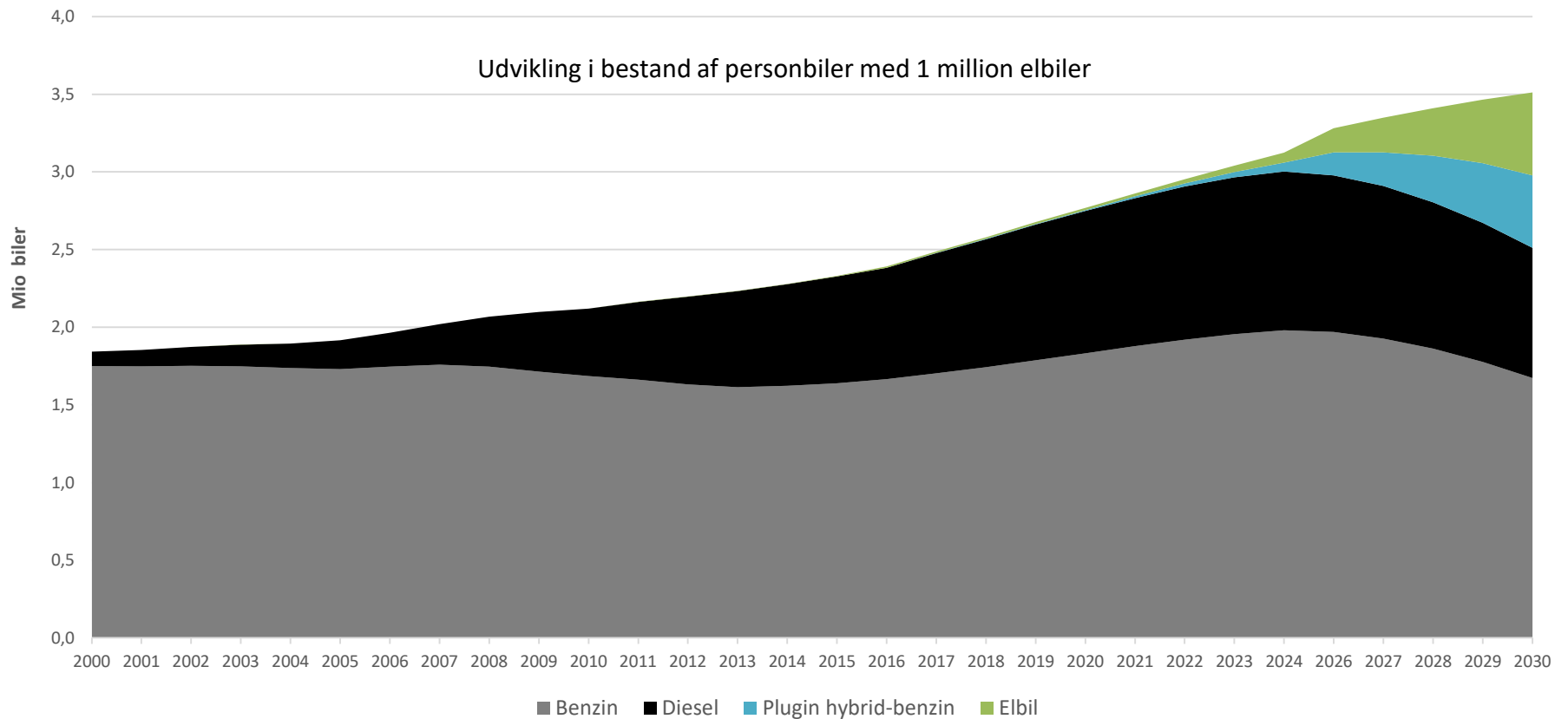
## Hovedpointer:

- Omkostningerne falder som konsekvens af: stigende produktionsvolumen, faldende batteripriser, faldende opladningsomkostninger, samt at opladningsinfrastrukturen får højere udnyttelsesgrad.
- Omkostningerne kan reduceres, hvis udskiftningen i højere grad foregår i segmenter, hvor elbiler er særlig konkurrencedygtige. Dette vil bl.a. betyde ikke at erstatte små (forholdsvis billige) benzinbiler med elbiler.



Tiltag	Post	Over perioden												
		NPV	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
500k elbiler	CO2-reduktion (mio. ton)	1,0	0,7	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,5
	Omkostning (mio. DKK)	770	541	-4,0	-8,3	-5,7	-1,5	17,2	44,5	88,7	143,0	196,1	198,0	102,0
	Statsbudget (mio. DKK)	-	-											
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	738	770	1.434	1.221	739	180	-14.445	3.206	2.017	1.528	1.144	683	223
1M elbiler	CO2-reduktion (mio. ton)	3,3	2,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9
	Omkostning (mio. DKK)	3.572	2.609	14,0	33,0	68,5	129,0	219,7	332,0	465,5	576,6	642,3	607,8	483,8
	Statsbudget (mio. DKK)	-	-											
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	1.088	1.129	2.844	2.739	2.609	2.429	2.196	1.892	1.644	1.378	1.121	822	539

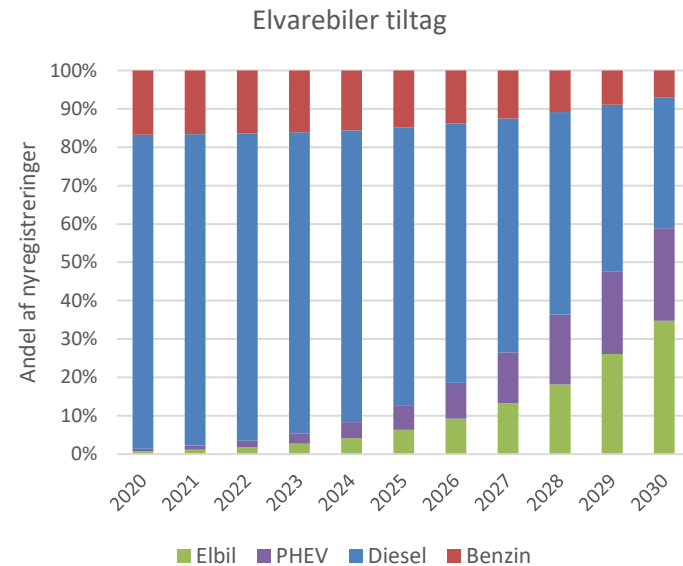
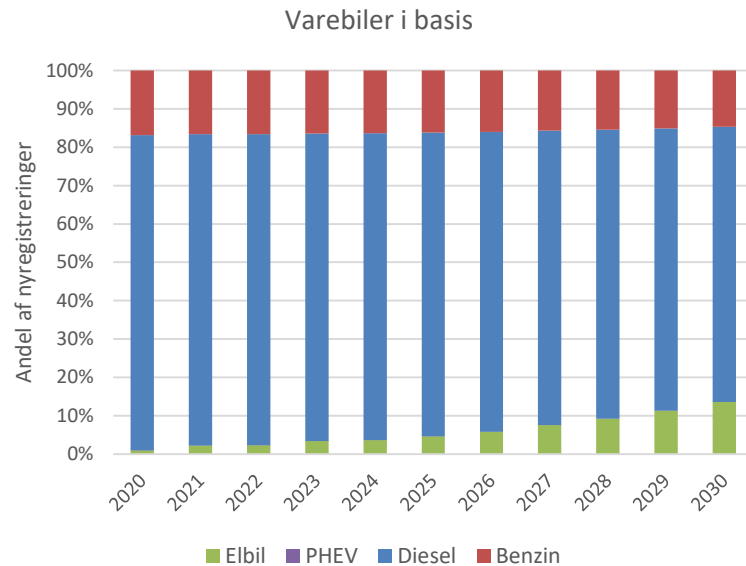
# 500k og 1 mio. el- og plug-in personbiler i 2030 - baggrund



## Hvorfor CO<sub>2</sub> besparelse på "kun" 1,3 mio. ton med 1 million elbiler?

- En del af elbilerne er plug-in hybrider, og har derfor stadig emission knyttet til kørsel:
  - Ca. 3,4 mio. personbiler i 2030, hvoraf 534.000 er elbiler og 466.000 er PHEV.
  - 70% af km i PHEV i 2030 køres på el
  - Ny PHEV kører ca. samme km pr. år som en dieselbil (ca. 23.000 km)
  - Ny elbil kører ca. samme km pr. år som en benzinbil til start (ca. 15.000 km), men elbilen kører knap 18.000 km i 2030.

# El- og plug-in varebiler (ca. 80.000 i 2030)



Dette tiltag antager en elektrificeringshastighed for varebiler svarende til den for personbiler i tiltaget for 500k elbiler.

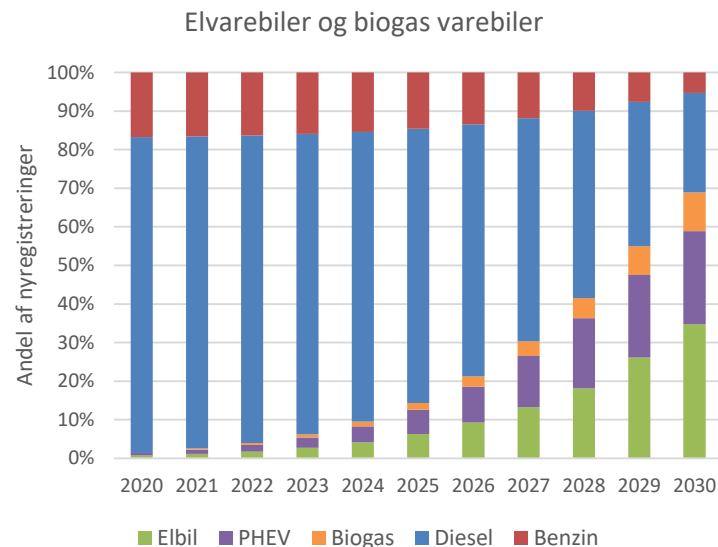
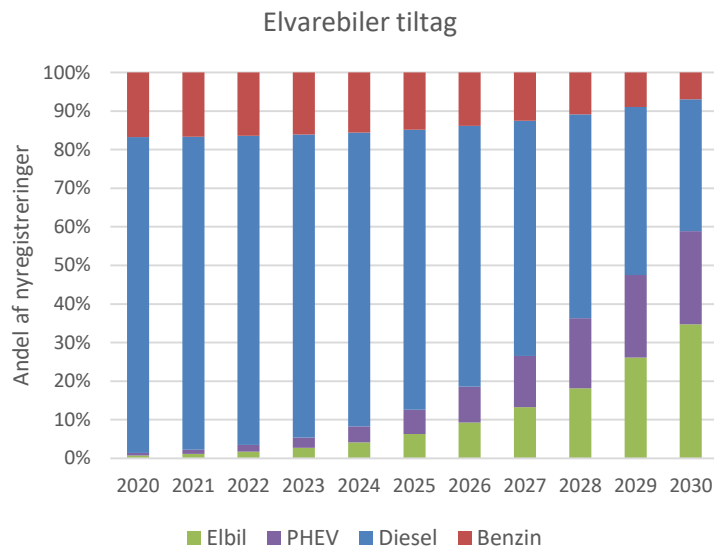
En varebil i dette arbejde er defineret som køretøjer op til 6 tons. En elvarebil defineres som enten en ren eldrevet varebil eller en plug-in hybrid varebil.

Det antages, at en andel af varebilmarkedet, som i dag benytter benzin eller diesel, vil adoptere elvarebiler med mere begrænset rækkevidde for at opnå besparelser vha. lavere drift, vedligehold og brændselsomkostninger. Det vil sige, at en andel af leveringskøretøjer i byområder er en rækkevidde på mindre en 300 km tilstrækkeligt.

Omkostningerne falder i takt med at batteripriser falder, opladningsomkostninger falder, og udnyttelsesgraden af opladningsinfrastruktur stiger.

Tiltag	Post	Over perioden													
		NPV	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030		
Elevarebiler	CO2-reduktion (mio. ton)	0,7	0,5	-0,0	-0,0	-0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3
	Omkostning (mio. DKK)	-900	-609	1,3	3,2	3,4	2,9	-2,5	-14,8	-38,2	-78,4	-143,7	-245,0	-388,8	
	Statsbudget (mio. DKK)	-	-												
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	-1.312	-1.295	-2.871	-1.882	-4.391	2.310	-313	-746	-956	-1.111	-1.245	-1.379	-1.512	

# Biogas i varebiler (10% af nybiler i 2030)



Dette tiltag fremlægger de yderligere CO<sub>2</sub>-besparelser, som opnås ved, at 10% af alle nye varebiler benytter biogas i 2030. Det antages, at forrige elvarebil tiltag allerede er implementeret.

Studier indikerer, at gas-varebiler er:

- 5-30% dyrere i indkøb. Kun 5-10% dyrere for en vogn med samme motorstørrelse, men 15-30% dyrere i forhold til en diesel version med samme effekt (HK) og moment (som vognmænd sandsynligvis vil vælge i stedet). Vi har regner med 15-20% højere investeringsomkostning.
- Gaskøretøjer har 15-20% dårligere brændstoføkonomi.
- Kræver en udvikling af infrastrukturen til påfyldning af gas, hvor udgifterne til denne falder pr. energienhed, når udnyttelsesgraden stiger.

Tiltag	Post	Over perioden		NPV											
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030			
Biogas varebiler	CO <sub>2</sub> -reduktion (mio. ton)	0,2	0,2	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
	Omkostning (mio. DKK)	401	281	-	2,0	4,6	8,2	13,1	20,0	29,9	44,2	63,4	90,3	125,0	
	Statsbudget (mio. DKK)	-	-												
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	1.841	1.849		2.706	2.446	2.258	2.108	1.982	1.900	1.863	1.828	1.796	1.768	



# Elbusser (75% af rutebusser og 10% af turistbusser i 2030)

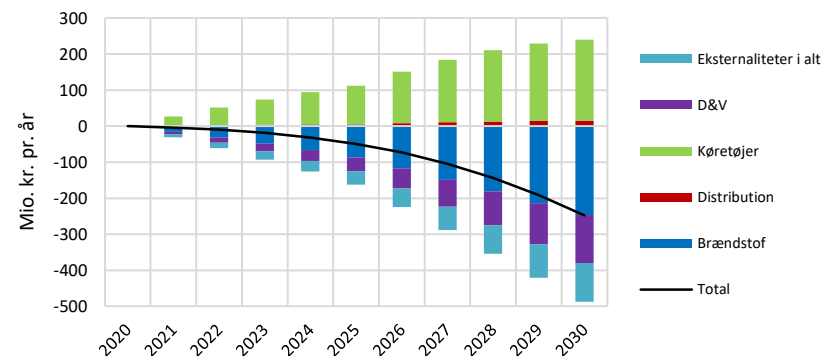
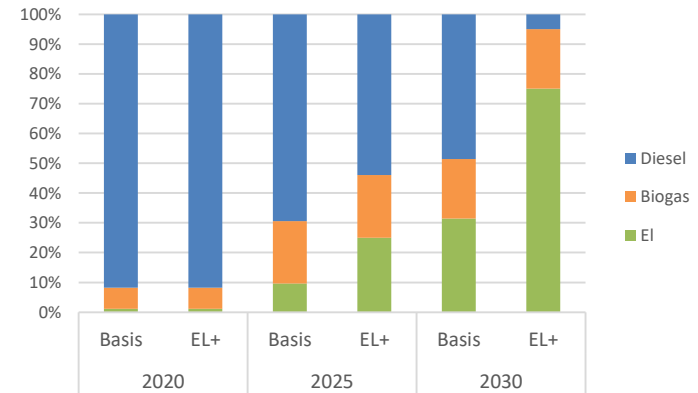
Ca. 70% af danske bustransportarbejde dækkes af rutebusser, som dækker over busser, der har faste ruter og stoppesteder. Disse kører primært i byer. Turistbusser står for resten af bustransporten.

Drevet af ønsket om reduceret lokalforurening i byområder samt regionale/kommunale initiativer om at være CO<sub>2</sub>-neutral, er der allerede igangsat initiativer vedrørende udskiftning af diesel-bybusser med elektriske busser. Grundet bussers veldefineret ruter, hyppige start/stop, samt udviklingen af hurtig opladningsinfrastruktur, som gør det muligt for busser at oplade hurtigt, mens de er i rute, er busser især velegnet til elektrificering.

Figuren øverst til højre viser udviklingen i bestanden af rutebusser i baseline sammenlignet med dette tiltag.

Turistbusser er til gengæld mere udfordrende at elektrificere. De har ofte behov for større rækkevidde og har varierende (nogen gange internationale) ruter, hvilket kræver større batterier og/eller mere distribuerede opladningsinfrastruktur. I basisscenariet antages alle turistbusser at være dieseldrevet i 2030, hvor elbus-tiltaget antager 10% elektrificeret i 2030.

Fordeling af rutebusser bestanden



Tiltag	Post	Over perioden		År											
			NPV	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Elbusser	CO <sub>2</sub> -reduktion (mio. ton)	1,1	0,8	-	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	
	Omkostning (mio. DKK)	-873	-616	-	-3,9	-9,5	-18,4	-31,6	-49,8	-72,8	-104,3	-143,8	-191,5	-247,6	
	Statsbudget (mio. DKK)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	-776	-754	-	-225	-275	-356	-461	-585	-633	-720	-826	-944	-1.072	

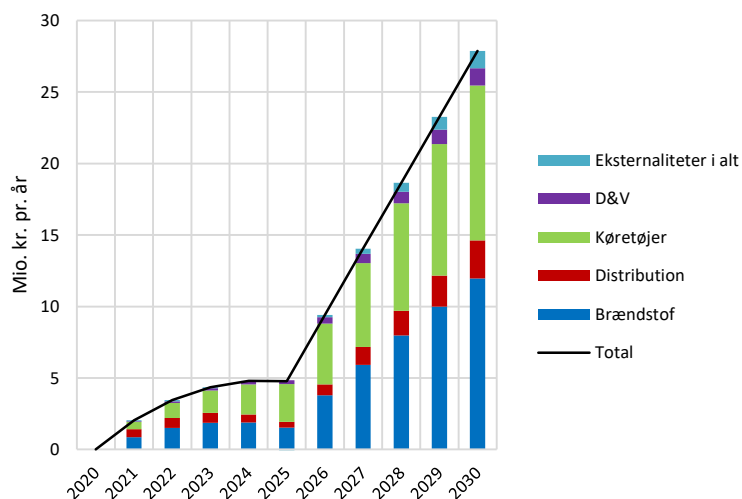
# Biogas i turistbusser (10% af turistbusser i 2030)

Da turistbusser er sværere at elektrificere, antages det at denne sektor i højere grad at være afhængig af biogas, flydende biobrændsler og/eller elektrofuels.

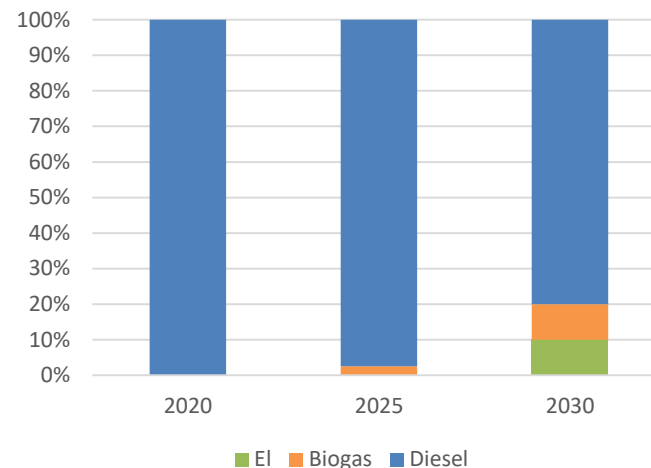
Figuren til højre viser udviklingen i bestanden af turistbusser med dette tiltag (der er 100% diesel i baseline).

Vi antager, at:

- Merprisen for en bus, som benytter gas som brændsel, er ca. 200.000 DKK sammenlignet med en bus, som benytter diesel, samt at biogasbusser har 15-20% dårligere brændstoføkonomi
- Kræves en udvikling af infrastrukturen til påfyldning af gas, hvor udgifterne til denne falder pr. energienhed, som udnyttelsesgraden stiger.



Fordeling af turistbusser bestanden



Tiltag	Post	Over perioden	NPV	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Biogas turistbusser	CO2-reduktion (mio. ton)	0,1	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Omkostning (mio. DKK)	113	81	-	2,0	3,4	4,4	4,8	4,8	9,4	14,0	18,7	23,3	27,9
	Statsbudget (mio. DKK)	-	-											
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	1.659	1.664		2.814	2.358	1.974	1.620	1.281	1.500	1.594	1.643	1.672	1.693

# Ellastbiler (ca. 15% af nye lastbiler i 2030)

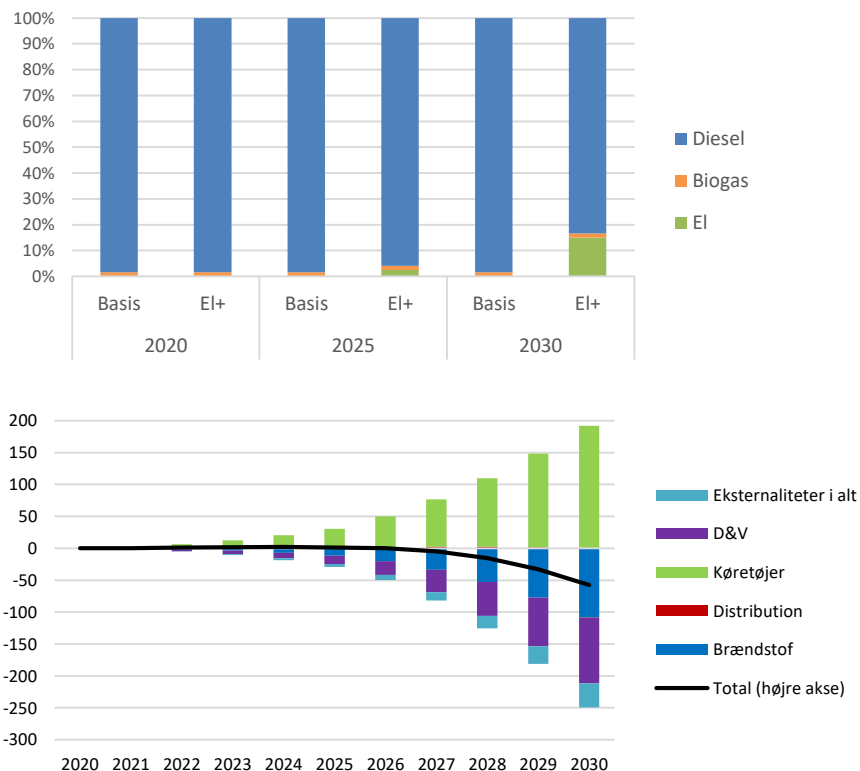
Tidligere er det antaget, at batteripriser og vægt ville udelukke elektrificering som en omkostningseffektiv løsning for tung transport (HDV) i mange år. Betydelige omkostningsreduktioner og udviklinger indenfor batteriteknologier er begyndt at ændre denne opfattelse. Fra 2020 har Tesla planer om at levere deres første HDV'er. Den ene version har en rækkevidde på 300 mil (483 km) og forventes koste ca. 170.000 USD, mens den anden har en rækkevidde på 500 mil (805 km) og koster ca. 200.000 USD.

For at omdanne disse værdier til europæiske værdier benyttes lidt mere konservative værdier i analysen, hvor det antages, at en ellastbil med en rækkevidde på 300 km har en pris på 170.000 EUR. Det vurderes realistisk, at se elektriske HDV'er på vejene i Danmark fra 2025, antaget fortsat faldende batteripriser, øget produktion samt virksomheders ønsker om at reducere deres CO2-emissioner. Ellastbil-tiltaget antager derfor at 15% af nye HDV'er i 2030 er elektriske.

En Transport og Environment rapport fra august 2018 benyttede lignende værdier i en analyse og fandt, at de totale omkostninger ved ejerskab (ekskl. investeringsomkostninger for opladningsinfrastrukturen) var lignende eller lavere for elektriske lastbiler sammenlignet med diesel lastbiler.

Figuren øverst til højre viser udviklingen i nylastbilsalg i basisscenarioet og med dette tiltage.

Fordeling af nylastbilsalg

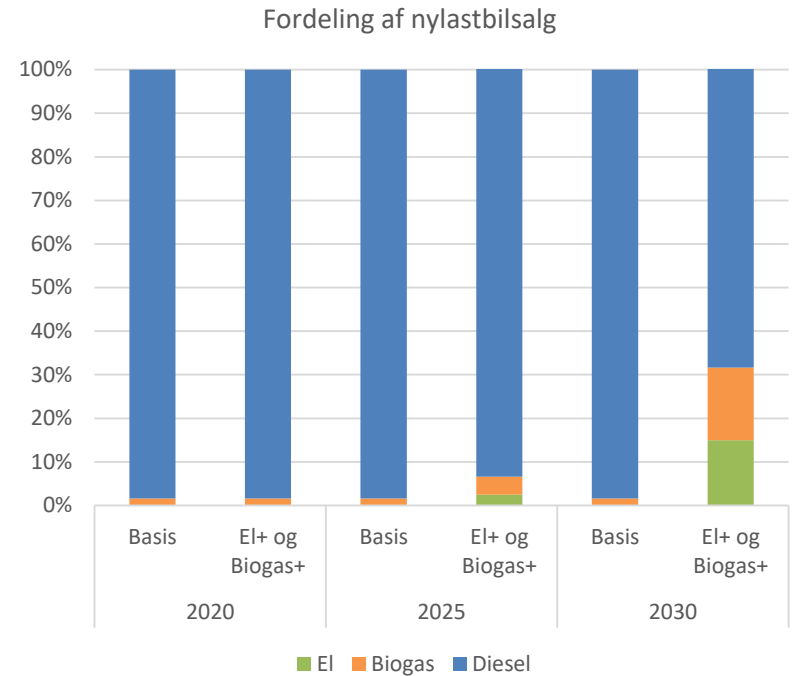
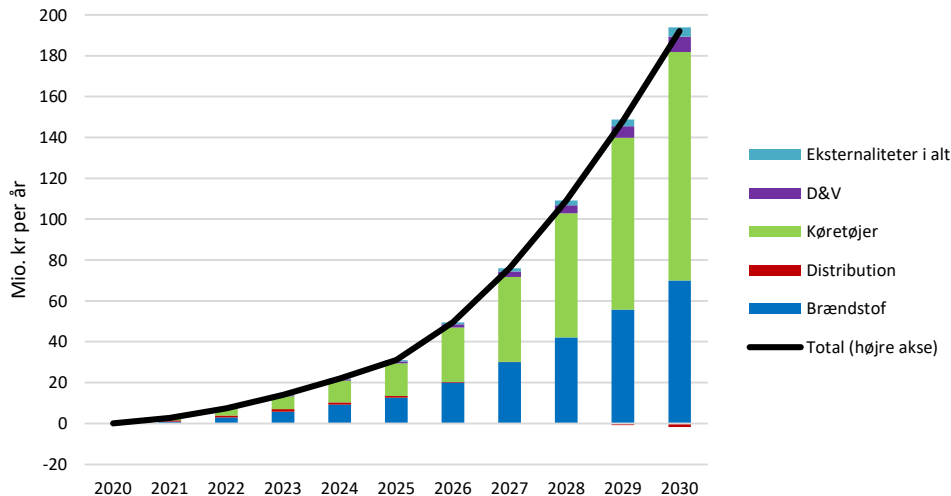


Tiltag	Post	Over perioden		År											
		NPV	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030		
Ellastbiler	CO2-reduktion (mio. ton)	0,4	0,3	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
	Omkostning (mio. DKK)	-104	-68	-	0,4	1,1	1,8	2,0	1,4	0,3	-4,9	-15,6	-32,8	-57,4	
	Statsbudget (mio. DKK)	-	-												
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	-274	-258	391	355	282	191	91	13	-116	-247	-367	-476		

# Biogas i lastbiler (ca. 15% af ny lastbiler i 2030)

Vi antager at:

- Merprisen for en gaslastbil i forhold til en diesel er mellem 200.000 og 250.000 (baseret på interviews), og at gaslastbiler har 15-20% dårligere brændstoføkonomi
- Kræver udvikling af infrastrukturen til optankning af biogas, som falder i pris pr. energienhed når udnyttelsesgraden heraf stiger.



Tiltag	Post	Over perioden		NPV	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Biogas lastbiler	CO <sub>2</sub> -reduktion (mio. ton)	0,4	0,3	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
	Omkostning (mio. DKK)	651,7	458	-	2,7	7,4	13,9	21,9	31,0	49,5	76,0	109,1	148,1	192,1	
	Statsbudget (mio. DKK)	-	-												
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	1.724	1.736		2.598	2.388	2.230	2.095	1.975	1.888	1.806	1.727	1.655	1.593	

# Fordobling af 2G biodiesel og bioethanol i 2030

## Biodiesel

- Baseline: Iblanding på 7,2% (energibasis) af diesel i 2030 er biodiesel
- Tiltag: Fordobling til 14,4% i 2030
- Forøgelsen antages at være baseret udelukkende på 2G brændstoffer.
  - 2g. FAME: ca. 230 kr./GJ
  - 2g. HVO: ca. 240 kr./GJ

## Bioethanol

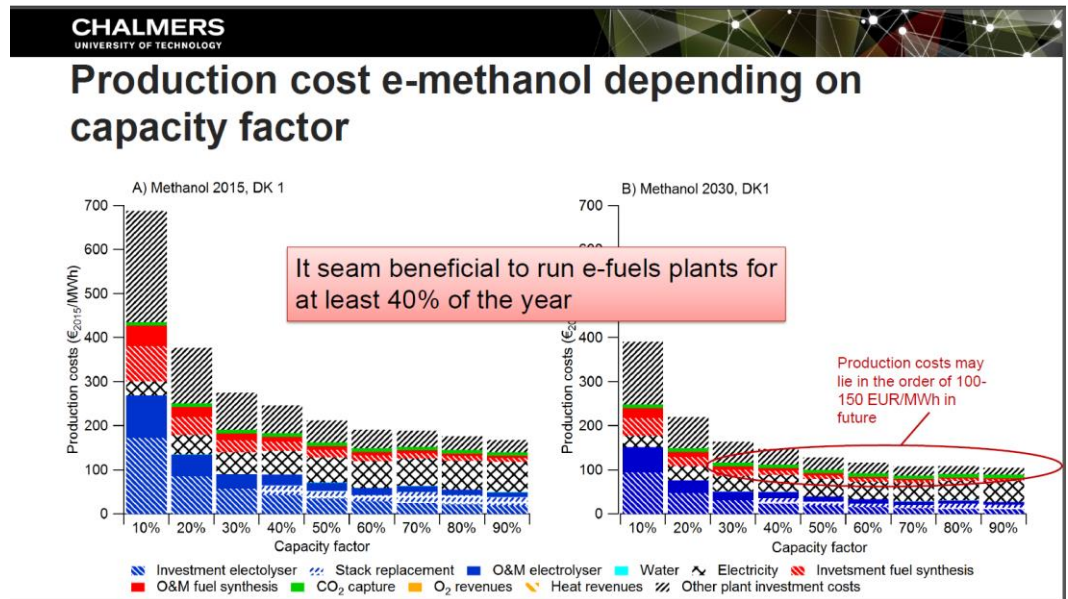
- Baseline: 3,5% (energibasis) af benzin i 2030 er bioethanol
- Tiltag: Fordobling til 7,1% af benzin i 2030
- Forøgelsen antages at være baseret på 2G bioethanol
  - 2G Bioethanol: ca. 230 kr./GJ

Tiltag	Post	Over perioden	NPV	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Biodiesel	CO2-reduktion (mio. ton)	2,9	2,1	-	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5
	Omkostning (mio. DKK)	5.191	3.844	-	106,5	215,9	322,3	422,6	513,1	600,2	674,6	736,9	783,6	815,3
	Statsbudget (mio. DKK)	-	-											
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	1.810	1.813		1.885	1.898	1.887	1.860	1.822	1.808	1.793	1.784	1.781	1.783

Tiltag	Post	Over perioden	NPV	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Bioethanol	CO2-reduktion (mio. ton)	0,7	0,5	-	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	Omkostning (mio. DKK)	1.620	1.204	-	36,3	71,8	105,6	136,3	163,5	188,2	209,3	226,2	238,2	244,8
	Statsbudget (mio. DKK)	-	-											
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	2.244	2.265		2.727	2.683	2.611	2.518	2.410	2.324	2.233	2.145	2.060	1.977

# Elektrofuels

- Omkostninger for elektrofuels er baseret på forskellige vurderinger af produktionsomkostningerne for flydende elektrofuels
- Størstedelen af produktionsomkostningerne relaterer sig til produktion af brint – både til investering, men især til elforbrug. Ved høj udnyttelse af anlæggene kan man ikke forvente, at elprisen ligger væsentligt under den gennemsnitlige elpris. På grund af fleksibel drift forventes anlæggene dog at se en lavere elpris end den gennemsnitlige elpris.
- Elektrofuels kan også anvendes til injicering i gasnettet, og kan vise sig at have lidt lavere produktionsomkostninger men lavere CO<sub>2</sub>-fortrængning. Så længe der er et biogaspotential, vil dette være mere omkostningseffektivt. Omvendt kan elektrofuels, der kan anvendes som 100% erstatning for diesel og benzin (uden begrænsninger på iblandingsandelen) være lidt dyrere.
- Energistyrelsens teknologikatalog for metanol 2030 (elpris 35 øre, 6000 h/år):
  - Opex: 26 kr./GJ
  - Capex: 40 kr./GJ
  - El: 164 kr./GJ
  - **Tot: 230 kr./GJ**
  - Chalmers (2018) estimerer produktionsomkostningerne til mellem 210-310 kr./GJ for metanol – primært afhængigt af driftstiden.



# Elektrofuels

- Antaget potentiale på 13,5 PJ i 2030 svarende til 1 Mton CO<sub>2</sub>-reduktion. Med alle tiltag implementeret ville dette i 2030 svare til en iblandingsandel på ca. 9% af det samlede forbrug af flydende brændsler. Dertil kommer iblandingsandelen af biobrændstoffer, og den samlede iblandingsprocent vil dermed være omkring 19%.
- Tiltaget er skalerbart og kan erstatte olieanvendelse på tværs af sektorer. Høje iblandingsprocenter kræver drop-in fuels, der kan være lidt dyrere at producere, og den første mængde, herunder brint og metan, kan være lidt billigere.
- Simple lineær indfasning fra 2020 til 2030
  - Senere men stejlere indfasning kan reducere de samlede omkostninger i perioden. Kræver hurtig opbygning af produktionskapacitet.
- Beregningsmæssigt er der taget udgangspunkt i et omkostningsestimat på ca. 260 kr./GJ i 2030 – svarende til ca. 9 kr./l dieselækvivalent.

Tiltag	Post	Over perioden	NPV	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Elektrofuels	CO2-reduktion (mio. ton)	6	4		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
	Omkostning (mio. DKK)	1.870	1.798											1.870
	Statsbudget (mio. DKK)	-	-											-
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	340	428	1.870	1.870	1.870	1.870	1.870	1.870	1.870	1.870	1.870	1.870	1.870

# **EFFEKTIVISERING HUSHOLDNINGER, SERVICEERHVERV OG INDUSTRI**



# Effektivisering i bygninger og produktionserhverv

---

## To kategorier

- Renovering af klimaskærm
- Effektivisering af bygningsinstallationer

## Afgrænsning

- Omhandler ikke besparelser i eksisterende el- og fjernvarmeforbrug, da dette kategoriseres under "el og fjernvarme". Reduktion af drivhusgasemissioner forbundet med eksisterende el- og fjernvarmeforbrug er således håndteret på forsyningsiden. VE udbygning kan alternativt erstattes af energibesparelser i bygninger og i produktionserhvervet. Det optimale skæringspunkt er ikke beregnet i denne analyse.

## Hovedkilde:

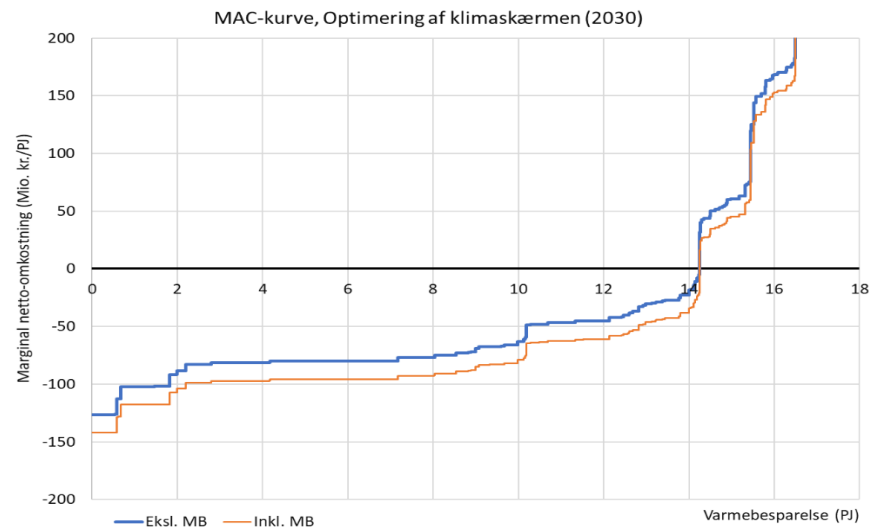
**Analyse af det samfundsøkonomiske potentiale for energibesparelser, Ea Energianalyse 2018**

Ovenstående rapport baserer sig bl.a. på følgende analyser:

- Klimaskærm: Ea Energianalyse, 2017: "*Samfundsøkonomisk værdi af varmebesparelser*" og SBI, 2017: "*Varmebesparelser i eksisterende bygninger*"
- Bygningsinstallationer: Viegaand & Maagøe, 2018: "*Gevinster ved øget brug af data og digitalisering i bygninger*" og Ecofys, 2017: "*Optimizing the energy usage of Technical Building Systems*"
- Energibesparelser i erhvervslivet: COWI, 2015: "*Kortlægning af energisparepotentialer i erhvervslivet*"

# Bygningsrenovering

- Samfundsøkonomisk potentiale 2050: 30% af energiforbruget i eksisterende bygningsmasse.
- Der antages en cyklus på 30 år for renovering af klimaskærm. I 2030 estimeres potentialet derfor til 1/3 af 2050: 14 PJ samfundsøkonomisk rentabelt potentiale.
- Teknisk og økonomisk vurderes potentialet realiserbart frem mod 2030, om end det vil kræve handling fra mange private aktører.
- Der antages en rebound-effekt på 30%, dvs. en energibesparelse på 1 MJ fører kun til en endelig besparelse på 0,7 MJ da den opnåede besparelse delvis opvejes af bl.a. øget komfort (f.eks. højere indendørs temperatur). Den øgede komfort tillægges økonomisk værdi for brugeren svarende til den sparede energi.
- Bygningsrenovering antages prioriteret før omstilling af forsyning (reducerer reduktionspotentialet for omstilling af forsyning).
- Potentialet i 2030 indføres lineært over perioden.
- Statsbudgettet indeholder ikke moms til eventuelt udført arbejde i forbindelse med renoveringen.

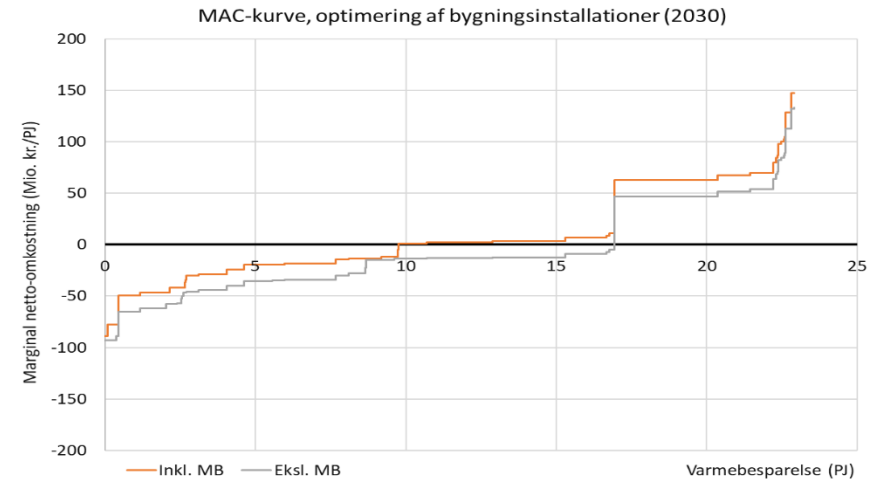


Kilde: Samfundsøkonomisk værdi af varmebesparelser, Ea Energianalyse 2018  
 MB: Multiple benefits: Potentielle sundheds- og produktivitetstgevinster som kan opnås i forbindelse med energirenoveringer

Tiltag	Post	Over perioden													
		NPV	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030		
Klimaskærm1	CO2-reduktion (mio. ton)	0	0	-	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	
	Omkostning (mio. DKK)	-540	-397	-	-9,82	-19,64	-29,47	-39,29	-49,11	-58,93	-68,75	-78,57	-88,40	-98,22	
	Statsbudget (mio. DKK)	-698	-512	-	-12	-25	-37	-50	-63	-76	-89	-102	-115	-129	
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	-1.284	-1.284	-1.284	-1.284	-1.284	-1.284	-1.284	-1.284	-1.284	-1.284	-1.284	-1.284	-1.284	
Klimaskærm2	CO2-reduktion (mio. ton)	0	0	-	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	
	Omkostning (mio. DKK)	-107	-79	-	-1,95	-3,91	-5,86	-7,82	-9,77	-11,73	-13,68	-15,64	-17,59	-19,54	
	Statsbudget (mio. DKK)	-279	-205	-	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-36	-41	-46	-51	
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	-639	-639	-639	-639	-639	-639	-639	-639	-639	-639	-639	-639	-639	
Klimaskærm3	CO2-reduktion (mio. ton)	0	0	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
	Omkostning (mio. DKK)	53	39	-	0,97	1,94	2,91	3,88	4,84	5,81	6,78	7,75	8,72	9,69	
	Statsbudget (mio. DKK)	-91	-67	-	-2	-3	-5	-7	-8	-10	-12	-13	-15	-17	
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	974	974	974	974	974	974	974	974	974	974	974	974	974	
Klimaskærm4	CO2-reduktion (mio. ton)	0	0	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
	Omkostning (mio. DKK)	139	102	-	2,52	5,05	7,57	10,09	12,61	15,14	17,66	20,18	22,71	25,23	
	Statsbudget (mio. DKK)	-84	-61	-	-1	-3	-4	-6	-8	-9	-11	-12	-14	-15	
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	2.748	2.748	2.748	2.748	2.748	2.748	2.748	2.748	2.748	2.748	2.748	2.748	2.748	

# Bygningsinstallationer

- Det samlede identificerede potentiale udgør knap 28 PJ, heraf ca. 22 PJ i private og offentlige bygninger (jf. figuren til højre) og 5 PJ i erhvervsbygninger.
- Tiltagene vedrører primært styring og drift varmeinstallationer og isolering af tekniske installationer (varmerør).
- Teknisk og økonomisk vurderes der ikke at være noget til hinder for at implementere dette potentiale frem til 2030, om end det vil kræve handling fra mange private og offentlige aktører, og i praksis kan det vise sig meget vanskeligt at indfri det fulde potentiale.
- Der antages en rebound-effekt på 30%, dvs. en energibesparelse på 1 MJ fører kun til en endelig besparelse på 0,7 MJ da den opnåede besparelse delvis opvejes af bl.a. øget komfort (f.eks. højere indendørs temperatur). Den øgede komfort tillægges økonomisk værdi for brugeren svarende til den sparede energi.
- Effektivisering af bygningsinstallationer antages prioriteret før omstilling af forsyning (reducerer reduktionspotentialet for omstilling af forsyning), men den antagne omstilling i baseline reducerer dog potentialet for besparelser på fossile brændsler.
- Potentialet i 2030 indføres lineært over perioden.
- Statsbudgettet indeholder ikke moms til eventuelt udført arbejde i forbindelse med effektiviseringer.

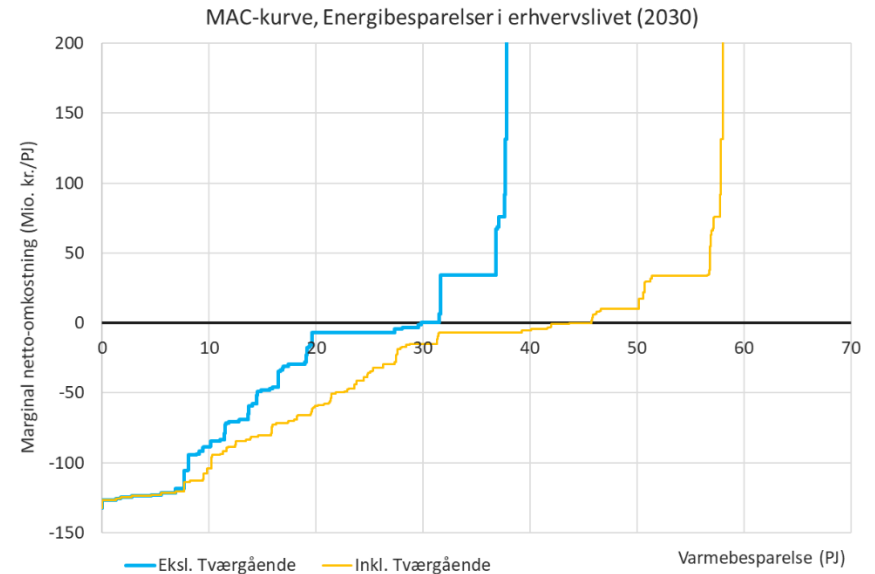


Kilde: *Samfundsøkonomisk værdi af varmebesparelser*, Ea Energianalyse 2018  
 MB: Multiple benefits: Potentielle sundheds- og produktivitetsevner som kan opnås i forbindelse med energioveringer

Tiltag	Post	Over perioden	NPV	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Bygningsinstallationer1	CO2-reduktion (mio. ton)	0	0	-	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08
	Omkostning (mio. DKK)	-167	-123	-	-3,04	-6,07	-9,11	-12,14	-15,18	-18,21	-21,25	-24,28	-27,32	-30,35
	Statsbudget (mio. DKK)	-698	-512	-	-12	-25	-37	-50	-63	-76	-89	-102	-115	-129
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	-397	-397	-397	-397	-397	-397	-397	-397	-397	-397	-397	-397	-397
Bygningsinstallationer2	CO2-reduktion (mio. ton)	0	0	-	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05
	Omkostning (mio. DKK)	22	16	-	0,40	0,80	1,20	1,60	2,00	2,40	2,80	3,20	3,60	4,00
	Statsbudget (mio. DKK)	-419	-307	-	-7	-15	-22	-30	-38	-46	-53	-61	-69	-77
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87
Bygningsinstallationer3	CO2-reduktion (mio. ton)	0	0	-	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05
	Omkostning (mio. DKK)	334	246	-	6,08	12,16	18,24	24,32	30,40	36,48	42,56	48,64	54,72	60,80
	Statsbudget (mio. DKK)	-489	-358	-	-9	-17	-26	-35	-44	-53	-62	-71	-81	-90
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	1.135	1.135	1.135	1.135	1.135	1.135	1.135	1.135	1.135	1.135	1.135	1.135	1.135
Bygningsinstallationer4	CO2-reduktion (mio. ton)	0	0	-	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04
	Omkostning (mio. DKK)	135	99	-	2,45	4,90	7,36	9,81	12,26	14,71	17,16	19,62	22,07	24,52
	Statsbudget (mio. DKK)	-215	-158	-	-4	-8	-12	-16	-19	-23	-27	-31	-35	-39
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	668	668	668	668	668	668	668	668	668	668	668	668	668

# Effektivisering produktionserhverv

- Besparelspotentiale vurderet for specifikke processer inden for specifikke brancher.
- Samfundsøkonomisk potentiale 2030 vurderet af Ea: 30-45 PJ, fulde potentiale mellem 37 og 57 PJ (heraf håndteres 5 PJ af potentialet beregningsmæssigt under bygningsinstallationer).
- Teknisk og økonomisk vurderes, der ikke at være noget til hinder for gennemføre det samfundsøkonomiske potentiale frem til 2030, men i praksis er der en række barrierer, herunder bl.a. manglende fokus hos virksomhederne, kapitalbegrænsninger og ufuldstændig information hos beslutningstagerne på virksomhederne.
- Fuld indfasning mod 2030 kan vise sig vanskeligt at indfri i praksis.
- Udover afgifter indeholder statsbudgettet også CO<sub>2</sub> kvoter. Statsbudgettet indeholder ikke moms til eventuelt udført arbejde i forbindelse med effektiviseringen.



Kilde: *Analyse af det samfundsøkonomiske potentiale for energibesparelser, Ea Energianalyse 2019*

Tiltag	Post	Over perioden	NPV	2020											2030
				2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Besp. Erhverv 1	CO <sub>2</sub> -reduktion (mio. ton)	1	1	-	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	
	Omkostning (mio. DKK)	-947	-695	-	-17,21	-34,43	-51,64	-68,85	-86,07	-103,28	-120,49	-137,70	-154,92	-172,13	
	Statsbudget (mio. DKK)	-318	-232	-	-5	-10	-15	-21	-27	-33	-40	-48	-56	-65	
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	-1.071	-1.071	-1.071	-1.071	-1.071	-1.071	-1.071	-1.071	-1.071	-1.071	-1.071	-1.071	-1.071	
Besp. Erhverv 2	CO <sub>2</sub> -reduktion (mio. ton)	1	1	-	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	
	Omkostning (mio. DKK)	-252	-185	-	-4,59	-9,18	-13,77	-18,36	-22,95	-27,54	-32,13	-36,72	-41,31	-45,90	
	Statsbudget (mio. DKK)	-318	-232	-	-5	-10	-15	-21	-27	-33	-40	-48	-56	-65	
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	-286	-286	-286	-286	-286	-286	-286	-286	-286	-286	-286	-286	-286	
Besp. Erhverv 3	CO <sub>2</sub> -reduktion (mio. ton)	1	1	-	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	
	Omkostning (mio. DKK)	252	185	-	4,59	9,18	13,77	18,36	22,95	27,54	32,13	36,72	41,31	45,90	
	Statsbudget (mio. DKK)	-318	-232	-	-5	-10	-15	-21	-27	-33	-40	-48	-56	-65	
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	286	286	286	286	286	286	286	286	286	286	286	286	286	
Besp. Erhverv 4	CO <sub>2</sub> -reduktion (mio. ton)	1	1	-	0,01	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	
	Omkostning (mio. DKK)	550	404	-	10,01	20,01	30,02	40,03	50,03	60,04	70,05	80,05	90,06	100,07	
	Statsbudget (mio. DKK)	-252	-184	-	-4	-8	-12	-16	-21	-26	-32	-38	-44	-51	
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	786	786	786	786	786	786	786	786	786	786	786	786	786	

# **TILTAG FOR BYGNINGER (HUSHOLDNINGER OG SERVICEERHVERV )**

# Bygninger: Introduktion

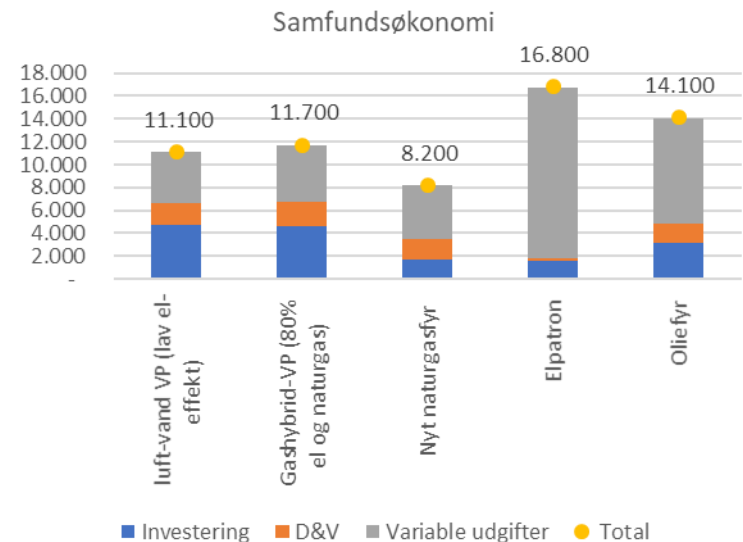
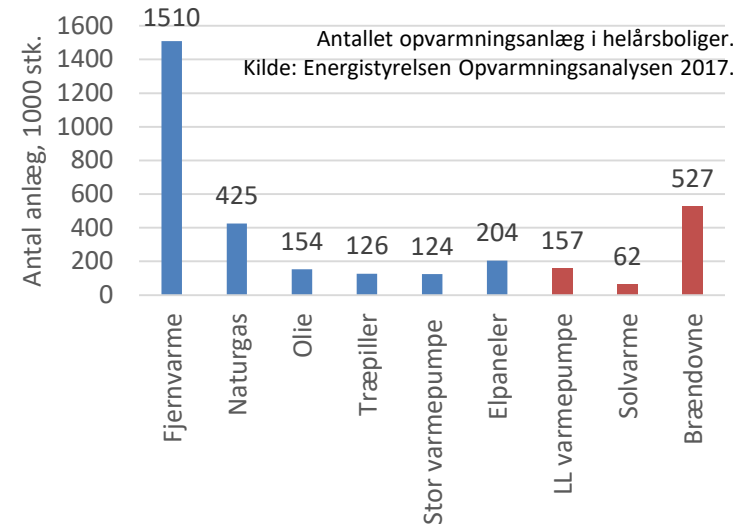
Følgende tiltag omfatter husholdninger og serviceerhvervet (både offentlig og privat service). I disse kategorier udgør opvarmning den største forbruger af fossile brændsler.

Figuren til højre viser antal varmeanlæg i helårsboliger i 2017 opdelt på teknologi, hvor tallene stammer fra Energistyrelsens Opvarmningsanalyse 2017. Mål for tiltagene er at reducere opvarmning baseret på fossile brændsler, specifikt oliefyr og naturgasfyr, vha. elektrificering og kollektiv varmeforsyning.

Baseline tager udgangspunkt i Basisfremskrivningen og Opvarmningsanalysen til at estimere antal opvarmningsanlæg til husholdninger og serviceerhvervet ud fra brændselsforbrug fra Basisfremskrivningen i perioden 2020-2030, dog med en nedjustering af antallet af oliefyr med 20% og en tilsvarende opjustering af antallet af luft-vand varmepumper svarende til den reviderede baseline.

Der er 3 hovedtiltag:

- 50% reduktion af naturgasfyr, hvoraf halvdelen skifter til individuelle varmepumper og halvdelen skifter til fjernvarme.
- 70% reduktion af naturgasfyr, hvoraf halvdelen skifter til individuelle varmepumper og halvdelen skifter til fjernvarme. Reduktion vises udover tiltaget med 50% reduktion
- 95% reduktion af oliefyr, hvor alle skifter til luft-vand varmepumper.



# Bygninger: Modellen

Til estimeringer af omkostninger og emissioner er der opbygget en model, som estimerer aldersfordelingen af bestanden for hver opvarmningsform. Alderen på et specifikt anlæg har betydning for investeringsomkostningerne, effektiviteten, og D&V omkostninger. Nyere anlæg er generelt billigere og bruger mindre brændsel, mens ældre anlæg er dyrere i drift og har højere emissioner.

**Input:** Modellens input er en fremskrivning af antallet af boliger med hver opvarmningsform for periode 2020-2030. Tiltagene påvirker forløbene for antallet af naturgasfyr, oliefyr og luft-vand varmepumper.

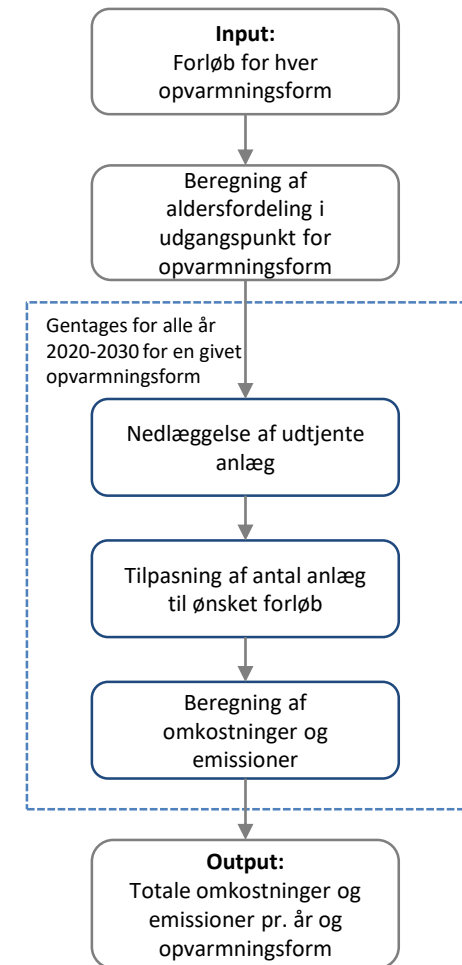
**Metode:** Først og fremmest opdeles antallet af boliger for hver opvarmningsform i to kategorier: enfamiliehuse og etageboliger, da omkostningerne er væsentlig forskellige i de to grupperinger. Opdelingen udføres baseret på data fra Danmark Statistik. Derefter estimerer modellen en aldersfordeling for den eksisterende bestand for hver opvarmningsform, hvor det antages, at anlæggene er etableret ligeligt fordelt over en periode før 2020 svarende til levetiden for den specifikke teknologi.

For hvert år i perioden 2020-2030 estimeres, hvor mange udtjente anlæg, der nedlægges. Dette gøres vha. en normalfordelingen med middelværdi lig teknologiens levetid og en spredning på to år. Efter gamle anlæg er nedlagt, investeres i nye anlæg. Forceret udskiftning kan være nødvendig, hvis antallet af eksempelvis naturgasfyr skal reduceres, hurtigere en levetiden tilsiger.

Derefter beregnes omkostninger og emissioner. Investeringsomkostningerne udtrykkes som annuiteter, med rente på 4% og løbetid over den gennemsnitlige levetid for teknologien.

## Forudsætninger:

Der tages udgangspunkt i data fra Energistyrelsen Teknologikatalog for al data relateret til teknologierne. En effektivisering af varmebehovet på -0,6% er inkluderet.



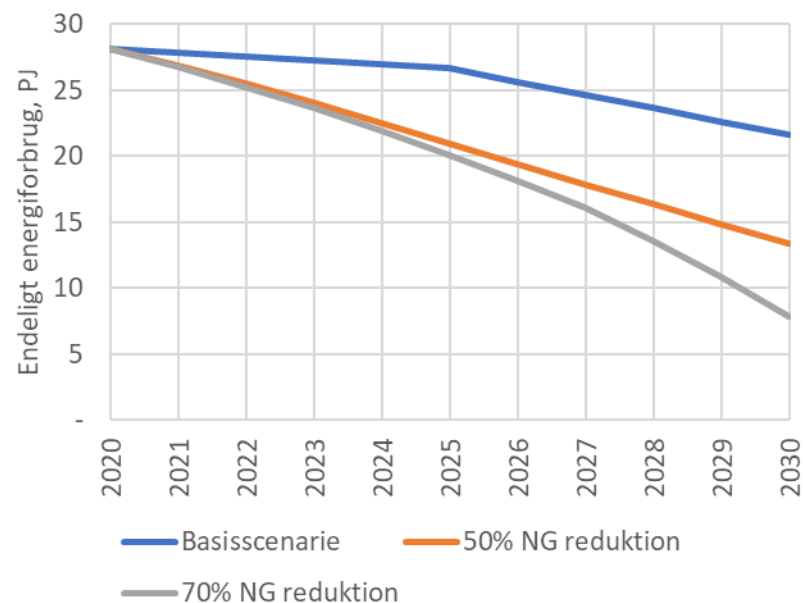
# Naturgas tiltag

Figuren til højre viser udviklingen i naturgasforbrug i basisscenariet og de to tiltag relateret til udfasning af naturgasfyr.

Forløbet i det første tiltag tager udgangspunkt i et naturligt udskiftningsforløb. Dette svarer til et forbud mod at installere nye naturgasfyr og resulterer i en reduktion på ca. 50% i 2030 i forhold til 2020. Alle udtjente naturgasfyr udskiftes med en luft-vand varmepumpe eller fjernvarme, hvor det antages, at fjernvarme er økonomisk ligestillet med individuelle luft-vand varmepumper. Naturgas ligger ofte i eller tæt på fjernvarmeområder. 50%-reduktion tiltaget er derfor opdelt, hvor 25% erstattes af luft-vand varmepumper og 25% erstattes af fjernvarme.

Det andet tiltag tager udgangspunkt i en hurtigere udskiftning, hvor en total reduktion på 70% opnås i 2030. Dette tiltag er en overbygning på forrige tiltag og beskriver derfor konsekvenserne ved at øge målet i 2030 fra 50% til 70%. En 70% reduktion kræver, at en andel af naturgasfyrene udskiftes, før de er udtjente, hvilket hæver omkostningerne ved udskiftningen, da investeringerne for disse anlæg ikke nødvendigvis er afskrevet endnu. Igen erstattes fyrene med både luft-vand varmepumper og fjernvarme.

I basisscenariet er naturgasforbruget 22 PJ i 2030, hvilket tiltagene reducerer til hhv. 13 eller 8 PJ for 50% og 70% scenarierne.



Tiltag	Post	Over perioden												
		NPV	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Fjernvarme (50% NG)	CO2-reduktion (mio. ton)	1	-	0,03	0,06	0,09	0,13	0,17	0,18	0,20	0,21	0,22	0,24	
Fjernvarme (50% NG)	Omkostning (mio. DKK)	1.559	-	31	68	106	141	174	187	198	209	218	226	
Fjernvarme (50% NG)	Statsbudget (mio. DKK)	-1.288	-	-20	-47	-76	-106	-139	-153	-166	-180	-193	-207	
Fjernvarme (50% NG)	Enhedsomkostning (DKK/ton)	1.025	1.031	1.187	1.178	1.142	1.100	1.054	1.034	1.014	992	970	947	
Ind. VP (25% NG)	CO2-reduktion (mio. ton)	2	0,00	0,03	0,06	0,09	0,13	0,17	0,18	0,20	0,21	0,22	0,24	
Ind. VP (25% NG)	Omkostning (mio. DKK)	1.559	-	31	68	106	141	174	187	198	209	218	226	
Ind. VP (25% NG)	Statsbudget (mio. DKK)	-1.288	-	-20	-47	-76	-106	-139	-153	-166	-180	-193	-207	
Ind. VP (25% NG)	Enhedsomkostning (DKK/ton)	1.025	1.031	1.187	1.178	1.142	1.100	1.054	1.034	1.014	992	970	947	
Fjernvarme (70% NG)	CO2-reduktion (mio. ton)	1	-	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,05	0,08	0,12	0,16	
Fjernvarme (70% NG)	Omkostning (mio. DKK)	689	-	5	13	15	25	34	53	71	109	155	209	
Fjernvarme (70% NG)	Statsbudget (mio. DKK)	-384	-	-2	-6	-7	-12	-17	-28	-38	-61	-89	-123	
Fjernvarme (70% NG)	Enhedsomkostning (DKK/ton)	1.374	1.379	1.580	1.570	1.545	1.500	1.457	1.428	1.405	1.374	1.347	1.322	
Ind. VP (60% NG)	CO2-reduktion (mio. ton)	1	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,05	0,08	0,12	0,16	
Ind. VP (60% NG)	Omkostning (mio. DKK)	689	-	5	13	15	25	34	53	71	109	155	209	
Ind. VP (60% NG)	Statsbudget (mio. DKK)	-384	-	-2	-6	-7	-12	-17	-28	-38	-61	-89	-123	
Ind. VP (60% NG)	Enhedsomkostning (DKK/ton)	1.374	1.379	1.579	1.570	1.545	1.500	1.457	1.428	1.405	1.374	1.347	1.322	



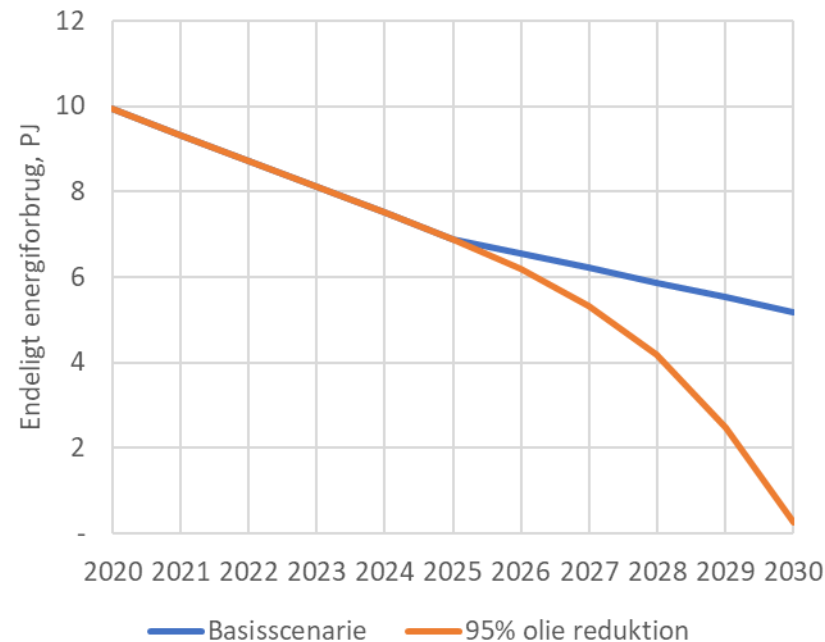
# Olie tiltag

Tiltag for oliefyr omfatter en drastisk reduktion i antallet af anlæg, hvor disse reduceres med 95% i 2030 i forhold til 2020. Figuren viser, hvordan forbruget udvikler sig i basissceneriet og ved en 95% reduktion af anlæg.

Tiltaget følger basissceneriet frem til 2025, hvorefter reduktionen tager fart. I forløbet er indlagt en kurve, hvor reduktionen bliver hurtigere, når 2030 nærmer sig. Dette skyldes forbrugeradfærd, hvor der forventes en vis træghed i starten.

Begge scenarier involverer forceret udskiftning af oliefyr, dog forcerer 95%-tiltaget udskiftningen i langt højere grad.

Ekstraomkostningerne ved tiltaget pr. sparet ton CO<sub>2</sub> er negativ, hvilket peger på, at tiltaget er en gevinst for samfundet.



Tiltag	Post	Over perio den	NPV												
				2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Ind. VP (95% olie)	CO2-reduktion (mio. ton)	1	0	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,03	0,08	0,16	0,29
Ind. VP (95% olie)	Omkostning (mio. DKK)	-196	-131	-	-	-	-	-	-	-	-1,98	-9,55	-24,28	-53,91	-106,62
Ind. VP (95% olie)	Statsbudget (mio. DKK)	-588	-394	-	-	-	-	-	-	-	-8	-34	-80	-164	-303
Ind. VP (95% olie)	Enhedsomkostning (DKK/ton)	-345	-344								-254	-286	-314	-340	-365

# TILTAG FOR INDUSTRI

# Industri: Introduktion

Tiltagene for industri omfatter en elektrificering af processer i industrien, som kræver varme, og som i dag forsynes med fossile brændsler.

Forbruget i industrien er opdelt i 5 brændselsgrupperinger:

- Elektricitet
- Naturgas
- Olie
- Vedvarende & affald
- Faste fossile brændsler.

Hvert brændsel er derefter opdelt i fem kategorier: Lav-temperatur (LT), middel-temperatur (MT), høj-temperatur (HT), intern transport og anden el vha. arbejde udført af Viegand og Maagøe og DTU. En beskrivelse af de fem kategorier ses i tabellen. Figuren viser, hvordan brændselsforbruget fordeler sig på de 3 forskellige temperaturniveauer.

En proces' temperaturniveau sætter krav til, hvilken teknologi kan benyttes ved en elektrificering samt dens effektivitet og derfor er opdelingen essentiel. Det er generelt billigere og nemmere at elektrificere de processer, som har et lavere temperaturniveau.

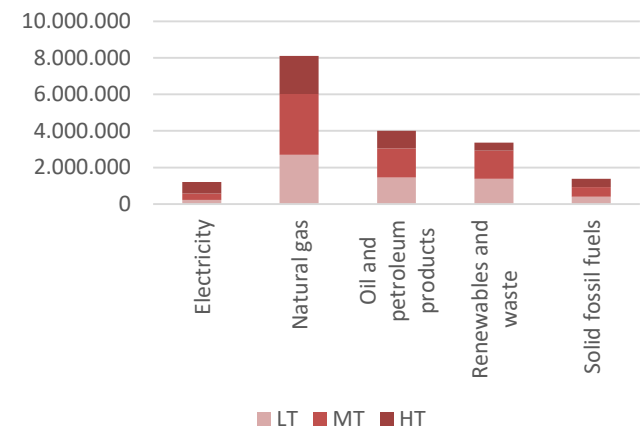
## Tiltagene:

Baseline tager udgangspunkt i basisfremskrivningens forløb for hver brændselsgruppe, som derefter opdeles i temperaturniveauer. Tiltagene behandler kun LT, MT og HT kategorierne, hvor en andel af naturgas og olie kapaciteten elektrificeres. Andelen, som elektrificeres, er en vurdering af, hvad er teknisk muligt og realistisk at opnå i løbet af 10 år.

Det antages, at effektiviseringstiltagene udføres før disse tiltag, og derfor er basisscenaariets forløb opdateret i henhold til deres effekt. Heri tages også hensyn til at energispareordningen er blevet forlænget.

LT	Forbrug til processer med temperaturer 0 - 100°C, fx tørring.
MT	Forbrug til processer med temperaturer 0 - 300°C.
HT	Forbrug til processer med temperaturer 300°C+, fx støbning.
Intern transport	Forbrug til transport internt i industrien, fx traktorkørsel i landbrug eller kørsler med gaffeltrucks.
Anden el	El som ikke benyttes i de ovenstående kategorier, fx belysning.

Fordeling af brændselsforbrug på temperaturniveauer



# Industri: Modellen

For at estimere energiforbrug, omkostninger og emissioner for LT, MT og HT processerne er der opbygget en model. Formålet med modellen er at estimere aldersfordelingen af kapaciteten for hvert brændsel og temperaturniveau og estimere bestandsudviklingen i forskellige scenarier. Aldersfordelingen af kapaciteten har betydning for de totale omkostninger da alderen påvirker investeringsomkostninger samt D&V omkostninger. Derudover har alderen af et anlæg betydning for effektivitet, hvilket påvirker brændselsforbrug og emissioner.

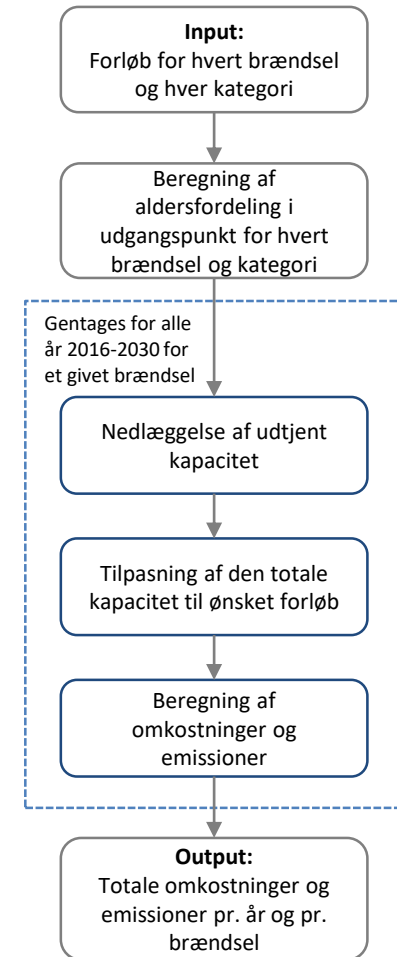
**Input:** Modellen tager udgangspunkt i en fremskrivning af den nødvendig kapacitet inden for hver kombination af kategori og brændsel. Da der er fem brændsler og fem kategorier, er der 25 forløb, som kan justeres i scenarierne. Tiltagene påvirker forløbene for naturgas, olie og elektricitet/omgivelsesvarme for LT, MT og HT.

**Metode:** For hvert år vurderer modellen, hvor stor andel af den tilgængelige kapacitet har nået dets levetiden og derved nedlægges. Nedlæggelse af gammel kapacitet er baseret på en normalfordeling centreret omkring den specifikke teknologis gennemsnitlig levetid og med en spredning på to år.

Derefter justerer modellen den totale kapacitet i det pågældende år, så det passer med det analyserede tiltag. Her har modellen to muligheder:

- Hvis den totale kapacitet er for lav, investeres i ny kapacitet.
- Hvis den totale kapacitet er for høj, nedlægges den ældste kapacitet, selvom det ikke er udtjent. Annuiteter for investeringsomkostninger for disse fortsættes.

Når aldersfordelingen for et givet år er bestemt, er det muligt at beregne annuiteter for investeringer, D&V, brændselsforbrug og emissioner



# Industri: Forudsætninger

---

Generelt antages i tiltagene, at processerne ikke ændres i forbindelse med elektrificering, men blot at varmekilden udskiftes.

Da modellen benytter en fremskrivning af kapacitet og ikke forbrug, er det nødvendigt at konvertere forbruget til kapaciteter vha. af et antaget antal fuldlasttimer.

DTU vurderer, at det i den nærmere fremtid er muligt at elektrificere LT og MT processer vha. varmepumper, mens HT elektrificeres vha. elkedler. Beregningerne tager udgangspunkt i denne vurdering.

Modellen indeholder fem forskellige brændselsgrupperinger, men disse repræsenterer i princippet en større antal forskellige brændsler og teknologier. For at simplificere beregningerne antages det, at en enkelt teknologi er tilknyttet hvert brændselsforbrug. Tiltagene omfatter naturgas, olie og elektricitet og hertil er valgt følgende teknologier:

- Naturgas: Naturgaskedler
- Olie: Oliekedler
- Elektricitet: Varmepumper eller elkedler afhængig af temperaturniveauet.

Der tages udgangspunkt i Energistyrelsens teknologikatalog for data relateret til disse teknologier. Kataloget indeholder ikke data for oliekedler og derfor antages en investeringsomkostning, som er 50% højere end for en gaskedel for at kompensere for omkostninger til olietanken. Det forventes, at en LT varmepumpe er billigere end en MT varmepumpe, og derfor fastsættes priserne for disse til hhv. fire mio. og fem mio. kr./MW i 2015, og deres prisudvikling følger samme procentuel prisudvikling fremlagt i Teknologikataloget.

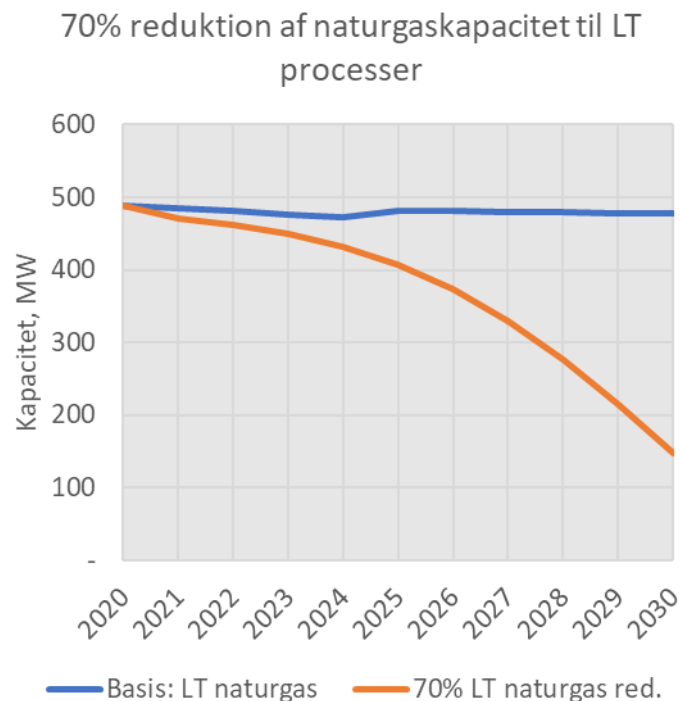
De beregnede ændringer i statsbudgettet indeholder påvirkningen fra CO<sub>2</sub> kvoter.

# Elektrificering af 70% LT naturgas

Tiltaget tager udgangspunkt i en 70% reduktion af naturgaskapacitet til lav-temperatur processer i forhold til 2020. Lav-temperatur svarer til temperaturintervallet 0-100°C og elektrificeres vha. varmepumper.

Tiltaget resulterer i en reduktion fra ca. 490 MW til 145 MW svarende til en reduktion i det endelige energiforbrug af naturgas på 5,9 PJ i perioden 2020-2030. Til sammenligning reduceres de endelige energiforbrug kun med 1,2 PJ i basisscenariet .

Med en 70% reduktion, som fremlægges i dette tiltag, er det nødvendigt at nedlægge kapacitet før denne er udtjent. Knap 230 MW ikke-udtjent kapacitet nedlægges, hovedsageligt i de sidste fire år i perioden for tempoet for udskiftningen overstiger hastigheden for den naturlige udskiftning.



Tiltag	Post	Over		2020-2030											
		perioden	NPV	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Industri LT VP (70% NG)	CO2-reduktion (mio. ton)	1	0,87	-	0,01	0,02	0,03	0,04	0,07	0,11	0,15	0,20	0,26	0,33	
	Omkostning (mio. DKK)	230	168	-	5,11	6,95	9,16	12,17	18,39	24,10	30,41	36,86	42,07	45,28	
	Statsbudget (mio. DKK)	-65	-46	-	-0,74	-1,01	-1,46	-2,19	-3,91	-5,63	-7,84	-10,65	-13,86	-17,41	
	Enhedsomkostning	188	193		362	360	328	291	247	225	205	183	161	138	

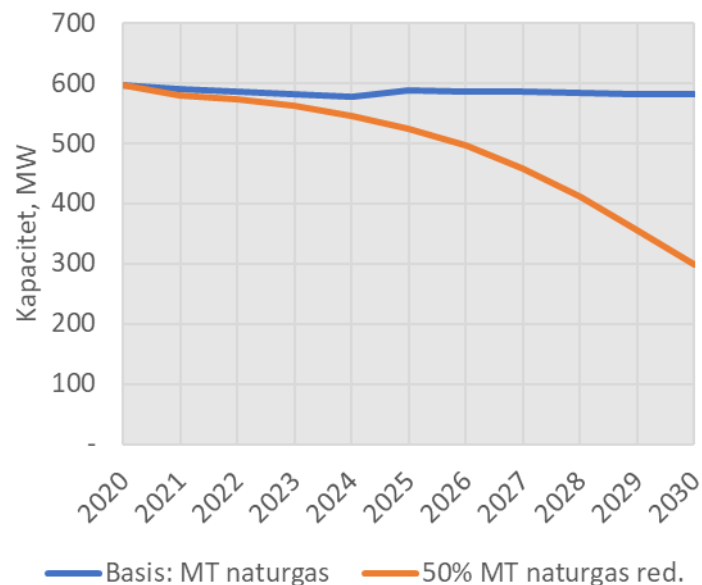
# Elektrificering af 50% MT naturgas

I dette tiltag reduceres naturgas kapaciteten til middel-temperatur processer med 50% i forhold til 2020. Middel-temperatur svarer til temperaturintervallet 100-300°C og elektrificeres vha. varmepumper.

Det resulterer i en reduktion fra ca. 595 MW til 298 MW svarende til en reduktion i det endelig energiforbrug af naturgas på 5,2 PJ i perioden. Til sammenligning reduceres de endelige energiforbrug kun med 1,5 PJ i basisscenariet.

Ved 50% reduktion er det nødvendigt at nedlægge knap 150 MW kapacitet, før denne er udtjent. Dette forekommer primært i de sidste tre år i perioden, hvor hastigheden for reduktion stiger.

50% reduktion af naturgaskapacitet til MT processer



Tiltag	Post	Over perioden	NPV	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Industri MT VP (50% NG)	CO2-reduktion (mio. ton)	1	0,75	-	0,01	0,01	0,02	0,03	0,06	0,09	0,13	0,18	0,23	0,29
	Omkostning (mio. DKK)	730	520	-	9,95	12,95	17,78	25,86	48,19	67,57	91,44	120,69	151,70	183,86
	Statsbudget (mio. DKK)	-43	-30	-	-0,44	-0,58	-0,83	-1,28	-2,57	-3,73	-5,22	-7,15	-9,33	-11,76
	Enhedsomkostning	689	694		891	885	848	804	752	729	707	684	661	638

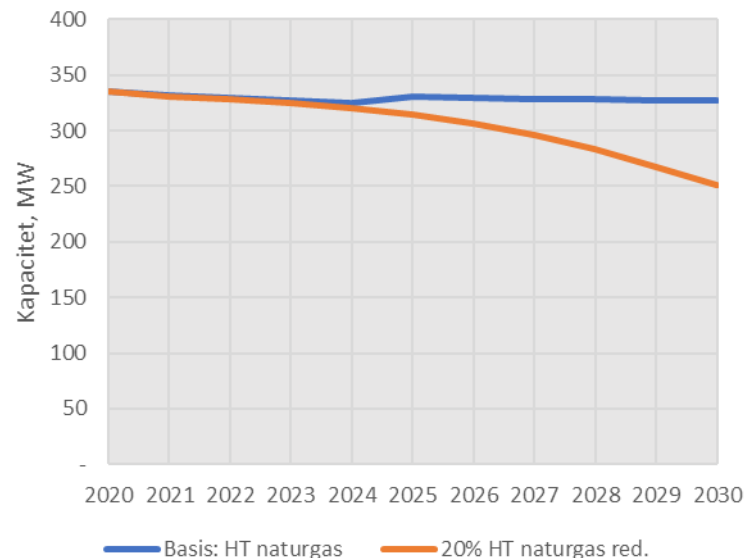
# Elektrificering af 25% HT naturgas

Tiltaget omfatter en 20% reduktion af naturgas kapacitet til højtemperatur processer i forhold til 2020. Middel-temperatur svarer til temperatur fra 300°C og derover og elektrificeres vha. elkedler.

Det resulterer i en reduktion fra ca. 335 MW til 268 MW svarende til en reduktion i det endelige energiforbrug af naturgas på 1,3 PJ. Til sammenligning reduceres det endelige energiforbrug kun med 0,9 PJ i basisscenariet.

Hastigheden, hvorved reduktionen sker, betyder, at mængden af forceret udskiftning af kapacitet er meget begrænset, og elektrificering sker primært, når gammel kapacitet er udtjent.

25% reduktion af naturgaskapacitet til HT processer



Tiltag	Post	Over perioden	NPV	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Industri HT VP (25% NG)	CO2-reduktion (mio. ton)	0	0,21	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,09
	Omkostning (mio. DKK)	494	347	-	3,64	3,28	4,21	7,83	29,88	44,33	62,34	86,16	111,80	140,69
	Statsbudget (mio. DKK)	-1	-1	-	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	-0,08	-0,12	-0,16	-0,23	-0,29	-0,37
	Enhedsomkostning	1.655	1.657		1.833	1.818	1.777	1.733	1.686	1.675	1.665	1.654	1.643	1.632



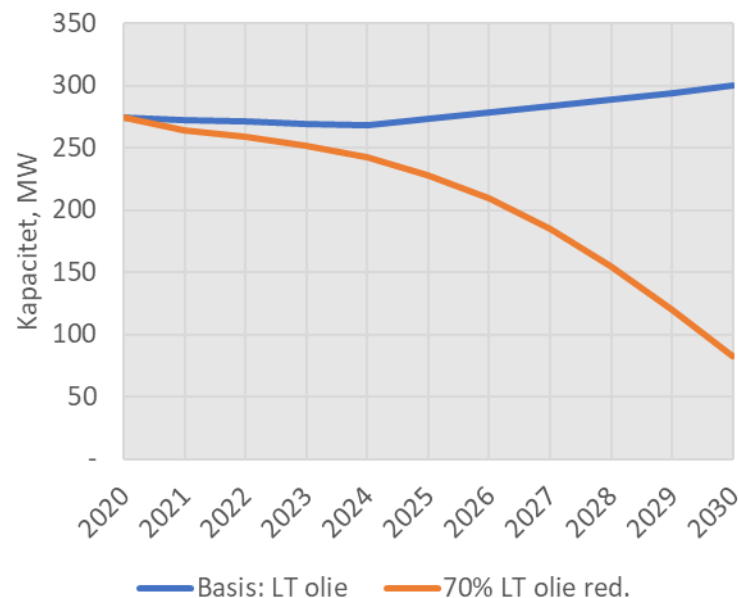
# Elektrificering af 70% LT olie

Dette tiltag minder om det første tiltag. Her reduceres kapaciteten til lavtemperatur processer, som benytter olie med 70% i forhold til 2020. Kapaciteten elektrificeres vha. varmepumper.

Det resulterer en reduktion fra ca. 274 MW til 82 MW svarende til en reduktion i det endelige energiforbrug af naturgas på 3,6 PJ. Til sammenligning reduceres de endelige energiforbrug kun med 0,2 PJ i basissceneriet.

Som i lignende tiltag med naturgas er en forceret udskiftning nødvendig ved en 70% reduktion, hvor 129 MW kapacitet nedlægges i løbet af perioden 2025-2030.

70% reduktion af oliekapacitet til LT processer



Tiltag	Post	Over perioden	NPV	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Industri LT VP (70% Olie)	CO2-reduktion (mio. ton)	1	0,98	-	0,02	0,02	0,03	0,05	0,08	0,12	0,17	0,23	0,30	0,37
	Omkostning (mio. DKK)	-1.051	-740	-	-9,02	-12,41	-18,62	-29,30	-54,28	-85,21	-125,99	-176,56	-236,38	-302,88
	Statsbudget (mio. DKK)	-56	-40	-	-0,61	-0,85	-1,24	-1,83	-3,15	-4,80	-6,84	-9,29	-12,09	-15,10
	Enhedsomkostning	-761	-756		-595	-586	-604	-641	-693	-716	-743	-768	-792	-813

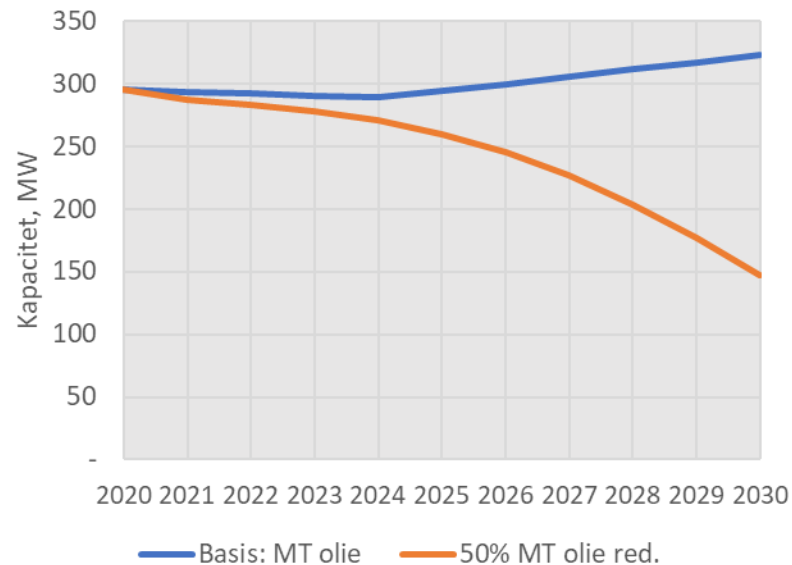
# Elektrificering af 50% MT olie

Dette tiltag omfatter en 50% reduktion af oliekapacitet til middeltemperaturprocesser i forhold til 2020. Kapaciteten elektrificeres vha. varmepumper.

Det resulterer i en reduktion fra ca. 295 MW til 148 MW svarende til en reduktion i det endelige energiforbrug af naturgas på 2,9 PJ i perioden. Til sammenligning reduceres de endelige energiforbrug kun med 0,2 PJ i basisscenariet.

Ved en 50% reduktion af MT kapacitet er det nødvendigt at forcere 97 MW af kapaciteten ud af drift i løbet af de sidste fire år i perioden.

50% reduktion af oliekapacitet til MT processer



Tiltag	Post	Over perioden												
		NPV	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Industri MT VP (50% Olie)	CO2-reduktion (mio. ton)	1	0,80	-	0,01	0,02	0,02	0,03	0,06	0,10	0,14	0,19	0,25	0,31
	Omkostning (mio. DKK)	-503	-352	-	-2,93	-3,89	-6,13	-10,56	-23,23	-38,71	-59,69	-86,14	-117,94	-153,93
	Statsbudget (mio. DKK)	-37	-26	-	-0,36	-0,49	-0,71	-1,07	-2,01	-3,14	-4,55	-6,21	-8,09	-10,13
	Enhedsomkostning	-446	-441	-	-260	-254	-276	-317	-374	-399	-427	-453	-476	-498

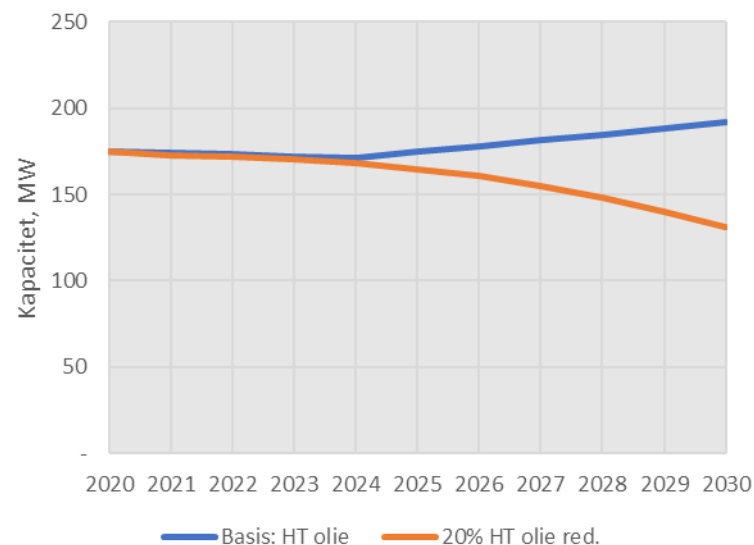
# Elektrificering af 25% HT olie

I dette tiltag reduceres oliekapaciteten til høj-temperaturprocesser med 25%. Kapaciteten elektrificeres vha. elkedler.

Det betyder en reduktion fra ca. 175 MW til 140 MW svarende til en reduktion i det endelige energiforbrug af naturgas på 0,7 PJ. Til sammenligning reduceres de endelige energiforbrug kun med 0,1 PJ i basissceneriet.

Ved en 25% reduktion er nedlæggelse af ikke-udtjent kapacitet meget begrænset, hvor kun 3MW kapacitet nedlægges i løbet af de sidste to år.

25% reduktion af oliekapacitet til HT processer



Tiltag	Post	Over perioden													
		NPV	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030		
Industri HT VP (25% Olie)	CO2-reduktion (mio. ton)	0	0,3	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11
	Omkostning (mio. DKK)	125	88	-	1,32	1,55	2,10	3,06	7,18	11,83	16,72	21,81	27,10	32,32	
	Statsbudget (mio. DKK)	-2	-1	-	-0,01	-0,02	-0,02	-0,04	-0,09	-0,16	-0,24	-0,32	-0,42	-0,52	
	Enhedsomkostning	332	335		508	508	482	439	384	368	348	330	314	300	

# Øget iblanding af biogas og biodiesel

Højere iblandingskrav til olieprodukter og gas kan fortrænge fossile brændsler på tværs af sektorer, uden at dette kræver yderligere teknologiændringer. Højere iblandingskrav i naturgas- og olieforsyningen ville reducere udledninger i både bygninger og industri. Øgede iblandingskrav til transport behandles særskilt. Der kan dog være fordele i praksis ved at ensrette iblandingskrav til alle anvendelser.

Iblanding antages gennemført efter tiltag til energibesparelser og omstilling af forsyningen.

Tiltagene tager udgangspunkt i et iblandingskrav på 10%. Omkostningen pr. ton CO<sub>2</sub> vil være tilnærmelsesvis ens for højere iblandingskrav.

Tiltag	Post	Over periode n	NPV	Over periode										
				2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
10 % Biogas i industri & bygninger	CO2-reduktion (mio. ton)	3	2	0,31	0,29	0,28	0,27	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18	0,15	0,12
	Omkostning (mio. DKK)	3.953	3.270	512,90	491,47	471,03	442,30	408,93	373,52	336,41	297,98	253,58	206,58	158,39
	Statsbudget (mio. DKK)	491	409	69,02	65,53	61,44	56,52	50,99	45,58	40,06	34,82	28,69	22,34	15,82
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	1.562	1.574	1.676	1.668	1.659	1.623	1.583	1.537	1.500	1.464	1.426	1.388	1.349
10% Biodiesel i industri & bygninger	CO2-reduktion (mio. ton)	2	1	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,12	0,10	0,07
	Omkostning (mio. DKK)	2.413	1.994	304,26	294,98	284,83	270,56	252,72	231,97	212,64	188,80	160,56	126,38	85,41
	Statsbudget (mio. DKK)	182	153	20,62	24,93	25,87	24,28	21,24	17,48	16,20	13,75	10,70	6,48	0,54
	Enhedsomkostning (DKK/ton)	1.435	1.442	1.480	1.500	1.502	1.487	1.460	1.423	1.396	1.369	1.343	1.318	1.295

# GENERELLE FORUDSÆTNINGER

# Elnetomkostninger

- Når elforbruget stiger ud over det forbrug, som elnettet er dimensioneret til, udløses behov for netinvesteringer. I nogle lokale net er der plads til både elbiler og varmepumper, i andre er der ikke.
- Omkostningsdriver i elnettet er dels nettets topologi (antal tilslutningspunkter, kabelkilometer, transformerstationer) og dels behovet for effektoverførsel.
- De samfundsøkonomiske nettariffer repræsenterer den samlede omkostning ved at drive og forny nettet. Tarifferne er baseret på Dansk Energis statistik over nettariffer.
- Omkostningsfordeling på topologi og effekt kan være svære at vurdere, men det er her groft antaget, at omkostninger i et veldimensioneret distributionsnet, der fornyes over tid, fordeler sig 50% til topologi og 50% til effekt.
- For transmissionsnettet gælder det ligeledes, at en andel går til topologi, hvorved tariffen for nyt forbrug bør være lavere end den nuværende gennemsnitlige. Samtidig kan der dog være andre effekter, der trækker i retning af en højere tarif, som f.eks. at de større mængder produktion fra vedvarende energi (drevet af det nye elforbrug) fører til ekstraomkostninger i transmissionsnettet. Der antages derfor her uændret transmissionstarif for nyt elforbrug.
- Den gennemsnitlige samfundsøkonomiske nettarif omfattende distributionstarif, transmissionstarif inkl. omkostninger til balanceydelse og forsyningssikkerhed er 40 øre/kWh, hvoraf ca. 32 øre/kWh vedrører distributionsnettet.
- Den langsigtede marginale omkostning ved øget elforbrug (uændret forbrugsprofil, uændret topologi) er med ovenstående antagelser:
  - Transmission:  $1,0 \cdot 8 = 8$  øre/kWh
  - Distribution:  $1,0 \cdot 8 + 0,5 \cdot 32 = 24$  øre/kWh
  - Distribution, storforbruger:  $1,0 \cdot 8 + 0,5 \cdot 32 / 2 = 16,0$  øre/kWh
- Ved nyt forbrug med bedre forbrugsprofil end eksisterende (intelligent forbrug/afbrydeligt forbrug) kan de marginale tariffer være væsentligt lavere, helt ned til 0% af ovenstående.
- Omvendt skal topologielementet indregnes i den marginale tarif for nyt forbrug, der ændrer nettets topologi.
- Til sammenligning har dansk Energi har beregnet omkostningen i distributionsnettet på baggrund af deres elbilsanalyse. Afhængigt af om elbilerne oplades intelligent eller ikke beregner Dansk Energi en samfundsøkonomisk omkostning på mellem 4,4 og 30 øre/kWh for distributionsnettet.

## Gennemsnitlige nettariffer C-kunde (4000 kWh/år)

Øre/kWh	Husholdning
Abonnement	10,14
Distribution	21,64
	0,15
Transmission	8,00
Total	39,93

Kilde: Dansk Energi statistik

## Antagelser for tariffer for nyt forbrug

Øre/kWh	Husholdning	Storforbruger
Distribution	16,0	8,0
Transmission	8,0	8,0
I alt	24,0	16,0

# ANDRE SEKTORER

# Landbrug

---

- Landbrugssektorens udledning af klimagasser fordeler sig på 1: håndtering af afgrøder gødning, husdyr, og arealanvendelse, 2: Kulstofbalance i landbrugsjorde og 3: brug af brændsler til maskiner etc.
- I henhold til IPCC skal kun første punkt medtages under kategorien landbrug. Denne kategori udledte 12,7 mio. tons CO<sub>2</sub> i 1990, og 10,5 mio. tons i 2016.
- I rapporten "Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget" er der for 11 tiltag opgjort et samlet maksimalt reduktionspotentiale på  $2,7 + 0,7 = 3,4$  mio. ton. Det anføres i rapporten, at kun  $1,2 + 0,2 = 1,4$  mio. ton vedrører landbrugsmæssige aktiviteter. Hovedparten på 2 mio. ton vedrører hermed dels jordens kulstofbalance og dels substitution af brændsler udenfor landbrugssektoren (biogas).
- IFRO på Københavns Universitet har i 2018 beregnet reduktionsomkostninger, hvoraf det fremgår at især udtagning af landbrugsjord inkl. Ophør af dræning har stort potentiale og god økonomi. Dette er dog ifølge IPCC et LULUCF tiltag og ikke et landbrugstiltag.

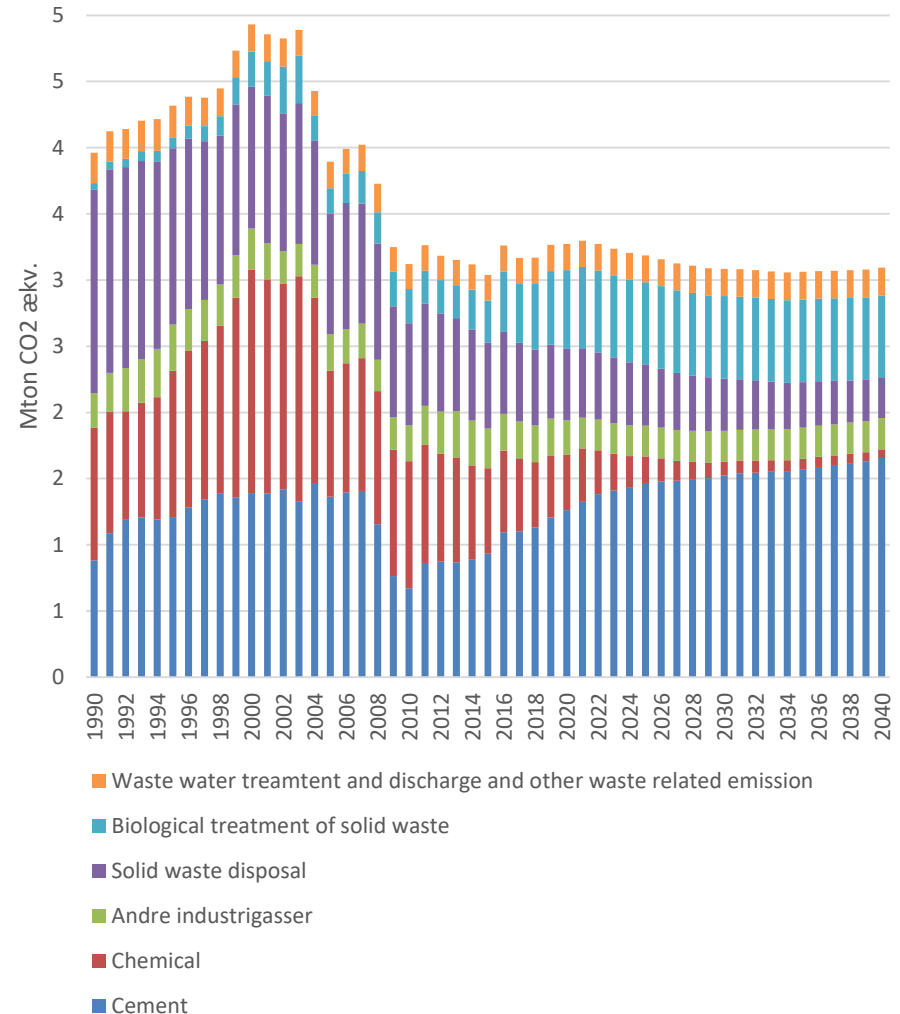
## Medregning LULUCF

- Ved en stringent tolkning af regeringens 70% mål, kan LULUCF tiltag ikke indregnes, da det ikke er inkluderet i 1990-referencen. Hermed "mistes" mere end halvdelen af sektorens reduktionspotentiale med god økonomi.
- Inkluderes LULUCF, bør denne kategori principielt også inkluderes i 1990 med ca. 5 mio. ton. Da reduktionspotentialet er angivet til ca. 1,8 mio. ton, bliver 70%-opgaven vanskeligere.
- Der anvendes derfor en tilgang, hvor 70%-målet (reduktionsbehov) beregnes ud fra den anerkendte 1990-baseline, men efterfølgende kan andre sektorer også bidrage for at opfylde reduktionsbehovet. Hermed søges det sikret, at tiltag, der reducerer drivhusgasemissionen, kan bidrage til målsætningen, selvom de ikke er med i baseline.



# Miljø

- Miljø dækker over udledninger af især industrigasser og udledning i forbindelse med håndtering af affald og spildevand.
- Grafen til højre viser DCE's fremskrivning, som er inkluderet i baseline. I 2030 udgøres lidt over halvdelen af udledningen af udledninger fra cementindustrien, mens affaldshåndtering udgør ca. 37% (håndtering af spildevand står for ca. 7%).
- I reduktionsscenarioet antages en reduktion på 50% ift. udledningen i 2020. Det kræver store reduktioner inden for affaldshåndtering og andre industrigasser, hvis udledninger i forbindelse med cementproduktion ikke kan bidrage med reduktion.



# METODISKE FORKLARINGER OG FORUDSÆTNINGER

# Beregning af drivhusgas-emissioner

- Basisfremskrivning opgør energiforbrug til energirelateret forbrug og transport
- DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi vurderer på baggrund heraf de samlede drivhusgasemissioner. DCE's opgørelse afviger både på de inkluderede effekter og på metodikken fra en simpel opgørelse baseret på energiforbruget.
  - Der tillægges bl.a.
    - Landbrug
    - Miljø (industrigasser, udledninger fra spildevandssektoren)
    - Andre drivhusgasemissioner (methan og lattergas)
    - Opgørelsesmetode ift. EU og UNFCCC. Ingen korrektion af grænsehandel

	BF18-energibaseret	BF-drivhusgasser	DCE
Grænsehandelskorrektion el	X	X	÷
Grænsehandelskorrektion diesel	X	÷	÷
Andre drivhusgasemissioner (methan m.m.)	(X)	X	X
Indirekte og flygtige emissioner	÷	X	X
Total emission 2030	<b>49,8 Mton</b>	<b>51 Mton</b>	<b>47,5 Mton</b>

I nærværende arbejde opgøres drivhusgasemissionen på baggrund af energiforbruget. Forskellen på i alt 1,2 Mton fra en energibaseret opgørelse på baggrund af BF18's tal til opgørelsen af drivhusgasser i BF18 vurderes primært at skyldes indirekte emissioner, flygtige emissioner og grænsehandelskorrektion på diesel. For indirekte og flygtige emissioner tages der udgangspunkt i DCE's estimat for 2030. Vedrørende grænsehandel for diesel antages en reduktion på 70% - hvorved den overordnede målsætning bliver hverken sværere eller nemmere at nå på baggrund af grænsehandelskorrektionen.

# DCEs opgørelse af drivhusgasser

- Nedenstående bidrag til emission af drivhusgasser inkluderes i den samlede fremskrivning i denne analyse

	2015	2030 BF drivhus	Antagelse for 2030
Grænsehandel diesel	0,57 Mton	0,55 Mton	0,17 Mton
Flygtige emissioner	0,39 Mton	0,25 Mton	0,25 Mton
Indirekte emissioner	0,30 Mton	0,35 Mton	0,35 Mton
Andre korrektioner		0,05 Mton	0,05 Mton
Total		1,20 Mton	0,81 Mton

The diagram consists of two blue oval callouts on the right side of the table. The top callout, labeled '70% reduktion', has an arrow pointing to the 'Antagelse for 2030' column. The bottom callout, labeled 'DCE-estimat', has two arrows: one pointing to the '2030 BF drivhus' column and another pointing to the 'Antagelse for 2030' column.

# Andre forudsætninger

- Brændselspriser antages at følge futuremarkederne på kort sigt, men konvergerer mod priserne i IEA's Sustainable Development scenarie fra WEO 2018 i 2030.
- CO<sub>2</sub>-prisen følger på kort sigt ligeledes futuremarkedet. For 2030 anvendes finansministeriets estimat på ca. 190 kr./ton.
- CO<sub>2</sub>-prisen inkluderes i de samfundsøkonomiske omkostninger inden for kvotesektoren. Uden for kvotesektoren er der ikke inkluderet en pris på CO<sub>2</sub> i de samfundsøkonomiske beregninger.

