

Analyse

4. april 2025

Danmarks drivhusgasudledninger i 2050

Af Andreas Lund Jørgensen og Christian Steffensen

Analysen undersøger, hvordan Danmarks drivhusgasudledninger kan udvikle sig frem mod 2050 under nuværende politik (et såkaldt "frozen-policy"-scenarie). Den viser, at Danmark står til at opnå betydelige reduktioner, men at der fortsat er brug for at vedtage ny klimapolitik, hvis Danmark skal nå målet om at blive klimapositive i 2050.

Det viser analysen:

- Uden yderligere politik vil Danmark i 2050 have reduceret sine udledninger med ca. 91 pct. i forhold til 1990, hvilket efterlader et gab på 15 mio. ton CO₂ for at nå 2050-målet.
- Landbruget kommer til at udgøre en stadigt større andel af de samlede udledninger, mens husholdningernes og transportsektorens udledninger står til at falde markant. I 2050 står landbruget for knap 70 pct. af de tilbageværende udledninger
- Negative udledninger (fx via CCS og pyrolyse) bliver afgørende for at hente den resterende manko og gøre Danmark klimapositiv i 2050. Fremskrivningen peger på, at behovet er større end det umiddelbare potentiale – der er altså behov for ny teknologi eller anden politik.

Kontakt

Seniorøkonom
Andreas Lund Jørgensen
Tlf. 5041 1237
E-mail alj@kraka.dk

Studentemedarbejder
Christian Steffensen
E-mail cst@kraka.dk

1. Danmarks drivhusgasudledninger i 2050

Der skal vedtages mere klimapolitik frem mod 2050

Danmark har med regeringsgrundlaget et erklæret mål om at reducere sine drivhusgasudledninger med 110 pct. ift. 1990-niveauet i 2050. Det indebærer altså, at Danmark i 2050 skal suge mere CO₂ ud af atmosfæren, end der udledes (fx via CO₂-fangst eller optag fra skove). Det vil kræve, at der fortsat vedtages og implementeres yderligere klimapolitik, som kan få betydning for dansk erhvervsliv og for størrelsesforholdet mellem forskellige brancher.

Vi fremskriver DKs CO₂e-udledninger til 2050 ...

I denne analyse undersøger vi omfanget af opgaven ved at se på, hvor mange reduktioner der skal findes gennem ny teknologi og/eller ny politik, samt hvilke brancher der ser ud til at være på rette spor, og hvilke der fortsat står over for en stor omstilling. Det gør vi med udgangspunkt i et såkaldt "frozen-policy"-scenarie, der indregner vedtaget politik og kendte tekniske substitutionsmuligheder. Udledningerne fra dette scenarie sammenholdes med, hvad der er nødvendigt for at nå 2050-målet.

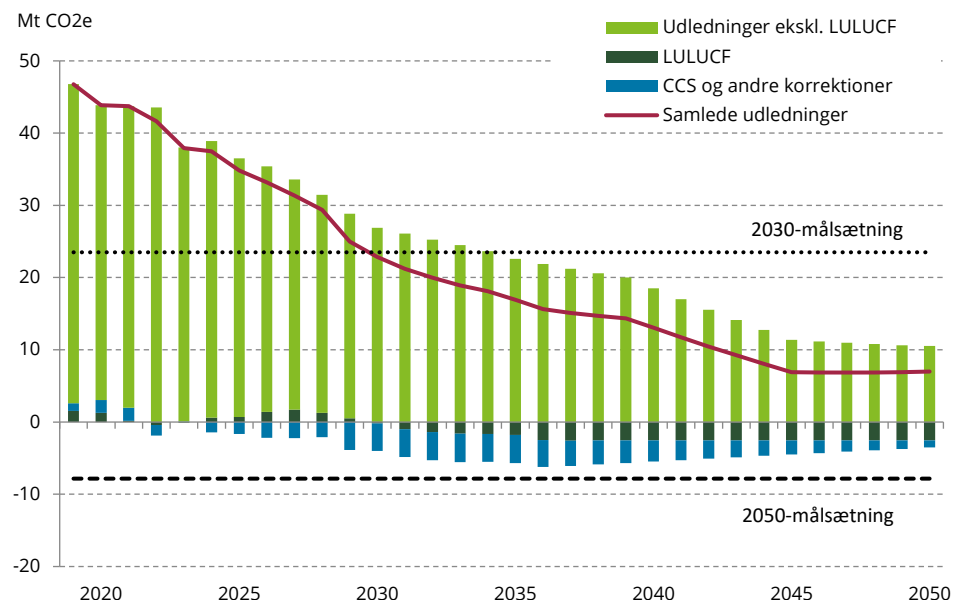
... vha. en udvidelse af GrønREFORM-modellen

Scenariet er baseret på GrønREFORM-modellens fremskrivning af danske drivhusgasudledninger, som er kalibreret til Klimaministeriets Klimastatus og -fremskrivning 2024 (KF24) frem mod 2035. Herfra "slippes modellen fri", hvilket for uændret politik og teknologi primært indebærer, at udledningerne stiger som følge af økonomisk vækst. Vi har suppleret med GrønREFORM's modellering af den grønne treparts aftale og vores egne fremskrivninger af transportsektorens og kvotesektorens udledninger, jf. bilag 1. Ændringerne indebærer en markant lavere udledning fra transporten fra 2035 til 2050, og at kvotesektorens udledninger udfases helt i perioden fra 2039 til 2045.

Danmark står til at reducere med 89 pct. ift. 1990 i 2050

Fremskrivningen viser, at Danmark med den nuværende vedtagne politik (inkl. grøn trepart og EU's nye kvotesystem) står til at reducere sine udledninger til 7 mio. ton CO₂ i 2050, jf. figur 1. Det svarer til en reduktion på ca. 91 pct. ift. 1990-niveauet. Hvis fremskrivningen står til troende, er den nuværende teknologi og politik altså i stand til at sikre en meget markant reduktion af de danske drivhusgasudledninger via en tilsvarende markant omstilling af det danske samfund.

Figur 1 Danmarks drivhusgasudledninger frem mod 2050



Anm.: Korrektioner indeholder CCS, klimafremskrivningens håndholdte reduktion af metanlækage samt mindre uoverensstemmelser mellem GrønREFORM og KF24.

Kilde: Egne beregninger på GrønREFORM.

Datagrundlaget er kalibreret til KEFM's klimafremskrivning

I figur 1 er udledningerne delt op i de "almindelige" udledninger fra produktion og forbrug samt såkaldte LULUCF¹-udledninger, der primært stammer fra dyrkning af lavbundslande og CO₂-optag fra skovene. I fremskrivningen i GrønREFORM indgår derudover nogle korrektioner, hvor afvigelser fra Klimafremskrivningen lægges ind i et korrektionsled. Det dækker primært over negative udledninger fra CCS² og en håndholdt nedjustering af udledningerne fra metanlækage fra affaldssektoren, som GrønREFORM ikke medregner. De samlede udledninger i GrønREFORM fratrukket korrektionen svarer til udledningerne i Klimafremskrivningen til og med 2035 (begge ekskl. grøn trepart, jf. ovenfor). Fra 2035 og frem har vi lagt til grund, at potentialet for CCS (og dermed korrektionen) falder i takt med, at punktudledningerne forsvinder. I sidste del af analysen uddybes potentialet for at opnå negative udledninger via CCS på såkaldte biogene kilder (bl.a. affald og biomasse).

Der mangler 15 mio. ton i 2050 – og det er et optimistisk skøn

Selvom en reduktion på knap 90 pct. ift. 1990 i sig selv er en imponerende bedrift, er der stadig en betydelig manko på 19 pct.-point, svarende til knap 15 mio. ton CO₂, hvis Danmark skal nå sit mål i 2050 om at reducere udledningerne med 110 pct. (være klimapositive). Samtidig kan det ses som et udtryk for et relativt optimistisk scenarie, hvor både den danske og europæiske klimapolitik får den anslåede effekt, uden at politikerne lempet reguleringen. Der er således en risiko for, at mankoen bliver endnu større, hvormed der skal findes endnu flere reduktioner frem mod 2050. I resten af analysen ser vi derfor på, hvordan udledningerne fordeler sig, og hvor der kan være et yderligere potentiale for billige reduktioner.

Husholdningernes udledninger er forsvundet i 2050

Fordeling af drivhusgasudledninger

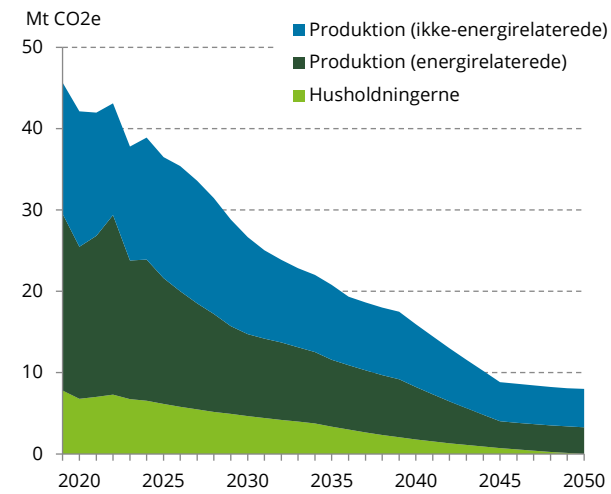
Husholdningernes udledninger, der altovervejende stammer fra benzin- og dieslbiler samt en smule fra individuel opvarmning, udgjorde ca. 6,5 mio. ton i 2024. Fremskrivningen viser dog, at de stort set er forsvundet i 2050, jf. figur 2.a. Det skyldes, at der i 2050 næsten kun er grønne energikilder i vores kollektive forsyning, og at EU har vedtaget et forbud mod salg af nye fossile biler fra 2035. Udfordringen frem mod 2050 bliver dermed primært at reducere udledningerne fra produktionen, som her er opdelt i hhv. energi- og ikke-energirelaterede udledninger. De ikke-energirelaterede udledninger dækker primært over landbrugets biologiske processer (inkl. LULUCF) og mineralogiske processer fra især cementproduktion, og udgør en stigende andel af de samlede udledninger.

¹ Land Use, Land-Use Change and Forestry

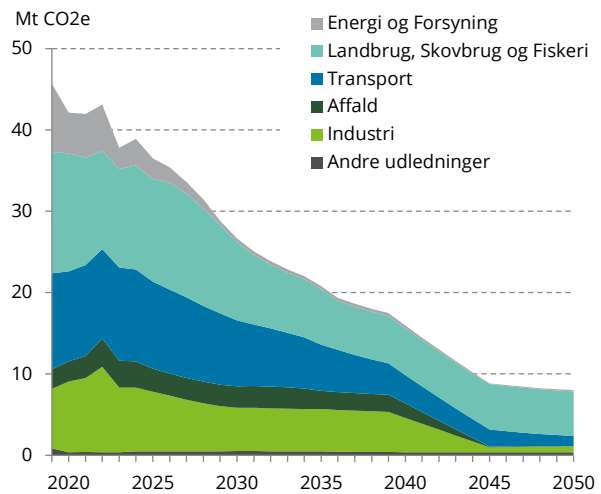
² Carbon Capture and Storage (CO₂-fangst)

Figur 2 Fordeling af udledninger på sektor og branche

Figur 2.a Sektor



Figur 2.b Branche



Anm.: LULUCF indgår i de ikke-energi-relaterede udledninger i venstre figur og i landbrugets udledninger i højre figur. Korrektionen (og dermed negative udledninger fra CCS) indgår ikke i figuren. Andre udledninger dækker over udledninger fra figur 2.a, der ikke er fordelt på sektorer.

Kilde: Egne beregninger på GrønREFORM.

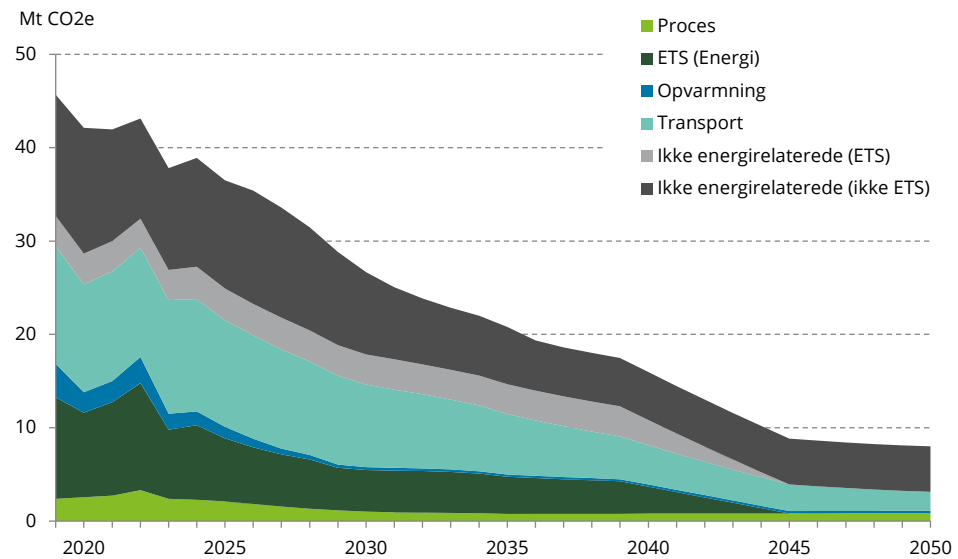
Landbruget udleder meget CO₂e både nu og i fremtiden

Derfor er det måske heller ikke overraskende, at landbrugets udledninger ifølge fremskrivningen fylder meget i hele forløbet og fra midt 2040'erne bliver det den dominerende branche i udledningsbilledet, jf. figur 2.b. I takt med, at industriens udledninger i høj grad håndteres af EU's kvotesystem, og at transportens udledninger reduceres som følge af elbilernes indtog mv., er det i stigende grad kun landbrugets udledninger, der mangler at blive håndteret. I 2050 står erhvervet for knap 70 pct. af de tilbageværende udledninger.

Energirelaterede udledninger fylder mindre i fremtiden

Ser man på formålet med udledningerne, tegner der sig nøjagtig det samme billede: Mens udledningerne til opvarmning, proces og transport falder markant frem mod 2050, er der stadig mange ikke-energi-relaterede udledninger tilbage, som primært stammer fra landbruget, jf. figur 3.

Figur 3 Drivhusgasudledninger fordelt på formål



Anm.: Korrektionen (og dermed negative udledninger fra CCS) indgår ikke i figuren. LULUCF indgår i de ikke-energi-relaterede (ikke ETS) udledninger

Kilde: Egne beregninger på GrønREFORM.

Fremskrivningen er behæftet med stor usikkerhed

Hvor skal de sidste reduktioner komme fra?

Som indledningsvis beskrevet finder denne fremskrivning en reduktionsmanko på ca. 15 mio. ton i 2050. En sådan fremskrivning er i sagens natur behæftet med meget stor usikkerhed – både fordi verden kan ændre sig meget på 25 år, og fordi de underliggende forudsætninger er behæftet med betydelig usikkerhed. Dermed kan en lignende fremskrivning baseret på andre forudsætninger om fx mængden af CCS, udskiftningshastigheden af bilparken, den konkrete udfasning af CO₂-kvoter, det fremtidige kulstofoptag i de danske skove samt landbrugets grønne omstilling (herunder antallet af husdyr) nå frem til et andet resultat.

Oplagt at kigge på landbruget, når der skal laves ny politik

Til trods for usikkerheden om den nøjagtige størrelsesorden står det klart, at der er behov for at gennemføre yderligere klimapolitik og/eller implementere ny teknologi for at nå 2050-målet. Her peger denne analyse på, at landbruget er det oplagte sted at starte, i og med at erhvervet står for en stadig større del af de tilbageværende udledninger, desto længere vi kigger frem i tiden.

Det bliver også nødvendigt at have negative udledninger

Der er dog også en grænse for, hvor langt landbrugets udledninger kan komme ned, da der formentlig altid vil være udledninger forbundet med at dyrke jorden og holde husdyr. Derfor – og for at kunne blive klimapositive – er Danmark også nødt til at have markant flere såkaldte negative udledninger i 2050, hvor CO₂ bliver optaget og lagret permanent. Et muligt instrument til dette formål er at arbejde for, at tilskud til negative udledninger bliver en del af EU's kvotesystem, så incitamentet til permanent lagring af CO₂ sidestilles med incitamentet til at reducere CO₂-udledninger for de kvoteomfattede virksomheder. Samme incitament findes i dag i den danske CO₂-beskatning, hvor virksomheder kan få tilskud ("negativ afgift") til permanent at fjerne CO₂ fra atmosfæren. Med den grønne trepartsaftale indførte man ligeledes et tilskud til skovrejsning med henblik på at opnå permanent stigende kulstoflagring i skovene.

CCS på biogene kilder kan netop give negative udledninger

I dag stammer de negative udledninger primært fra netop skovens optag af CO₂. I fremtiden må man dog forvente, at kulstoffangst (CCS) på biogene kilder, vil kunne bidrage med mere. CCS på biogene kilder indebærer, at man fanger og lagrer CO₂'en fra afbrænding af CO₂-neutral biomasse som fx træ, biogas eller biologisk affald. Dermed ender man med netto at have opfanget og lagret mere CO₂ end processen udledte. Energistyrelsen (2023) vurderer, at potentialet for CCS på biogene kilder er mellem 4 og 8 mio. ton i 2040.³ Det må forventes at falde en smule frem mod 2050,

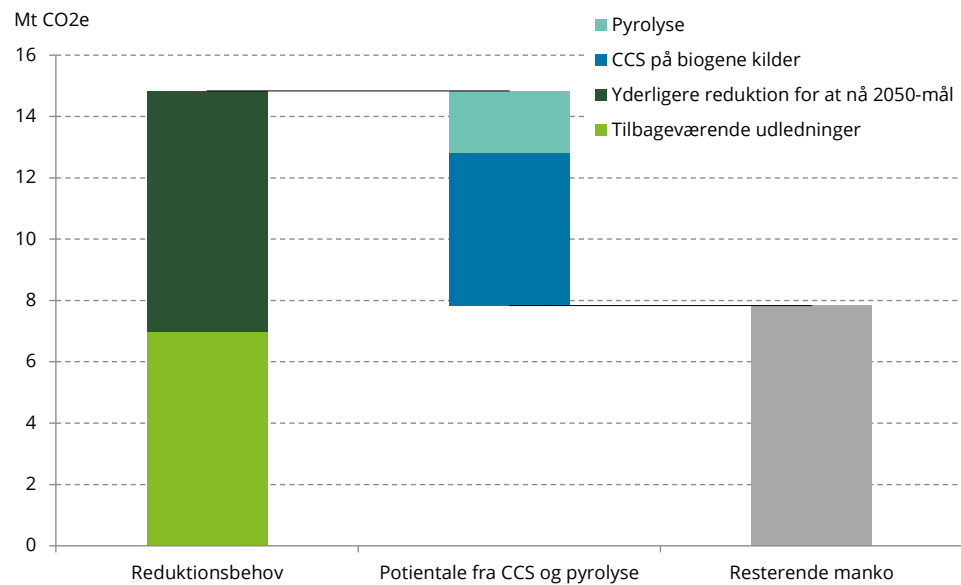
³ Energistyrelsen (2023): Punktkilder til CO₂ – potentialer for CCS og CCU

i takt med at udledningerne falder. Et realistisk bud kunne derfor være et potentiale på mellem 3 og 7 mio. ton. I den efterfølgende beregning lægger vi et potentiale på 5 mio. ton i 2050 til grund.

Pyrolyse kan sandsynligvis give 2 mio. ton i 2050.

En anden kilde til negative udledninger er såkaldt pyrolyse, hvor rester af landbrugets biomasse (fx gylle eller halm) forkulles, hvorefter kullet lagres i jorden. I landbrugsaftalen⁴ i 2021 vurderede man reduktionspotentialet til 2 mio. ton CO₂ i 2030, men siden er det blevet nedjusteret markant både i de efterfølgende klimafremskrivninger og i forbindelse med den grønne trepartsaftale.⁵ Derfor er det også svært at spå om, hvor meget pyrolyse egentlig kan bidrage med i 2050. Klimarådet vurderer dog med en vis forsigtighed, at teknologien kan bidrage med ca. 2 mio. ton i 2050, hvilket vi lægger os op ad her.⁶

Figur 4 Reduktionsbehov og tekniske potentialer i 2050.



Anm.: Kategorien "Yderligere reduktion for at nå 2050-mål" angiver hvor mange ton CO₂ der kræves for at gå fra CO₂-neutral (100 pct. reduktion) til klimapositive (110 pct. reduktion)

Kilde: Egne beregninger på baggrund af GrønREFORM, Energistyrelsen (2023) og Klimarådet (2024)

Ny teknologi eller skov skal give de sidste 8 mio. ton,

Tilbage står dermed et reduktionsbehov på 8 mio. ton CO₂ i 2050, jf. figur 4. Hvis omstillingen skal være nogenlunde omkostningseffektiv, skal mankoen formentlig dækkes bl.a. via en større reduktion af især landbrugets udledninger - men måske også dele af transportens udledninger - kombineret med øget kulstofoptag i de danske skove. Endelig vil der formentlig være behov for at fange og lagre en vis mængde CO₂ direkte fra luften via såkaldt DACCS⁷. Det risikerer dog at blive et meget dyrt virkemiddel, hvorfor politikerne bør afsøge muligheden for at hente så mange reduktioner som muligt fra de øvrige kilder.

2. Litteratur

Peter K. Kruse-Andersen & Marc S. Jacobsen (2024): A coordination failure between EU climate policies exemplified by the North Sea energy island, *Climate Policy*, 24:5, 633-645, DOI: [10.1080/14693062.2023.2287074](https://doi.org/10.1080/14693062.2023.2287074)

⁴ https://fm.dk/media/a2iphxsf/aftale-om-groen-omstilling-af-dansk-landbrug_a.pdf

⁵ I den grønne trepartsaftale vurderes pyrolyse at kunne bidrage med 0,3 mio. ton frem mod 2030.

⁶ Klimarådet (2024): *Danmarks klimamål i 2050*

⁷ Direct Air Carbon Capture and Storage

Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet (2024): Klimastatus og -fremskrivning 2024. <https://www.kefm.dk/klima/klimastatus-og-fremskrivning/klimastatus-og-fremskrivning-2024>

Klimarådet (2024): Danmarks klimamål i 2050. <https://klimaraadet.dk/da/analyse/danmarks-klimamaal-i-2050>

Energistyrelsen (2023): Punktkilder til CO₂ – potentialer for CCS og CCU. https://ens.dk/sites/ens.dk/files/CCS/analyse_-_punktkilder_til_co2_-_potentialer_for_ccs_og_ccu_2022-opdatering.pdf

3. Bilag 1 – Fremskrivning af udledninger fra vejtransport og kvotesektoren

I GrønREFORM-modellen er udledningerne kalibreret til Klimastatus og -fremskrivning 2024, hvilket bl.a. indebærer, at der i modellen kommer langt færre fossile biler, varevogne og lastbiler frem mod 2035. På den anden side af 2035, hvor modellen sættes fri, stiger vejtransportens udledninger frem mod 2050, fordi antallet af fossile køretøjer igen stiger.

Efter vores vurdering er det ikke et retvisende bud på et "frozen policy"-scenarie - dels fordi den teknologiske udvikling ser ud til at favorisere eldrevne køretøjer, og dels fordi EU har vedtaget relativt stram regulering. Reguleringen indebærer, at fossildrevne biler bliver omfattet af det nye kvotesystem (ETS II), hvormed prisen stiger. Derudover har producenter af vare- og lastbiler pligt til at reducere den gennemsnitlige udledning fra nye køretøjer, hvilket de facto betyder, at en højere andel bliver eldrevne fremadrettet.⁸ Endelig forbydes salg af nye fossile personbiler helt fra 2035.

Derfor har vi lavet vores egen fremskrivning af bestanden af fossile personbiler, varebiler og lastbiler frem mod 2050. Metoden bag fremskrivningen er nærmere beskrevet i boks 1. Fremskrivningen indebærer, at vejtransportens udledninger vurderes at falde til ca. 1 mio. t. CO₂ i 2050, og at den samlede transportsektor udleder 1,6 mio. t. CO₂. I den frie modelkørsel, som GrønREFORM stiller til rådighed, er tallet 7,0 mio. ton for hele transportsektoren.

Kvotesektoren

For de kvoteomfattede udledninger, har vi lagt til grund, at de udfases lineært fra 2039 til 2045 på baggrund af Kruse-Andersen og Jacobsen (2024). Studiet estimerer, at det vil tage 6 år, fra de sidste kvoter udstedes i 2039, til at alle opsparede kvoter er brugt i 2045. I GrønREFORM antages det derimod, at udledningerne fra kvotesektoren kun falder med ca. 28 pct. fra 2035 til 2050. Det betyder samlet set, at vores udledninger fra kvotesektoren er nul i 2050, mens de er 2,9 i den frie modelkørsel.

For de ikke-energirelaterede udledninger har vi brugt samme opdeling på kvote og ikke-kvotesektor som for de energirelaterede (på linje med den frie modelkørsel). Det betyder, at landbrugets ikke-energirelaterede udledninger i modellen ikke er omfattet af ETS, fordi dets energirelaterede udledninger heller ikke er det. Omvendt er både energi- og ikke-energirelaterede udledninger fra mineralogiske processer omfattet af ETS.

I takt med at kvotesektorens udledninger udfases har vi også valgt at udfase potentialet for CCS på fossile kilder.

LULUCF

Endelig har vi justeret udledningerne fra LULUCF. Det skyldes, at udledningerne i modellens frie grundkørsel er kalibreret til eksterne data til og med 2040, hvorfra modellen slippes fri. Det indebærer en kraftig stigning i LULUCF-udledningerne (og dermed i landbrugets udledninger), som

⁸ <https://www.consilium.europa.eu/da/press/press-releases/2024/05/13/heavy-duty-vehicles-council-signs-off-on-strict-co2-emission-standards/> og <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32023R0851>.

ikke var begrundet i en egentlig forventning om fremtidens politik. Derfor har vi lagt LULUCF-udledningerne konstant fra 2040 til 2050.

Boks 1 Fremskrivning af vejtransportens udledninger

Fremskrivningen af personbiler tager udgangspunkt i Klimafremskrivningen (KF24), som år for år frem mod 2035 opgør det forventede nysalg og bestanden af benzin- og dieslbiler (og elbiler). Fra 2035 antages nysalget af fossile biler at ophøre som følge af et EU-forbud mod netop salg af nye fossile biler.

Fremskrivning af personbiler

For at fremskrive bestanden fra 2036 til 2050, kombineres nysalget fra KF24 med en statistisk model for, hvor hurtigt de eksisterende fossile biler skrottes. Modellen er baseret på en Weibul-fordeling:

$$F(x) = 1 - e^{-(x/\eta)^\beta}$$

Hvor:

- X er bilens alder.
- η er en skalaparameter, som styrer, hvornår de fleste biler skrottes.
- β er en formparameter, som styrer, om sandsynligheden stiger eller falder med alderen. Hvis $\beta > 1$, stiger sandsynligheden med alderen.

Skaleringsparameteren er baseret på et moment fra den faktiske aldersfordeling af benzin og dieslbiler i 2024 (tal fra DST), der viser, at ca. 5 pct. af bilparken er over 24 år gammel. Som approksimation antager vi, at 95 pct. af alle biler er skrottet før de bliver 25 år.

Formparameteren er kalibreret, så vores bestand af benzin- og dieslbiler svarer til KF24 i 2035.

Fremskrivning af vare- og lastbiler

For at fremskrive bestanden af vare- og lastbiler, tager vi udgangspunkt i Energistyrelsens Analyseforudsætninger 2024 (AF24), som fremskriver behovet for el til transport (fordelt på transportmiddel) frem til 2050.

Ved at kombinere det fremskrevne behov for el til vare- og lastbiler med den fremskrevne bestand frem mod 2035 fra KF24, får vi et mål for, hvor mange køretøjer, der er ift. strømforbrug (gWh), og udviklingen i denne parameter. Herudfra beregnes bestanden af eldrevne køretøjer frem mod 2050.

Endelig beregnes det samlede antal fossildrevne vare- og lastbiler residualt, som forskellen mellem det (fremskrevne) samlede antal vare- og lastbiler og det (fremskrevne) antal eldrevne frem mod 2050.

AF24 lægger til grund, at Aftalen om kilometerbaseret vejafgift for lastbiler⁹ og indførelsen af ETS II, som bl.a. omfatter vejtransporten, vil have meget stor betydning for efterspørgslen efter især ellastbiler. Derfor er der også tale om et relativt optimistisk skøn.

De øvrige dele af vejtransportens udledninger (busser, motorcykler, grænsehandel) er der ikke ændret på. De betyder dog meget lidt i det samlede regnskab.

⁹ <https://skm.dk/aktuelt/presse-nyheder/pressemeddelelser/ny-aftale-om-kilometerbaseret-vejafgift-for-lastbiler-goer-danmark-groennere>