

Mere om emissioner i EMMA

Resumé:

Dette papir ligger i forlængelse af DGR18501. Papiret dokumenterer indførelsen af 5 nye emissionstyper i EMMA, således at der nu er 8 emissionstyper fordelt på 5 energiarter. Denne fordeling følger Danmarks Statistiks NAMEA system.

Der er yderligere vist eksperimenter med emissionsmodellen i den samlede EMMAmodel, og den udviser fornuftige egenskaber.

Endelig er der i modellen også medtaget et mål forbrændingen til det globale opvarmingspotentiale, GWP, samt et forsurningsindeks, PAE. Begge mål er i EMMAmodellen for energirelaterede emissioner.

ABD01003.WPD

Nøgleord: EMMA, emission, emissionskoefficienter

Modelgruppepapirer er interne arbejdsrapporter. De konklusioner, der drages i papirerne, er ikke endelige og kan være ændret inden opstillingen af nye modelversioner. Det henstilles derfor, at der kun citeres fra modelgruppepapirerne efter aftale med Danmarks Statistik.

1. Indledning

I EMMA02 versionen er der tre emissionstyper (kuldioxid, c , svovldioxid, s og kvælstofoxider, n) fordelt på fire direkte emitterende energiarter (transportenergi, t , flydende brændsel, f , fast brændsel, s , og gas, g).

Dette system udvides nu til otte energirelaterede emissionstyper, og det dokumenteres her, hvorledes emissionerne og emissionskoefficienterne konstrueres. I Danmarks Statistiks NAMEAsystem, findes data for følgende emissioner i perioden 1980 til 2001: NH_3 (ammoniak), CO (kulilte), N_2O (lattergas), CH_4 (metan), NMOVC (flygtige ikke-metanholdige forbindelser) samt de tre ovennævnte. Der redegøres for normenklatur og måleenheder i afsnit 2.

Endelig er der en diskussion af hvilke overvejelser og ændringer, der har været nødvendige i forhold til den tidligere emissionsmodel i afsnit 3. I afsnit 4 indføres emissionsindeksene, GWP og PAE, mens modellens egenskaber vurderes i afsnit 5. Endelig diskuteres særlige forhold vedrørende forsyningssektoren i afsnit 6.

2. Normenklatur og enheder

I lighed med den foreslåede normenklatur i DGR18501 navngives emissionerne qN_{ikj} og emissionskoefficienterne bN_{ikj} , hvor i er emissionstype, k er energitype og j er husholdninger og erhverv. Herunder en fortegnelse over emissionstyperne:

Tabel 1. Emissionstyper

| Type | Dansk navn | Betegnelse | Enhed |
|----------------------|-----------------------------------------|------------|----------|
| CO_2 | Kuldioxid | c | 1000 ton |
| SO_2 | svovldioxid | s | ton |
| NO_x | kvælstofoxider | n | ton |
| CO | kulilte | k | ton |
| NH_3 | ammoniak | a | kg |
| N_2O | lattergas | l | kg |
| CH_4 | metan | m | kg |
| NMVOC | flygtige ikke-metanholdige forbindelser | f | ton |

Således hedder emission fra husholdninger af CO_2 i forbindelse med forbrug af flydende brændsel: $qNcfc$, mens den tilsvarende emissionskoefficient er $bncfc$. Disse hed tidligere hhv $qcfc$ og $bcfc$.

3. Konstruktion af emissionskoefficienter

Først aggregeres emissionsmatricerne og energimatricerne til EMMA's erhverv og energityper. Derefter udregnes emissionskoefficienterne ud fra:

$$\text{Emissionskoefficient} = \text{Emission} / \text{Energiforbrug}$$

dvs med EMMA notation:

$$bn_{ikj} = qN_{ikj} / qJ_{ikj}$$

hvor energiforbruget måles i TJ (dvs 10^9 Joule) og emissionerne i tons - dog måles CO_2 i 1000 tons.

Der eksisterer data for emissioner i perioden 1980 til 2001. For at sikre konsistens i databanken forlænges emissionskoefficienter tilbage til 1975 med værdien i 1980. For at sikre at emissionskoefficienterne opnår en "passende" størrelsesorden multipliceres emissionskoefficienterne for NH_3 , N_2O og CH_4 med 1000, således at de måles i kg/TJ.

Biomasse antages at være CO_2 neutralt, da den afbrændte biomasse optager ligeså meget CO_2 under væksten som der frigøres ved afbrænding. Derfor medtages CO_2 -emission fra biomasse ikke i beregninger. Biomasses bidrag til alle øvrige emissioner beregnes som for øvrige brændselstyper.

I bilaget er vist emissionskoefficienterne for alle erhverv og for alle emissionstyper i perioden 1980 til 2001. Disse koefficienter udviser store (uforklarlige) fluktuationer over tid.

4. Emissionsindeks

Som bæredygtighedsindikator indføres to emissionsindeks udover de sædvanlige aggregater af emissionerne, der allerede eksisterer i EMMA. Der indføres et mål for drivhusgasser og et mål for forsurende gasser, dog kun beregnet for energirelaterede emissioner.

Et mål for den samlede belastning af drivhusgasser er opgjort i CO_2 -ækvivalenter GWP ("Global Warming Potential"), hvor emissionerne måles i ton.

$$\begin{aligned} GWP &= \text{CO}_2 + 21 \text{CH}_4 + 310 \text{N}_2\text{O} \\ &= (1000 qN_{czdk} + 21 qN_{mzdk} + 310 qN_{lzdk}) / 1000 \end{aligned}$$

hvor qN_{jzdk} er den samlede emission fra erhverv og husholdninger af hhv CO_2 , CH_4 og N_2O ¹.

Desuden indføres et mål for forsureningstrykket, PAE, ("Potential Acidification Equivalents"), der er sammenvejning af forskellige stoffer ift deres syrevirkning og dermed deres potentielle bidrag til forsurening.

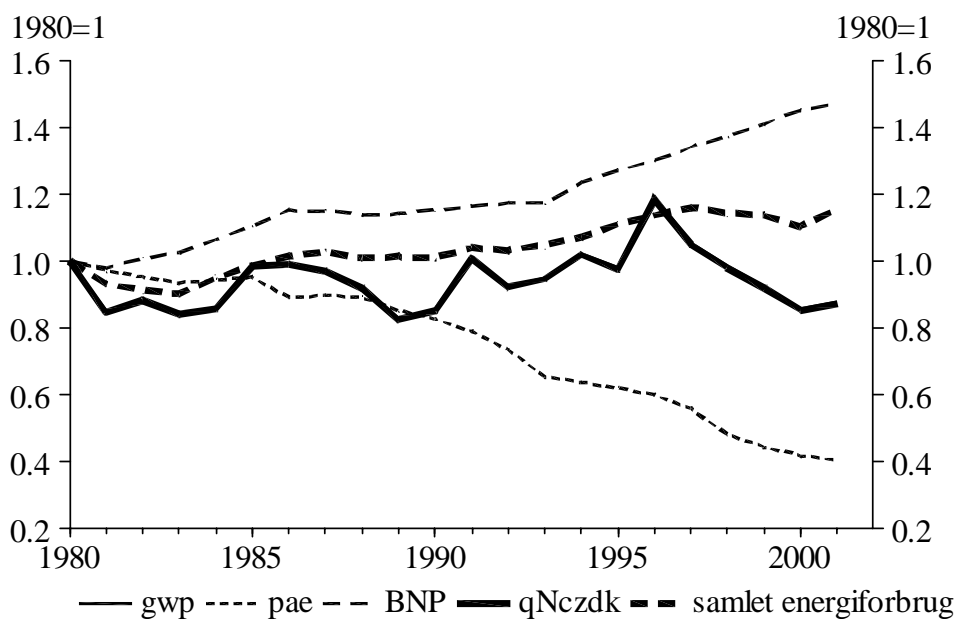
¹Frits M. Andersen (red.): Environmental satellite models for ADAM.

$$\begin{aligned}
 PAE &= 2qSO_2 / 64 + NO_x / 46 + NH_3 / 17 \\
 &= 2qNszdk / 64 + qNnzdk / 46 + qNazdk / 1000 / 17
 \end{aligned}$$

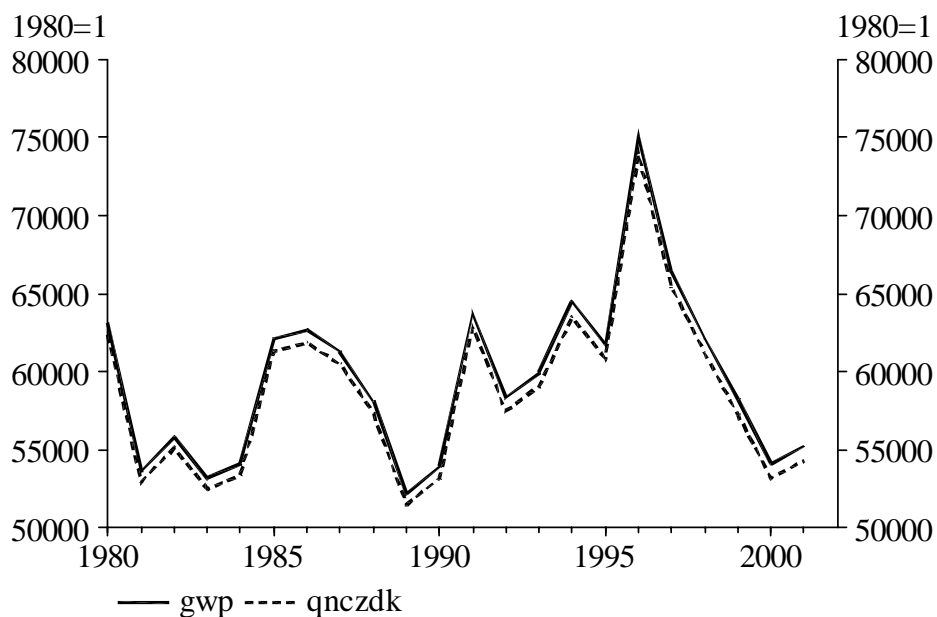
hvor qN_{jzdk} er den samlede emission fra erhverv og husholdninger af hhv SO_2 , NO_x og NH_3 . $qNazdk$ måles i kg.

Herunder er vist GWP, PAE, samlet energiforbrug i alle erhverv og husholdninger, BNP samt samlet CO_2 -emission fra erhverv og husholdninger.

Figur 1. GWP, PAE, BNP, samlet energiforbrug og samlet CO_2 udslip

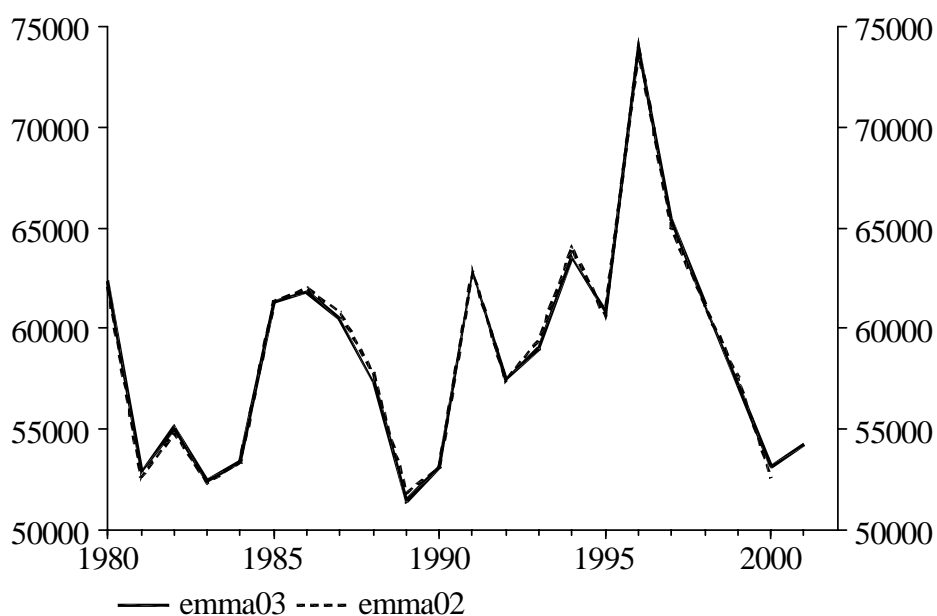


Det ses, at forsuringssindekset samt samlet CO_2 udledning er faldet trods samlet stigende energiforbrug og økonomisk aktivitet. Indekseret ligger CO_2 og GWP oveni hinanden, hvilket skyldes, at CO_2 står for langt størstedelen af bidraget til GWP. Herunder ses CO_2 udledningen samt GWP i niveau.

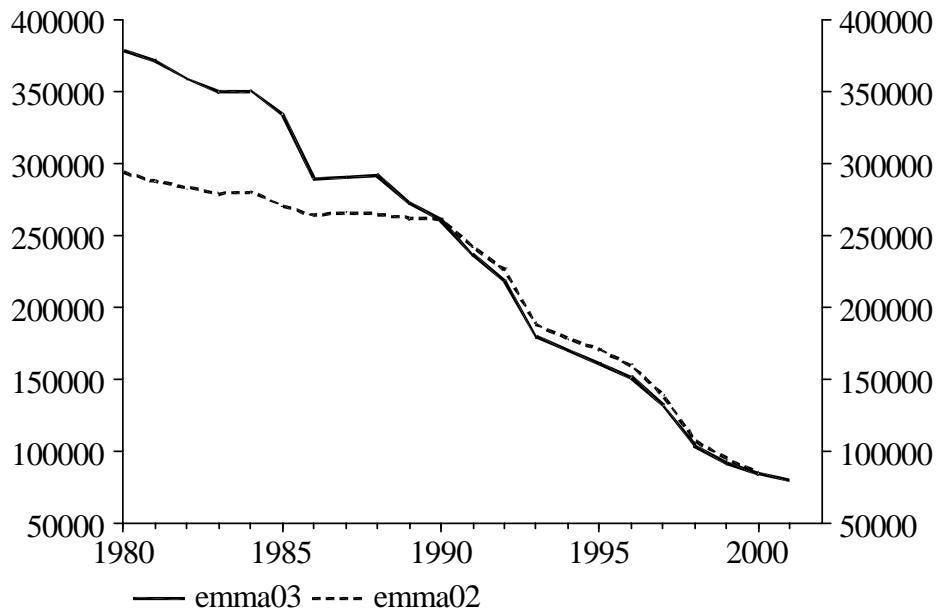
Figur 2. CO2 og GWP i niveau

5. Sammenligning af datamaterialet

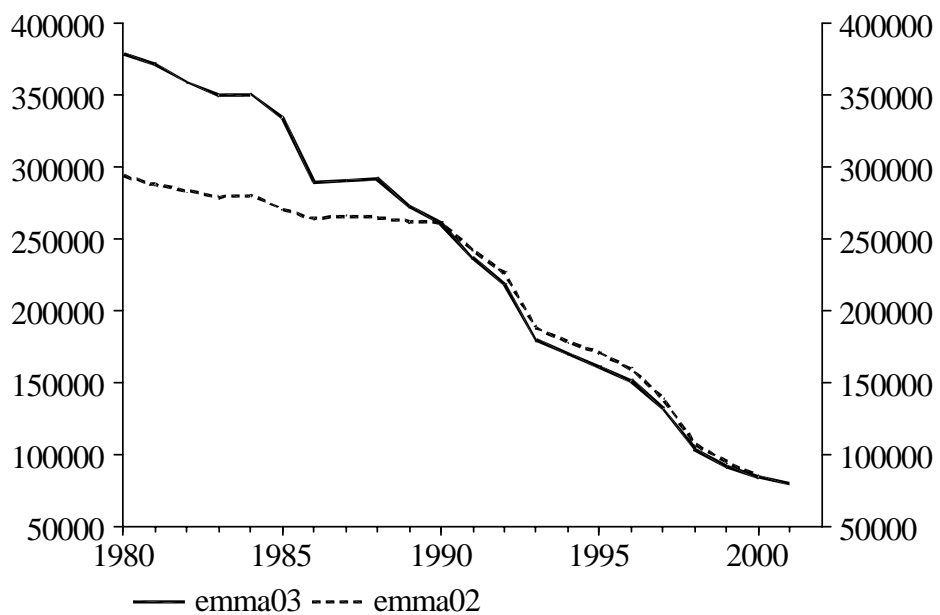
For at vurdere i hvor høj grad det nye talsæt er i overensstemmelse med det gamle vises her grafer for den historiske udledning af CO₂, SO₂ og NO_x for data fra hhv emma02 og emma03.

Figur 3. Emission af co2

Der ses en fuldstændig identisk udvikling i CO₂ emissionerne i de databanker, hvilket også er forventeligt, fordi data for CO₂ emissionerne hele tiden primært har været trukket fra energimatriver.

Figur 3. Emissioner fra so2

For SO₂ emissioner ses en forskel i de historiske data, hvilket skyldes, at i emma02 er der en øvre udledningsgrænse, *tso2max*, der er dannet på baggrund af RISØdata, men denne grænse er ikke opdateret siden midt 90'erne, hvorfor tallet blot er videreført. Det er nu imidlertid valgt at konstruere data udlukkende på tal fra energimatricerne, for at opnå størst mulig konsistens i data.

Figur 4. Emissioner fra nox

Et tilsvarende problem gør sig gældende for NO_x emissioner, men også her er valgt at bruge tal fra Energimatricerne.

Desuden er der foretaget et eksperiment i den tidligere og i den nuværende EMMAmodel for at vurdere den nye emissionsmodels egenskaber. Den økonomiske aktivitet hæves med 1% og CO₂-, SO₂- samt NO_x-emissionerne (der eksisterer i begge modeller) sammenlignes. Der henvises til bilag A hvor emissionerne kan ses fordelt på de enkelte erhverv samt til bilag B udledning af emissioner fra transporterhverv som følge af en 5 % øgning i energieffektiviteten i transporterhvervene. Modellen udviser fornuftige egenskaber ved begge eksperimenter og reaktionerne i emma03 ligner emma02s.

6. Forsyningssektoren

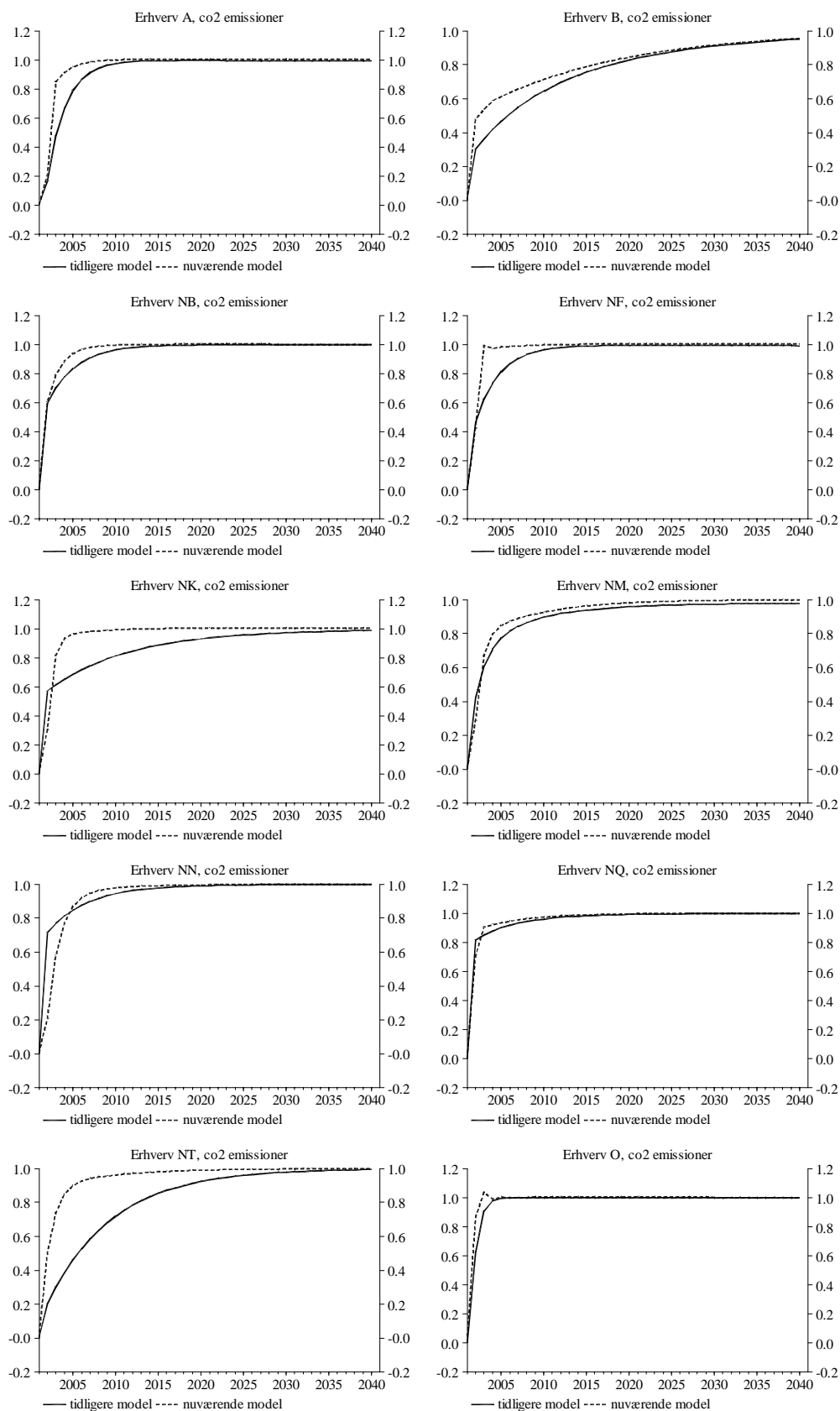
I den tidligere modelversion benyttes der nogle steder i ne-erhvervet to sæt emissionskoefficienter; et fra Danmarks Statistiks energi- og emissionsmatricer, $b_{j,ne}$, og et sæt emissionskoefficienter beregnet af Risø, $b_{j,ne1}$.

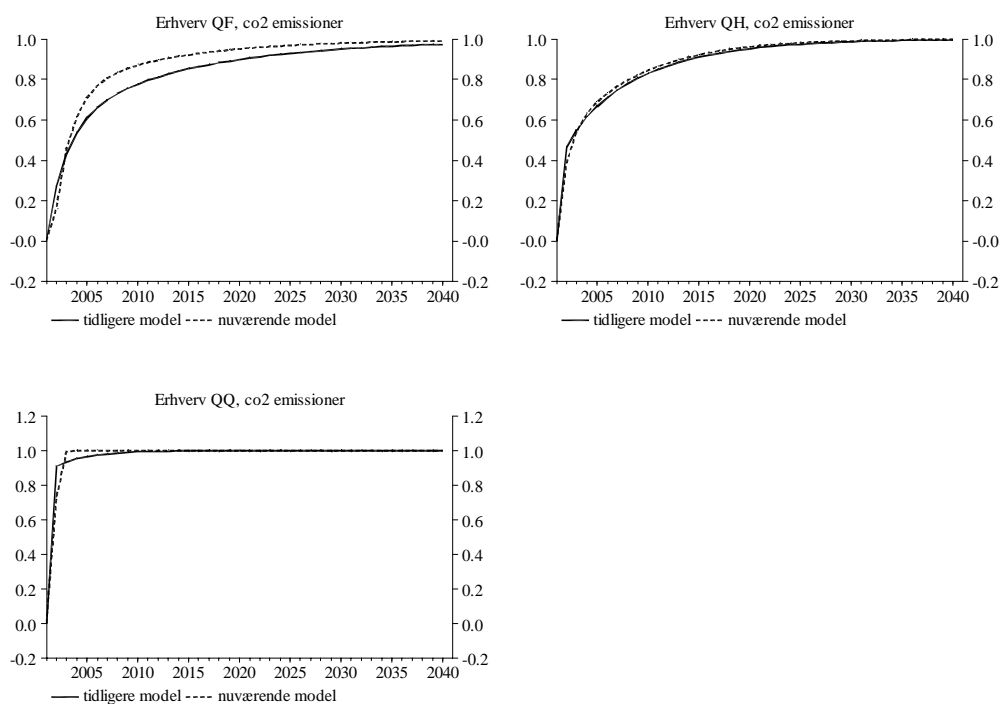
Hidtil har Risø-emissionskoefficienter været brugt til beregne forskellige delaggregater fra el- og fjernvarmeproduktionen for CO₂, mens DS-emissionskoefficienterne bruges til at danne aggregater og til beregning af den samlede CO₂ emission i Danmark. For SO₂ og NO_x anvendtes tidligere kun Risø-koefficienter, der blev ganget på energiforbruget for modellens tre typer værker (fjernvarmeværker, centrale og decentrale værker). Den samlede udledning blev dannet ud fra kvoter - $tso2max$ og $tnoxmax$, der antages overholdt, for centrale værker.

Risø-emissionskoefficienterne tager højde for produktionsforskelle mellem centrale og decentrale værker, men er desværre ikke blevet opdateret (og derfor holdt konstante) gennem en årrække. DS-emissionskoefficienterne for ne-erhvervet bliver opdateret på samme måde som alle øvrige emissionskoefficienter i NAMEA-systemet, hvorfor brugen af disse er særdeles let. En sammenligning af de to typer emissionskoefficienter viser, at der ikke er nogen væsentlig forskel i de typer, hvorfor der fremover kun vælges at anvende emissionskoefficienter fra DS. Dette letter opdateringen betydeligt samtidig med at der opnås et mere konsistent system.

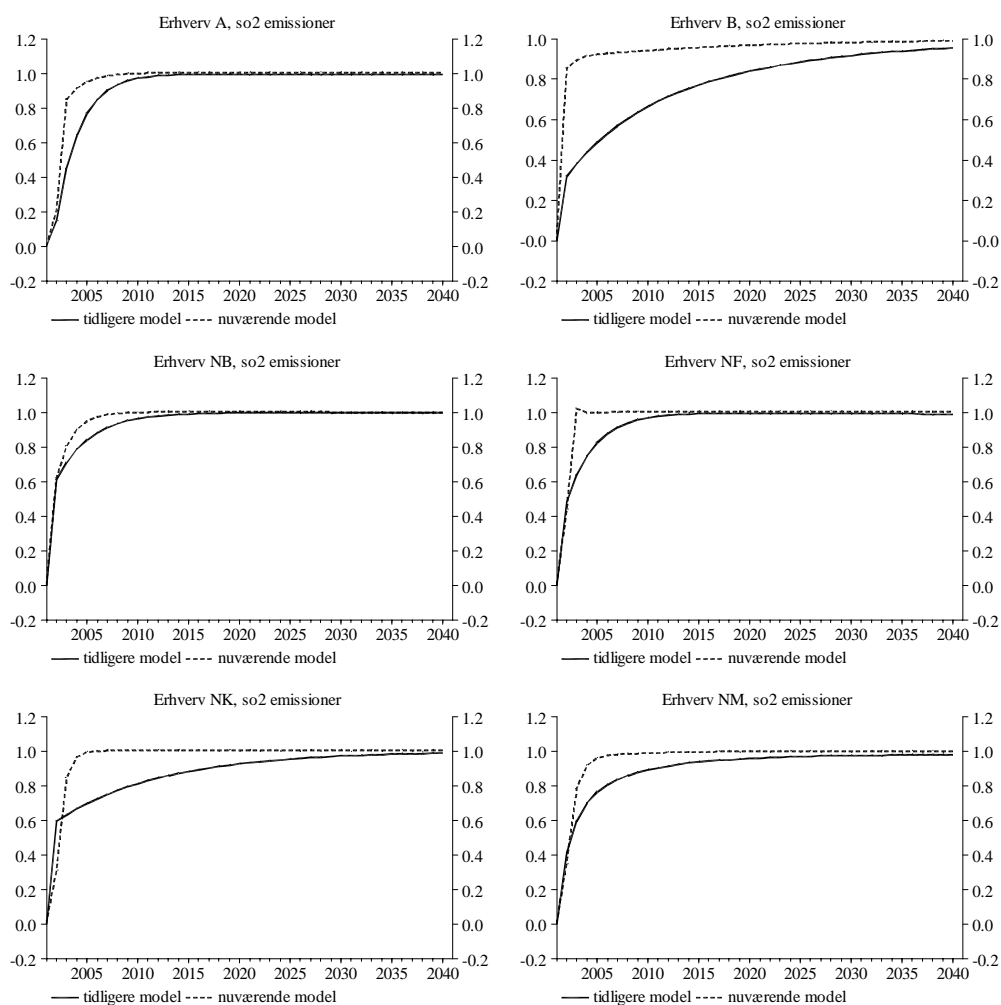
7. Konklusion

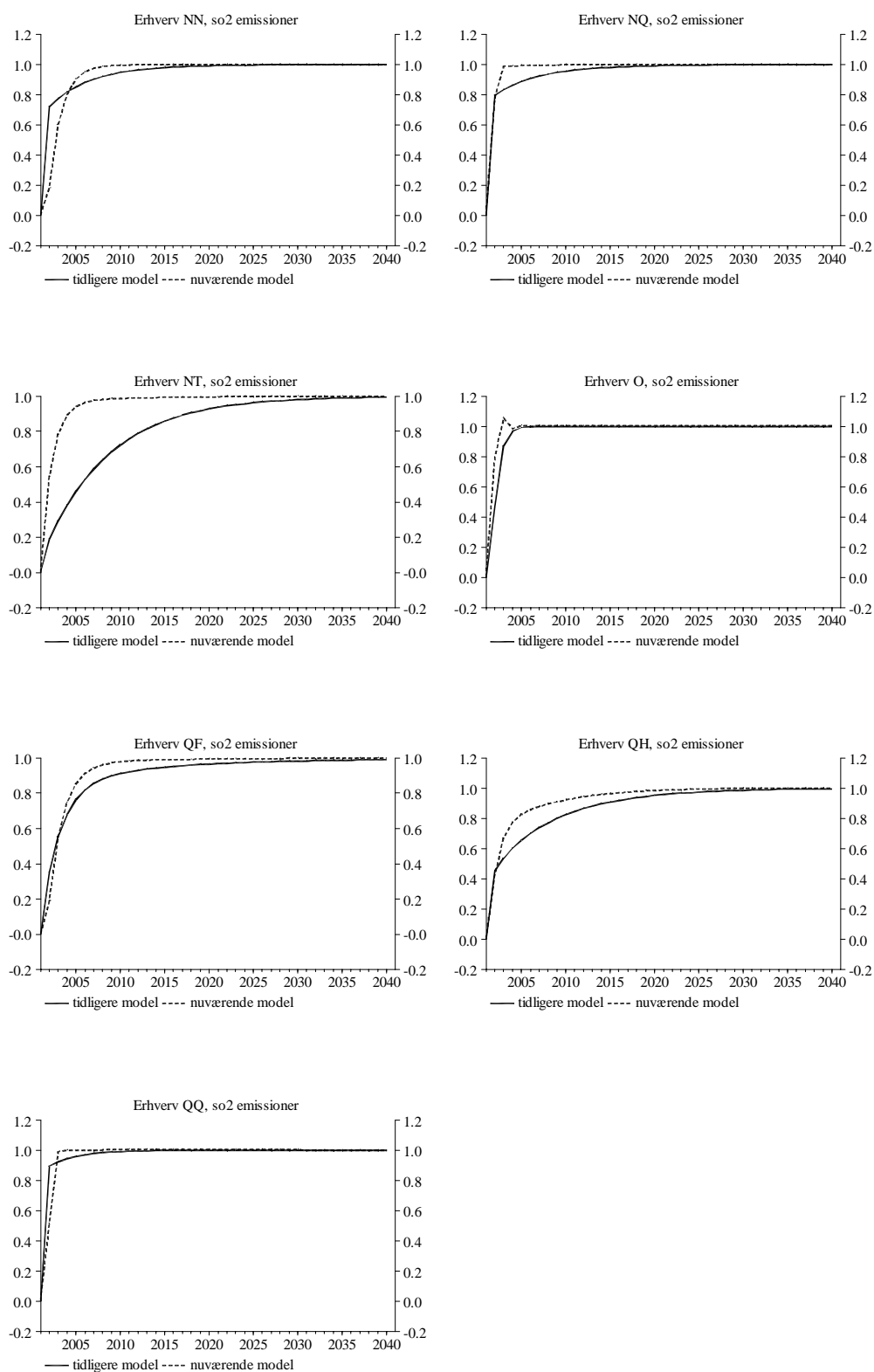
Samlet udviser den nye emissionsmodel fornuftige egenskaber både når man kigger på den samlede udledning af emissioner samt på udledningen fordelt på de enkelte erhverv. Derfor udskiftes den tidligere emissionsmodel med den i dette papir skitserede model.

Bilag A**CO₂ emissioner:**

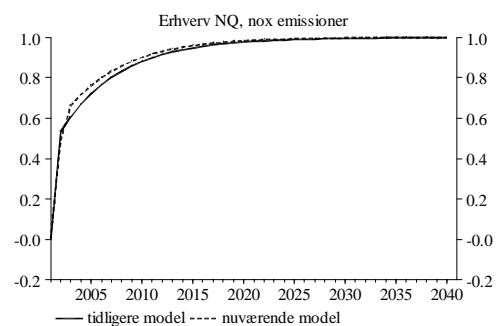
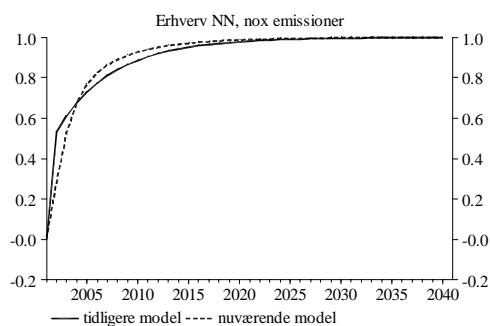
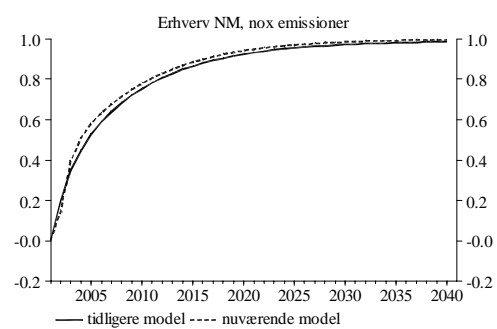
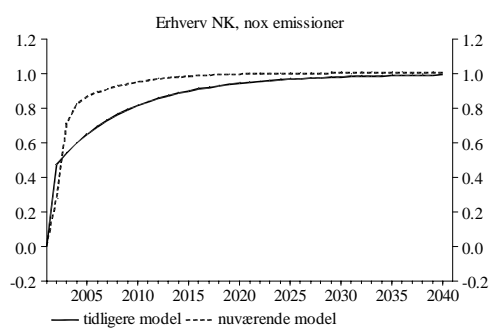
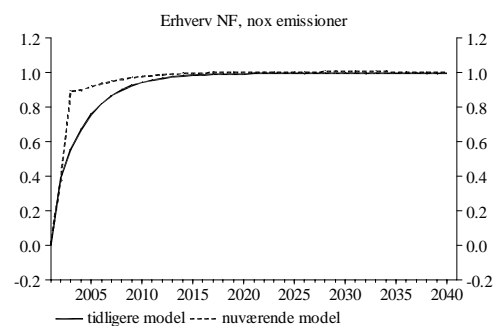
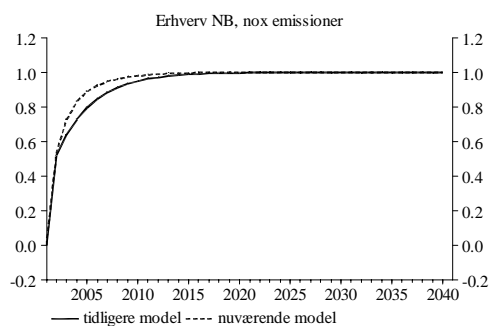
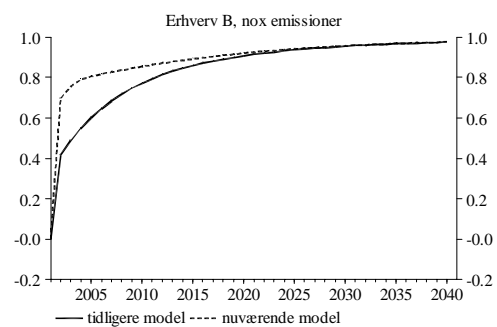
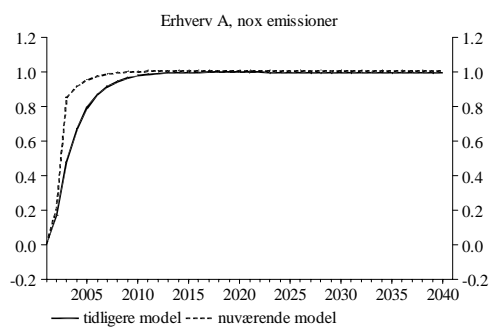


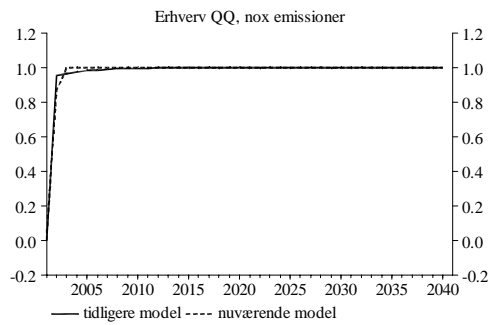
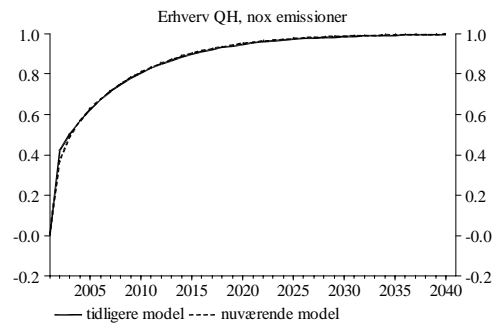
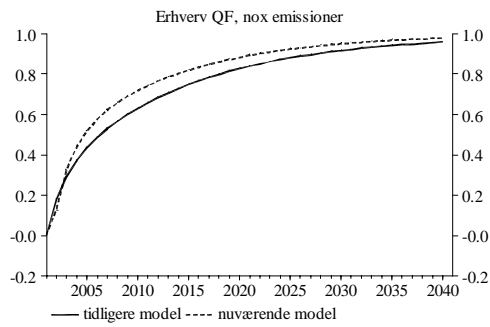
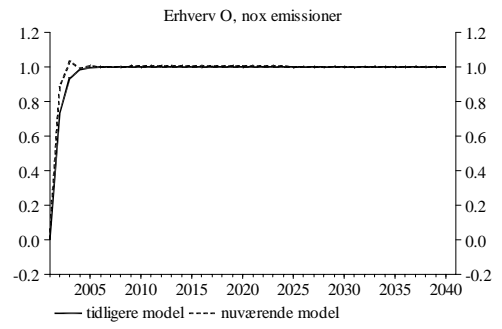
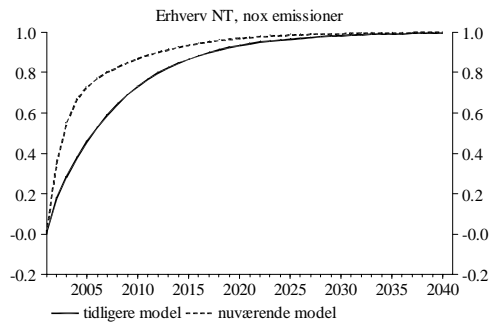
SO₂-emissioner:





No_x -emissioner:

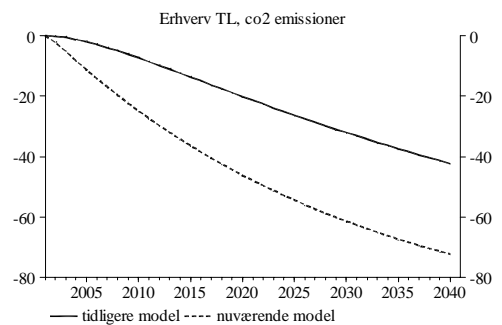
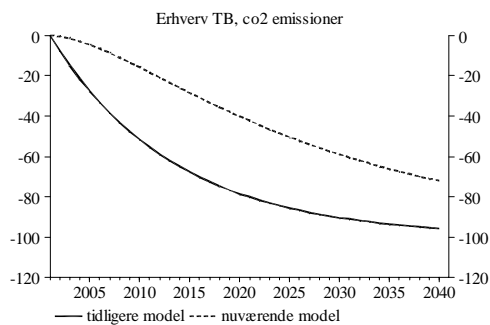


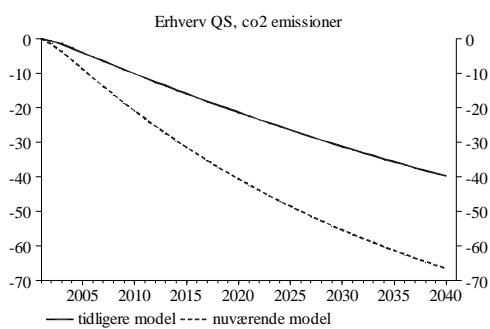
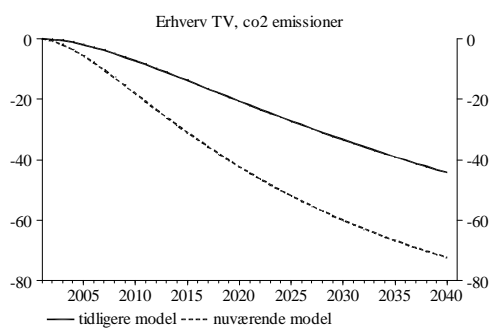
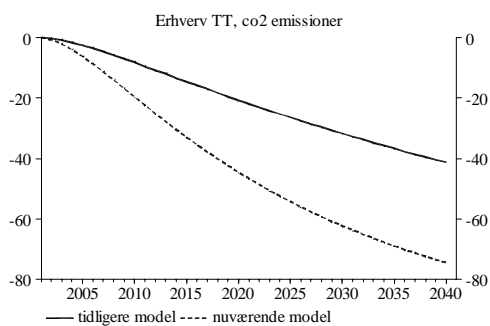
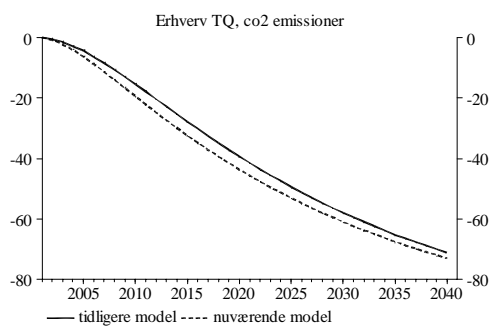
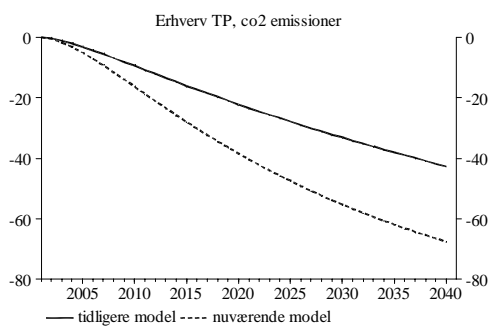
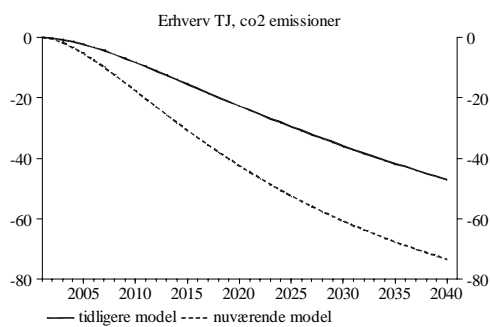


Bilag B

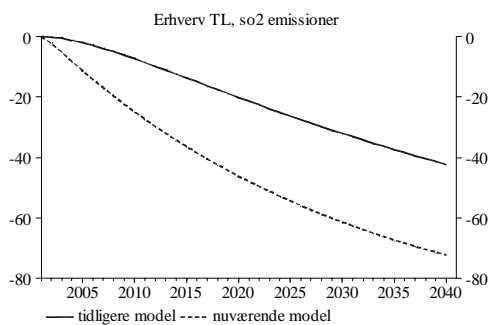
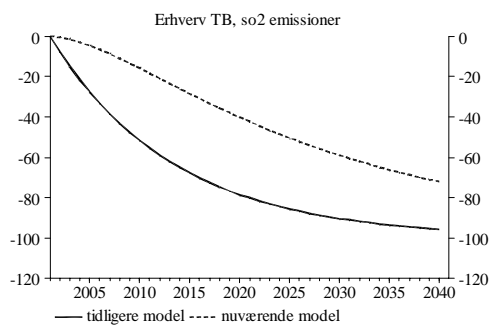
Transportserhvervene:

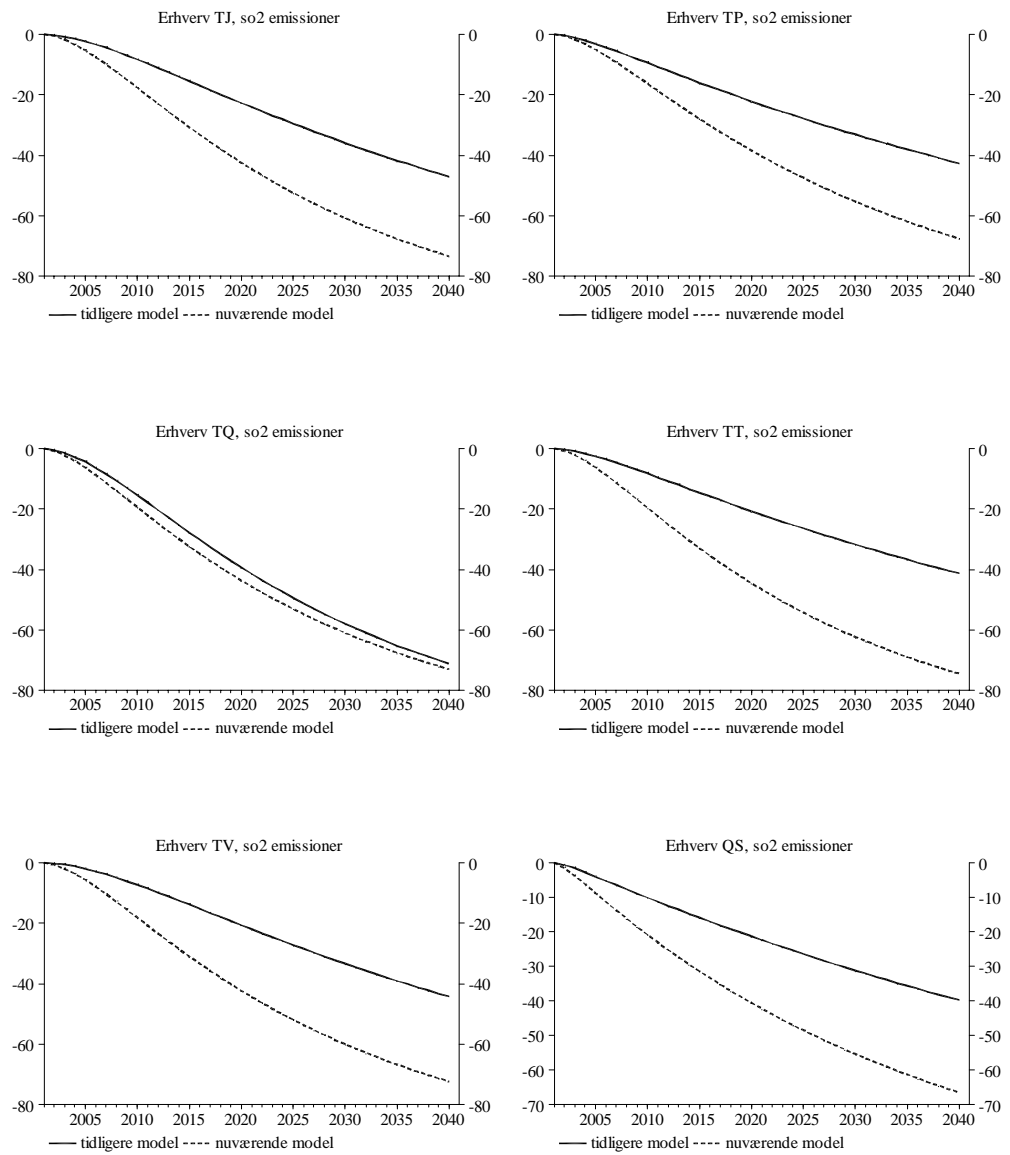
CO₂ emissioner:





SO₂ emissioner:





NO_x emissioner:

