

DREAM

Danish Research Institute for  
Economic Analysis and Modelling



# Projektstatus for GrønREFORM

Status og kortsigtede målsætninger samt prioriteringer for  
GrønREFORM

**Jens Sand Kirk**

**Notat**

5. oktober 2023

[www.dreamgruppen.dk](http://www.dreamgruppen.dk)

# Indhold

<b>Overordnet status .....</b>	<b>3</b>
Milepæle siden sidste projektstatus.....	3
<b>Personale .....</b>	<b>5</b>
<b>Bestyrelse og følgegruppemøder mv. ....</b>	<b>6</b>
<b>CGE-modellen .....</b>	<b>7</b>
<b>Energiforsyningsmodellen .....</b>	<b>8</b>
<b>Landbrug og arealanvendelse .....</b>	<b>9</b>
<b>Transport .....</b>	<b>10</b>
<b>Abatement .....</b>	<b>11</b>
<b>Affaldshåndtering .....</b>	<b>12</b>

# Overordnet status

Hovedelementerne i det oprindelige [forskningsprojekt](#), og de krav der sidenhen er stillet fra centraladministrationen er i dag realiseret:

- Alle GrønREFORMs delmodeller bortset fra transportmodellen er fuldt integrerede, således at de kan løses simultant i interaktion med hinanden.
- Grundforløbet kalibreres op til makroøkonomiske nøglevariable pba. af en fremskrivning fra [MAKRO](#), og energibalancer og emissioner kalibreres op til [klimafremskrivningen](#) på detaljeret niveau.
- Der er offentliggjort [3 analyser](#) med modelberegninger på GrønREFORMs hjemmeside, og forskergruppen har indtil videre publiceret 2 artikler pba. GrønREFORM, og har flere i støbeskeen. GrønREFORM er blevet brugt til beregning af [Danmarks forbrugsbaserede klimaaftryk](#), og har understøttet Ekspertgruppen for en grøn skattereform i deres arbejde med den kommende slutrapport.

GrønREFORM har i perioden 2021-2023 arbejdet for Ekspertgruppen for en grøn skattereform. Dette arbejde har medført visse omprioriteringer. Det er f.eks. besluttet at udskyde lanceringen af en offentlig beta-version. Denne beslutning er ligeledes påvirket af, at det har trukket ud at få etableret data for fremtidige teknologier. På et bestyrelsesmøde i september blev det besluttet at offentliggøre beta-versionen af modellen, når Ekspertgruppen for en grøn skatteforms slutrapport er offentliggjort, og model-gruppen i øvrigt er klar til det.

## Milepæle siden sidste projektstatus

- Danmarks Statistik (DST) har fået en fast bevilling på finansloven til udvikling af data til grønne regnemodeller, herunder primært data til GrønREFORM. [Data er offentliggjort](#) på DST's hjemmeside, og bliver opdateret hvert efterår. Undtagelsen er dog 2023 på grund af en igangværende hovedrevision af nationalregnskabet. I efteråret 2023 opdateres data altså ikke med et nyt år (seneste år er 2019), men der vil ske en opdatering med en opdeling af slagteri i tre brancher, og cement udskilles som selvstændig branche fra branchen Mineralogisk virksomhed på baggrund af offentligt tilgængelige nøgletal for branchen.
- DST's data beskriver produktionen fordelt på 146 brancher (vs tidligere 142), og i GrønREFORM arbejdes der med 52 brancher, et energiregnskab med 26 energityper, og et emissionsregnskab med 14 typer af emissioner, herunder både energi og ikke energi-relaterede emissioner.
- Landbrugsmodellen er blevet væsentligt videreudviklet i samarbejde med sekretariatet for Ekspertgruppen for en grøn skattereform. Jord er nu modelleret som et heterogent produktionsinput pba. fordeling fra IFRO. Som en del af dette arbejde er også indarbejdet et endogent valg af jordanvendelse. Den repræsentative jordbruger kan nu vælge at henlægge jord til alternative støtteordninger (f.eks. bio-schemes), til braklægning, eller til skovrejsning.
- LULUCF-modulet er blevet færdigudviklet, og kan nu stort set replikere de officielle fremskrivninger, der udarbejdes i forbindelse med Klimafremskrivningen, om end på et mindre detaljeret niveau. Modulet er koblet til landbruget igennem bl.a. skovrejsning.

- Forskerne på KU har videreudviklet abatement-metoden, og har implementeret en partiel version af denne med et modelskelet fra GrønREFORM. Arbejdet med data og implementering forventes færdig primo 2024.

I landbrugsmodellen er desuden indarbejdet separat abatement teknik for landbrugsgets ikke-energimæssige udledninger til brug for Ekspertgruppen for en grøn skatte-reform.

- Affaldsmodellen er nu færdigudviklet og fuldt integreret med resten af CGE-modellen. Udviklingen af affaldsmodellen sker i tæt samarbejde med Miljøstyrelsen, DTU og KU som en del af GREASE-projektet. Målet med projektet er, at GrønREFORM's affaldsmodel på sigt skal bruges af Miljøstyrelsens til at lave Danmarks affaldsfremskrivning. Affaldsmodellen er i den forbindelse i stand til at fremskrive de genererede affaldsmængder opdelt på affaldsfraktioner og brancher.
- Husholdningernes dynamiske forbrugsadfærd er færdigmoduleret, og læner sig op af MAKROs "to-agent-modellering". Modelleringen er simplere end i MAKRO, men giver sammenlignelige adfærdseffekter.
- Der er indført et velfærdsmål i GrønREFORM, som er konsistent med husholdningernes forbrugsadfærd. Velfærdsmålet er dekomponeret i en række underliggende deffekter.

# Personale

[Modelgruppen](#) består aktuelt af 5 fuldtidsbeskæftigede og 4 studenter. Herudover er der knyttet en DREAM-medarbejder til projektet (finansieret 50 pct. af DREAM).

Et af de 5 årsværk er delvist finansieret af en midlertidig finansiering fra 2022-2024 til udvikling af model til fremskrivning af Danmarks forbrugsbaserede klimaaftryk i samarbejde med Energistyrelsen. Det forventes, at det derefter er muligt at fastholde dette årsværk pba. indtægtsdækket virksomhed.

Bevillingen til GrønREFORM er på finansloven for 2023 opjusteret svarende til et ekstra årsværk, som vil blive udnyttet inden for kort tid. Dette er sket for at sikre et tilstrækkeligt detaillenkendskab til alle de mange delmodeller, efter forskerne på Københavns og Århus universitets engagement er afsluttet, og modelgruppen selv skal videreudvikle, opdatere og supportere brugen af modellen.

# Bestyrelse og følgegruppemøder mv.

Fra 2021-2023 har modelgruppens arbejde været fokuseret på understøttelse af [Ekspertgruppen](#) for en grøn skattereform. GrønREFORM blev ikke brugt direkte i den første delrapport i 2022, men modellen har bidraget med input til ekspertgruppens arbejde med slutrapporten, der udkommer senere i år.

Siden 2020 er [bestyrelsen](#) blevet udvidet med en repræsentant fra Energistyrelsen, der er en af modelgruppens vigtigste samarbejdspartnere.

Imens arbejdet for ekspertgruppen har stået på, har følgegruppemøderne været sat på pause. Det er hensigten at starte op igen således, at der som minimum bliver afholdt et følgegruppemøde i forbindelse med hvert bestyrelsesmøde, og derudover efter behov.

# CGE-modellen

[CGE-modellen](#) (eller hovedmodellen) kan betragtes som værende færdig. Den udmærker sig ved at være en dynamisk model med fremadskuende agenter og realistiske kortsigtsdynamik med en høj grad af detalje i beskrivelsen af produktionen i økonomien mht. brancheopdeling og detaljerede forudsætninger om markedsvilkår mv.

[Produktion og forbrug af energi](#) er beskrevet eksplicit i fysiske mængder fordelt på 27 energivarer med dertil knyttede emissioner af 14 drivhusgasser.

Der er udviklet en [metode til modellering af korrekte skattesatser](#) uden at gå kompromis med konsistens med nationalregnskabet's beskrivelse af afgiftsbetalinger.

Der er udviklet et velfærdsmål, som er konsistent med husholdningernes forbrugsadfærd. Velfærdsmålet er dekomponeret i en række underliggende deleffekter, og bliver i høj grad anvendt i forbindelse med arbejdet for ekspertgruppen.

Der er ikke nogen grundlæggende nye udviklingsprojekter i støbeskeen hvad angår CGE-modellen. Der arbejdes derimod på forbedringer og strømligning af de metoder, der allerede er udviklet.

Fastlæggelse af den makroøkonomiske udvikling i modellens grundscenarie foregår i samspil med MAKRO-modellen. Der er igangsat en gennemgang af koblingen mellem de to modeller, da det er relevant for modellens egenskaber, at der er overensstemmelse med de generelle makroøkonomiske udviklinger, men at GrønREFORMs marginalegenskaber ikke ændres på utilsigtet vis af koblingen.

På samme vis tilpasses modellens grundforløb til Energistyrelsens energi- og klimafremskrivning. Den simultane tilpasning af modellen til 2 forskellige fremskrivninger giver tekniske udfordringer. Resultatet af disse modeltilpasninger er løbende blevet testet, men et samlet kvalitetsstjek af hele kalibrerings-setup'et, vil formentligt kunne reducere de tekniske problemstillinger.

En række økonomiske forudsætninger i modellens grundforløb er bestemt ud fra kalibreringen til nationalregnskabet i basisåret. En række af disse forudsætninger kan dog variere fra år til år, og har betydning for eksempelvis modellens velfærdseffekter ved politikevaluering. Disse forudsætninger vil løbende blive evalueret, så de tilpasses strukturelle niveauer. Dette kræver både en evaluering af forudsætningerne uden for modellen, hvor vi trækker på DREAM-gruppens økonometriske kompetencer, og en meningsfuld tilpasning af relevante parametre i modellens fremskrivning. Af relevante forudsætninger, som modelgruppen har fokus på, står branchernes markup'er øverst på listen.

Der arbejdes på en omstrukturering af virksomhedernes produktionsstruktur således, at materialeinputtet fra finansielle- og forsikringstjenester knyttes til forbruget af kapital som en komplementær inputfaktor. For nuværende ligger input fra finansielle- og forsikringstjenester som et materialeinput øverst i produktionsfunktionen på samme vis som eksempelvis catering.

# Energiforsyningsmodellen

[Energiforsyningsmodellen](#) kan betragtes som værende færdig. Den er baseret på det samme inputdata som anvendt i RamsesR-modellen i Energistyrelsen, og kan på den baggrund fremskrive udvikling i priser og variation heri på el og fjernvarme, der ligger tæt op ad resultaterne i Klimafremskrivningen.

Energiforsyningsmodellen har blandt andet været brugt i Rasmus Kehlet Bergs og Janek Eskildsens arbejdsrapport *"The Value and Potential of Electricity Storage"* fra december 2021, samt Rasmus Kehlet Berg, Janek Eskildsens og Peter Stephensens arbejdsrapport *"Electricity and District Heat systems in a Computable General Equilibrium Framework -A new approach to integrated bottom-up and top-down modelling"* fra april 2022. Derudover skrev en af GrønREFORMs studentermedhjælpere speciale i efteråret 2022, hvor energiforsyningsmodellen blev brugt til at undersøge, hvordan energimarkedet, især elpriserne, vil blive påvirket af at introducere 1 million Vehicle-to-Grid smartopladende elbiler i 2030.

Den fremadrettede udvikling vil fokusere på 1) at implementere endogen investering i produktionsteknologi, baseret på teknologidata fra Energistyrelsen, 2) at modellere nye værktøjer, der ikke på nuværende tidspunkt er modelleret særskilt, 3) at videreudvikle det fleksible elforbrug i modellen og 4) at integrere energiforsyningsmodellen tættere med GrønREFORMs øvrige delmodeller.



# Landbrug og arealanvendelse

En opdateret dokumentation af [landbrugsmodellen](#) er under udarbejdelse, og vil blive offentliggjort, så snart den er færdig.

Der er gjort signifikante videreudviklinger på modellen:

- Jord er modelleret som heterogent produktionsinput pba. af produktivtetsfordeling lavet af IFRO. Dette inkluderer en detaljeret modellering af valg af arealanvendelse. Landbrugsarealer kan overgå fra dyrkning til braklægning, til diverse støtteordninger, eller til skovrejsning. Dette sker endogent i modellen pba. af den arealanvendelse, der giver jordbrugeren den højeste rentabilitet af jorden.
- [LULUCF-modulet](#) er blevet færdigudviklet, og kan nu stort set replikere de officielle fremskrivninger, der udarbejdes i forbindelse med Klimafremskrivningen, om end på et mindre detaljeret niveau. Modulet er koblet til landbruget igennem bl.a. skovrejsning.
- Abatement-teknikken for landbrugsmodulet er implementeret og videreudviklet med samme teknik, der blev udviklet for abatement til GrønREFORM's genberegning af CO<sub>2</sub>-afgiftsreformen for industri<sup>1</sup> forrige sommer (2022).
- Modellen er kalibreret til [Klimafremskrivningen 2023](#). Både emissioner og økonomi er kalibreret. Det har været af særlig betydning også at kalibrere den økonomiske side af Klimafremskrivningen for at give et konsistent billede af, hvad der driver baseline-emissioner og dermed også for modellens egenskaber, når der laves simuleringer væk fra baseline.

Der er desuden betydelige udviklingsprojekter planlagt for landbruget, hvoraf nogle er allerede er igangsat.

- En gødningsomkostningsmodel. Modellen tager udgangspunkt i geografisk data over harmoniarealer og husdyrtæthed. Modellen kommer til at generere en omkostningskurve for transporten af husdyrgødning som funktion af husdyrtæthed. Modellen er udviklet af Peter Stephensen pba. data fra Landbrugsstyrelsen. En udvikling af den nuværende simple modellering af kvælstofudvaskning til kystoplande.

---

<sup>1</sup> "Grøn skattereform for industri mv." Se evt. <https://fm.dk/media/26070/aftale-om-groen-skattereform-for-industri-mv-a.pdf>

# Transport

Der foreligger en version af [transportmodellen](#), som er skrevet i samme software-program som resten af GrønREFORM. Hvert år beskriver modellen udvikling i køretøjsbeholdningen fordelt efter (i) køretøjskategori (fx bil, bus osv.), (ii) primær anvendelse (fx privatkørsel, offentlig transport osv.), årgang (når der betinges på årgang, antages det, at bilens tilstand er uafhængig af kilometertælleren), og drivmiddel. Der er endogene investeringer i nye årgange med eksogene salgspriser ("lille åben økonomi"-antagelse), mens brugte årgange handles på et brugtbilsmarked med endogen ophukning. I praksis betyder dette fx, at regulering, der er rettet mod nye årgange, også påvirker værdien og anvendelsen af ældre årgange. Omvendt vil instrumenter rettet mod ældre årgange også påvirke indtrængningen af nye grønne køretøjer.

Dertil er der nu udviklet en integrationsmetode, som kan integrere transportmodellen med GrønREFORM modellen. Meget kort, bestemmes transportbehovet i hver enkelt branche og husholdninger i GrønREFORM-modellen sammen med drivmiddelpriiser. Herefter bestemmer transportmodellen køretøjsvalget, hvilket ingen påvirker transportbehovet og drivmiddelpriiser.

Som et "proof-of-concept" er der til dette udviklet en lille CGE model, som er blevet integreret med transportmodellen. Integration med den fulde GrønREFORM model kræver dog, at GrønREFORM udvides til at indeholde en større detaljeringsgrad, end det nuværende er tilfældet. Både udvidelsen af GrønREFORM og integration af den nuværende version af transportmodellen arbejdes der på i øjeblikket i DREAM med supervision fra KU.

Sideløbende med denne opgave, arbejdes der også med transportmodellen med de formål, at

- udvide den til at indeholde køretøjsstørrelser, da der fra politisk side har været stor efterspørgsel efter dette.
- modellen foretager sin egen basisfremskrivning af markedsandelene for de forskellige køretøjsteknologier.
- inkludere de nye teknologidata for lastbiler, som er blevet offentliggjort i forbindelse med den seneste klimafremskrivning.
- Videreudviklingen af transportmodellen foregå på KU. Derudover er der to langsigtede mål, hvor
- det undersøges, om den integrerede model kan basere sig på en anden basisfremskrivning af transportefterspørgslen end fremskrivningen i Energistyrelsens klimafremskrivning – dette arbejde forventes DTU at bistå med.
- trængselseffekter inkluderes i modellen.

Det er planen, at der i løbet af efteråret/tidlig vinter forelægger en integreret model med den nuværende version af transportmodellen. En del af denne opgave består af at udforme et notat, som beskriver integrationen mellem de to modeller og deres feedback-kanaler. Det bør bemærkes, at når først transportmodellen er udvidet forventes det ikke, at en ny integration med GrønREFORM tager længere end ét par uger, da videreudviklingerne af transportmodellen ikke ændrer integrationsmetodologien.

# Abatement

[Abatement-modellen](#) fungerer på tværs af alle brancher i modellen, og bidrager med den funktionalitet, at der kan indlejres mulighed for diskrete teknologi-skift baseret på bottom-up data i modellen. Der skelnes mellem to typer teknologi, hhv. *End of pipe technologies* og *Input replacing technologies*. Eksempler på det første er CCS og fodertilsætning, og eksempler på det andet er udskiftning af gas-drevne anlæg med el-drevne varmepumper.

Abatement-modellen er en hjørnesten i GrønREFORM. Funktionaliteten er afprøvet og testet, og bliver aktuelt anvendt i beregninger for Ekspertgruppen for en grøn skattereform.

Udfordringen er imidlertid at få etableret og vedligeholdt datagrundlag til at kunne regne på klimapolitik på tværs af alle områder. Projektstrategien har fra starten været, at det nødvendige teknologidata skal leveres af centraladministrationen. Man kan ikke sige, at det er lykkedes endnu. Men arbejdet er i gang.

Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet har nu taget formelt ansvar for at etablere og vedligeholde teknologi-data til GrønREFORM.

- For industri, rumvarme mv. leverer Energistyrelsen detaljeret data fra TIMES-modul i deres InterACT-model, der anvendes som grundlag for Klimafremskrivningen, og det er nu ved at blive behandlet og indlejret i GrønREFORM.
- For transport og energiforsyningen håndteres teknologiskrift i de respektive delmodeller, og her er i store træk et etableret datagrundlag.
- For landbrug er der udviklet et teknologi-datasæt i forbindelse med arbejdet for Ekspertgruppen for en grøn skattereform
- På andre områder er arbejdet med at etablere det nødvendige data i gang.

Den ovenstående proces kommer til at tage tid, og det er vanskeligt for os i model-gruppen at sætte en dato på. I mellemtiden skal man som model-bruger være beredt på selv at skulle levere data for fremtidige teknologiers potentialer og omkostninger på de områder, man ønsker at studere. Tidligere offentliggjorte beregninger for [CONCITO](#) og [Kraka](#) kan tjene som eksempel.

# Affaldshåndtering

[Affaldsmodellen](#) er nu dynamisk og fuldt integreret med resten af CGE-modellen.

Affaldsmodellen er udviklet som en del af GREASE-projektet, som er et samarbejde mellem Miljøstyrelsen, DTU, KU og GrønREFORM omkring at lave Danmarks affaldsfremskrivning. I affaldsmodellen er det muligt at fremskrive de genererede og sorterede affaldsmængder for hver af GrønREFORM's 52 brancher og 17 affaldsfraktioner. Fremskrivningen bygger på ARIMA-estimationer af affaldsgenererings- og affaldssorteringskoefficienter for alle kombinationer af brancher og affaldsfraktioner. For alle brancher og affaldsfraktioner opdeles affaldet yderligere i husholdningslignende affald og erhvervsaffald.

Selve behandlingen af affaldet er modelleret på baggrund af den partielle model fra forskergruppen. Konkret betyder det, at affaldet fordeles ud på fire forskellige behandlingsformer (deponi, forbrænding, nyttiggørelse og genanvendelse). For behandlingsformen genanvendelse er der taget højde for forskellen mellem mængden af affald sendt til genanvendelse og mængden af reelt genanvendt affald. Affaldets genanvendelighed er modelleret vha. særlige CET-funktioner, som er estimeret i et samarbejde mellem DTU og KU. Modelleringen gør det f.eks. muligt at beregne, hvor stor en andel af det genererede affald, der reelt bliver genanvendt.

Affaldsmodellen medtager også eksport og import af affald, og det er igennem hele behandlingssektoren muligt at skelne imellem, hvorvidt det indenlandsk behandlede affald er dansk genereret eller importeret. Det er ligeledes modelleret, hvordan det eksportererede affald behandles i udlandet.

I den nuværende version af affaldsmodellen sker eksport, import og behandling af affald helt mekanisk ud fra eksogent givne affaldskoefficienter. Der er altså ikke modelleret noget økonomisk adfærd i affaldssektoren. Dette skyldes mangel på data, som beskriver økonomien i affaldssektoren. Miljøstyrelsen og KU er i gang med at starte et projekt omkring indsamling af økonomisk data for affaldssektoren. Den partielle model fra forskergruppen indeholder allerede økonomisk adfærd, og denne del af modellen skal derfor implementeres i GrønREFORM's affaldsmodel, når der er indsamlet tilstrækkelig data.