

Tidsseriemodeller for bilpark og årskørsel per bil

Mogens Fosgerau
Danmarks TransportForskning
mf@dtf.dk

1 Indledning

Dette papir omhandler en del af en aggregeret prognosemodel for dansk vejtrafik, kaldet ART ("Aggregate Road Transport") udarbejdet til Trafikministeriets kommende Trafikredegørelse 2004. Modellen indgår i Danmarks TransportForskning's samling af modeller for dansk transport. ART omfatter fire dele for henholdsvis personbiler, varebiler, lastbiler og busser.

I dette papir beskrives modellen for personbiler, som foruden personbiler omfatter hyrevogne, motorcykler og varebiler under 2 tons. Modellen omfatter igen delmodeller for den samlede bestand af personbiler, nybilsalget for hvert år og årskørslen per personbil.

På trods af en forventet stigning i bestanden af personbiler er det bemærkelsesværdigt, at modellen forudsiger et stagnerende eller faldende bilsalg frem til 2008. Forventningen til bilsalget er ganske usikker og der kan være store afvigelser år fra år. Imidlertid er det et vigtigt resultat, at tidligere udsving i bilsalget har ekkovirkninger, som forventes at kunne ses i en tendens til faldende bilsalg i nogle år fremover.

2 Personbilmodellen

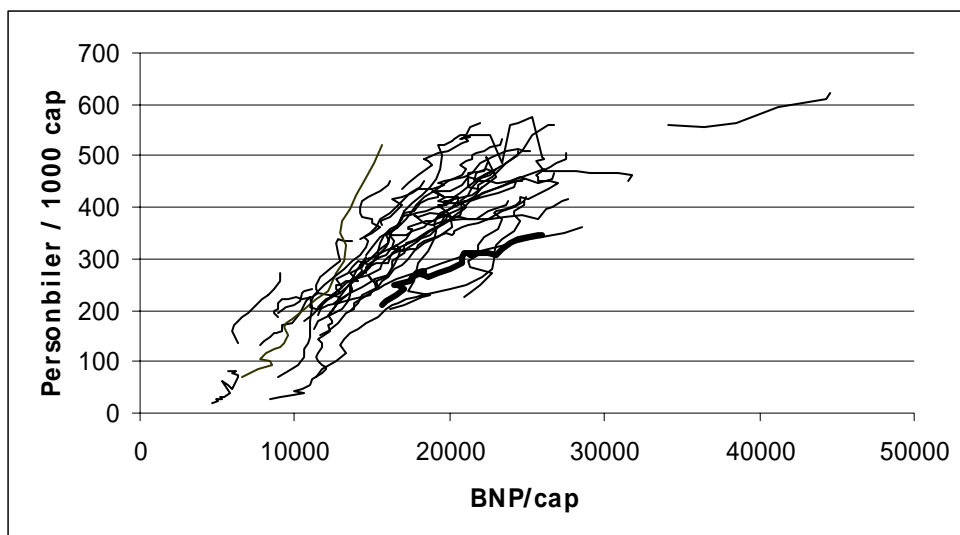
Personbilmodellen, også kaldet CARS, består af tre delmodeller. FLEETSIZE for bestanden af personbiler, SALES for det årlige nybilsalg og MILES for trafikarbejdet med personbil. Disse gennemgås enkeltvis i det følgende.

2.1 Bilhold - FLEETSIZE

For bestanden af personbiler findes pålidelige data for en længere årrække, som gør det muligt at opstille en forholdsvis god prognose, baseret på tidsserieanalyse. Der er mange sammenhænge mellem bilhold og husstande og personers karakteristika. Sandsynligheden for at en husstand råder over en eller flere biler påvirkes af indkomst, beskæftigelse, alder, køn, uddannelse, geografi, børn, osv. Det er muligt at opstille modeller på tværsnitsdata for en kortere årrække, som fremskriver bilholdet på dette grundlag. Der er imidlertid en række problemer i at fremskrive fx sammenhængen med indkomst i tværsnitsdata over tid. Derfor er det valgt at opstille en tidsseriemodel, som tager udgangspunkt i bilparkens størrelse set over en lang periode.

2.1.1 Mætning i syne?

Et væsentligt spørgsmål er, om bilparken vil fortsætte med at vokse eller om der på et tidspunkt nås et mætningspunkt. Ofte forventes, at udviklingen i bilparken vil have et S-formet forløb: Forventningen er, at antallet af biler per person vokser med indkomsten - først langsomt, siden hurtigere. Efterhånden nås et punkt, hvor de fleste der kan have bil også har en, og hvor væksten derfor tager af, indtil mætning er nået.



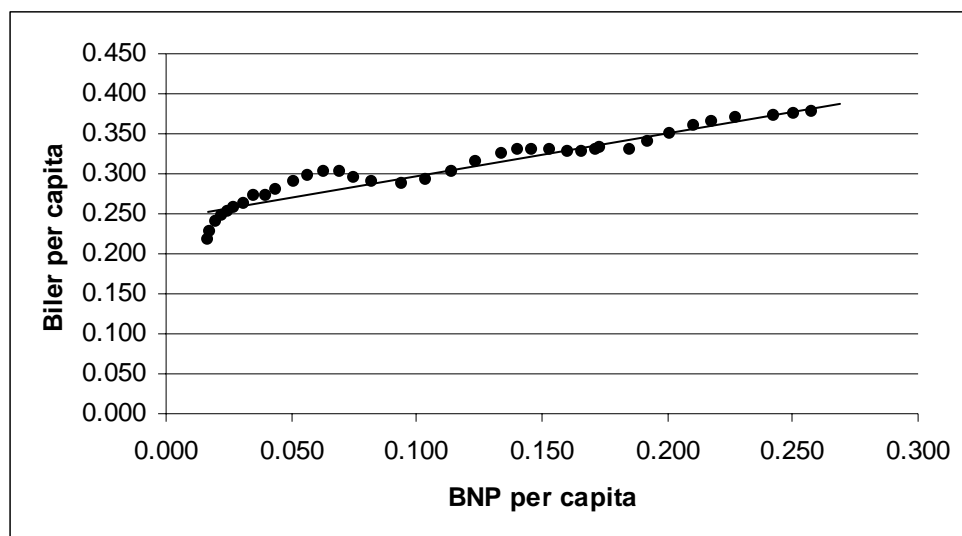
Figur 1. Udviklingen i personbiler for OECD lande, personbiler og BNP per capita, 1970-2001

Figur 1 viser udviklingen i antallet af alle køretøjer (eksklusiv knallerter) og personbiler per capita i forhold til BNP per capita for perioden 1970-2001 for 28 OECD lande. Der ses en klar tendens til, at antallet af køretøjer og biler vokser med indkomsten. De fleste lande følger nogenlunde det samme udviklingsspor, som det ses af figuren. Man kan også se en tendens til, at antallet bøjer af ved høje niveauer. For personbilers vedkommende omkring et niveau på 600 biler per 1000 capita.

På figuren er Danmark vist med den fede streg. Bilholdet i Danmark er generelt lavere end i andre lande og vokser også langsommere i forhold til indkomsten. Begge dele kan forklares med de høje danske bilpriser. Der ses ingen tegn på, at Danmark er i nærheden af et mætningspunkt - der er stadig langt til niveauet i andre lande, især når antallet af biler som her sættes i forhold til indkomsten.

Ser man på antallet af personbiler for Danmark alene for en længere periode, vist i Figur 2, har Danmark bevæget sig fra et niveau på 0,21 personbiler per capita i 1966 til 0,38 primo 2003. Antallet af personbiler følger nogenlunde indkomstudviklingen. På figuren ses ingen tegn på, at kurven bøjer af. Dargay&Gately (1999) estimerer et mætningsniveau på 0,65 personbiler per capita. Der vurderes således at være ganske langt til at mætning indtræder i

Danmark. Det er derfor fuldt forsvarligt at se bort fra kommende mætning i en prognose for bilhold i Danmark frem til 2015.



Figur 2. Biler per capita ifht. BNP per capita i Danmark

Derfor modelleres bestanden af personbiler som funktion af indkomst uden at tage højde for en kommende mætning. Herudover inddrages to prisindeks for køb og drift af biler samt en dummy for skrotningspræmien i 1994. Befolkningens alderssammensætning, beskrevet som andelen af befolkningen over 18 år har udviklet sig meget jævnt og har ikke kunnet udskilles som selvstændig forklarende faktor i modellen. Det er da heller ikke klart, om effekten er positiv eller negativ. En generationseffekten bedømmes som moderat ved hjælp af Birkeland m.fl. (2000) og Dargay (2001). Effekten er søgt inddraget gennem en variabel for antal kørekort i befolkningen, dog uden held.

2.1.2 Estimation af FLEETSIZE

I det følgende opstilles en model for bilparkens størrelse, hvor bestanden beskrives som funktion af indkomst og prisen på bilhold. Der opstilles en model, hvor bestand og BNP indgår per capita i forhold til hele befolkningen.

Der anvendes følgende serier i modellerne:

- C: $(\log(\text{bestand}/\text{pop}))$, log af personbiler per capita
- P_{køb}: $(\log(P_{\text{bil_rel}}))$, log af det relative indeks for købsprisen for biler
- P_{drift}: $(\log(P_{\text{drift_rel}}))$, log af det relative indeks for driftsudgifter for biler
- Y: $(\log(fy/\text{pop}))$, log af BNP i faste priser per capita
- S: (skrot94), dummy for skrotpræmien i 1994

Bestanden omfatter personbiler, motorcykler og varebiler under 2 tons. Tallene stammer fra Vejdirektoratet og Danmarks Statistik. BNP stammer fra ADAMs databank og fra

Finansministeriets fremskrivning af den økonomiske udvikling. Data for befolkningen stammer fra Danmarks Statistiks databank. Prisindeksene for køb og drift af biler er dannet ved sammenstilling af indeks fra Danmarks Statistik med forskellige basisår.

Serierne er testet med hensyn til integrationsorden. Som det kunne forventes er $\log(\text{bestand/pop})$ og $\log(\text{fy/pop})$ integreret af orden 1, hvilket betyder, at almindelig OLS regression med variablene i niveauer ikke kan anvendes. Der er endvidere gennemført et kointegrationstest, som giver accept af en hypotese om højst én kointegrerende relation, men afvisning af en hypotese om ingen kointegrerende relationer. I modelopstillingen tages højde for dette med en dynamisk model formuleret i ændringer og med laggede værdier af den afhængige og de uafhængige variable.

Vi opskriver modellen formuleret i ændringer med 2 lags af den afhængige variabel og 1 lag af de uafhængige variable. Dermed bliver modellen følgende:

$$\Delta Y_t = k_1 Y_{t-1} + k_2 Y_{t-2} + k_3 X_t + k_4 X_{t-1} + \varepsilon_t$$

Opskrevet med de relevante variable bliver modellen:

$$\begin{aligned} &\Delta \log(\text{bestand/pop}) \\ &= c(1) * \log(\text{bestand}(-1)/\text{pop}(-1)) + c(2) * \log(\text{bestand}(-2)/\text{pop}(-2)) \\ &+ c(3) * \log(\text{fy/pop}) + c(4) * \log(\text{fy}(-1)/\text{pop}(-1)) \\ &+ c(5) * \log(\text{p_bil_rel}) + c(6) * \log(\text{p_bil_rel}(-1)) \\ &+ c(7) * \log(\text{p_drift_rel}) + c(8) * \log(\text{p_drift_rel}(-1)) \\ &+ c(9) * (\text{skrot94}) + c(10) * (\text{skrot94}(-1)) \end{aligned}$$

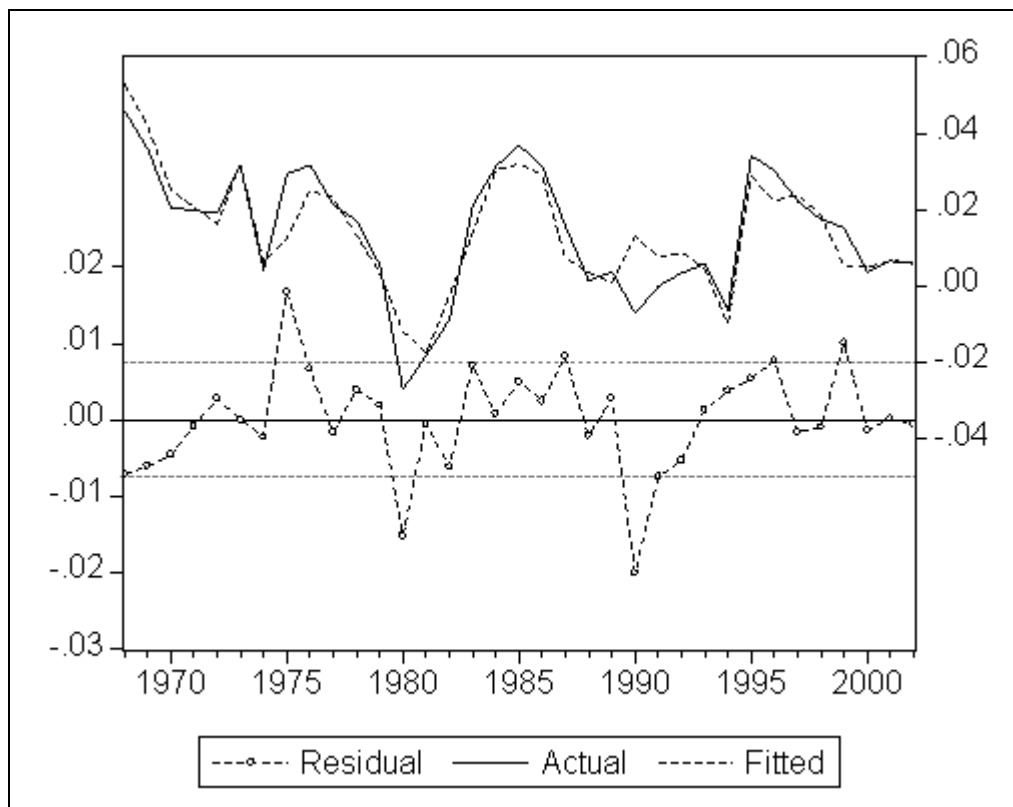
Bestanden modelleres herved som funktion af priser og BNP. Desuden indgår dummy for skrotningspræmien. Den dynamiske struktur giver anledning til en fortolkning af parametrene som kortsigtede elasticiteter, hvorudfra langsigtede elasticiteter kan beregnes.

Modellen forsøges nu estimeret under restriktioner på parametrene. Årsagen er, at vi ønsker at teste, om modellen svarer til en kapitaltilpasningsmodel, hvor støjleddene virker i netop to perioder. I dette tilfælde vil den opskrevne model nemlig være en omskrevet version af modellen: $Y_t = \gamma Y_{t-1} + \alpha X_t + \varepsilon_t + \theta \varepsilon_{t-1}$. Restriktionerne på koefficienterne er: $k_1 = \gamma + \theta - 1$, $k_2 = -\theta \gamma$, $k_3 = \alpha$, $k_4 = -\theta \alpha$.

Dvs. at der tages højde for, hvordan koefficienterne skal være indbyrdes afhængige, for at sammenhængen mellem den oprindelige differensmodel og den ovenfor beskrevne dynamiske model er gældende. Dermed får vi følgende model, som testes.

$$\begin{aligned}
& \log(\text{bestand/pop}) \\
&= \left(\frac{c(2)c(3)}{c(4)} - \frac{c(4)}{c(3)} - 1 \right) * \log(\text{bestand}(-1)/\text{pop}(-1)) + c(2) * \log(\text{bestand}(-2)/\text{pop}(-2)) \\
&+ c(3) * \log(\text{fy/pop}) + c(4) * \log(\text{fy}(-1)/\text{pop}(-1)) \\
&+ c(5) * \log(\text{p_bil_rel}) + \left(c(5) \frac{c(4)}{c(3)} \right) * \log(\text{p_bil_rel}(-1)) \\
&+ c(7) * \log(\text{p_drift_rel}) + \left(c(7) \frac{c(4)}{c(3)} \right) * \log(\text{p_drift_rel}(-1)) \\
&+ c(9) * (\text{skrot94}) + \left(c(9) \frac{c(4)}{c(3)} \right) * (\text{skrot94}(-1))
\end{aligned}$$

Denne restriktion godkendes i et likelihood ratio test med en testsandsynlighed på 0,770066. Vi kan derfor fortsætte med denne model. Figur 3 viser modellens residualer, såvel som aktuelle og fittede værdier for ændringen i bestanden. Figuren tyder ikke på problemer med ikke-stationære residualer. Et test giver signifikant afvisning af hypotesen om enhedsrod. Valideringen tyder således ikke på statistiske problemer i modellen.



Figur 3. Modelfit

Koefficienterne på X_t svarer til kortsigtede elasticiteter. De langsigtede elasticiteter kan beregnes ud fra koefficienterne. Dermed bliver elasticiteterne som følger:

Tabel 1. Elasticiteter i FLEETSIZE

Variabel	Kort sigt	Langt sigt	
LOG(FY/POP)	0,27	0,67	Ifølge modellen medfører en stigning i købsprisen på biler på 1% således et fald i bilparken på 0,19% på kort sigt og 0,48% på langt sigt. En stigning i driftsomkostningerne på 1% medfører et fald i bilparken på 0,22%
LOG(Pkøb)	-0,19	-0,48	
LOG(Pdrift)	-0,22	-0,55	

på kort sigt og 0,55% på langt sigt. En stigning i BNP på 1% medfører en stigning i bilparken på 0,27% på kort sigt og 0,67% på langt sigt. Forholdet mellem de kort og langsigtede elasticiteter er 0,40, svarende til at 40% af den langsigtede effekt af en ændring slår igennem første år, hvilket er et normalt resultat for denne type tidsseriemodeller.

Resultaterne er sammenlignet med en række andre kilder. Pladsen her giver ikke mulighed for den detaljerede gennemgang, men konklusionen er, at estimaterne i modellen vurderes at være rimelige. Da også modellens statistiske egenskaber er gode, accepteres modellen som grundlag for generelle fremskrivninger af bilparkens størrelse.

2.2 Nybilsalg og skrot - SALES

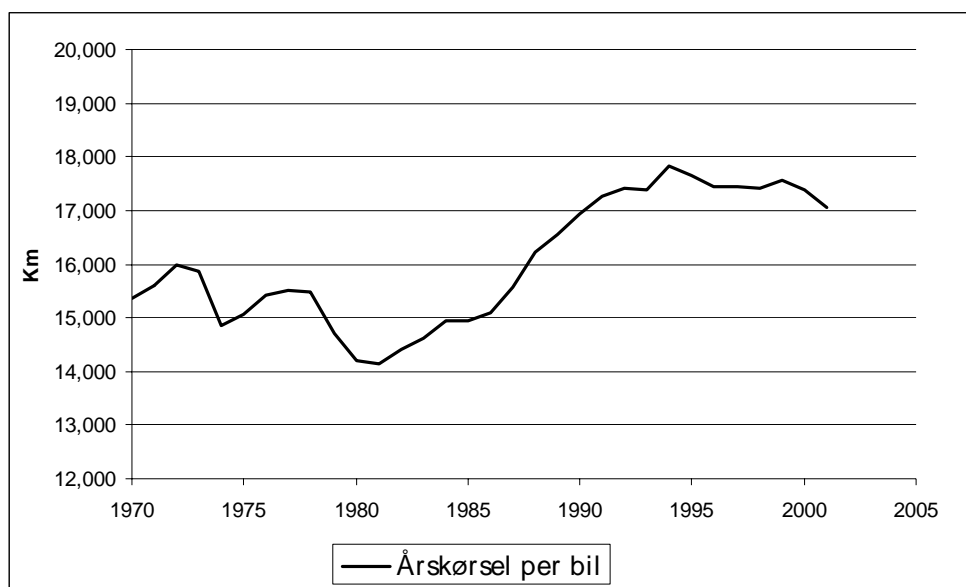
Der er opbygget en simpel model for nybilsalg og skrot, kaldet SALES. FLEETSIZE, modellen for bilparkens størrelse, kombineres med en tabel for den nuværende bilpark fordelt på aldersklasser og en tabel med overlevelsessandsynligheder for biler med forskellig alder.

Med udgangspunkt i bilparken ultimo år t fordelt på aldersklasser, bestemmes afgang fordelt på aldersklasser i år $t+1$. FLEETSIZE angiver bilparkens størrelse ultimo år $t+1$. Herudfra beregnes størrelsen af bilsalget i år $t+1$. Modellen omfatter faste overlevelsesserater og tager ikke højde for udviklingen i disse.

Selvom modellen for bilparkens størrelse passer rimeligt godt vil der være afvigelser år for år. Ligeledes vil der være udsving i de aldersbestemte skrotningsrater. Disse afvigelser samles sammen i nybilsalget, således så det faktiske nybilsalg vil omfatte betragtelige udsving fra år til år, som ikke er opfanget i prognosen. Hertil kommer selvfølgelig usikkerhed i fremskrivningen af indkomst og prisindeks. Det er derfor mest rimeligt at opfatte prognosen for nybilsalget som gennemsnitstal for udviklingen i den belyste periode. På trods af usikkerheden fra år til år, kan modellen anvendes til at give hovedtræk i det forventede fremtidige nybilsalg.

2.3 Årskørsel per bil - MILES

I dette afsnit opstilles en model for årskørslen per bil, kaldet MILES. Oplysningerne, der ligger til grund for trafikarbejdet, er generelt mindre solide end for antallet af biler, som jo er en registeroplysning. Det er antagelig forklaringen på, at modellen for årskørslen per bil er noget mere usikkert bestemt end FLEETSIZE. Ikke desto mindre vurderes resultaterne at være så rimelige, at det giver mening at benytte modellen til fremskrivning. Særligt har en nylig revision af tallene for trafikarbejdet forbedret modellen. De seneste 30 års udvikling i årskørslen per bil er vist i Figur 5.



Figur 4. Årskørsel per bil

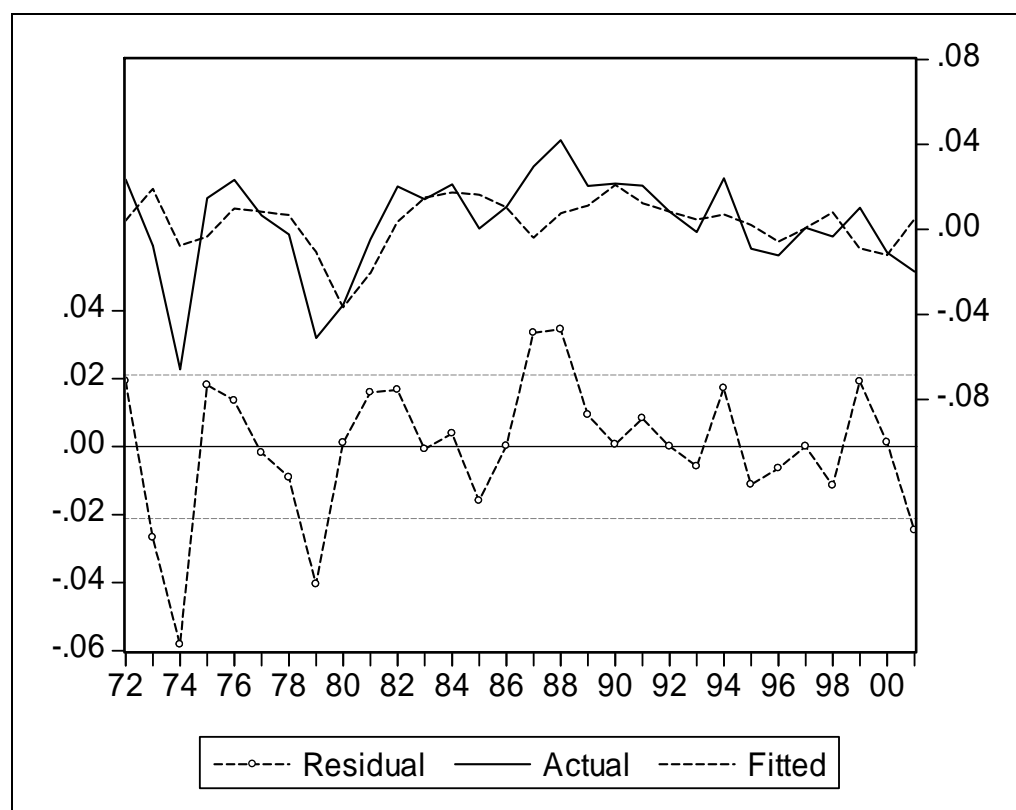
I forbindelse med oliekriserne blev årskørslen reduceret, men siden da har den været støt stigende indtil de allerseneste år, hvor den er bremset op igen. Umiddelbart kan det derfor se ud, som om udviklingen i årskørslen per bil er jævnt stigende som indkomsten og derudover påvirkes af udsving i prisen på benzin. De seneste års opbremsning kan således forklares af de prisstigninger, der har været på benzin siden 1995.

Vi opstiller derfor en model, hvor årskørslen per bil bestemmes som funktion af udviklingen i driftsomkostninger for bilen (gennem prisindekset for drift, P_{drift}) samt udviklingen i indkomsten. Dermed er det følgende serier, der indgår i modellen

- $\log(ta/bestand)$: log af transportarbejdet pr. bil
- $\log(P_{drift_rel})$: log af det relative prisindeks for driftsudgifterne
- $\log(fy/pop)$: log af pr. capita indkomsten (BNP)

Serien $\log(ta/bestand)$ er testet for integrationsordenen og denne er også, som forventet, integreret af 1. orden. Modellen opstilles på tilsvarende måde som FLEETSIZE, modellen for bestanden af biler. Det bemærkes, at modellens parametre generelt ikke er signifikante. Vi fortsætter derfor med at teste modellen under restriktion af, at parametrene er indbyrdes

afhængige, som det blev gjort for FLEETSIZE. I et likelihood ratio test accepteres denne restriktion med en testsandsynlighed på 0,35. Modellen er generelt dårligere bestemt end FLEETSIZE og koefficienterne er stadig ikke signifikant bestemt. Figur 6 viser de aktuelle værdier for ændringer i årskørslen og i modellens resultater og endvidere modellens residualer.



Figur 5. Modelfit - MILES

Modellens elasticiteter vurderes at være nogenlunde rimelige, om end nok noget høje i forhold til tidligere studier. Som det ses i Tabel 2, fører en stigning i driftsomkostningerne på 1% til et fald i årskørslen per bil på 0,30% det første år og 0,37% på langt sigt. En stigning i BNP per capita på 1% fører til en stigning i årskørslen per bil på 0,13% det første år og 0,16% på langt sigt.

Tabel 2. Elasticiteter i MILES

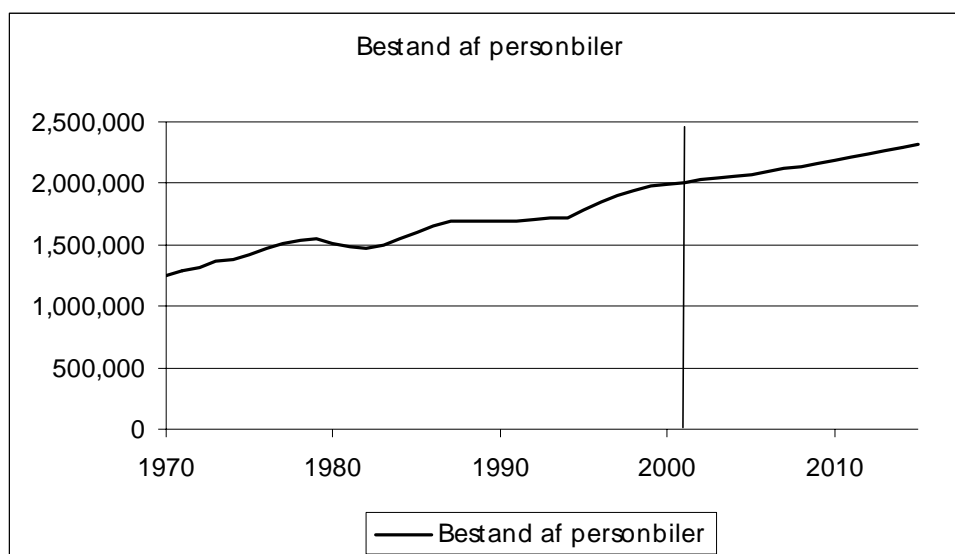
Variabel	Kort sigt	Langt sigt
LOG(FY/POP)	0.13	0.16
LOG(P_DRIFT_REL)	-0.30	-0.37

Modellen viser således, at der ikke er den store forskel på det korte og det lange sigt for årskørslen per bil. Intuitivt er det også et rimeligt resultat, da forbrugerne mere fleksibelt kan tilpasse årskørslen end bilholdet, hvor kun 40% af den samlede effekt slog igennem første år. Modellen indebærer en elasticitet på -0,37 med hensyn til driftsomkostningerne. Heraf udgør brændstofomkostningen knap 60%,

således at modellen giver en elasticitet med hensyn til prisen på brændstof på $-0,22$. Dette svarer nogenlunde til resultaterne i Bjørner (1999), som viste en elasticitet for årskørslen per bil på $-0,3$ mht. variable omkostninger og $-0,15$ mht. brændstofomkostninger. Den langsigtede elasticitet med hensyn til indkomsten virker rimelig. Det gælder særligt, når man tager højde for, at indkomsten også virker gennem FLEETSIZE, således at indkomstelasticiteten for det samlede trafikarbejde med bil bliver $0,16+0,67=0,83$.

3 Fremskrivninger

Figur 6 viser fremskrivningen af bestanden af personbiler. Fremskrivningen er endvidere præsenteret i nedenstående Tabel 3.

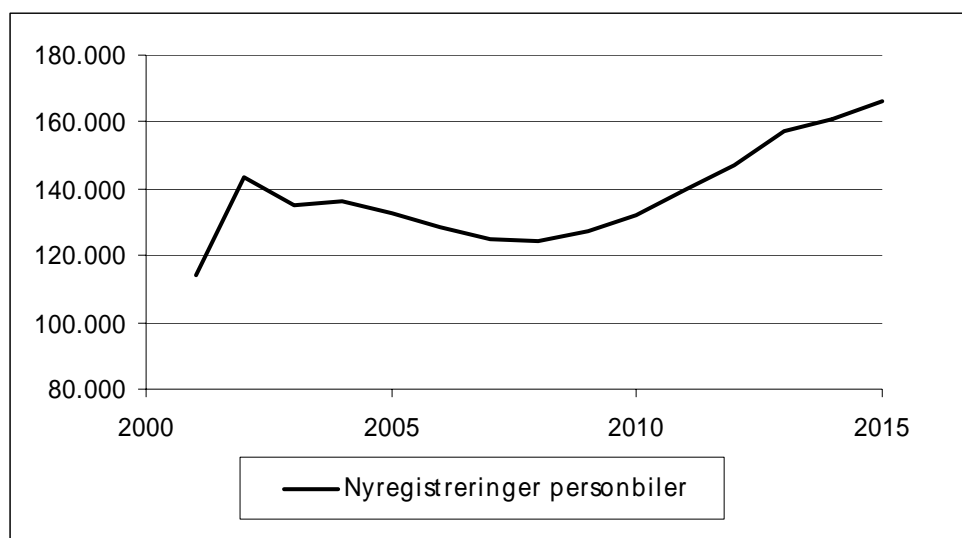


Figur 6. Fremskrivning af bestanden af personbiler

Det forventede bilsalg beregnes som forskellen mellem modellens forventede bilpark i et givet år og den overlevende bilpark fra året før. Der er anvendt aldersbetingede overlevelseshastigheder og der knytter sig nogen usikkerhed til disse. Der er ikke regnet med nogen udvikling i de aldersbetingede overlevelseshastigheder. Det er således ikke muligt at se effekter på nybilsalget af, at nye generationer af biler har en anden levetid end ældre generationer. Beregningen tjener først og fremmest til at vise, hvorledes nybilsalget vil stige, efterhånden som bilparken vokser. Dernæst illustrerer beregningen ekkovirkningerne af tidligere udsving i bilsalget. Den forventede udvikling i bilparkens størrelse, sammenholdt med ekkovirkninger af tidligere udsving i bilsalget, indebærer et forløb i det fremtidige nybilsalg som vist i Figur 7.

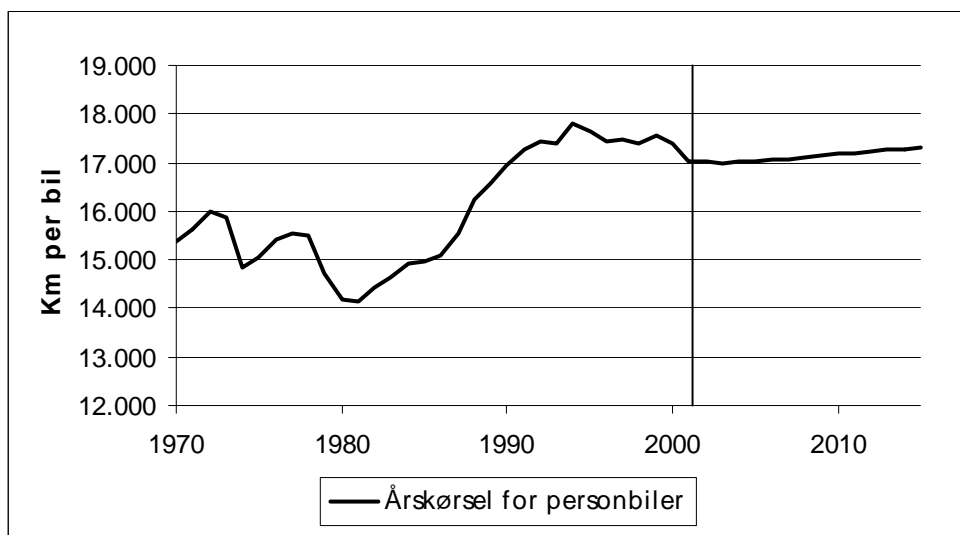
Tabel 3. Fremskrivning af bestanden af personbiler

	Bestand ultimo	Gns. årlig vækst	Befolkning	Gns årlig vækst	BNP/cap	Gns årlig vækst
	Mio.		Mio.		Mio. 1995 kr.	
1966	1,05		4,82		0,115	
1966-1980	1,51	2,7%	5,12	0,4%	0,155	2,2%
1980-1990	1,69	1,1%	5,15	0,0%	0,178	1,4%
1990-2000	1,99	1,7%	5,35	0,4%	0,215	1,9%
2000-2002	2,03	0,9%	5,38	0,3%	0,219	0,9%
2002-2005	2,06	0,5%	5,41	0,1%	0,231	1,8%
2005-2010	2,16	0,9%	5,43	0,1%	0,251	1,7%
2010-2015	2,28	1,1%	5,44	0,0%	0,274	1,8%

**Figur 7. Fremskrivning med SALES**

Fremskrivningen her er rene modeltal. Der er ikke anvendt oplysninger om det faktiske bilsalg i 2001-2003, ligesom den anvendte økonomiske fremskrivning formentlig angiver for høj økonomisk vækst i 2003. En effekt, hvor bilkøb fremskydes på grund af forventninger til stigende bilpriser er ikke medregnet. Det er bemærkelsesværdigt, at SALES viser faldende bilsalg frem til 2008, på trods af forventninger til en voksende bilpark. Denne effekt skyldes ekkovirkninger af tidligere udsving i bilsalget.

Fremskrivningen af personbilernes årskørsel i MILES er baseret på BNP per capita og et prisindeks for driften af biler. Der er ikke taget højde for en effekt, hvor en stigende bestand trækker i retning af lavere årskørsel per bil. En sådan effekt kan ikke spores i data. Resultaterne er vist i Figur 8.



Figur 8. Fremskrivning med MILES

Afslutningsvis sammenfattes fremskrivningerne af bestanden og årskørslen per bil i en fremskrivning af trafikarbejdet med bil.

Tabel 4. Fremskrivning af trafikarbejdet

	Trafikarbejde	Gns. årlig vækst
	Mio. km	
1970	19267	
1980	21460	1,1%
1990	28594	2,9%
2000	34284	1,8%
2005	35331	0,6%
2010	37594	1,2%
2015	40217	1,4%

For referencer og uddybning i øvrigt henvises til notatet ART - En aggregeret prognosemodel for dansk vejtrafik, som udgives af Danmarks Transportforskning i løbet af 2004.