

EMMA for Dummies

Resumé:

Papiret gennemgår forskellige eksperimenter med EMMA. Det er (forsøgt) skrevet, så en nybegynder (både med hensyn til EMMA og PCIM) kan udføre de beskrevne eksperimenter, idet papiret også indeholder en introduktion til brugen af PCIM.

Filnavn: dgr29999.msg

Nøgleord: EMMA, PCIM, eksperimenter, CO₂-afgift

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

Dette papir er en eksempelsamling til EMMA, version 99. Der gennemgås forskellige eksperimenter med modellen, og ved at sammensætte disse er det muligt at foretage mere avancerede eksperimenter med EMMA. Modellen er implementeret i PCIM (ligesom ADAM er det), og det næste afsnit introducerer i brugen af PCIM, (PCIM-kyndige kan springe dette afsnit over). Papiret indeholder desuden en kortfattet variabelliste i afsnit 3. Eksperimenter, der sammenkobler EMMA og ADAM, beskrives ikke i denne eksempelsamling.

Papiret har (i en engelsk version) været brugt på et kursus i energiplanlægning efteråret 1999 på DTU.

2 Introduktion til PCIM

I dette afsnit introduceres de mest anvendte kommandoer i PCIM. Brugen af PCIM vil blive mere klar gennem udførelsen af øvelserne. Yderligere information om PCIM findes i PCIM referencen i 'ADAM Brugerhåndbog'. Der er desuden hjælp at hente ved at trykke F1 i PCIM.

EMMA startes ved at skrive **EMMA** fra DOS-prompten. Programmet stoppes igen ved at skrive **STOP**. (Bemærk at i dette papir er ord skrevet med store bogstaver i Courier New kommandoer, fx **READ**, og ord skrevet i kursiv er EMMA variabler, fx *qJznm*; se listen over variabler i EMMA i næste afsnit).

2.1 Liste over PCIM kommandoer

Nedenfor er en grupperet liste over nogle vigtige PCIM kommandoer. Kommandoerne kan enten skrives i PCIM prompten (den nederste linje på skærmen, **PCIM>**) eller, som anbefalet, skrives i en kommandofil, der kan afvikles fra PCIM prompten. Kommandoer afvikles ved at trykke **ENTER**.

Databanker PCIM kan have to åbne banker, en arbejdsbank (arbejdsarealet) og en referencebank (også kaldet multiplikatorbanken). Variabler fra sessionen bliver altid gemt i arbejdsbanken.

```
READ emma99
```

Variablerne i banken **emma99.bnk** bliver indlæst i arbejdsbanken. Der skal altid være data i arbejdsbanken for at kunne køre med modellen.

```
MULBK minbank
```

Sætter databanken **minbank.bnk** som referencebank (se **MULPRT**), default referencebank er banken indlæst med **READ**.

WRITE minbank

Gemmer den aktuelle arbejdsbank under navnet MINBANK.BNK i arbejdsdirektoriet.

Tidsperiode Den anvendte tidsperiode i en session kontrolleres af følgende kommando

TIME 1990 1996

Sætter tidsperioden fra 1990 til 1996. Det er også muligt at sætte tidsperioden direkte i mange kommandoer, fx **PRT 1990 1996 qJznm**.

Udskrivning De mest brugbare udskrivningskommandoer og hvordan der udskrives til en fil.

PRT qJznm

Udskriver variabelen *qJznm*. Den første kolonne angiver variabelens værdi i arbejdsbanken år for år. Den anden kolonne angiver årlig procentvis ændring.

MULPRT qJznm

Udskriver variabelen *qJznm* og sammenligner værdierne i arbejds- og referencebanken. Den første kolonne angiver værdierne i arbejdsbanken, den anden og tredje kolonne angiver forskellen til referencebanken i hhv. værdi og procent. Disse forskelle kaldes multiplikatorerne.

GPRT @qJznm qJznm

Udskriver værdierne gemt i referencebanken (*@qJznm*) og i arbejdsbanken (*qJznm*). Forskellen mellem disse to er den værdi, der udskrives i anden søjle med MULPRT.

PIPE

Med denne kommando kan der udskrives til en fil, fx **PIPE minfil.lst; PRT 1990 1996 qJznm; PIPE CON**; Variabelen *qJznm* udskrives til filen *minfil.lst* for årene 1990-1996. Kommandoen **PIPE CON** stopper udskrivning til filen.

Data kan exporteres (importeres) i TSD-format ved at bruge følgende kommando **TSDPRT (TSDREAD)**, se PCIM-referencen.

Grafik Grafikken i PCIM er ikke avanceret, men det er muligt at tegne en simpel graf over op til 6 variabler af gangen.

P PLOT qJzc qJzx

Plot af to variabler. Brug **P PLOT ... /MUL** for at tegne multiplikatorer og **P PLOT ... /PMUL** for at tegne procentvise multiplikatorer (se MULPRT).

Opdatering og transformation Når der foretages eksperimenter med modellen startes der med at ændre værdierne for en eller flere variabler

UPD

Denne kommando bruges til at opdatere eksogene variabler, fx

UPD *tqjtnm* + 0.01

dette vil ændre variabelen *tqjtnm* (afgift på benzin i erhvervet *nm*) med 0.01 mio. kr/TJ. Flere optioner kan findes i PCIM referencen.

GENR

Opdaterer en variabel, fx **GENR minvar = 7*qJza + 0.5*qJzb \$**, (husk '[mellemrumsymbol]\$'). Hvis variabelen ikke eksisterer i modellen, skal den defineres først med **CREATE minvar**

LIST

Ofte ønskes det fx at opdatere mere end en variabel af gangen. I det tilfælde kan denne kommando hjælpe. Med **LIST + #minliste tqjta tqjtb tqjtnm** defineres en liste indeholdende tre variabler, nu kan de opdateres på en gang med **UPD #minliste + 0.01**

Simulation For at simulere modellen hvert år i den aktuelle tidsperiode bruges følgende kommando:

SIM

2.2 Kommandofiler

Den sikreste måde at programmere på er at bruge kommandofiler. Brug en editor til at lave en fil fx med navnet *minfil.cmd*. Filer, der skal afvikles direkte i PCIM, skal have extension *cmd*, men fornavnet er valgfrit (dog højst 8 karakterer langt). Skriv kommandoerne i filen, en på hver linje. Kommandofilen eksekveres i EMMA ved at skrive navnet på filen i PCIM-prompten og trykke ENTER, fx *minfil*. Her er et eksempel på en kommandofil:

```
READ emma99
TIME 1990 1996
SIM
MULPRT qJzx
```

Når filen eksekveres, bliver databanken (*emma99.bnk*) indlæst i arbejdsbanken, tidsperioden sættes til 1990-1996, modellen simuleres, og de simulerede værdier af variabelen *qJzx* (aggregeret energiforbrug i erhvervene) udskrives og sammenlignes med værdierne i referencebanken (= *emma99.bnk*).

3 Variabelliste

I EMMA er der 25 erhverv og en husholdningssektor, og der er syv typer energi. I det følgende er i erhvervsindeks, og j er indeks for energitype.

EMMA erhverv

<i>e</i>	Energiudvinding
<i>ng</i>	Olieraffinaderier
<i>ne</i>	El, gas og fjernvarme
<hr/>	
<i>a</i>	Landbrug
<i>nf</i>	Næringsmiddelindustri
<i>nn</i>	Nydelsesmiddelindustri
<i>nb</i>	Leverandør til byggeri
<i>nm</i>	Jern- og metalindustri
<i>nt</i>	Transportmiddelindustri
<i>nk</i>	Kemisk industri m.v.
<i>nq</i>	Anden fremstillingsvirksomhed
<i>b</i>	Bygge- og anlægsvirksomhed
<i>qh</i>	Handel
<i>qs</i>	Skibsfart
<i>qt</i>	Anden transport, heraf:
<i>tj</i>	Jernbaner
<i>tb</i>	Busser
<i>tt</i>	Taxi- og turistvognmænd
<i>tv</i>	Fragtvognmænd
<i>tl</i>	Lufttransport
<i>tp</i>	Post- og telekommunikation
<i>tq</i>	Transportservice
<i>qf</i>	Finansiell virksomhed
<i>qq</i>	Andre serviceydende erhverv
<i>h</i>	Boligbenyttelse
<i>o</i>	Offentlige tjenester
<i>c</i>	Privat forbrug

Energityper

<i>e</i>	Elektricitet
<i>h</i>	Fjernvarme
<i>f</i>	Flydende brændsel (fx olie)
<i>s</i>	Fast brændsel (fx kul)
<i>g</i>	Naturgas
<i>t</i>	Transportbrændsler (fx benzin)
<i>b</i>	Vedvarende energi (fx halm)

Aggregater

o	Øvrig energi, $o = f + s + h + g + b$
w	Al energi på nær transport, $w = o + e$
z	Al energi, $z = t + e + o$
x	Alle 22 ikke-energi erhverv
dk	Alle erhverv og husholdninger, $dk = x + c$

Nomenklatur Nogle retningslinjer for nomenklaturen i EMMA er følgende

J	Energiforbrug
X	Produktion
K	Kapacitet
C	Forbrug
p	prefix, pris
q	prefix, mængde, fx målt i TJ
f	prefix, mængde målt i mio. 1990-kroner
t	prefix, afgiftssats

Variabelliste

Variabel	Label	Enhed
$a_{i,k}$	Input koeff. fra tilgang i til anvendelse k	
$bc_{j,i}$	CO ₂ -emissionskoeff. for energitype j i erhverv i	Ton CO ₂ /TJ
$bn_{j,i}$	NO _x -emissionskoeff. for energitype j i erhverv i	Ton NO _x /TJ
$bs_{j,i}$	SO ₂ -emissionskoeff. for energitype j i erhverv i	Ton SO ₂ /TJ
$bq_{j,i}$	Energitype j 's andel af erhverv i 's forbrug af energiaggr. o	
$dtforsyn$	Effektivitetstrend i elproduktion	
$dtfjz_i$	Effektivitetstrend i fJz_i	
$dtqje_i$	Effektivitetstrend i qJe_i	
$dtqjo_i$	Effektivitetstrend i qJo_i	
$dtqjt_i$	Effektivitetstrend i qJt_i	
$dvicen$	Dummy der simplificerer dannelsen af elprisen	
$fCp4$	Privat forbrug	mio. kr, 90
$fJ_{j,i}$	Forbrug af energitype j i erhverv i	mio. kr, 90
$fJzdk1$	Samlet bruttoenergiforbrug af fossile brændsler	mio. kr, 90
$fJzdk1k$	$fJzdk1$ korrigeret for handel med el	mio. kr, 90
$fJzdk2$	Samlet bruttoenergiforbrug	mio. kr, 90
$fJzdk2k$	$fJzdk2$ korrigeret for handel med el	mio. kr, 90
fVe_i	Samlet energiforbrug i erhverv i	mio. kr, 90
fX_i	Produktion i erhverv i	mio. kr, 90
$graddag$	Graddage	
Kcb	Bilparken, husholdninger	1000
$khm2$	Boligareal	1000 m ²

<i>pcp4v</i>	Forbrugerprisindeks	1990=1
<i>pfj_{j,i}</i>	Pris på $fJ_{j,i}$	1990=1
<i>pnele</i>	Prishåndtag på el	1
<i>pnfjv</i>	Prishåndtag på fjernvarme	1
<i>pngas</i>	Prishåndtag på naturgas	1
<i>pnkul</i>	Prishåndtag på kul	1
<i>pnoli</i>	Prishåndtag på olie	1
<i>pqj_{j,i}</i>	Pris på $qJ_{j,i}$	mio. kr/TJ
<i>pqxe</i>	Elpris	øre/kWh
<i>pve_i</i>	Pris på energiforbrug, erhverv i	1990=1
<i>px_i</i>	Produktionspris i erhverv i	1990=1
<i>qJ_{j,i}</i>	Energiforbrug af type j i erhverv i	TJ
<i>qJexvc</i>	Elforbrug (excl. opvarmning) i husholdninger	TJ
<i>qJvc</i>	Varmeforbrug i husholdninger	TJ
<i>qJtc</i>	Benzinforbrug i husholdninger	TJ
<i>qJ_{j,iw}</i>	'Ønsket' $qJ_{j,i}$	TJ
<i>qJzdk1</i>	Samlet bruttoenergiforbrug af fossile brændsler	TJ
<i>qJzdk1k</i>	$qJzdk1$ korrigeret for handel med el	TJ
<i>qJzdk2</i>	Samlet bruttoenergiforbrug	TJ
<i>qJzdk2k</i>	$qJzdk2$ korrigeret for handel med el	TJ
<i>qKvnd</i>	Vindmøllekapacitet	MW
<i>qc_{j,i}</i>	CO ₂ -emission fra energitype j , erhverv i	1000 Ton CO ₂
<i>qn_{j,i}</i>	NO _x -emission fra energitype j , erhverv i	1000 Ton NO _x
<i>qs_{j,i}</i>	SO ₂ -emission fra energitype j , erhverv i	1000 Ton SO ₂
<i>qczdk</i>	Samlet CO ₂ -emission fra husholdninger og erhverv	1000 Ton CO ₂
<i>qczdkk</i>	$qczdk$ korrigeret for handel med el	1000 Ton CO ₂
<i>tqj_{j,i}</i>	Energiafgiftssats på $qJ_{j,i}$	mio. kr/TJ

TJ: Tera Joule

En fuldstændig variabeliste er tilgængelig ved at skrive EMMAVAR fra EMMA.

4 Eksempler

Kommentarer på nogle af de nedenstående eksperimenter kan findes i "Energi- og emissionsmodeller til ADAM", kapitel 4. Desuden vil nogle af eksperimenterne indgå i et kommende arbejdspapir om multiplikatoreksperimenter med den nye EMMA version.

4.1 En stigning i afgiften på el i *nm*-erhvervet på 10.000 kr/TJ

Indtast følgende kommandoer i PCIM

```
READ emma99
TIME 1997 2030
UPD tqjenm + 0.01
SIM
TIME 1996 2030
MULPRT qJenm tqjenm
```

Check at du forstår, hvad output er. Skriv dernæst

```
PLOT qJenm /MUL
```

og

```
GPRT qJenm @qJenm qJenm-@qJenm
```

og tilsidst

```
PLOT qJenm /PMUL
```

Vær sikker på at du forstår, hvad output er.

4.2 Stigning i den økonomiske aktivitet med 1%

Skriv det følgende i en kommandofil, fx med navnet `aktiv.cmd`

```
READ emma99
TIME 1997 2030
LIST + #fX fXa fXb fXe fXh fXnb fXne fXnf fXng fXnk fXnm &
fXnn fXnq fXnt fXo fXqf fXqh fXqq fXqs
UPD #fx * 1.01
UPD khm2 * 1.01
UPD Kcb * 1.01
UPD fCp4 * 1.01
UPD fCk * 1.01
UPD fEs * 1.01
UPD fCo * 1.01
UPD dvicen = 1
SIM 1997 2030
```


Filen afvikles i EMMA ved at skrive

```
aktiv
```

Brug nu MULPRT, PLOT .../MUL og PLOT .../PMUL kommandoerne for at se effekten på energiforbrug i et par erhverv og aggregeret. Se også effekterne på emissionerne af CO₂, SO₂ og NO_x.

4.3 En stigning i olieprisen på 1%

Skriv det nedenstående i en kommandofil

```
READ emma99
TIME 1997 2030
UPD pnoli * 1.01
UPD dvicen = 1
SIM 1997 2030
```

Afvikl filen og se effekten på olieforbruget (dvs. øvrig energi), el og transportenergi i et par erhverv, husholdningerne og samlet set. Se også effekterne på de tre typer emissioner og forklar.

4.4 En stigning i kulprisen på 1%

Skriv det nedenstående i en kommandofil

```
READ emma99
TIME 1997 2030
UPD pnkul * 1.01
UPD dvicen = 1
SIM 1997 2030
```

Afvikl filen og se effekterne på forbruget af olie, el og transportenergi i et par erhverv, husholdningerne og samlet set. Se hvad der sker med elprisen. Se også effekterne på de tre typer emissioner. Prøv dernæst at udføre eksperimentet med en stigning i kulprisen på 50% (dvs. UPD pnkul * 1.50) og bemærk forskellene.

4.5 En stigning i energieffektiviteten på 1%

Brug en kommandofil til at skrive de følgende kommandoer i. '()' angiver en kommentarlinje, så disse linjer er det ikke nødvendigt at indtaste.

```
READ emma99
TIME 1997 2030
```

```

() Erhvervene
() El i erhverv
LIST + #dtqje dtqjea dtqjeb dtqjenb dtqjenf dtqjenn dtqjenm &
dtqjenk dtqjent dtqjenq dtqjeo dtqjeqf dtqjeqh dtqjeqq
() Øvrig energi i erhverv
LIST + #dtqjo dtqjoa dtqjob dtqjonb dtqjonf dtqjonn dtqjonm &
dtqjonk dtqjont dtqjonq dtqjoo dtqjoqf dtqjoqh dtqjoqq
() Egentransport i erhverv
LIST + #dtqjt dtqjta dtqjtb dtqjtnb dtqjtnf dtqjtnn dtqjtnm &
dtqjtnk dtqjtnq dtqjtnq dtqjto dtqjtqf dtqjtqh dtqjtqq
() Transporterhverv
LIST + #qt dtfjzqs dtfjztb dtfjztj dtfjztl dtfjztp dtfjztq &
dtfjztt dtfjztv
() Husholdninger
LIST + #hus dtqjvc dtqjevc dtqjtc
() Fra forsyning bruges håndtaget dtforsyn
UPD #dtqje * 1.01
UPD #dtqjo * 1.01
UPD #dtqjt * 1.01
UPD #qt * 1.01
UPD #hus * 1.01
UPD dtforsyn * 1.01
SIM 1997 2030
TIME 1996 2030

```

Afvikl filen og se hvad der sker med energiforbrug og emissioner.

4.6 En stigning i vindmøllekapaciteten

Skriv det følgende i en kommandofil, hvor vindmøllekapaciteten sættes op med 1000 MW (sammenlign evt. med vindmøllekapaciteten i 1996)

```

READ emma99
TIME 1997 2030
UPD qKvnd + 1000
UPD dvicen = 1
SIM 1997 2030
TIME 1996 2030

```

Hvad sker der med emissionerne fra *ne*-erhvervet? Hvad sker der med kapaciteten på centrale el- og fjernvarmeværker?

4.7 En stigning i energifgifterne

Hæv alle energifgifter med 1%. I filen `tax.cmd` er defineret lister indeholdende alle energifgiftvariablerne, fx indeholder listen `#tqjt` variablerne for energifgifter på transportenergi i alle erhverv og husholdninger, $qJt<i>$.

```
READ emma99
TIME 1997 2030
tax
UPD #tqje * 1.01
UPD #tqjt * 1.01
UPD #tqjg * 1.01
UPD #tqjh * 1.01
UPD #tqjs * 1.01
UPD #tqjf * 1.01
SIM 1997 2030
```

4.8 CO₂-afgift

Modellen har ikke en variabel for CO₂-afgift, idet afgiften på CO₂ i modellen er indeholdt i den generelle energifgift, men det er nemt at konstruere en afgift på emission af CO₂. Se i filen `co2tax.cmd` og prøv at forstå, hvad der sker. Afgiften er hævet med 50 kr pr. ton CO₂ i 1997 (og deflateres derefter med udviklingen i forbrugerprisindekset).

```
READ emma99
TIME 1997 2030
co2tax
SIM 1997 2030
```

Kør det ovenstående program og se, hvad der sker med CO₂ emissionerne.

4.9 Brug af Matrixvieweren

Da mange af variablerne i EMMA er organiseret i matricer, har vi udviklet et system til at se data på matrixform. Før et eksperiment udføres, kan data betragtes (ligesom med PRT kommandoen).

$$\begin{array}{c|ccc} i \setminus j & t & \cdots & f \\ \hline a & & & \\ \vdots & & qJ_{ji} & \\ c & & & \end{array}$$

Dette gøres ved at indlæse en bank og taste `MATVIEW`. I menuen vælges fx 'Energimængder i J', tast F4 til at begynde med og tast derefter F5, F6, F7 for at aggregere rækker og kolonner i matricen. Brug `CTRL-PAGEUP`

og CTRL-PAGEDOWN for at skifte mellem årene. Efter et eksperiment kan Matrixvieweren bruges til at se de resultarende værdier af visse variabler, dette gøres på samme måde ved at taste MATVIEW. Det er lidt mere sofistikeret at bruge Matrixvieweren til at se multiplikatorer: Før eksperimentet tastes MULTI (nogle tsd-filer udskrives), eksperimentet udføres, tast MULVIEW og vælg fra menuen.

Som et eksempel brug øvelse 4.3.

```
READ emma99
MULTI
TIME 1997 2030
UPD pno1i * 1.01
UPD dvicen = 1
SIM 1997 2030
MULVIEW
```