

Personbilers energieffektivitet

Af Mikkel Egede Birkeland og Mogens Fosgerau, COWI

1 Indledning

Et af dagens store miljøproblemer er drivhuseffekten, som især skyldes CO₂-udslippet i forbindelse med samfundets energiforbrug. Inden for transportsektoren vanskeliggøres reduktion af CO₂-udslippet af, at den samlede transportefterspørgsel stort set stiger i takt med indkomstudviklingen samtidig med, at energiforbruget langt overvejende dækkes af fossile brændsler.

Personbilernes brændstoffektivitet fremhæves ofte som et af de væsentligste indsatsområder med henblik på opnåelse af en målsætning om at begrænse transportsektorens CO₂-udslip. Dette kan opnås enten på udbudssiden gennem bilproducenternes teknologiske udvikling eller på efterspørgselssiden gennem påvirkning af nybilkøbernes valg og brug af bil. Hvis alle valgte små, billige biler, som er de mest brændstoføkonomiske, kunne der opnås en reduktion af brændstofforbruget pr. kilometer på 20%. Motivationen for at undersøge, hvordan valget af bil kan påvirkes, er således til stede.

Formålet med artiklen er at undersøge bilkøbernes valg af ny bil. Fokus ligger på at undersøge forbrugernes adfærd, så der opnås et redskab, en model, til at analysere muligheden for at forbedre brændstoffektiviteten for nye personbiler gennem ændringer af afgiftsstrukturen.

Efterspørgsels- og udbudsdata kombineres i en analyse, som sigter på at undersøge og forklare sammenhængen mellem personer og virksomheder på den ene side og hvilke biler, de hver især køber på den anden side. Modellen er opbygget således, at den bedst muligt gengiver det faktiske bilsalg. Ved at ændre på bilernes karakteristika, f.eks. størrelsen af registreringsafgiften, kan modellen herefter simulere ændringens påvirkning af bilsalgets sammensætning.

Artiklen er bygget op som følger. Afsnit 2 præsenterer datagrundlaget, det vil sige udbudsdata vedrørende bilerne og efterspørgselsdata vedrørende bilkøberne, og afsnit 3 præsenterer den teoretiske model. I afsnit 4 opstilles den empiriske model og i afsnit 5 beskrives estimationsresultaterne. I afsnit 6 undersøges ved hjælp af modellen, hvordan bilkøberne kan forventes at reagere på en omlægning af afgifterne. Dels undersøges effekten af en stigning i brændstofprisen på 2 kr., dels undersøges effekten af, at registreringsafgiften differentieres så afgiften bliver mindst på energiøkonomiske biler. Endelig konkluderes i afsnit 6.

2 Data

Som grundlag for at opbygge modellen er tre datasæt til rådighed. Det første vedrører udbuddet af biler, og beskriver de godt 1.500 forskellige biltyper, som kunne købes i Danmark i 1997. Bilerne er beskrevet ved pris, ydelses- og størrelsesvariable, brændstofforbrug og en række andre karakteristika. Tabellen neden for viser variablene.

Tabel 1 Udbudsvariable

Emne	Oplysninger
Identifikation	Fabrikat, model og version
Karosseri mv.	Antal døre, geartype og antal, karosseritype, motorkonfiguration, modelårgang, segment
Pris	Standardpris uden ekstraudstyr, vægtafgift, grøn ejerafgift
Motor og transmission	Motorplacering, trækkende hjul, slagvolumen, HK, omdrejningsmoment, antal ventiler per cylinder, benzintilførsel, kompressionsforhold, brændstofkvalitet
Hjulophæng, hjul, dæk og styretøj	For- og baghjulophæng, styrehustype, bremsesystem for og bag, bremsekraftregulering, dækdimensioner
Dimensioner	Længde, bredde, højde, akselafstand, vendediameter, bagagekapacitet VDA, typegodkendt egenvægt, typegodkendt anhängervægt med og uden bremseser
Design	Design- og konstruktionsland, produktionsland, cw-værdi, standardtypegodkendelsesnummer
Præstationer	Tophastighed, acceleration, ECE norm
Udstyr	Airbag fører og passager

Kilde: Auto-data

Det andet centrale datasæt vedrører efterspørgslen: 150.000 personer og virksomheder som har købt bil i 1997. I nærværende artikel præsenteres modellen for de godt 110.000 private købere, mens der henvises til COWI (1998) for en beskrivelse af data og model for virksomheders køb af biler. Variable og kategorier er beskrevet i tabellen nedenfor.

Tabel 2 BaggrundsvARIABLE

Variabel	Kategorier
Aldersgruppe for ejer	18-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69, 70+
Boligform	Ejer, lejer
Boligtype	Stuehus, parcelhus, rk.,-kæde-, dobbelthus, etagebolig, kollegium, andet
Familietype	Hjemmeboende voksne, enl. u. børn, enl. m. børn, par u. børn, par m. børn, fælles, andet
Geografisk område	Kbh. og Frederiksberg kommuner, forstadskommuner til Kbh., byer over 100.000 indb., byer 10-99.999 indbyggere øst, byer 10-99.999 indbyggere vest, byer 2-9.999 indbyggere øst, byer 2-9.999 indbyggere vest, landdistrikter øst, landdistrikter vest. Øst/vest opdelingen er ved Storebælt.
Indkomst, familiens skattepligtige indkomst	100.000 kr. intervaller, 0-1.000.000.
Køn	Kvinde, mand
Sociogruppe, den i familien med højest indkomst	Selvst. landbrug, Selvst. byerhverv, øvr. Selvst., dir./overordn. fkt., ledende/øvr. fkt., fagl. arb., ufagl. arb., lønmodt. una., pensionister, øvr. ude af erhverv
Uddannelse, den i familien med højest indkomst	Udenfor niveau, grundskole, almengymnasial, erhvervsfaglig, kortere videregående, mellemlang videregående, lang videregående

Kilde: Danmarks Statistik

Det fuldt detaljerede datasæt for biler solgt til private er omfattet af Danmarks Statistiks almindelige diskretionshensyn. Derfor er det fulde datasæt ikke modtaget, men derimod 35 mindre datasæt, der for hver kombination af biltype og to baggrundsvARIABLE angiver antallet af solgte biler. Ved hjælp af en procedure, som er nærmere beskrevet i COWI (1998), er de 35 mindre datasæt kombineret i et konstrueret datasæt. Overensstemmelsen mellem det konstruerede datasæt og det detaljerede datasæt hos Danmarks Statistik er kun statistisk, så det er ikke muligt at identificere enkelte bilkøbere. Til gengæld er datasættet er fuldt ud anvendeligt til at basere en model på.

Det sidste datasæt til analysen vedrører en selvstændig dataindsamling fra interviews med bilkøbere. Der er interviewet godt 200 købere af ny bil, og dataindsamlingen har taget form af stated preference interviews. Stated preference interviews giver mulighed for at undersøge hypotetiske situationer som for eksempel ændring af brændstofpriser og ejerafgiften. Den slags ændringer kan ikke undersøges ved hjælp af datasættet fra Danmarks Statistik, selvom vægtafgiften netop blev omlagt til den grønne ejerafgift i 1997¹. Desuden hænger den grønne ejerafgift snævert sammen med brændstofforbruget, hvilket gør, at det er svært at udskille effekter af en afgiftsstigning fra effekten af en stigning i brændstofprisen.

¹ Det var ikke muligt at opnå oplysninger om bilen blev købt før eller efter den 1. juli 1997, hvor vægtafgiften blev afløst af den grønne ejerafgift.

Det primære mål med interviewundersøgelsen er derfor at afdække bilkøberne præferencer for forskellige afgiftstyper.

3 Teori og estimation

Den opstillede model er en simpel logit-model. For hvert individ indeholder modellen et antal alternativer, I , som hver især er beskrevet ved en funktion, $V_i, i \in I$. Funktionen udtrykker den indirekte nytte, der opnås ved at vælge det tilhørende alternativ.

Ideen bag modellen er, at forbrugeren maksimerer nytte. Imidlertid har forbrugere forskellige præferencer, hvilket introducerer et stokastisk element til modellen. Det håndteres ved at indføre stokastiske led i nyttefunktionerne, således at forbrugeren ikke maksimerer V_i , men i stedet

$$U_i = V_i + \varepsilon_i,$$

hvor ε_i er et stokastisk led, som ikke kendes. Hvis

$$U_j = \max_i \{U_i\}$$

vil forbrugeren vælge alternativ j . Selvom værdierne for alle V_i kendes, kan modellen ikke sige med sikkerhed hvilket alternativ, der vælges, idet værdierne for ε_i er ukendte. Det stokastiske element betyder, at modellen kun kan forudsige sandsynligheden for, at hvert enkelt alternativ vælges.

Ved opbygningen af modellen bestemmes, hvordan funktionerne V_i skal se ud. Her benyttes lineære formuleringer, således at

$$V_i = \beta' X_{it},$$

hvor β er en vektor af parametre som skal bestemmes, og X_{it} er en vektor af forklarende variable. Fodtegn i angiver en bestemt bil og fodtegn t angiver en bestemt forbruger. I X_{it} indgår således både variable, som beskriver bilerne og variable som beskriver forbrugers socioøkonomiske forhold. Modellen kan forudsige sandsynligheden for at en bestemt bil, j , vælges af en bestemt type forbruger, t ,

$$P(X_{jt}) = \Lambda(\beta' X_{jt}),$$

hvor Λ er den logistiske fordelingsfunktion. Parametervektoren β bestemmes ved maksimum likelihood estimation, jf. Ben-Akiva & Lerman (1985).

Der er ganske mange bilvarianter på markedet - så mange at det er praktisk umuligt at inkludere dem alle sammen, så alle husstande i modellen kan vælge mellem alle biler. For at løse dette problem er det valgt at sample 49 tilfældigt udtrukne bilvarianter. Den faktisk valgte variant inkluderes, så hver husstand har 50 alternativer at vælge imellem. Der udtrækkes et nyt sample for hver husstand, så selvom den enkelte husstand kun har 50 varianter at vælge imellem, inkluderes alle varianter i modellen.

4 Empirisk specifikation

Der kan være store forskelle mellem befolkningsgrupperes præferencer for bilkarakteristika. Derfor segmenteres data i grupper. Modellen har samme struktur for alle segmenter, hvilket letter overskueligheden, mens alle parametrene er forskellige. På grundlag af databeskrivelsen og statistiske tests er data opdelt i otte segmenter. Segmenterne er defineret ved familietype og køn for den registrerede ejer. Nedenstående tabel viser opdelingen af data, og antal observationer i de otte segmenter. Bemærk af enlige og øvige ikke er delt op efter, om der er børn i familien.

Tabel 3 De otte segmenter

Segment	Familietype	Køn	Børn	Antal observationer
PM1	Par	Mand	Ja	26.668
PM0	Par	Mand	Nej	34.908
PF1	Par	Kvinde	Ja	10.477
PF0	Par	Kvinde	Nej	12.208
EM	Enlig	Mand		10.371
EF	Enlig	Kvinde		8.292
OM	Øvrige	Mand		5.987
OF	Øvrige	Kvinde		1.414

Note: Øvrige er hjemmeboende børn over 18 år, fælleshusholdninger og uoplyst.

Der indgår i alt knap 60 parametre i modellen, og parametrene er beskrevet i COWI (1998). Parametrene repræsenterer udgifter til bilen ved pris og brændstofforbrug pr. 100 km, bilen størrelse gennem rumlighed i kabine og bagagerum og ydre mål, samt bilens motor gennem cm^3 og acceleration. Desuden indgår parametre for karosseritype og bilmærke.

Parametrene er forskellige for forskellige forbrugere. For eksempel forventes betydningen af bilens pris at være større for en husstand, hvor indkomsten er 150.000 kr. om året, end for en husstand hvor indkomsten er over 500.000 kr. om året.

Resultatet fra interviewundersøgelsen indgår gennem variabelen omkostninger pr. kørt kilometer. Ved hjælp af en faktor, der blev fundet i stated preference analysen, omregnes udgifter til den grønne ejerafgift til udgifter til brændstof. Faktoren afspejler forbrugernes præferencer mellem betaling af en årlig ejerafgift, og betaling gennem brændstofforbruget. Omregningsfaktoren afhænger altså af hvor langt forbrugerne forventer at køre om året.

5 Estimationsresultater

I dette afsnit kommenteres parameterestimerne kort. Da der er ganske mange parametre, er de ikke medtaget i artiklen, men kan findes i COWI (1998). I stedet er nogle af de interessante resultater gengivet her.

Generelt har prisparametrene den forventede effekt i modellen. Prisparametrene er meget sikkert bestemt, hvilket understreger prisens vigtighed ved valget af bil. Familier med lave indkomster er mere prisfølsomme end familier med højere indkomster. Familier, hvor personen med højest indkomst er selvstændig, og familier i parcelhuse har lavere prisfølsomhed. Personer i par med husstandsindkomst mellem 100.000 og 200.000 kr. i aldrene 18-29 år og over 60 år er mest prisfølsomme.

Brændstofomkostningerne er signifikante i næsten alle segmenter, men små i de mindre segmenter hvor prisen er dominerende.

Motoren har betydning for køberen. I de fleste segmenter ses en positiv effekt af større motorvolumen for benzinerbiler med almindelige karosserier. Effekten er størst i parfamilier med børn, og generelt er glæden ved stor motorstørrelse størst øst for Storebælt. En tilsvarende effekt kan ikke ses for dieselerbiler. Acceleration har også stor betydning for valget af bil. Således indgår acceleration i alle segmenter og generelt med høj signifikans. I de fleste segmenter har accelerationen størst betydning for de yngste, mens betydningen aftager for de ældste.

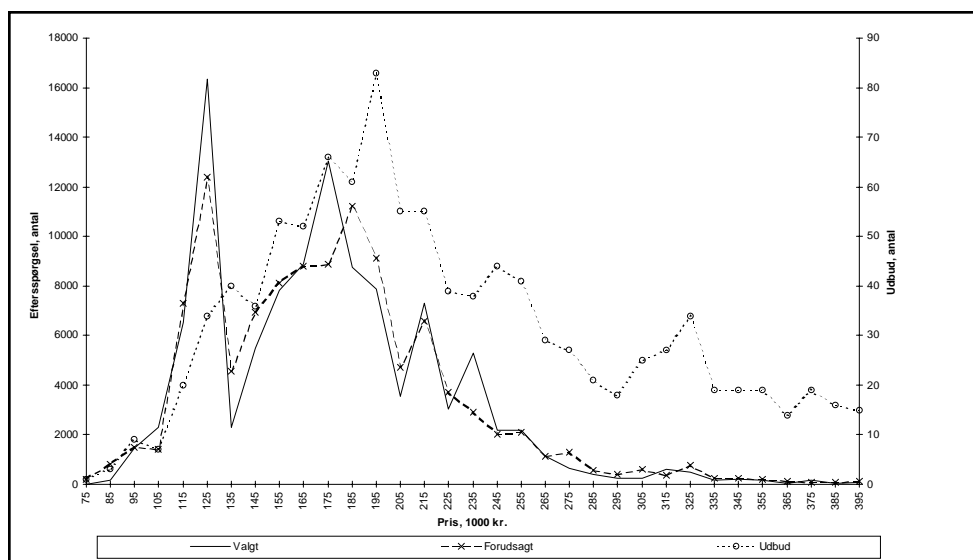
En gruppe variable har med bilens størrelse at gøre. Vendediameteren er meget korreleret med længden af bilen. Ikke desto mindre er det muligt at isolere en særskilt betydning af vendediameteren i Østdanmark, hvor større vendediameter gør en bil mindre attraktiv for parfamilier. Dette kan hænge sammen med pladsforholdene i hovedstadsområdet, hvor en mindre bil er lettere at parkere, etc. Rummelighed i kabinen har betydning i parfamilier og mest for mænd, og bagagekapaciteten har stor betydning i stationcars for par med børn.

Endelig har særskilt analyse vist en sammenhæng mellem uddannelsesniveau og bilmærker. Personer med en lang uddannelse vælger især franske og svenske biler, mens asiatiske biler i høj grad vælges af personer med kortere uddannelse.

5.1 Modellens forudsigtelse

Modellens evne til at gengive bilsalg for 1997 kan undersøges grafisk. Figuren nedenfor viser modellens forudsigtelse af det faktiske bilsalg i 1997. Den fuldt optrukne linje viser det faktiske bilsalg, som sammenholdes med modellens forudsigtelse vist med den stort stiplede linje. Den småt stiplede linje viser udbuddet, antallet af biltyper på markedet i hver klasse. Bilerne opdelt i 10.000 kroners prisklasser.

En perfekt model vil følge det faktiske bilsalg, og den dårligst tænkelige model vil give samme sandsynlighed til alle biltyper og forudsigtelsen vil derfor følge udbuddet nøje. Jo nærmere modellens forudsigtelse er på det faktiske bilsalg, jo bedre er den altså.



Figur 1 Pris, alle segmenter

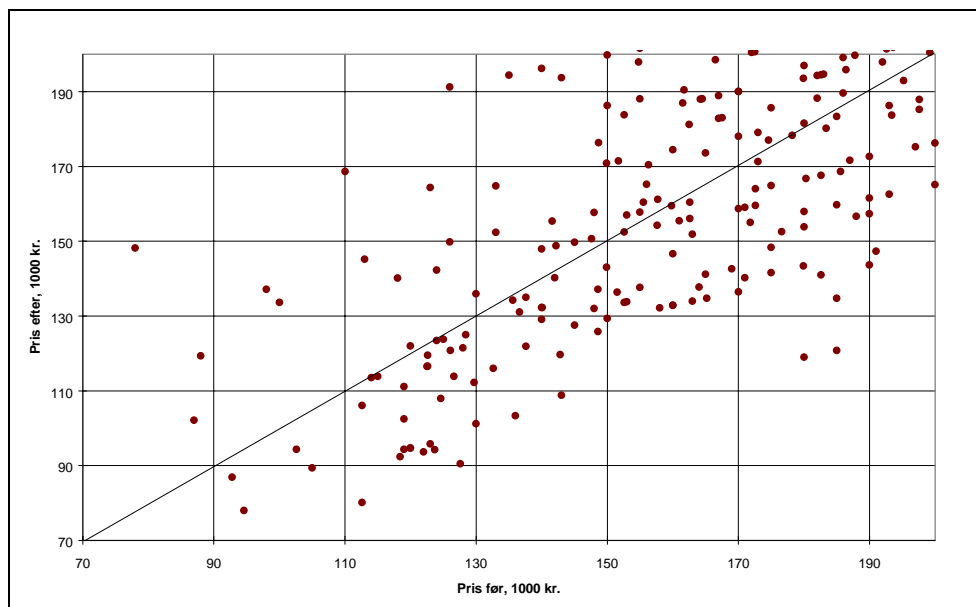
Udbuddet af biler vokser op til priser omkring 200.000 kr., hvor der er flest biltyper at vælge mellem i modellen. Derefter falder udbuddet langsomt med voksende pris. Bilsalget ser markant anderledes ud. Det topper omkring 125.000 kr., igen ved 175.000 kr., hvorefter det falder kraftigt. Det har karakteristiske toppe omkring 215.000 og 235.000 kr. Samlet set må det vurderes, at modellens evne til at fange variationen i bilsalget er tilfredsstillende.

6 Modelkørsler

Modellen kan anvendes til at undersøge hvordan bilkøbere ændrer adfærd, når afgifterne omlægges. Det gøres her ved at sammenligne tre kørsler. I den første kørsel beregnes modellens forudsigtelse af bilsalget i 1997 ved uændrede afgifter, og i de to efterfølgende kørsler omlægges afgifterne. I den ene sættes brændstofprisen op med 2 kr., og i den anden kørsel erstattes den nuværende registreringsafgift med en mere progressiv registreringsafgift.

Den mere progressive registreringsafgift beregnes som en funktion af brændstofforbruget i tredje potens. På denne måde sikres, at progressionen i afgiften er stærkere end den, der findes i den eksisterende registreringsafgift. Afgiften beregnes særskilt for benzin- og dieslbiler. Der er to forudsætninger ved kørslen. For det første er det valgt at lade afgiftsomlægningerne være provenuneutrale ved uændret adfærd, og for det andet er prisen på den billigste bil uændret. Dog viser beregningerne, at afgiftsprovenuet ændres, når forbrugerne ændrer adfærd.

For benzinbiler beregnes afgiften som $240,3 \cdot B^3 - 12.890$, hvor B er brændstofforbruget i liter pr. 100 km. Konstanterne i udtrykket er valgt således, at afgiftsprovenuet er uændret ved uændret salg, og således at prisen på den billigste bil er uændret. Hvor den billigste bil i udgangspunktet er en Lada Samara 1100, er det efter ændringen en Suzuki Alto 1.0. Som nedenstående figur viser, ændrer omlægningen ganske betragteligt på bilpriserne. Hvert punkt på figuren repræsenterer en bilvariant. Biler under den diagonale linje bliver billigere og biler over bliver dyrere.



Figur 2 Pris på benzinbiler, før og efter omlægning af registreringsafgiften

For dieslbiler er der beregnet en tilsvarende afgift. Her er det imidlertid ikke muligt at overholde både hensyn om provenuneutralitet og uændret pris på billigste bil. Det er valgt at lade prisen på den billigste bil være uændret, hvorimod afgiftsprovenuet falder med 90.000 kr. pr. bil.

6.1 Resultater af modelkørsler

Nedenstående tabel viser resultaterne af de to modelkørsler. Det gennemsnitlige brændstofforbrug falder kun lidt, 0,5%, når brændstofprisen hæves 2 kr. I det hele taget har ændringen i brændstofprisen ikke stor betydning for hvilke biler, der sælges, og har derfor ikke stor betydning for bilparkens sammensætning.

En registreringsafgift i tredje potens har større betydning for salget. Bilpriserne falder i gennemsnit knap 5% og brændstofforbruget falder med godt 3%. Salget forskydes altså over mod mere brændstoføkonomiske biler, som også er billigere.

Tabel 4 Resultater af modelkørsler fordelt på mænd og kvinder

	Gennemsnit i	Gennemsnitlige ændringer i procent	
	niveau		
	Basis	Brændstof + 2 kr.	Tredje Potens
I alt			
Pris	176.894	-0,7%	-4,9%
Brændstofforbrug	7,64	-0,5%	-3,2%
Registreringsafgift	100.672	-0,8%	-10,2%
Ejerafgift	2.714	-1,1%	-7,0%
Mænd			
Pris	182.509	-0,8%	-4,5%
Brændstofforbrug	7,72	-0,6%	-3,1%
Registreringsafgift	104.279	-0,9%	-9,6%
Ejerafgift	2.788	-1,2%	-6,5%
Kvinder			
Pris	163.413	-0,6%	-6,2%
Brændstofforbrug	7,44	-0,4%	-3,5%
Registreringsafgift	92.012	-0,6%	-11,9%
Ejerafgift	2.535	-0,9%	-8,1%

Kilde: COWI (1998).

Nedenstående tabel viser ændringer fordelt på indkomstgrupper når registreringsafgiften ændres til *Tredje Potens*. Lavindkomstgrupperne køber dyrere biler, men betaler mindre i registreringsafgift. Højindkomstgrupperne køber billigere biler, og slipper væsentligt billigere i registreringsafgift. Opdeles resultaterne i mænd og kvinder findes, at den pris mændene betaler ændres mest, jf. COWI (1998).

Tabel 5 Ændringer i pris, registreringsafgift og brændstofforbrug ved ny registreringsafgift: Tredje Potens. Fordelt efter indkomstgrupper

Indkomstgruppe	Pris, 1000 kr	Gennemsnitlige ændringer i procent		
		Pris	Registreringsafgift	Brændstof- forbrug
0-100.000 kr.	167	+0.9%	-1.7%	-1.7%
100-200.000 kr.	165	+1.4%	-1.4%	-2.1%
200-300.000 kr.	182	+0.9%	-2.4%	-1.0%
300-400.000 kr.	194	-0.8%	-4.8%	-0.1%
400-500.000 kr.	204	-2.6%	-7.3%	+0.3%
500-600.000 kr.	219	-5.6%	-11.3%	+0.7%
Over 600.000 kr.	220	-6.2%	-12.1%	+0.7%

Kilde: COWI (1998).

De laveste indkomstgrupper kommer til at betale en højere pris sammenlignet med basissituationen, mens de højeste indkomstgrupper kommer til at betale mindre. Til gengæld falder registreringsafgiften for alle indkomstgrupper, mens forbrugere i indkomstgrupperne over 400.000 kr. køber biler med højere brændstofforbrug. Samlet er omlægningen entydigt en fordel for de højeste indkomster. Ved en omlægning af afgifterne skal man derfor være opmærksom på fordelingsmæssige konsekvenser.

6.2 Efterberegning

Resultaterne af de to kørsler er anvendt i en efterberegning for at undersøge afgiftsændringernes indflydelse på bilparkens størrelse, trafikarbejde og CO₂-emissioner. I efterberegningen benyttes skøn for forskellige elasticiteter, som er fundet ved tidligere analyser, jf. Transportrådet (1995) og Trafikministeriet (1997). Elasticiteterne er samlet i tabellen nedenfor. Fortolkningen af den første elasticitet er, at en stigning i benzinprisen på 1% sænker bilparkens gennemsnitlige benzinforbrug med 0,16%.

Tabel 6 Anvendte elasticiteter

Fra	Til	Elasticitet
Benzinpris	Liter/km	-0.16
Benzinpris	Årskørsel per bil	-0.38
Benzinpris	Bilparkens størrelse	-0.12
Bilparkens størrelse	Km/bil	-0.60
Variable omkostninger	Km/bil	-0.04
Pris på ny bil	Bilparkens størrelse	-0.55

Kilde: Transportrådet (1995) og Trafikministeriet (1997).

Forhøjelsen af brændstofpriserne fører til et fald i bilparkens størrelse på 3,2%. Effekten bliver større på trafikarbejdet, da hver enkelt bil samtidig kører mindre. Endelig bliver effekten på CO₂ emissioner endnu større på grund af reduceret brændstofforbrug, hvoraf 0,5% stammer fra ændret bilvalg.

Når registreringsafgiften omlægges til Tredje Potens fører det reducerede brændstofforbrug til lavere kørselsomkostninger og dermed større bilpark og trafikarbejde. Herved reduceres virknin-

gen af den forbedrede effektivitet til en reduktion af CO₂ emissionen på 1,5% fra de 3,2%, som ville opnås, hvis bilpark og trafikarbejde var upåvirket. En mere progressiv registreringsafgift vil altså kun have begrænset effekt på bilparkens samlede CO₂ emissioner.

Tabel 7 Efterberegninger

	Brændstof + 2 kr.	Tredje Potens
Bilpark	-3,2%	1,1%
Trafikarbejde	-11,1%	1,7%
CO ₂	-16,2%	-1,5%
Brændstofprovenu	34,2%	-1,7%
Provenu fra årlige afgifter	-4,2%	-6,0%
Provenu fra registreringsafgift	-3,9%	-9,2%
Provenu i alt	8,1%	-6,2%

Kilde: COWI (1998).

7 Konklusion

Eksemplerne bekræfter, at styring af bilvalget med afgifter kan bevirke en reduktion af personbilparkens gennemsnitlige brændstofforbrug og dermed give et bidrag til reduceret CO₂ udledning. En omlægning af registreringsafgiften kan således være en del af en strategi for at nedbringe CO₂ emissionerne fra transportsektoren. Differentiering af registreringsafgiften kan dog ikke stå alene i forhold til mål om store reduktioner af CO₂ emissionerne.

Afgiftsomlægninger kan udformes på mange måder og alle muligheder er ikke blevet undersøgt, men eksemplerne illustrerer virkningerne af to forskellige udformninger. Modellen kan altså anvendes ved fremtidige beregninger af mulige afgiftsomlægninger.

8 Litteratur

Ben-Akiva, M. & Lerman, S. *Discrete Choice Analysis*, MIT Press 1985.

COWI. *Personbilers energieffektivitet - muligheder for forbedring gennem afgiftsstrukturen*. November 1998.

Transportrådet. *Bilafgifter 2005*. November 1995.

Trafikministeriet. *CO₂ reduktioner i transportsektoren*. Marts 1997.