



KLIMA- OG
FORURENSNINGS-
DIREKTORATET

Vedlegg D

Regresjonsanalyse av klimagassutslippene fra personbiler

TA
3026
2013

Analyse av årsakene til utviklingen i klimagassutslipp fra personbiler (vedlegg D)

Følgende vedlegg er en presentasjon av analysearbeid gjennomført av Klif i forbindelse med rapporten "Utslipp av klimagasser i Norge 1990-2010 – trender og drivkrefter". Analysene er gjennomført med hensikt å teste og underbygge hypoteser om ulike årsaks- og virkningsforhold for utslipp knyttet til transportsektoren. For å dokumentere arbeidet ble det laget to rapporter som beskriver metode og resultater fra arbeidet. Disse rapportene er ikke fagfellevurderte forskningsrapporter, men en dokumentering av Klifs interne analyser. Rapportene bør dermed behandles deretter.

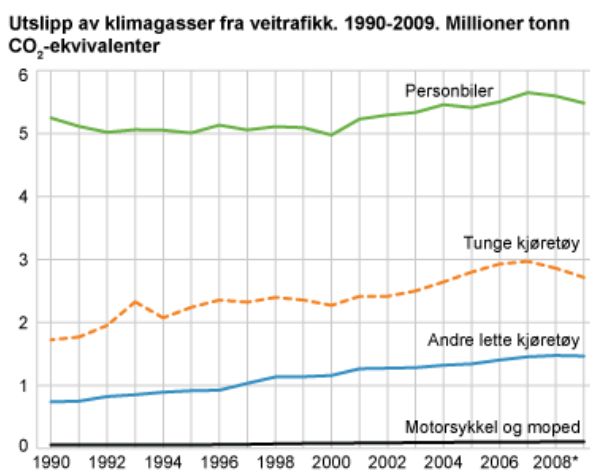
Innledning

I forbindelse med rapporten om trender og drivkrefter for klimagassutslippene i Norge, har Klif gjennomført flere regresjonsanalyser. Dette ble gjort for å få bedre grunnlag til å vurdere årsakene til utslippsutviklingen. Under beskriver vi både resultatene og gjennomføringen av analysene steg for steg. Målet med analysen har vært å identifisere hvilke variable som ser ut til å påvirke utslippene, men vi anser ikke resultatene som gode nok til å kvantifisere årsakssammenhengene med denne analysen. Til det er tidsseriene for korte og datasettet for mangelfullt. Vi mener likevel at resultatene gir indikasjoner på hvilke variabler som er av stor betydning for utslippene og hvilke som er mindre avgjørende.

Resultatene fra pilotstudien indikerer at de observerte utslippene av CO₂ fra personbiler hovedsakelig påvirkes av realinntekt, drivstoffpris og engangsavgiften på kjøretøy. Det er imidlertid viktig å påpeke at usikkerheten ved disse resultatene er betydelig.

Overordnet analyse

Figur 1



Kilde: Utslippsstatistikken til Statistisk sentralbyrå og Klima- og forurensningsdirektoratet.

Klimagassutslippene fra personbiler har holdt seg relativt stabilt de siste 20 årene. For å analysere årsakene til denne utviklingen er det nødvendig å identifisere sammenhengene i de overordnede faktorene som påvirker utslippene.

De årlige totale utslippene av klimagasser fra personbiler i Norge kan forenklet beskrives som produktet av antall kilometer kjørt og hvor mye CO₂ som slippes ut i gjennomsnitt per kjørte kilometer.

Det vil si at de totale utslippene fra personbiler bestemmes fullt og helt av to variabler. Disse variablene påvirkes igjen av mange ulike forhold. Vi vet at antall vognkilometer¹ har steget relativt jevnt i perioden. Totalutslippene har likevel vært stabile fordi det har skjedd en betydelig reduksjon i utslipp per vognkilometer over samme periode. For å finne de underliggende årsakene til utslippstrenden har det vært nødvendig å analysere utviklingen i antall vognkilometer og utslipp per vognkilometer hver for seg.

Disaggregering og drøfting av mulige underliggende årsaker

Som et utgangspunkt for analysen og grunnlag for å utføre regresjoner har vi identifisert variabler som kan tenkes å påvirke totalt antall vognkilometer og utslipp per vognkilometer hver for seg. Vi har tatt utgangspunkt i mikroøkonomisk teori og egne erfaringer som bilister. Hensikten er å identifisere mulige årsakssammenhenger som kan forklare utviklingen vi ønsker å analysere.

Vognkilometer totalt

Det første vi ønsker å forklare er utviklingen i bruk av personbiler målt ved vognkilometer. Det vil si det totale antallet kjørte kilometer for personbiler. Bruk av personbil drives av etterspørselen etter persontransport generelt, i tillegg til etterspørselen etter bruk av personbiler i forhold til andre transportformer. Etterspørselen påvirkes igjen av kostnader og nytte forbundet med kjøp og bruk av personbil relativt til nytten og kostnadene forbundet med andre transportformer.

De antatt viktigste forholdene som kan påvirke etterspørselen etter persontransport er utvikling i inntektsnivå, befolkningssammensetning og vekst, bosettingsmønster (for eksempel andel av befolkning som bor i tettbygde strøk), antall personer per tur (personbelegg) og ferievaner. Dette er ingen uttømmende liste, og det er mange andre forhold som også påvirker etterspørsel etter persontransport. For hver enkelt bilist vil trolig inntektsnivået være avgjørende. Økt inntekt vil gi økt forbruk generelt og dermed også mer bilbruk. Det kan videre tenkes at bruk av personbil delvis er et luksusgode noe som tilsier en større økning enn andre former for forbruk dersom inntekten øker. Argumenter for at personbilbruk kan være et luksusgode er at personbiler først og fremst skiller seg fra andre transportmidler gjennom høyere komfort og fleksibilitet, i tillegg til at det for noen kan være et statussymbol. Det er likevel grunn til å tro at der det er få eller ingen alternative transportformer, som i områder med spredt bebyggelse, vil personbilbruk i større grad være et nødvendighetsgode.

De viktigste kostnadene forbundet med bruk av personbil er kjøpskostnader, drivstoffkostnader og vedlikeholdskostnader. Kostnader ved og tilbud av alternative transportmidler, som

¹ Vognkilometer er summen av årlig reiselengde for alle kjøretøy.

kollektivtransport, vil også påvirke bruken av personbiler. I tillegg vil forhold som parkeringsmuligheter og framkommelighet påvirke hvor tilbøyelige hver enkelt er til å bruke bil kontra andre transportformer. For hver enkelt bilist er trolig komfort, fleksibilitet og tidsbruk i forhold til kostnad de viktigste årsakene til at bil velges framfor andre fremkomstmidler.

Utslipp per vognkilometer

Utslipp per vognkilometer påvirkes stort sett av andre forhold enn de som driver etterspørselen etter personbiltransport. Utslipp per vognkilometer, eller utslippseffektiviteten, påvirkes av hvilke typer biler det kjøres med, og hvilken type kjøring bilene benyttes til. Blant annet vil vekten til kjøretøyet, i tillegg til størrelsen og effekten på motoren, ha innvirkning på utslippseffektiviteten.

Teknologiutvikling har gjort at nyere biler bruker mindre drivstoff per kjørt kilometer. Nyere biler slipper dermed ut mindre CO₂ per kilometer enn gamle biler av tilsvarende vekt og motorkapasitet. Vi vet samtidig at nyere biler kjøres mer enn gamle. Dette trekker i retning av at den samlede bilparken blir stadig mer effektiv [2].

Utskiftingstakten av bilparken påvirker, sammen med hvilke typer biler som blir kjøpt og vraket, gjennomsnittlig utslipp per vognkilometer. Utskiftingstakten påvirkes i stor grad av realprisen på nye biler, kostnader ved drift og vedlikehold for ny bil kontra gammel, inntektsnivå og eventuelt vrakpant. Hva slags biler som kjøpes, og dermed hvor mye CO₂ per kilometer de nye bilene slipper ut, påvirkes i stor grad av prisen på biler med lave utslipp i forhold til prisen på biler med høye utslipp.

I 1996 ble en stor omlegging av engangsavgiften ved kjøp av bil gjennomført, der avgiften ble differensiert etter vekt, effekt og slagvolum. Engangsavgiften er siden 1998 gradvis blitt mer differensiert, og i 2007 ble det innført en komponent for CO₂-utslipp per kilometer som erstattet slagvolumkomponenten. Differensieringen av engangsavgiften har gjort biler med lave CO₂-utslipp billigere enn biler med høye utslipp. Dette vil igjen ha innvirkning på de gjennomsnittlige utslippene per vognkilometer for personbiler i Norge.

I tillegg til kjøpspris på bil vil også drivstoffprisen påvirke kostnadene forbundet med å eie biler med høyt drivstofforbruk og CO₂-utslipp, kontra lavutslippsbiler. Dersom bilkjøperne forventer en høyere pris på drivstoff, vil vi anta at de vil tendere til å velge biler med lavere drivstofforbruk.

Graden av teknologiutvikling i retning av biler med lavt CO₂-utslipp vil være avgjørende for hvor utslippseffektive biler det går an å kjøpe og vil derfor virke avgrensende for effekten av engangsavgift og drivstoffpris. Det som driver teknologiutviklingen kan være regulatorisk press, for eksempel gjennom eurokrav, avgifter etc. Etterspørsel etter mer effektive biler fra konsumentene, på grunn av for eksempel høyere drivstoffpriser eller økt miljøfokus, vil også kunne være en pådriver for denne utviklingen. Det er uansett grunn til å tro at teknologiutviklingen i liten grad påvirkes av norske forhold siden vi er en liten aktør i verdensmarkedet.

Andre virkemidler som fri parkering og bruk av kollektivfelt for elbiler vil også kunne påvirke hvilke biler som kjøpes. Hvor gode substitutter el-, hydrogen- og hybridbiler er for vanlige personbiler vil være avgjørende for overgangen til disse bilene. Dette vil blant annet påvirkes av hvor god infrastrukturen er for disse type biler, for eksempel tilgjengeligheten til ladestasjoner og hydrogenpumper.

Utslippene per vognkilometer vil også påvirkes av hvordan bilene kjøres. For eksempel fører bykjøring til høyere drivstofforbruk og dermed høyere CO₂-utslipp enn landeveiskjøring, slik at det forventes at urbanisering vil ha en negativ innvirkning på utslippseffektiviteten. Det kan også tenkes at prisen på drivstoff vil påvirke hvor "mykt" det kjøres, som igjen vil ha en innvirkning på CO₂-utslippene.

Innhenting av relevante data

For å kunne gjennomføre regresjonsanalyser er det avgjørende å finne tilgjengelige data som i tilstrekkelig grad kan representere de forholdene vi har identifisert ovenfor. Basert på tilgjengelig statistikk har vi innhentet et datasett, presentert i vedlegg 1, som grunnlag for regresjonsanalysen. På grunn av begrensede ressurser har vi ikke hatt mulighet til å gjøre en grundig litteraturgjennomgang for å underbygge valg og utforming av forklaringsvariabler. Valg av data og modellspesifikasjoner er dermed hovedsakelig gjort på bakgrunn av teoretiske og skjønnsmessige vurderinger.

I de tilfellene vi har manglet data for, etter vår oppfatning, viktige forklaringsvariabler har vi forsøkt å benytte eller konstruere "proxy-variabler", der det har latt seg gjøre. Det vil si variabler som antas å følge samme utvikling som den variabelen vi egentlig ønsker beskrevet og som dermed kan inkluderes i modellen for å representere den opprinnelige variabelen. Bruk av proxy-variabler gjør resultatene mindre robuste fordi vi ikke tester forklaringsevnen til variablene vi ønsker direkte. Dette kan i verste fall føre til at vi trekker konklusjoner på feil grunnlag. Variabler kan ekskluderes feilaktig fordi proxy-variabelen i for liten grad fanger opp den egentlige variabelens variasjon, eller variabler med liten forklaringsevne kan framstå som avgjørende, fordi proxy-variabelen avhenger av andre forhold enn den opprinnelige forklaringsvariabelen.

Det er også variabler vi ikke har inkludert i regresjonene på grunn av manglende eller mangelfulle data. Det er mulig det eksisterer datasett som kunne blitt benyttet til å beskrive disse årsakssammenhengene, men at vi, på grunn av manglende ressurser, ikke har vært i stand til å oppdrive dette. Variabler som er valgt bort ex ante er enten ekskludert fordi vi anser forklaringsevnen som lite troverdig eller fordi vi anser det som lite sannsynlig at det finnes gode nok data. Det kan derfor være at vi har ekskludert forhold av betydning uten å ha statistisk belegg for det, noe som vil påvirke hvor robuste resultatene er.

Utslipp fra personbiler er hentet fra utslippsregnskapet som publiseres av SSB. Hvordan utslippsregnskapet bygges opp og beregnes er beskrevet kort i vedlegg 2. Vognkilometer, realinntekt, befolkningsstørrelse og andel av befolkning som bor i by er hentet fra Statistikkbanken i SSB. Priser for bensin og diesel er hentet fra Norsk Petroleumsinstitutt. For personbelegg har vi funnet statistikk fra TØI-rapport 1090/2010.

Vi har ikke vært i stand til å finne data som beskriver den generelle teknologiutviklingen for personbiler. Vi har derimot funnet tall for drivstofforbruk for forskjellige bilmodeller fra nettsiden på den amerikanske nettsiden www.fueleconomy.gov. Fordi det er en av Norges mest solgte biler, har vi valgt å bruke utviklingen i drivstofforbruk til Toyota Corolla som proxy-variabel for den generelle teknologiutviklingen. Det kan tenkes at teknologiutviklingen for akkurat denne modellen ikke reflekterer gjennomsnittlig teknologi utvikling for personbiler, noe som kan gjøre resultatene fra analysen feilaktige.

For å beskrive utviklingen i drivstoffkostnader har vi laget en indeks ved å multiplisere dieselpriis og pris på blyfri bensin-95 med utslippsfaktorene (se vedlegg 2) for henholdsvis diesel og bensin. Utslippsfaktorene brukes til å beregne utslipp av klimagasser fra estimert antall vognkilometer, men vil her fungere som substitutt for drivstofforbruk. For å isolere effekten av energieffektiviseringen, har vi benyttet justerte utslippsfaktorer som ser bort i fra innblanding av biodrivstoff. Vi har deretter laget et vektet gjennomsnitt av indeksen for diesel og bensinkostnader, som vektlegger de to ut ifra andelen av vognkilometer som er kjørt med henholdsvis diesel- og bensinbiler.

$$\text{drivstoffkostnad} = (\text{dieselpriis} \times \text{utslippsfaktor}_{\text{diesel}}) \times \text{dieselandel} + (\text{bensinpris} \times \text{utslippsfaktor}_{\text{bensin}}) \times (1 - \text{dieselandel})$$

Selv om dette er en konstruert proxy-variabel mener vi denne variabelen vil gi en god beskrivelse av utviklingen i gjennomsnittlig drivstoffkostnader.

Selv om vi har data for hvordan engangsavgiften er utformet har vi ikke vært i stand til å finne den faktiske differansen i engangsavgift mellom biler med lave og høye utslipp av CO₂ under de forskjellige avgiftsregimene. For å gjøre det enkelt har vi derfor valgt å benytte dummyvariabler som beskriver de to store omleggingene av engangsavgiften. Den første omleggingen kom i 1996 da engangsavgiften gikk fra kun å ha en vektkomponent til også å inkludere avgiftskomponenter for slagvolum og effekt. I tillegg til at engangsavgiften generelt ble mer differensiert gjorde innføringen av disse to komponentene, spesielt slagvolumkomponenten, engangsavgiften mer differensiert i forhold til CO₂-utslipp. I 2007 ble engangsavgiften ytterligere differensiert i forhold til utslipp, da slagvolumkomponenten ble erstattet med CO₂-utslippskomponenten og de relative satsene ble endret. Denne omleggingen førte blant annet til at dieselbiler fikk en vesentlig reduksjon i pris relativt til bensinbiler. Vi har laget en dummyvariabel for hver av de to omleggingene med verdien 0 i årene før omleggingen og verdien 1 fra og med omleggingsåret og årene etter.

Vi har valgt å holde mulige variabler som kan forklare type kjøring, utover hva som kan forklares av endring i befolkningstetthet, utenfor modellen. Det samme gjelder virkemidler som fri kjøring i kollektivfelt for elbiler. Dette fordi det er vanskelig å finne gode indikatorer for disse forholdene.

Vi har kun benyttet realpriser i analysene, fordi vi mener det er en mer relevant størrelse enn nominelle kroner når vi ønsker å vurdere hvordan priser har påvirket adferden.

Vi har ikke vært i stand til å finne data som beskriver kostnadene eller tilbudet for alternative transportmåter. Vi anser det likevel som sannsynlig at tilgjengelig kollektivtransporttilbud korrelerer med andel av befolkning som bor i by og at noe av variasjonen i denne variabelen fanges opp her. Videre har vi ikke brukt ressurser på finne statistikk som kan beskrive parkeringsmuligheter, ferie- og kjørevaner, komfort, tidsbruk og fremkommelighet relativt til andre transportformer, fordi vi anser det som lite sannsynlig at vi vil finne gode nok proxy-variabler for disse.

Spesifisering av modell for regresjonsanalyser

Basert på dataene som er tilgjengelige og de sammenhengene vi ønsker å vurdere, har vi spesifisert hypoteser om årsakssammenhengene vi ønsker å teste med regresjoner.

Vognkilometer totalt

Den første variabelen vi ønsker å forklare er totalt antall kjørte kilometer per år (*vognkm*). For å undersøke drivkreftene bak antall vognkilometer har vi spesifisert følgende regresjonsmodell:

$$vognkm_t = \beta_0 + \beta_1 * realinntekt_t + \beta_2 * drivstoffkostnad_t + \beta_3 * befolkning_t + \beta_4 * personbelegg_t + \beta_5 * andellby_t + e_t$$

Der *vognkm* er den avhengige variabelen, det vil si den variabelen vi forsøker å forklare utviklingen til, mens forklaringsvariablene på høyre side av likhetstegnet er variabler vi tror kan ha en påvirkning på vognkilometer totalt. "β -koeffisientene" er parameterne vi ønsker å estimere, mens "e_t-leddet" er et restledd som fanger opp variasjonen som ikke forklares av modellen.

Fordi vi ønsker å teste årsakssammenhenger på makronivå tror vi befolkningsstørrelsen vil kunne ha en innvirkning på *vognkm*. Flere mennesker gir flere biler, økt transportbehov og dermed flere kilometer kjørt. Andelen av befolkningen som bor i by har vi inkludert fordi vi tror urbanisering kan redusere avstander og gi større tilgang til kollektivtransport. Dette kan redusere transporten med personbiler. Gjennomsnittlig personbelegg² er tatt med for å se om effekten av at færre personer fraktes per tur er av stor betydning for totalt antall vognkilometer. Gitt at personbiltransporten ikke har falt i samme periode vil lavere personbelegg bety at flere biler må kjøre samme tur noe som vil generere flere vognkilometere. Det er sannsynlig at grunnen til at det i snitt fraktes færre personer per tur kommer av at inntekten har økt betraktelig i samme periode, noe som har gjort flere i stand til å kjøpe og bruke personbil. Det er derfor en risiko for at personbelegg og realinntekt er for høyt korrelert til de kan inkluderes i samme modell. Dette vil vi imidlertid se nærmere på etter at regresjonen er utført.

For enkeltpersoners etterspørsel etter mobilitet og valg av transportmåte spiller trolig realinntekt en viktig rolle. Høyere inntekt vil gjøre flere personer i stand til å kjøpe og bruke bil. I tillegg vil den økte inntekten føre til mer etterspørsel etter transport. Dersom personbiltransport er et luksusgode vil bruk av personbil øke mer enn andre former for konsum når inntekten stiger. Hvor mye det koster å forflytte seg med personbil kontra andre transportformer vil også ha en innvirkning på antall kilometer kjørt med personbil. Vi har ikke funnet tall som beskriver utviklingen i kostnader for alternativ transport. Derfor har vi måttet ta til takke med å inkludere en indeks for utvikling i drivstoffkostnader for personbiler, istedenfor relativkostnaden ved bruk av personbil kontra alternativene. Selv om vi ikke har funnet relativkostnaden tror vi at en økning i drivstoffkostnadene isolert sett vil kunne redusere antall vognkilometer for personbil.

Utslipp per vognkilometer:

Den andre variabelen vi ønsker å forklare er gjennomsnittlig utslipp per kilometer for hele personbilparken. For å undersøke drivkreftene bak denne variabelen har vi spesifisert følgende modell:

$$utslippprkm_t = \beta_0 + \beta_1 * bensinpris_t + \beta_2 * dieselpri_t + \beta_3 * engangsavgiftdummy96_t + \beta_4 * engangsavgiftdummy07_t + \beta_5 * tekproxy_t + \beta_6 * andellby_t + e_t$$

De gjennomsnittlige utslippene per vognkilometer vil hovedsakelig påvirkes gjennom endringen av kjøretøyparken ved kjøp av nye biler og vraking av gamle. Utslippseffektive til de nye bilene relativt

² Personbelegg er gjennomsnittlig antall personer som fraktes per tur inkludert sjåføren

til bilene som vrakes, vil være avgjørende for utviklingen i utslipp per vognkilometer. Vi har derfor lagt vekt på å inkludere variabler som vil kunne ha innvirkning på nybilsalget, siden vi tror utslippsprofilen på nye biler er det som er mest avgjørende for utslippseffektiviteten.

Det er konsumentenes forventning om hva framtidig drivstoffpris vil være som vil påvirke hvilke type bil de vil kjøpe. Forventninger er alltid vanskelige størrelser å måle, men det er vanlig å anta at dagens priser danner utgangspunktet for forventninger om hva prisene vil bli framover. Basert på dette, samt et ønske om å holde modellen enkel, har vi derfor valgt å benytte oss av årsgjennomsnittet av realprisen for diesel og blyfri 95-prosent [3] som forklaringsvariabler i modellen.

Graden av differensiering av engangsavgiften er inkludert i modellen. Dette er gjort ved å lage to dummyvariabler. Den første dummyen markerer omleggingen fra differensiering på vekt til å differensiere på, vekt, slagvolum og effekt, gjennomført i 1996. Den andre dummyvariabelen markerer omleggingen fra differensiering på slagvolum til differensiering på CO₂-utslipp. Alle disse komponentene vil ha en påvirkning på utslipp per vognkilometer og avgiften er konstruert på en måte som gjør biler med lav vekt, lite slagvolum, lav effekt og lave CO₂-utslipp blir relativt billigere. Denne differensieringen er blitt skjerpet over tid noe som har gitt sterke incentiver til å kjøpe mer utslippseffektive biler. Med dummyvariablene ønsker vi å fange opp effekten av de to endringene som i størst grad har vridd avgiften mot å differensiere på CO₂-utslipp. Ved å bruke dummyvariabler vil vi ikke fange opp de mer gradvise justeringene av avgiften.

Fordi teknologiutvikling er avgjørende for at utslipp per vognkilometer skal kunne endre seg har vi valgt å inkludere en variabel for dette også. På denne måten håper vi å kunne teste om det er teknologiutviklingen i seg selv som har påvirket utslippene eller om engangsavgiften eller kombinasjonen av de to er avgjørende. Variabelen for teknologiutvikling er, i likhet med engangsavgiften, en proxy-variabel. Resultatet er derfor avhengig av hvor godt teknologiutviklingen av Toyota Corolla samsvarer med den generelle teknologiutviklingen for personbiler.

Ved siden av utslippsprofilen på nybilsalget vil måten bilene kjøres på ha en innvirkning på utslipp per vognkilometer. Kjøremåte er det er vanskelig å finne et godt statistisk mål på, men vi har valgt å inkludere andelen av befolkning som bor i by for å fange opp dette. Antagelsen bak er at bykjøring gir høyere utslipp per vognkilometer enn landeveiskjøring, og at urbanisering derfor isolert sett vil gi høyere utslipp per vognkilometer.

Vi har valgt å holde virkemidler innrettet mot bruk av el-biler og liknende kjøretøy utover innretningen på engangsavgiften utenfor modellen. Dette er gjort delvis fordi vi antar at effekten av disse virkemidlene ikke har vært avgjørende for utslippsutviklingen på makronivå fram til i dag og delvis fordi det kan være vanskelig å modellere en del av disse virkemidlene.

Gjennomføring av regresjonsanalyse og tolkning av resultater

Etter å ha spesifisert årsakssammenhengene vi ønsker testet, har vi benyttet STATA til å gjøre regresjonene. Regresjonsanalysen gir et anslag på parameterverdiene (β -ene i likningene ovenfor), og tester om disse er statistisk ulik null (signifikant). Det vil si at vi ved å gjennomføre en regresjonsanalyse får svar på hvilke variabler som virker å være av betydning for trenden vi ønsker å forklare, basert på det datagrunnlaget vi har tilgjengelig. På grunn av at tidsseriene er korte og

datasettet mangelfullt vil vi ikke legge for mye i de konkrete estimatene som fremkommer i regresjonsanalysen.

Vognkilometer

Tabell 1

Resultatet fra regresjon av:

$$\text{Vognkm}_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{realinntekt}_t + \beta_2 \cdot \text{drivstoffkostnad}_t + \beta_3 \cdot \text{befolkning}_t + \beta_4 \cdot \text{personbelegg}_t + \beta_5 \cdot \text{andelby}_t + e_t$$

Source	SS	df	MS	Number of obs = 18		
Model	74488528.3	5	14897705.7	F(5, 12) = 73.78		
Residual	2423043.33	12	201920.278	Prob > F = 0.0000		
Total	76911571.6	17	4524210.09	R-squared = 0.9685		
				Adj R-squared = 0.9554		
				Root MSE = 449.36		

vognkm	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
realinntekt	.0199466	.0085818	2.32	0.038	.0012486	.0386447
drivstoffkostnad	-1.073928	15.59013	-0.07	0.946	-35.04191	32.89406
befolkning	-.0036855	.0087414	-0.42	0.681	-.0227314	.0153603
personbelegg	-29734.92	16328.51	-1.82	0.094	-65311.7	5841.856
andelby	28924.27	37454.91	0.77	0.455	-52682.98	110531.5
_cons	66037.42	45891.36	1.44	0.176	-33951.27	166026.1

Justert R^2 er et mål på modellens totale forklaringskraft. F-testen tester hypotesen at ingen av våre forklaringsvariabler har noe forklaringskraft. F-verdien anvendes som input i F-testen og høyere F-verdi vil gi lavere verdi i F-testen.

Våre resultater viser at for vognkilometer totalt er det kun realinntekt som er signifikant på et 5 % -signifikansnivå. Dette indikerer at det hovedsakelig er realinntekten som har en påvirkning på utviklingen i vognkilometer av alle variablene spesifisert i likningen. Personbelegg er signifikant på 10 % -signifikansnivå, som indikerer at også denne variabelen kan ha en viss betydning. Ingen av de andre variablene virker å ha en betydelig påvirkning på trenden vi ønsker å forklare.

Grunnen til at vi oppnår disse resultatene kan være at vi ikke har klart å finne de riktige årsakssammenhengene, eller at det forekommer metodefeil i estimeringen. Våre korte tidsserier utgjør også en stor utfordring, da en kort tidsserie egentlig ikke er egnet til å gjøre regresjonsanalyser med såpass mange forklaringsvariabler. Selv om kun en av forklaringsvariablene fremstår som signifikant, tilsier en relativt høy R^2 at vi har klart å forklare en god del av variasjonen i vognkilometer totalt³. Disse to tilsynelatende motstridende resultatene indikerer at det kan være metodefeil i regresjonen. Det kan imidlertid også bety at modellen består av variabler som har sammenfallende trender uten at det eksisterer et klart årsaks – virkningsforhold.

³ R^2 er et mål på hvor mye av variasjonen i den avhengige variabelen (vognkilometer totalt og utslipp per vognkilometer i vår analyse) modellen er i stand til å forklare.

Utslipp per vognkilometer

Tabell 2

Resultat fra regresjon av:

$$utslipp_{prkm}_i = \beta_0 + \beta_1 * bensinpris_i + \beta_2 * dieselpris_i + \beta_3 * engangsvgiftdummy96_i + \beta_4 * engangsvgiftdummy07_i + \beta_5 * tekproxy_i + \beta_6 * andelby_i + e_i$$

Source	SS	df	MS	Number of obs =	21
Model	.004273532	6	.000712255	F(6, 14) =	121.19
Residual	.000082278	14	5.8770e-06	Prob > F =	0.0000
Total	.00435581	20	.00021779	R-squared =	0.9811
				Adj R-squared =	0.9730
				Root MSE =	.00242

utslipp_{prkm}	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
bensinpris	-.0012171	.0011889	-1.02	0.323	-.003767	.0013328
dieselpris	-.0010676	.0005644	-1.89	0.079	-.002278	.0001429
engangsvgiftdummy96	.0001843	.0038217	0.05	0.962	-.0080124	.008381
engangsvgiftdummy07	-.0092338	.0026238	-3.52	0.003	-.0148614	-.0036062
tekproxy	.0543037	.0345855	1.57	0.139	-.0198747	.1284822
andelby	-.2117774	.0549234	-3.86	0.002	-.3295764	-.0939784
_cons	.3501025	.0630075	5.56	0.000	.2149647	.4852402

Justert R^2 er et mål på modellens totale forklaringskraft. F-testen tester hypotesen at ingen av våre forklaringsvariabler har noe forklaringskraft. F-verdien anvendes som input i F-testen og høyere F-verdi vil gi lavere verdi i F-testen.

For utslipp per vognkilometer er andelen av befolkning som bor i by og omleggingen av engangsvgiften i 2007 signifikante på 5 % -signifikansnivå. For andel av befolkningen som bor i by er imidlertid koeffisienten negativ, noe som strider med antagelsen om at økt bykjøring vil gi høyere gjennomsnittlig utslipp per vognkilometer. Det kan være flere grunner til dette; vår antagelse kan være feil, det forekommer metodefeil i regresjonen, sammenhengen er tilfeldig eller resultatet kan avspeile en annen sammenheng enn det vi forsøkte å teste. På 10 % -signifikansnivå er også dieselprisen signifikant. De andre forklaringsvariablene ser ikke ut til å ha en betydelig påvirkning på utslippene per vognkilometer. Vi tester gyldigheten av resultatene i neste steg.

Test for multikolinearitet og revidering av modellene

Multikolinearitet

Typisk for regresjoner der få eller ingen av forklaringsvariablene fremstår som signifikante er kolinearitet eller multikolinearitet. Det vil si at forklaringsvariablene i stor grad samvarierer med hverandre og har et tilnærmet lineært forhold. Dette gjelder også våre likninger. For eksempel er det grunn til å tro at personbelegg i stor grad påvirkes av inntektsnivå fordi høyere inntekt gjør at flere har råd til å kjøpe bil, og når flere har bil er det grunn til å tro at personbelegget per tur reduseres. På samme måte er det grunn til å tro at bensin og dieselprisen er sterkt korrelerte, fordi begge er avhengige av oljeprisen og produktene er pålagt flere av de samme avgiftene. For å sjekke om det er

problemer med (multi-)kolinearitet i våre modeller sjekker vi korrelasjonen mellom forklaringsvariablene. En tommelfingerregel for regresjonsanalyser er at dersom to av forklaringsvariablene har en korrelasjonskoeffisient på 0,8 eller mer (i absoluttverdi) bør en av variablene utelates.

Vognkilometer totalt

Tabell 3

Korrelasjonsmatrise: Vognkilometer totalt

	realin~t	drivst~d	befolk~g	person~g	andelby
realinntekt	1.0000				
drivstoffk~d	0.6825	1.0000			
befolkning	0.9509	0.7544	1.0000		
personbelegg	-0.9371	-0.7986	-0.9764	1.0000	
andelby	0.9422	0.7096	0.9879	-0.9479	1.0000

Fra korrelasjonsmatrisen over kommer det tydelig fram at det er svært høy korrelasjon mellom realinntekt, folkemengde, personbelegg og befolkningstetthet. Som nevnt i eksempelet over er det ikke overraskende at inntekt og personbelegg samvarierer. Grunnen til at korrelasjon mellom inntekt og befolkning er så høy er trolig at begge deler har vokst relativt jevnt i perioden, snarere enn at det er et veldig tydelig årsaksforhold mellom dem. Det samme kan være tilfellet for samvariasjonen mellom inntekt og befolkningstetthet, selv om det også kan være argumenter for årsakssammenhenger her. Uansett grunn til samvariasjon er korrelasjonen mellom disse variablene så høy at vi er nødt til å utelate tre av dem. Fordi inntekt fremstår som den mest signifikante av de tre er det mest hensiktsmessig å beholde denne variabelen i modellen. En annen grunn til å beholde inntekt som variabel er at vi har en antagelse om at dersom det er en årsakssammenheng til stede det er inntekt som påvirker de andre variablene og ikke motsatt. De tre andre utelates fra den videre analysen. Vi anser det som mest problematisk å utelate befolkning fra modellen. Grunnen til dette er at vi anser det som svært sannsynlig at befolkningsstørrelsen vil påvirke totalt antall vognkilometer direkte. Ved å utelate befolkningsstørrelse fra modellen kan vi få en overestimering av realinntektens betydning for vognkilometer i og med at realinntekt er så sterkt korrelert med befolkningsstørrelse.

For de andre forklaringsvariablene er ikke korrelasjonen så høy at vi anser det som nødvendig å justere likningen ytterligere.

Utslipp per vognkilometer

Tabell 4

Korrelasjonsmatrise: Utslipp per vognkilometer

	bensin~s	diesel~s	engan~96	engan~07	tekproxy	andelby
bensinpris	1.0000					
dieselpris	0.9014	1.0000				
engangsav~96	0.7403	0.8241	1.0000			
engangsav~07	0.6141	0.4626	0.3220	1.0000		
tekproxy	-0.8010	-0.8477	-0.9467	-0.3295	1.0000	
andelby	0.8639	0.8171	0.7646	0.6895	-0.8258	1.0000

Som vi kan se av korrelasjonsmatrisen så er det en betydelig grad av samvariasjon mellom forklaringsvariablene. Bensin- og dieselpris er ikke overaskende høyt korrelert. Dette kommer trolig av at begge disse prisene i stor grad styres av prisen på olje. Det er også betydelig sammenfall av avgifter på disse to produktene. Det er derimot vanskeligere å begrunne hvorfor dieselprisen skal være så sterkt korrelert med omleggingen av engangsavgiften i 1996. En mulighet kan være at omleggingen av engangsavgiften i 1996 har sammenfalt med økte avgifter på diesel og/eller høyere oljepris. At befolkningstetthet korrelerer med diesel- og bensinpris anser vi som tilfeldig.

Proxy-variabelen for teknologiutvikling korrelerer med befolkningstettheten, drivstoffprisene og *engangsavgiftdummy96* med mer enn 0,8. Grunnen til dette kan være at omleggingen av engangsavgiften i retning mer drivstoffeffektive biler sammenfalt med liknende vridning av fokus og virkemidler i resten av verden, og at bilprodusentene derfor har tilpasset seg dette og styrt teknologiutviklingen deretter. Det er etter vår oppfatning ingen åpenbare grunner til at korrelasjonen mellom befolkningstetthet og drivstoffeffektivisering av Toyota Corolla skal være så høy. Korrelasjonen med drivstoffprisene kan skyldes at høyere oljepris har ført til økte drivstoffpriser verden over, som igjen har forårsaket økt etterspørsel etter drivstoffeffektive biler og dermed presset fram en teknologiutvikling. Fordi vi anser det som sannsynlig at det er offentlige virkemidler og drivstoffprisene som har påvirket teknologiutviklingen og ikke omvendt velger vi å utelukke teknologi-proxyen fra videre modeller.

Vi anser bensin- og dieselprisen som like relevante for utviklingen i utslipp per vognkilometer. Derfor benytter vi gjennomsnittet av bensin- og dieselprisen som et mål på drivstoffpris isteden for å velge en av dem. Korrelasjonen mellom denne variabelen og resten av forklaringsvariablene er som følger:

Tabell 5

Revidert korrelasjonsmatrise: Utslipp per vognkilometer

	drivst~s	engan~96	engan~07	andelby
drivstoffp~s	1.0000			
engangsav~96	0.7939	1.0000		
engangsav~07	0.5425	0.3068	1.0000	
andelby	0.8126	0.7337	0.7239	1.0000

Vi ser av tabellen over at overgangen til snittpris på drivstoff gjør at vi nå kan inkludere denne variabelen i samme regresjon som engangsavgiftdummy96. Befolkningstetthet er derimot fortsatt for sterkt korrelert til å bli inkludert i samme modell som drivstoffpris. Vi velger derfor å ekskludere befolkningstettheten som forklaringsvariabel, selv om den fremsto som signifikant i den opprinnelige regresjonen. Dette gjør vi fordi vi anser det som lite sannsynlig at økt befolkningstetthet gir lavere utslipp per vognkilometer og at resultatet over derfor ikke representerer en reell årsakssammenheng. Vi tror også at drivstoffpris kan være en viktig forklaringsvariabel, underbygget av at dieselpriis var signifikant på 10 % signifikansmodell i første regresjon, noe som også ekskluderer *andelby* som forklaringsvariabel.

Revidering av modellene

På bakgrunn av informasjonen fra korrelasjonsmatrisene og vurderingene forklart over kan vi nå revidere modellene våre:

Vognkilometer

Tabell 6

Resultatet fra regresjon av revidert modell:

$$Vognkm_t = \beta_0 + \beta_1 * realinntekt_t + \beta_2 * drivstoffkostnad_t + e_t$$

Source	SS	df	MS	Number of obs = 21		
Model	155779685	2	77889842.3	F(2, 18) = 284.65		
Residual	4925478.5	18	273637.695	Prob > F = 0.0000		
Total	160705163	20	8035258.16	R-squared = 0.9694		
				Adj R-squared = 0.9659		
				Root MSE = 523.1		

vognkm	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
realinntekt	.0444501	.0038593	11.52	0.000	.036342	.0525582
drivstoffkostnad	26.65213	12.29001	2.17	0.044	.8317844	52.47248
_cons	7947.959	888.8603	8.94	0.000	6080.533	9815.385

Etter å ha revidert modellen for vognkilometer ser vi at både realinntekt og drivstoffkostnad er signifikante på 5 % -signifikansnivå. Modellen indikerer med andre ord at både realinntekt og drivstoffkostnad påvirker totalt antall vognkilometer. Imidlertid er koeffisienten til drivstoffkostnad positiv, hvilket indikerer at høyere kostnad pr kjørte kilometer har ført til flere antall vognkilometer. Dette bryter med mikroøkonomisk teori som hypotesene våre bygger på. Vår tolkning er derfor at resultatet ikke avspeiler en reell årsakssammenheng og at drivstoffkostnad kan fjernes fra modellen uten at resultatet vil forringes. Ytterligere revidering av modellen gir da følgende resultat:

Tabell 7

Resultatet fra regresjon av revidert modell:

$$\text{Vognkm}_i = \theta_0 + \theta_1 * \text{realinntekt}_i + e_i$$

Source	SS	df	MS	Number of obs =	21
Model	154492812	1	154492812	F(1, 19) =	472.50
Residual	6212351.05	19	326965.845	Prob > F =	0.0000
				R-squared =	0.9613
				Adj R-squared =	0.9593
Total	160705163	20	8035258.16	Root MSE =	571.81

vognkm	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
realinntekt	.0513822	.0023638	21.74	0.000	.0464347 .0563297
_cons	9123.613	769.9805	11.85	0.000	7512.025 10735.2

Som vi ser av tabellen er forklaringsevnen til modellen tilsynelatende svært høy, med en justert R^2 -verdi på nesten 0,96, marginalt lavere enn når drivstoffkostnaden var inkludert. Den estimerte verdien for β_1 ovenfor sier hvor mye vår modell anslår at totalt antall vognkilometer vil øke dersom realinntekten øker med en krone. På grunn av få observasjoner er dette et estimat det er festet stor usikkerhet til og er ikke egnet som et konkret anslag, men det kan likevel gi oss en indikasjon om størrelsesorden.

Utslipp per vognkilometer

Tabell 8

Resultatet fra regresjon av revidert modell:

$$\text{utslippprkm}_i = \theta_0 + \theta_1 * \text{drivstoffpris}_i + \theta_3 * \text{engangsavgiftdummy96}_i + \theta_4 * \text{engangsavgiftdummy07}_i + e_i$$

Source	SS	df	MS	Number of obs =	21
Model	.004089582	3	.001363194	F(3, 17) =	87.05
Residual	.000266228	17	.00001566	Prob > F =	0.0000
				R-squared =	0.9389
				Adj R-squared =	0.9281
Total	.00435581	20	.00021779	Root MSE =	.00396

utslippprkm	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
drivstoffpris	-.0034042	.0009725	-3.50	0.003	-.0054559 -.0013525
engangsavgiftdummy96	-.0104177	.0032401	-3.22	0.005	-.0172537 -.0035817
engangsavgiftdummy07	-.0158038	.0026983	-5.86	0.000	-.0214966 -.0101109
_cons	.2521421	.0080599	31.28	0.000	.2351372 .2691471

Etter å ha revidert modellen ser vi at alle forklaringsvariablene er signifikante på 5 % -signifikansnivå. Modellen indikerer med andre ord at drivstoffprisen og de to omleggingene av engangsavgiften har bidratt til å redusere utslipp per vognkilometer. Dette er i tråd med vår hypotese om

årsakssammenhenger. Forklaringsevnen til modellen er også tilsynelatende svært høy med justert R^2 -verdi på nesten 0,93.

Test for utelatte forklaringsvariabler og autokorrelasjon

Selv om vi har justert modellene for kollinearitet kan det fortsatt forekomme andre former for metodefeil som kan gjøre resultatene feilaktige eller mindre robuste. I den videre testingen av metodefeil har vi kun vurdert de reviderte modellene.

Utelatte forklaringsvariabler

For å sjekke for problemer med utelatte variabler har vi beregnet korrelasjonen mellom forklaringsvariablene og restleddene. Verken vognkilometer eller utslipp per vognkilometer ser ut til å korrelere i nevneverdig grad med restleddene for de to reviderte modellene. Dette er en indikasjon på at ingen variabler med stor forklaringskraft er utelatt fra regresjonsmodellen, selv om vi ikke kan utelukke det helt.

Tabell 9

Korrelasjonsmatrise: Vognkilometer, restledd

	vognkm restledd	
vognkm	1.0000	
restledd	0.1966	1.0000

Tabell 10

Korrelasjonsmatrise: Utslipp per vognkilometer, restledd

	utslip~m restledd	
utslipp~m	1.0000	
restledd	0.2472	1.0000

Autokorrelasjon

Vi sjekket graden av autokorrelasjon i begge regresjoner ved å kontrollere korrelasjonen mellom restleddene (e_t, e_{t-1}).

Vognkilometer

Tabell 11

Korrelasjonsmatrise: Vognkilometer restledd, restledd med lag

		L.	
		restledd	restledd
restledd			
--.		1.0000	
L1.		0.5005	1.0000

Korrelasjonen mellom restleddene for modellen for vognkilometer indikerer at det kan være noe autokorrelasjon. Vi har derfor gjort en Durbin-Watson test, men resultatet var ikke entydig. Vi kan derfor ikke utelukke autokorrelasjon.

Durbin-Watson d-statistic(2, 21) = .9837387

Det er mulig at den observerte korrelasjonen mellom restleddene kan stamme fra at vi har utelatt en eller flere variabler som kan være av betydning. Dette på tross av at korrelasjonen mellom restledd og vognkilometer er lav. Blant annet anser vi det som sannsynlig at befolkningsøkning vil generere mer bruk av privatbil, spesielt ettersom noe av befolkningsøkningen i Norge i det senere år er arbeidsinnvandring som innebærer at personer gamle nok til å kjøre bil kommer til landet. Vi vet også fra første regresjonsmodell at personbelegg er en signifikant forklaringsvariabel og dette kan forstyrre resultatene. På grunn av disse elementene har vi foretatt noen sideregresjoner blant annet av vognkilometer per innbygger, for å undersøke hvor sterkt årsaksforholdet mellom realinntekt og vognkilometer er. Resultatene presenteres i vedlegg 3 og indikerer at realinntekt har stor forklaringskraft for vognkilometer per innbygger. Dette styrker vår opprinnelige hypotese om at realinntekt påvirker vognkilometer totalt. Vi ser også at drivstoffkostnad ikke er signifikant for vognkilometer per innbygger og dette styrker argumentet for å fjerne denne som forklaringsvariabel også for regresjonen av vognkilometer totalt.

Utslipp per vognkilometer

Tabell 12

Korrelasjonsmatrise: Utslipp per vognkilometer restledd, restledd med lag

		L.	
		restledd	restledd
restledd			
--.		1.0000	
L1.		0.2769	1.0000

I modellen for utslipp per vognkilometer er korrelasjonen mellom restleddene lav, men resultatet fra Durbin-Watson testen gjør at vi ikke kan utelukke autokorrelasjon.

Durbin-Watson d-statistic(4, 21) = 1.442604

Vi anser likevel faren for autokorrelasjon som lav og beholder modellen som den er.

Grafisk fremstilling av modellens forklaringsevne For å få en bedre innsikt i hvor godt modellene vi har kommet frem til kan forklare observasjonene, har vi latt modellene estimere verdier for totalt antall vognkilometer og utslipp per vognkilometer. Vi har deretter sammenliknet disse estimerte verdiene med de faktiske verdiene for disse variablene.

Vognkilometer

Figur 2



Av grafen over ser vi at de estimerte verdiene for antall vognkilometer totalt samsvarer relativt godt med de observerte dataene. Modellen ser ut til å treffe noe bedre i siste halvdel av perioden enn i første.

Utslipp per vognkilometer

Figur 3

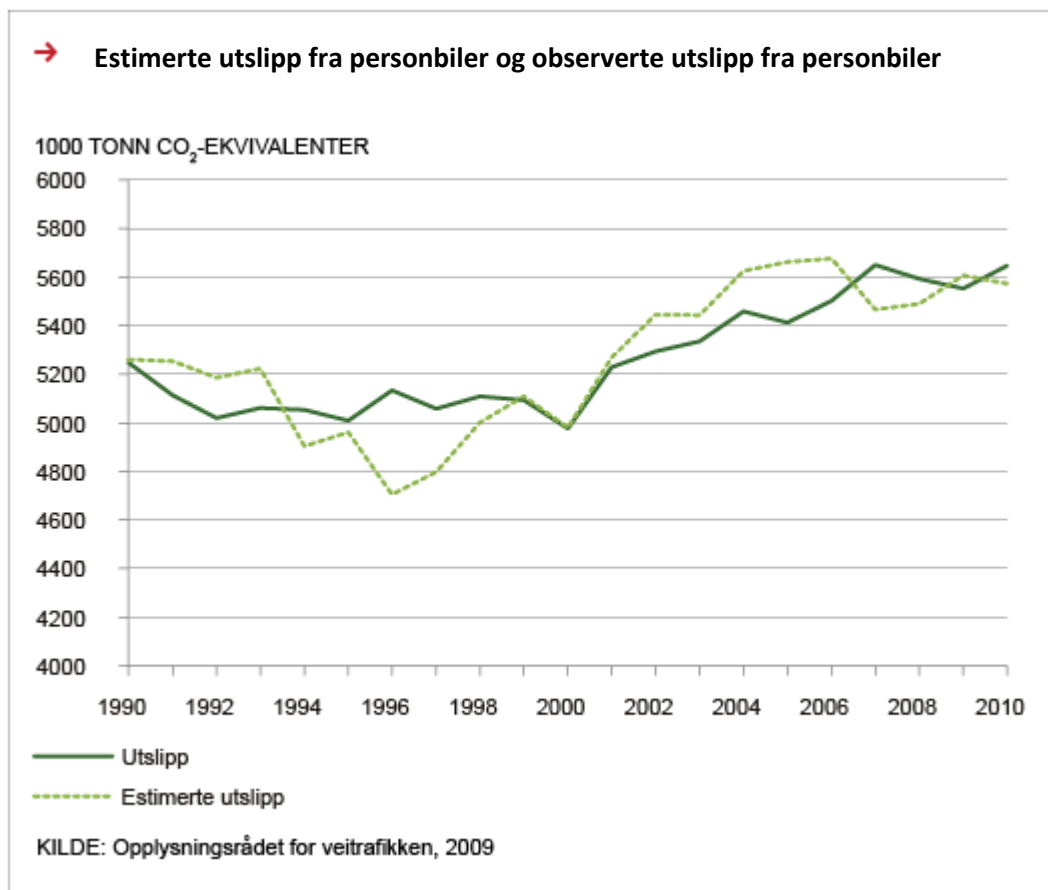


Også for utslipp per vognkilometer ser de Estimerte dataene ut til å samsvare relativt godt med de observerte dataene. Modellen bommer mest i årene rundt 2001-2003 og 2008-2009. Det kommer trolig av at dette er de eneste årene i perioden der det er et fall i realprisen på bensin, og modellen ser ut til å overdrive hvilken effekt dette vil ha på utslipp per vognkilometer. Overestimatet kan forklares med at det i realiteten er konsumentenes forventning om fremtidig bensinpris som vil påvirke valg av bil. Dersom konsumentene tror et fall i bensinprisen kun er midlertidig vil effekten dette har på valg av bil og utslipp per vognkilometer være minimal. Det kan også se ut til at modellen overvurderer den umiddelbare effekten av den kraftige omleggingen av engangsavgiften i 1996. Dette kan forklares med at det tar lenger tid enn modellen vår anslår før en stor nok del av bilparken er blitt skiftet ut. De største svakhetene med vår modell synes altså å være at den overvurderer effekten av et fall i realprisen på bensin og at den overvurderer den umiddelbare effekten av differensieringen av engangsavgiften.

Totalt utslipp fra personbiler

Fordi hovedformålet med analysen var å forklare klimagassutslipp fra personbiler i Norge, er det interessant å vurdere hvor godt modellene våre treffer på aggregert nivå. Under har vi derfor vist en figur der observerte totale utslipp av klimagasser vises sammen med estimerte verdier for totalt antall vognkilometer ganget med estimerte verdier for utslipp per vognkilometer, det vil si estimerte totale utslipp.

Figur 4



Som vi ser av diagrammet virker vår enkle modell å kunne estimere relativt godt hva de årlige utslippene av klimagasser fra personbiler i Norge er kun ut ifra fire variabler. Vi ser likevel at modellen treffer dårligst rundt 1996-1997, og forklaringen her er, som nevnt over, at den umiddelbare effekten av omleggingen av engangsavgiften overvurderes i vår modell. Vi ser videre at også den aggregerte modellen overdriver effekten av et fall i bensinprisen i periodene 2001-2003 og 2008-2009. For å forbedre treffsikkerheten kan vi utvide modellen for å søke å forklare engangsavgiftens innvirkning bedre. Dette kan gjøres på flere forskjellige måter, men siden vi kun ønsker å belyse hvilke forhold som påvirker utslippene, har vi ikke ansett dette som nødvendig. Dette medfører imidlertid at vi må være spesielt varsomme med å bruke vår modell til å estimere den umiddelbare effekten av en eventuell ny større omlegging av engangsavgiften.

Konklusjoner fra analysen

Selv om det kan virke komplisert å skulle forklare hva som påvirker utslippene fra personbiltransporten viser vår analyse at utviklingen i hovedsak kan forklares ved hjelp av de fire variablene: realinntekt, bensinpris og omlegging av engangsavgiften i 96 og 07.

Realinntekten virker inn på de totale utslippene gjennom påvirkningen på kjørelengde. Våre analyser viser, kanskje noe overraskende, at utviklingen i kjørelengde kan modelleres med kun realinntekten som forklaringsvariabel. Dette kan også forklares intuitivt, siden inntekten vil påvirke andre mulige forklaringsvariabler, som for eksempel personbelegg. Med stigende realinntekt vil vi forvente at kjørelengden også i fremtiden vil øke, gjennom at etterspørselen etter persontransport øker, når flere får råd til å kjøpe og bruke bil. Dette vil isolert sett bidra til høyere utslipp av CO₂.

Analysen viser at de endringene som har vært i drivstoffkostnadene har hatt liten innvirkning på den totale kjørelengden, men drivstoffprisene har påvirket nybilsalget og dermed også utslippene per vognkilometer. Vi mener likevel at det er å forvente at drivstoffkostnadene vil ha en innvirkning på transportomfanget, dersom endringen i prisene er stor nok og drivstoffeffektiviseringen stagnerer. Med flere observasjoner, vil variasjonen i datasettet typisk øke, og det vil det være større sannsynlighet for å finne effekter som ikke fanges opp i denne analysen. Andre studier, som for eksempel analyser gjort med veitransportmodeller i Klimakur 2020 [1], har vist at de totale CO₂-utslippene først vil reduseres i stort omfang dersom prisen på drivstoff dobles eller tredobles.

Differensieringen av engangsavgiften har en betydelig effekt på nybilsalget, og vil dermed også påvirke de totale utslippene av CO₂ fra bilparken gjennom reduserte utslipp per kjørte kilometer. Våre resultater ser ut til å overvurdere den umiddelbare effekten av en omlegging av engangsavgiften, men den treffer godt med den observerte utslippstrenden. Vi vil dermed kunne forvente at en ytterligere differensiering av engangsavgiften vil redusere utslipp per kjørte kilometer, og at dette isolert sett vil redusere de totale utslippene av CO₂. Denne utviklingen er imidlertid sterkt avhengig av at teknologiutviklingen ikke stagnerer. Vista analyses rapport 2011/20 påpeker at mye av energieffektiviseringen allerede er tatt ut gjennom dagens differensiering av engangsavgiften og at det derfor er urealistisk at ytterligere differensiering vil gi store utslippsreduksjoner.

Resultatene fra denne analysen må brukes med varsomhet. Analysen er i hovedsak begrenset av korte tidsserier. Samtidig vil vi påpeke at variasjonen i enkelte forklaringsvariabler, spesielt drivstoffprisen, har vært så liten i den perioden vi har undersøkt at vi vet lite om hvordan utslippene vil utvikle seg dersom de skulle begynne å variere mer. Det at vi ender opp med kun fire forklaringsvariabler er også åpenbart en forenkling av virkeligheten. Selv om vi med disse fire trolig har funnet de variablene med størst innvirkning vil vi med et større datamateriale, for eksempel ved å analysere diesel- og bensinbiler hver for seg, kunne fange opp større variasjon og muligens identifisere flere signifikante forklaringsvariabler. Analysen kan med fordel også gjentas når tidsseriene har blitt lengre.

Modellens beskrivelse av virkeligheten kan også testes ytterligere ved å se hvordan den klarer å predikere fremtidige utslippstall for personbiltransport når disse foreligger

Vedlegg 1 Datagrunnlag

	Utslipp, personbil [4] ⁴	Vognkm, personbil [4]	CO2 per vognkm, personbil [4]	Pers. belegg [5]	Realpris 95 blyfri [3]	Realpris, diesel [3]	Realinntekt (median) [6]	Engangsavgift [7]		Motorutvikling Corolla [8]	Befolkning [9]	Andel by [10]
År	ktonn CO2	mill. km	g.CO2/km	per tur	Kr/liter	Kr/liter	Kr.	Dummy 96	Dummy 07	liter pr mil		% bosatt i by
1989	5 157			1.84	8.22	3.83		-	-	0.94		72.3
1990	5 247	22 740	231	1.83	8.63	4.46	267 800	-	-	0.94	4 220 686	73.2
1991	5 113	22 440	228	1.82	9.56	5.13	272 600	-	-	0.90	4 233 116	73.5
1992	5 020	22 183	226	1.82	9.83	4.73	266 300	-	-	0.87	4 249 830	73.8
1993	5 061	22 533	225	1.82	10.12	5.76	273 900	-	-	0.90	4 273 634	74.0
1994	5 053	22 983	220	1.81	10.07	9.11	257 300	-	-	0.90	4 299 167	73.9
1995	5 009	23 076	217	1.80	10.44	9.61	265 300	-	-	0.87	4 324 815	74.2
1996	5 133	23 586	218	1.79	10.49	10.05	265 300	1	-	0.81	4 348 410	74.4
1997	5 058	24 257	209	1.78	11.04	10.05	276 100	1	-	0.81	4 369 957	74.6
1998	5 109	24 468	209	1.77	10.81	10.01	294 300	1	-	0.78	4 392 714	76.7
1999	5 094	24 659	207	1.77	11.32	10.28	307 600	1	-	0.78	4 417 599	77.3
2000	4 976	24 992	199	1.77	12.55	11.91	306 800	1	-	0.78	4 445 329	76.9
2001	5 229	25 459	205	1.77	11.02	10.15	320 900	1	-	0.76	4 478 497	77.3
2002	5 293	26 012	203	1.76	10.40	9.36	331 700	1	-	0.76	4 503 436	77.6
2003	5 335	26 280	203	1.75	10.42	9.40	331 700	1	-	0.76	4 524 066	77.6
2004	5 458	26 880	203	1.74	11.03	9.56	352 000	1	-	0.76	4 552 252	77.6
2005	5 412	26 597	203	1.74	11.89	10.68	364 500	1	-	0.76	4 577 457	78.0
2006	5 502	27 723	198	1.70	12.53	11.20	371 200	1	-	0.76	4 606 363	78.3
2007	5 649	29 969	188	1.70	12.69	11.23	396 900	1	1	0.76	4 640 219	78.8
2008	5 592	30 396	184		13.11	12.85	410 300	1	1	0.76	4 681 134	78.9
2009	5 553	30 517	182		12.02	10.98	406 600	1	1	0.78	4 737 171	
2010	5 647	30 681	184		12.69	11.76	411 000	1	1	0.78	4 799 252	

⁴ Se vedlegg 2 for en kortfattet beskrivelse av hvordan utslippsregnskapet beregnes

Vedlegg 2 Beregning av utslipp til luft fra veitrafikk i Norge

Statistisk Sentralbyrå (SSB) vedlikeholder veimodellen som blir brukt for å beregne utslipp fra biler og andre transportmidler på vei i Norge. De norske utslippsberegningene fra veitrafikk er samkjørt med internasjonalt arbeid på området gjennom å bruke beregningsmodellen HandBook of Emission Factors for Road Transport (HBEFA).

Beregningene i veimodellen kan forenklet beskrives som

Utslipp = aktivitetsdata * utslippsfaktorer

Beregningene foregår på et detaljert nivå hva inndeling av kjøretøyparken angår. Kjøretøyene er delt inn i subsegmenter basert på kjøretøytype, motorvolum/totalvekt, drivstofftype, teknologiklasse. Et subsegment kan da for eksempel være "Euro-2 bensin personbil med motorvolum mellom 1,4 og 2,0 liter". De viktigste aktivitetsdataene som inngår i veimodellen er:

Kjøretøyer:

- Antall kjøretøy per segment og subsegment
- Aldersfordeling innad i hvert subsegment
- Antall dieserbiler med partikkelfilter for hvert subsegment hvert år

Kjørelengder:

- Antall kilometer kjørt for gjennomsnittsbilen i hvert subsegment
- Alderskorrigering av kjørelengder innad i hvert subsegment
- Andeler av kjøringen som foregår på ulike veityper/ i ulike hastigheter
- Antall stopp og lengden på disse/ antall starter/ antall turer

Drivstoff:

- Egenskaper ved drivstoff, som tidsserie (eks Euro-standard og bly- og svovelinnhold)

Ytre faktorer:

- Topografi (andeler av kjøring i oppoverbakke, nedoverbakke og flatt terreng)
- Temperatur, maks og min
- Atmosfærisk lufttrykk

Utslippsfaktorene fra håndboka (HBEFA) er valgt fordi det foreligger lite oppdatert nasjonal teknisk kompetanse om utslippsfaktorer. Det er imidlertid nødvendig med kunnskap om de utslippsfaktorene som benyttes i HBEFA, både for å ha kontroll på utslippsberegningene og for å kontrollere at utslippsfaktorene passer for norske forhold.

Beregningene basert på utslippsfaktorer fra modellen og aktivitetsdata sammenlignes med utslippene beregnet ut i fra salgstall for drivstoff. Top-down-beregningen av utslipp (dvs. salg av drivstoff) er høyere og brukes for å justere opp utslippene som beregnes bottom-up (dvs. veimodellen) for CO₂. Det er ikke avklart hvor uoverensstemmelsen mellom bottom-up- og top-down-beregningene stammer fra. Noen utslipp, for eksempel CO₂ og bly, er kun avhengige av drivstofforbruk og sammensetning av drivstoffet, mens andre utslipp, eksempelvis NO_x og lystgass (N₂O), avhenger av kjøremønster og motortemperatur. Det er derfor foretatt et valg om at bare CO₂-utslippene av klimagassene skal oppjusteres på bakgrunn av drivstoffsalg, mens de andre klimagassutslippene beholdes slik de fremkommer av bottom-up-beregningen.

Vedlegg 3 Modell for vognkilometer per innbygger

Befolkningsstørrelsen ble ekskludert fra modellen fordi den var for sterkt korrelert med realinntekten. Fordi vi benytter real medianinntekt som mål på inntekt er det ingen grunn til at det skal være en sterk årsakssammenheng mellom realinntektsvariabelen og befolkningsstørrelse. Derfor vil heller ikke endring i befolkningsstørrelsen påvirke realinntektsvariabelen og befolkningsvekstens påvirkning på vognkilometer vil derfor ikke fanges opp i modellen vår annet enn gjennom restleddet. Dette kan slå ut i autokorrelerte restledd. For å undersøke dette nærmere gjør vi en regresjon av vognkilometer per innbygger mot realinntekt, og undersøker om graden av autokorrelasjon reduseres av dette.

Tabell 1

Resultatet fra regresjon av revidert modell:

$$\text{Vognkmprcapita}_i = \beta_0 + \beta_1 * \text{realinntekt}_i + \beta_2 * \text{drivstoffkostnad}_i + e_i$$

Source	SS	df	MS	Number of obs =	21
Model	3.0228e-06	2	1.5114e-06	F(2, 18) =	170.15
Residual	1.5989e-07	18	8.8827e-09	Prob > F =	0.0000
				R-squared =	0.9498
				Adj R-squared =	0.9442
Total	3.1827e-06	20	1.5913e-07	Root MSE =	9.4e-05

vognkmprcapita	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
realinntekt	6.36e-09	6.95e-10	9.14	0.000	4.90e-09	7.82e-09
drivstoffkostnad	3.11e-06	2.21e-06	1.40	0.177	-1.54e-06	7.76e-06
_cons	.0032536	.0001601	20.32	0.000	.0029171	.00359

Resultatene fra regresjonen indikerer at realinntekt har stor forklaringskraft for vognkilometer per innbygger. Dette styrker vår opprinnelige hypotese om at realinntekt påvirker vognkilometer totalt. Vi ser også at drivstoffkostnad ikke er signifikant lenger og dette styrker argumentet for å fjerne denne som forklaringsvariabel også for regresjonen av vognkilometer totalt.

Tabell 2

Resultatet fra regresjon av revidert modell:

$$\text{Vognkmprcapita}_i = \theta_0 + \theta_1 * \text{realinntekt}_i + e_i$$

Source	SS	df	MS	Number of obs =	21
Model	3.0052e-06	1	3.0052e-06	F(1, 19) =	321.84
Residual	1.7742e-07	19	9.3377e-09	Prob > F =	0.0000
Total	3.1827e-06	20	1.5913e-07	R-squared =	0.9443
				Adj R-squared =	0.9413
				Root MSE =	9.7e-05

vognkmprca~a	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
realinntekt	7.17e-09	3.99e-10	17.94	0.000	6.33e-09 8.00e-09
_cons	.0033908	.0001301	26.06	0.000	.0031184 .0036631

Vi ser at modellens forklaringsevne er tilnærmet lik med kun realinntekt som forklaringsvariabel.

Tabell 3

Korrelasjonsmatrise: Vognkilometer, restledd

	restledd vognkm~a
restledd	1.0000
vognkmprca~a	0.2361 1.0000

Tabell 4

Korrelasjonsmatrise: Vognkilometer restledd, restledd med lag

	restledd restledd	L.
restledd	1.0000	
--.	0.3551	1.0000
L1.		

Fra tabellene over ser vi at korrelasjonen mellom restleddene har falt betydelig, som følge av at vi har endret spesifisering av modellen til vognkilometer per innbygger. Korrelasjonen mellom vognkilometer og restleddene er lav og indikerer at vi ikke har et stort problem med utelatte variabler. Resultatene fra Durbin-Watson testen er imidlertid ikke entydige, som gjør at vi ikke kan utelukke autokorrelasjon i modellen selv om verdien er svært nær øvre grense på 1.276.

$$\text{Durbin-Watson } d\text{-statistic}(2, 21) = 1.275397$$

Selv om modellen for vognkilometer per innbygger har lavere grad av autokorrelasjon, beholder vi modellen for vognkilometer totalt videre i analysen. Grunnen til dette er at det er utviklingen i total bruk av personbiler vi ønsker å forklare. Dersom vi tok mål av oss å kvantifisere koeffisienten for

realinntektens innvirkning på antall kjørte kilometer ville modellen for vognkilometer per innbygger kunne være mer egnet.

Referanser:

- [1] Klima- og forurensningsdirektoratet m/fl, «Klimakur 2020,» 2010.
- [2] Transportøkonomisk institutt, «TØI rapport 848/2006,» 2006.
- [3] Norsk Petroleumsinstitutt, «[www.np.no/priser,](http://www.np.no/priser/)» [Internett]. Available: <http://www.np.no/priser/>. [Funnet 20 oktober 2012].
- [4] SSB, *Veitrafikkmodellen, utslippsregnskapet*, 2012.
- [5] Transportøkonomisk institutt, «TØI rapport 1090/2010,» Transportøkonomisk institutt, Oslo, 2010.
- [6] SSB, «Realinntekt, Statistikkbanken tabell 04751,» [Internett]. Available: http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?Productid=05.01&PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selecttable/MenuSelP.asp&SubjectCode=05. [Funnet 20 oktober 2012].
- [7] TAD, «TAD rapport Norges avgiftshistorie 2011,» 2011.
- [8] www.fueleconomy.gov, [Internett]. Available: <http://www.fueleconomy.gov/feg/PowerSearch.do?action=noform&path=1&year1=1990&year2=1990&make=Toyota&model=Corolla&srctype=yym>. [Funnet 20 oktober 2012].
- [9] SSB, «Befolkning, Statistikkbanken tabell 07459,» [Internett]. Available: http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selecttable/MenuSelS.asp&SubjectCode=02. [Funnet 20 oktober 2012].
- [10] SSB, «Andelby, Statistikkbanken tabell 05212,» [Internett]. Available: http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?Productid=02.01&PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selecttable/MenuSelP.asp&SubjectCode=02. [Funnet 20 oktober 2012].
- [11] Vista Analyse, «Vista rapport 2011/20,» Vista Analyse, Oslo, 2011.

Klima- og forurensningsdirektoratet

Postboks 8100 Dep,
0032 Oslo

Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00

Telefaks: 22 67 67 06

E-post: postmottak@klif.no

www.klif.no

Om Klima- og forurensningsdirektoratet

Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) er fra 2010 det nye navnet på Statens forurensningstilsyn. Vi er et direktorat under Miljøverndepartementet med 325 ansatte på Helsfyr i Oslo. Direktoratet arbeider for en forurensningsfri framtid. Vi iverksetter forurensningspolitikken og er veiviser, vokter og forvalter for et bedre miljø.

Våre hovedoppgaver er å:

- redusere klimagassutslippene
- redusere spredning av helse- og miljøfarlige stoffer
- oppnå en helhetlig og økosystembasert hav- og vannforvaltning
- øke gjenvinningen og redusere utslippene fra avfall
- redusere skadevirkningene av luftforurensning og støy

TA-3026/2013