

Regine Meland Leksen

---

## **En analyse av ladestasjonnettverk og førstegangsregistrerte biler i Norge**

Masteroppgave våren 2019

OsloMet - Storbyuniversitet

Handelshøyskolen (HHS)

Masterstudiet i økonomi og administrasjon

## Sammendrag

Denne masteroppgaven studerer hvordan utbygging av ladestasjoner påvirker sammensetningen av førstegangsregistrerte biler i Norge. Regjeringen legger til grunn at alle nye personbiler skal være nullutslippskjøretøy i 2025. Utbygging av ladenettverk for elbiler er et verktøy som kan bidra til å nå dette målet. Jeg benytter teoretiske modeller for å predikere effekten av nye ladestasjoner, og tester så prediksjonene ved hjelp av empirisk analyse.

I den teoretiske delen sammenligner jeg tre modeller basert på Hotellings lineære by. Den første modellen, en såkalt singlehoming-modell beskriver hvordan utbygging av ladestasjoner påvirker konkurransen mellom konvensjonelle og elektriske biler når det antas at hver konsument kun kjøper én bil. Denne modellen predikerer at en økning i antall ladestasjoner vil føre til substitusjon fra konvensjonell bil til elbil blant konsumenter. I den andre og den tredje modellen tillates såkalt multihoming - at konsumenter kan kjøpe både konvensjonell bil og elbil. I et marked med multihoming vil utfallet være avhengig av hvordan utbygging av ladestasjoner påvirker betalingsvilligheten ved kjøp av en ekstra bil. Her sammenligner jeg to ulike modeller.

Den empiriske analysen baserer seg på data fra de 20 mest folkerike kommunene i Norge i tidsrommet 2010 til 2017. Her finner jeg at utbygging av ladestasjoner fører til en reduksjon i antall dieselbiler i de fleste kommunene, og en økning i antall elbiler i alle kommunene. Reduksjonen i antall dieselbiler er større enn økningen i antall elbiler, noe som taler for at utbygging av ladestasjoner bidrar til mindre multihoming.

## **Abstract**

This master thesis analyzes how extending the network of charging stations for electric cars affect the sales of new cars in Norway. The Norwegian Government has stated that all new cars should be zero-emission cars by 2025. Building chargers for electric cars is one tool to reach that goal. I use theoretical models to predict the effect of this tool on the Government's goal, as well as an empirical analysis which tests these predictions.

I employ three different Hotelling style models. One is a singlehoming model, where consumers can buy either a conventional car or an electric car. This model predicts that increasing the network of chargers leads to a substitution from conventional to electric cars. The other two models allows for multihoming, i.e. allowing consumers to buy both a conventional and an electric car. Here, the outcome will depend on how the increase in chargers affect the willingness to pay for a second car.

The empirical study is based on data from the 20 most populous municipalities in Norway in the years 2010 to 2017. Here, I find that increasing the network of chargers leads to a reduction in the number of diesel cars in most municipalities, and an increase in the number of electric cars in all municipalities. The reduction in the number of diesel cars is greater than the increase in electric cars, indicating that the extra chargers lead to less multihoming behavior.

## **Forord**

Denne masteroppgaven er skrevet som en avsluttende del av masterstudiet i økonomi og administrasjon ved Handelshøyskolen ved OsloMet - Storbyuniversitetet. Jeg har kombinert min interesse for næringsøkonomi og klimakamp for å belyse et tema som er svært aktuelt for Norges klimapolitikk.

Takk til min bror, Mikael Meland Leksen, for gode råd, tålmodighet og spennende diskusjoner. Jeg vil takke min veileder Mads Greaker for gode innspill, engasjement og støtte gjennom hele prosessen. Jeg setter stor pris på interessen han har vist, og alle tilbakemeldinger jeg har fått.

# Innhold

<b>1 Innledning</b>	<b>5</b>
1.1 Problemstilling . . . . .	7
1.2 Metode . . . . .	7
<b>2 Norges satsing på elbiler</b>	<b>9</b>
2.1 Elbilpolitikk som virkemiddel i klimapolitikk . . . . .	10
2.1.1 Ladestasjoner som virkemiddel . . . . .	11
2.1.2 Miljøeffekt av lading . . . . .	13
<b>3 Litteraturgjennomgang</b>	<b>14</b>
3.1 Produktdifferensiering . . . . .	14
3.2 Hotellings Lineære by . . . . .	16
3.2.1 Multihoming . . . . .	18
3.3 Nettverkseksternaliteter . . . . .	21
<b>4 Teoretiske modeller</b>	<b>25</b>
4.1 Markedet . . . . .	25
4.2 Singlehomers . . . . .	25
4.2.1 Etterspørsel . . . . .	26
4.2.2 Markedslikevekt . . . . .	27
4.3 Multihomers . . . . .	30
4.3.1 Etterspørsel . . . . .	31
4.3.2 Markedslikevekt . . . . .	32
4.4 Alternativ modell for multihoming . . . . .	34
4.4.1 Etterspørsel . . . . .	35
4.4.2 Markedslikevekt . . . . .	36
4.5 Sammenligning av resultater . . . . .	39
<b>5 Empirisk analyse</b>	<b>41</b>
5.1 Paneldata . . . . .	41
5.1.1 Faste effekter . . . . .	42

5.2	Data . . . . .	44
5.2.1	Førstegangsregistrerte biler . . . . .	44
5.2.2	Ladestasjoner . . . . .	50
5.3	Regresjonsmodellen . . . . .	52
5.4	Analyse . . . . .	58
5.4.1	Bensinbiler . . . . .	60
5.4.2	Dieslbiler . . . . .	64
5.4.3	Elbiler . . . . .	67
<b>6</b>	<b>Alternative regresjoner</b>	<b>70</b>
6.1	Dieslbiler . . . . .	70
6.2	Elbiler . . . . .	73
<b>7</b>	<b>Testing av hovedmodellen</b>	<b>75</b>
7.1	Forutsetninger . . . . .	75
<b>8</b>	<b>Oppsummering og konklusjon</b>	<b>78</b>
	<b>Vedlegg</b>	<b>80</b>
	<b>Referanser</b>	<b>90</b>

## Figurer

1	Førstegangsregistrerte biler . . . . .	9
2	Antall konvensjonelle biler . . . . .	9
3	Antall elbiler . . . . .	9
4	Antall konvensjonelle biler . . . . .	10
5	Antall elbiler . . . . .	10
6	Opprettelse av ladestasjoner . . . . .	11
7	Hotelling's linear model . . . . .	16
8	Multihoming i Hotelling-modellen . . . . .	19
9	Husholdninger med 2 biler eller flere. Kilde: SSB . . . . .	21
10	Plassering konvensjonelle biler og elbiler . . . . .	25
11	Bertrand: Singlehomers . . . . .	28

12	Effekt av økning i $\alpha/s$ . . . . .	29
13	Plassering konvensjonelle biler og elbiler ved multihoming . . . . .	30
14	Effekt av en endring i $p_2$ . . . . .	32
15	Bertrand: Multihomers . . . . .	33
16	Effekt av en endring i $\alpha$ . . . . .	34
17	Effekt av en endring i $\alpha$ . . . . .	37
18	Opprinnelig situasjon . . . . .	38
19	Førstegangsregistrerte biler i Norge . . . . .	44
20	Antall nyregistrerte biler i de 20 kommunene . . . . .	46
21	Antall nyregistrerte biler i de 20 kommunene . . . . .	47
22	Antall nyregistrerte biler i de 20 kommunene . . . . .	47
23	Antall nyregistrerte elbiler i de 20 kommunene . . . . .	49
24	Antall nyregistrerte elbiler i de 20 kommunene . . . . .	49
25	Logaritmen av antall ladestasjoner per akkumulert elbilnysalg . . . . .	51
26	Effekt av ladestasjoner på antall bensinbiler med konfidensintervall . . . . .	60
27	Effekt av ladestasjoner på antall dieselbiler med konfidensintervall . . . . .	64
28	Effekt av ladestasjoner på antall elbiler med konfidensintervall . . . . .	67
29	Dofil nr 1 . . . . .	83
30	Dofil nr 2 . . . . .	84
31	Dofil nr 3 . . . . .	85
32	Dofil nr 4 . . . . .	86
33	Kontrollvariabler . . . . .	87
34	Standardfeil, $\beta$ og konfidensintervaller . . . . .	87
35	Test om feilleddene er normalfordelte . . . . .	87
36	Varibler med stor innflytelse på resultatet . . . . .	88
37	Test om residualene er normalfordelt . . . . .	88

## Tabeller

1	Sammendragsstatistikk: Nyregistrerte biler i perioden 2010-2017 . . . . .	45
2	Nyregistrerte biler i de 20 kommunene . . . . .	46
3	Sammendragsstatistikk: Nyregistrerte elbiler i perioden 2010-2017 . . . . .	48

4	Sammendragstatistikk: Antall ladestasjoner i de 20 kommunene . . . . .	50
5	Sammendragstatistikk: Husholdninger i perioden 2010-2017 . . . . .	53
6	Sammendragstatistikk: Utdanning i perioden 2010-2017 . . . . .	54
7	Sammendragstatistikk: Arbeidsledighet i perioden 2010-2017 . . . . .	55
8	Sammendragstatistikk: Median inntekt i perioden 2010-2017 . . . . .	56
9	Sammendragstatistikk: Elbilpark i perioden 2010-2017 . . . . .	57
10	Faktisk effekt av ladestasjoner på antall bensinbiler, gitt gjennomsnittlig antall husholdninger . . . . .	61
11	Avhengig variabel: Antall bensinbiler . . . . .	62
12	Faktisk effekt av ladestasjoner på antall dieserbiler, gitt gjennomsnittlig antall husholdninger . . . . .	65
13	Avhengig variabel: Antall dieserbiler . . . . .	66
14	Faktisk effekt av ladestasjoner på antall elbiler, gitt gjennomsnittlig antall husholdninger . . . . .	68
15	Avhengig variabel: Antall elbiler . . . . .	69
16	Avhengig variabel: Antall dieserbiler . . . . .	70
17	Avhengig variabel: Antall dieserbiler per husholdning . . . . .	72
18	Avhengig variabel: Antall Elbiler . . . . .	73
19	Avhengig variabel: Antall elbiler per husholdning . . . . .	74
20	Breuch-Pagan test . . . . .	75
21	Test for autokorrelasjon . . . . .	76
22	RESET test . . . . .	76
23	Hausman test . . . . .	77
24	Faktisk effekt på el- og dieserbiler . . . . .	81
25	VIF . . . . .	89



# 1 Innledning

Høsten 2018 ga FNs klimapanel ut en rapport om effektene av global oppvarming på 1.5°C over førindustrielle nivåer. Rapporten understreker forskjellen i klimarelaterte kostnader ved en oppvarming på 1.5°C og 2.0°C. En oppvarming på 2.0°C vil blant annet føre til store tap i biodiversitet, mer ekstremvær og at havet stiger. Endringen i klimaet skyldes at det slippes ut mer drivhusgass i atmosfæren enn det som er naturlig. Disse gassene gjør drivhuseffekten sterkere, slik at mindre varme slippes ut gjennom atmosfæren. De økte utslippene er menneskeskapte, og skyldes vår bruk av energikilder som kull, gass eller olje. Det er stor enighet blant forskere om at klimaendringene vil bli umulig å kontrollere dersom temperaturen i år 2100 er mer enn 2.0°C varmere i forhold til det den var i 1850. I de internasjonale klimaforhandlingene har landene derfor blitt enige om å begrense temperaturstigningen til 2.0°C, det såkalte togradersmålet, og har forpliktet seg til å jobbe mot en maksimal stigning på 1.5°C. Vi må derfor slippe ut mye mindre klimagasser enn det vi gjør i dag, og finne måter å lagre og fjerne karbondioksid på.

Selv om land holder sine løfter fra Parisavtalen, er verden på vei mot en oppvarming på 3.0°C eller mer (Greaker, Golombek & Hoel, 2018). Den rike delen av verden står for rundt  $\frac{2}{3}$  av klimagassutslippene og har derfor brukt brorparten av verdens karbonbudsjett. Likevel blir fattige land rammet hardest, fordi de er dårligst rustet til å håndtere endringene. De katastrofale følgene er mangel på vann og mat, helseproblemer, økonomisk ulikhet, konflikter og flyktninger, skader på natur, infrastruktur og bygninger samt tap av naturmangfold.

Utslippene fra de nordiske landene utgjør en liten del (0.5 prosent) av globale utslipp, og effekten av at de reduserer utslipp er derfor minimal. Likevel har de innført strenge miljøkrav for å redusere klimagassutslipp. Den ambisiøse klimapolitikken i disse landene kan rasjonaliseres med at deres klimapolitikk kan motivere andre land til å følge i deres fotspor. Den kan også motiveres av moralsk forpliktelse ved at de ønsker å ta sin del av arbeidet for å stoppe klimaendringene. Greaker et al. (2018) undersøker derfor hvordan små land kan påvirke klimapolitikken globalt. De nordiske landene har ulikt fokus når det kommer til transportsektoren. Sverige og Finland satser på biodrivstoff i stedet for bensin, diesel og naturgass fra fossile kilder, mens Norge fører en proaktiv elbilpolitikk. Dersom målet for de nordiske landene er å motivere andre land til å sette ambisiøse klimamål, bør fokuset ligge på utvikling av ren teknologi. Forfatterne mener at de nordiske landene kan utvikle kunnskap om nye, rene teknologier som fører til kostnadsreduksjoner. En annen løsning er at

landene fokuserer på områder de allerede har ekspertise på, og hvordan dette kan utvikles globalt. For at de nordiske landene skal sette et eksempel til etterfølgelse, bør utslipp prises høyt nok i alle sektorer, også jordbruk og fiskerisektoren, som nå unntas dette.

Tidligere var kun rike land forpliktet til å kutte klimagassutslipp. Dette ble endret i desember 2015, da Parisavtalen ble vedtatt. Nå skal alle land ha en nasjonal plan for hvordan utslippskutt skal gjennomføres. Målet er at vi skal være klimanøytrale en gang mellom 2050 og 2100<sup>1</sup>. Det inngår i avtalen at landene fastsetter nasjonale utslippsmål (NDC'er) som skal beskrive landenes utslippsmål, og hvilke tiltak som er nødvendige for å redusere klimagassutslipp. EU, med Island og Norge, forpliktet seg til å redusere utslipp med 40 prosent fram mot 2030, sammenlignet med 1990-nivåer. Norges mål for 2050 er å redusere utslipp med 80-90 prosent i forhold til 1990-nivåer, og dermed bli et lavutslippssamfunn.<sup>2</sup> Målene for 2030 og 2050 er nå lovfestet gjennom en ny klimalov som trådte i kraft 1. januar 2018. I følge §6 skal regjeringen redegjøre for hvilke tiltak som er nødvendige for at Norge skal nå sine mål, og gi en oversikt over sektorvise utslippsbaner innenfor ikke-kvotepliktig sektor.

Transportsektoren har fått stort fokus i Norge, spesielt satsingen på elbiler. Offentlig subsidiering av ladestasjoner er ett av virkemidlene for å skifte ut bilparken, fra biler med forbrenningsmotor til elektriske biler.<sup>3</sup> Det ønskelige er at vi bytter fra konvensjonelle biler til elbiler, og for å gjøre dette er det viktig med tilstrekkelige lademuligheter slik at det ikke er behov for å ha en konvensjonell bil i tillegg til elbil. Fra et klimaperspektiv er det ønskelig at konsumenter som eier begge typer biler, går over til å kun kjøre elbil. Dersom en konsument har en konvensjonell bil fra før, og skaffer seg en elbil i tillegg, kan dette føre til økt kjøring, fordi konsumenten nå kjører elbil i situasjoner hvor hun ellers ville brukt kollektivt eller gått. Selv om elbilen er utslippfri, vil kjøringen fortsatt skape svevestøv. Dersom konsumenten bruker elbilen mer, og den konvensjonelle bilen mindre, vil dette føre til mindre utslipp. Figenbaum (2018) skriver at fram til 2018 har hovedbrukergruppen av elbiler vært flerbilshusholdninger som har brukt elbil til lokaltransport. For at vi skal nå det ambisiøse målet om at det kun skal selgers nullutslippsbiler fra 2025, må husholdninger med kun én bil også ta i bruk elbil slik at elbil kan erstatte all bilbruk. Nye og bedre elbilmodeller med lengre rekkevidde og raskere lading vil være med på å realisere målet, men langdistansekjøring vil fortsatt

---

<sup>1</sup>Klimanøytralitet innebærer at det ikke slippes ut mer klimagass i atmosfæren enn det man klarer å fange eller fjerne.

<sup>2</sup>Med lavutslippssamfunn menes et samfunn hvor klimagassutslippene, ut fra beste vitenskapelige grunnlag, utslippsutviklingen globalt og nasjonale omstendigheter, er redusert for å motvirke skadelige virkninger av global oppvarming. Definisjon fra Klimaloven.

<sup>3</sup>Biler med forbrenningsmotor blir heretter kalt konvensjonelle biler.

kunne være et problem, da det er en utfordring å dekke ladebehov på store utfartsdager. For at elbil skal oppleves som et godt valg, må ladeinfrastrukturen bygges i takt med at elbilparken stiger.

## 1.1 Problemstilling

Denne oppgaven undersøker hvilken effekt utbygging av ladestasjoner har på salget av førstegangsregistrerte biler i Norge. Målet med denne oppgaven er å svare på følgende spørsmål:

*Hvordan påvirker utbygging av ladestasjoner sammensetningen av førstegangsregistrerte biler i Norge når konsumenter kan multihome?*

## 1.2 Metode

En tradisjonell forutsetning i næringsøkonomi er at konsumenter kun kjøper ett produkt, en forutsetning som ikke alltid stemmer ved kjøp av bil. Selv om en konsument for eksempel har en elbil fra før, kan hun ha behov for en bensin/diesebil i tillegg til bruk på langturer. Det er derfor viktig at økonomiske modeller inkluderer muligheten for at konsumenter kan kjøpe mer enn ett produkt. Tall fra SSB (2018, 11. januar) viser at antall husholdninger med to eller flere biler har økt betraktelig i forhold til økningen i antall husholdninger fra 2001 til 2011. Slik atferd kan ha stor betydning for effekten av politiske virkemidler, og det er derfor interessant å undersøke hvilke implikasjoner dette har for klimapolitikken. Denne atferden kalles multihoming og blir diskutert i litteraturgjennomgangen.

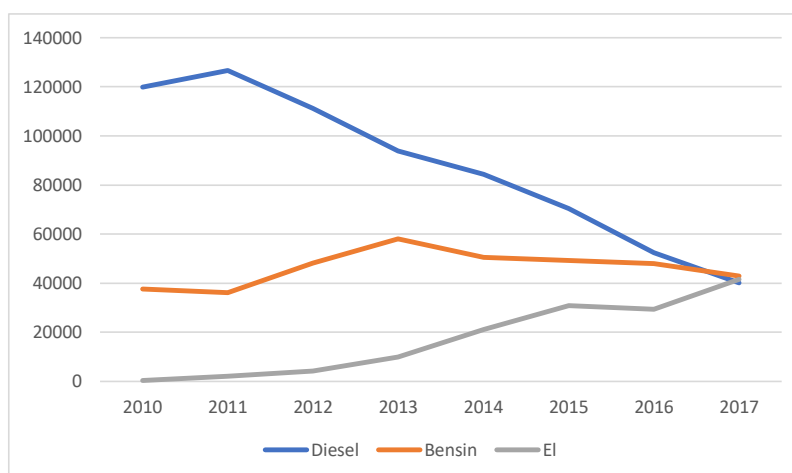
Jeg ønsker å finne ut hvilken effekt et godt utbygd ladenettverk har på salget av førstegangsregistrerte biler i Norge, og modellerer dette teoretisk for så å teste resultatene empirisk. Jeg bruker Hotelling sin modell fra 1929 med horisontal differensiering, og tillater konsumenter å multihome. Modellen består av to representative bedrifter; én for elbilprodusenter og én for produsenter av bensin/dieserbiler. Konsumentene kan enten kjøpe kun én bil, eller én av hver bil. Førstnevnte kalles singlehomers og sistnevnte kalles multihomers. Spillet er et sekvensielt spill hvor myndighetene først bestemmer utbygging av ladestasjoner og subsidier til elbil, produsentene bestemmer så sine respektive priser, og konsumentene tar til slutt kjøpsbeslutningen. Den teoretiske modellen viser effekten av utbygging av ladenettverk på totalt bilsalg. Dette modelleres på ulike måter, og gir ulike resultater avhengig av modell.

Jeg utfører en empirisk analyse for å undersøke om historiske observasjoner støtter opp om de teoretiske prediksjonene. For å utføre analysen bruker jeg data fra Statens Vegvesen med informasjon

om personbilers registreringsdato, drivstofftype, eier og kommune i perioden 2010-2017. Data på opprettsdato og plassering av ladestasjoner har jeg fått fra Nobil. Jeg kontrollerer for en rekke variabler jeg finner relevante.

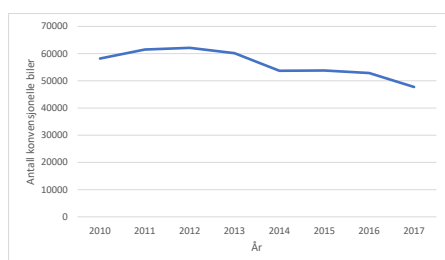
Resten av oppgaven er strukturert på følgende måte. Kapittel 2 er et overblikk over Norges satsing på elbiler og kapittel 3 er overblikk over eksisterende økonomisk litteratur om produkt differensiering, Hotelling-modellen, multihoming og nettverkseksternaliteter. I kapittel 4 presenterer jeg teoretiske modeller, og i kapittel 5 utfører jeg en empirisk analyse. Jeg utfører alternative regresjoner i kapittel 6, med ulike dummyvariabler og avhengig variabel. Hovedmodellen i kapittel 5 testes i kapittel 7, og kapittel 8 er oppsummering og diskusjon hvor jeg sammenligner de teoretiske og den empiriske modellen.

## 2 Norges satsing på elbiler

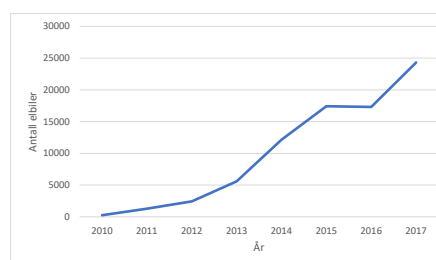


Figur 1: Førstegangsregistrerte biler

Figur 1 viser utviklingen i førstegangsregistrerte biler i Norge i perioden 2010-2017. Salget av bensinbiler har holdt seg relativt stabilt, antall solgte dieslebiler har sunket betraktelig, og antall elbiler har økt. Nå selges det like mange førstegangsregistrerte elbiler som diesel/bensinbiler.

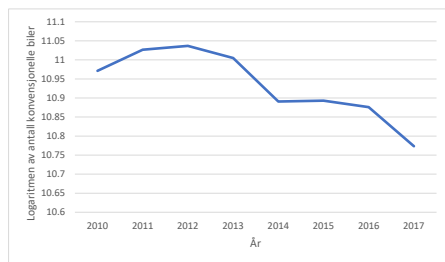


Figur 2: Antall konvensjonelle biler

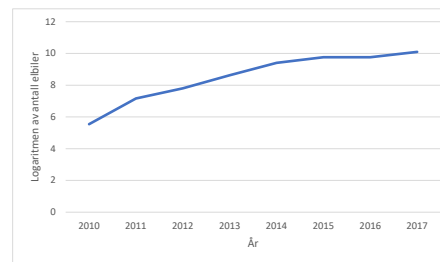


Figur 3: Antall elbiler

Figur 2 og 3 viser antall førstegangsregistrerte biler i de 20 kommunene. Figuren til venstre viser konvensjonelle biler, og figuren til høyre viser elbiler. Elbilsalget stiger kontinuerlig med unntak av fra 2015-2016. Salget av konvensjonelle biler er relativt mer stabilt, og har hatt en svak reduksjon fra 2010-2017.



Figur 4: Antall konvensjonelle biler



Figur 5: Antall elbiler

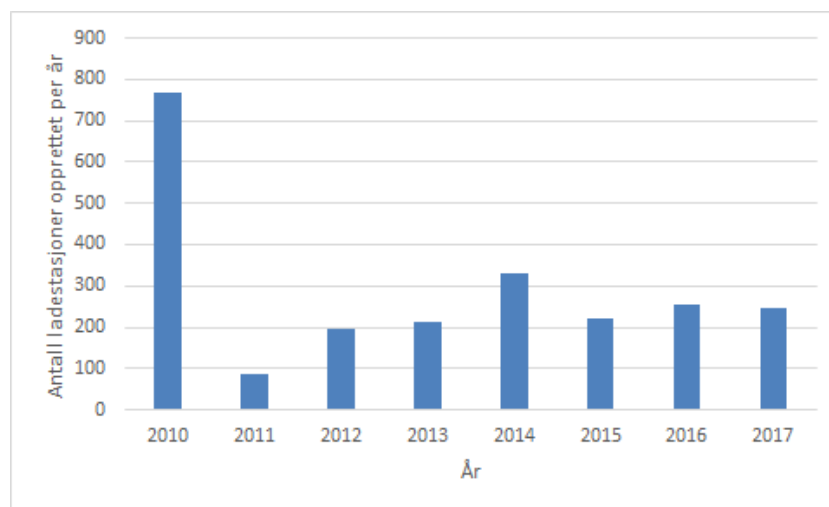
Figur 4 og 5 viser logaritmen av utviklingen i førstegangsregistrerte biler i de 20 kommunene. Den prosentvise økningen i antall konvensjonelle biler fra år til år har blitt redusert, men har økt for elbiler.

## 2.1 Elbilpolitikk som virkemiddel i klimapolitikk

For å få ned utslipp har transportsektoren fått en fremtredende plass. Elektrifiseringen av transportsektoren samt renere produksjon av elektrisitet er ansett som en lovende måte å redusere klimagassutslipp fra transport på. Norge har i flere år hatt verdens høyeste andel elbiler, mye på grunn av den proaktive elbilpolitikken. Stortinget har bestemt at alle nysolgte biler skal være utslippsfrie fra 2025 (Regjeringen, 2017, 5. april). Regjeringens hovedvirkemidler for å redusere CO<sub>2</sub>-utslipp fra vegtrafikk er CO<sub>2</sub>-avgiften, omsetningskravet for biodrivstoff, insentiv i engangsavgiften på nye kjøretøy, omsetningskravet for biodrivstoff og føringer for miljøvennlig arealplanlegging via plan- og bygningsloven og elbilfordeler (Meld. St. 41 (2016–2017)). Elbilfordeler innebærer blant annet at elbiler blir unntatt fra merverdiavgift og registreringsavgift, noe som kan utgjøre opp mot 50 prosent av opprinnelig salgspris. Andre fordeler er mindre bompenggeutgifter, billigere parkering og tilgang til å kjøre i kollektivfelt. I Prop. 88 S (2017–2018) ber regjeringen om at Stortinget etablerer en nasjonal regel om at nullutslippskjøretøy skal betale maksimalt 50 prosent av takst når det gjelder bompenge, ferjer og parkering. Elbilmarkedet drives særlig fram av kjøpsinsentivene, som innebærer at prisforskjellen mellom konvensjonell bil og elbil forsvinner, og kan også gjøre elbilen til det billigste alternativet (Figenbaum, 2018). Figenbaum skriver at tilgang til kollektivfelt er spesielt viktig i Akershus og at gratis bompasering har stor betydning i de fleste kommuner. Gratis ferje er viktigst ved kysten, spesielt i Rogaland, Sogn og Fjordane og Møre og Romsdal.

### 2.1.1 Ladestasjoner som virkemiddel

Formålet med offentlig subsidiering av ladestasjoner er å utvikle en klimavennlig bilpark. Elbiler gir mindre fotavtrykk i miljøet og appellerer til mennesker som er opptatt av klima, bor sentrumsnært og kjører flere småturer fremfor langturer. Braadland og Malmedal (2019) skriver i NAF sin rapport *Ladeinfrastruktur fram til 2025* at en god ladeinfrastruktur er viktig for å nå målet om kun nullutslippsbiler i 2025. Tall i deres rapport viser at halvparten av alle nybiler kjøpt av privatpersoner i 2018 var elektriske biler, sammenlignet med kun 14 prosent i næringslivet. Undersøkelser de har gjort viser at hurtiglademuligheter er den viktigste faktoren som ikke har noe med selve bilen å gjøre, og den viktigste faktoren som en kan gjøre noe med politisk. De har utarbeidet sju tiltak for bedre lading, og delt forslagene opp i to grupper; Lading langs landeveien, mellom byene, og lading hjemme og på jobb. Deres sju forslag er 5000 nye hurtigladeplasser med økt ladeeffekt, bedre skilting av ladeplasser, gjøre det enklere å lade i by, driftsstøtte til hurtigladere i spredtbygde strøk, gjøre det lettere å lade i borettslag, momsfritak på hjemmeladere og krav om flere ladeplasser i nybygg.



Figur 6: Opprettelse av ladestasjoner

Figur 6 viser antall ladestasjoner opprett i perioden 2010-2017 i hele landet per år. Det ble bygget klart flest ladestasjoner i 2010. Jan Haugen Ihle, regiondirektør for Ioney i Nord-Europa mener den største utfordringen for ladeleverandører er tariffleien, og mener det er behov for å få på plass en modell som tar hensyn til brukergrupper med svært varierende bruk. Nå fungerer systemet slik at ladeoperatører med ladestasjoner med for eksempel et høyt trykk på søndager og lite resten av uken, må betale som om det er høyt trykk hele tiden (Honningsvåg, 2019, 10. mars). Han mener modellen bør endres for at det skal bygges flere ladestasjoner enn det gjøres i dag.

Støtte til utbygging av offentlig ladeinfrastruktur har vært særlig viktig for å håndtere utfordringen med for kort rekkevidde. Denne støtteordningen ble etablert i 2009, og Transnova var opprinnelig ansvarlig for å dele ut investeringsstøtte til utbygging av ladestasjoner, før Enova tok over ansvaret. Denne støtteordningen bidrar til å redusere klimagassutslipp fra transportsektoren ved å legge til rette for varige markedsendringer innen ladeinfrastruktur og økt kjøp og bruk av elektriske kjøretøy. Denne støtten er en etableringsstøtte, og ladepunktene driftes kommersielt. Selv om gratis lading ikke har vært en del av insentivordningen, har dette vært tilfelle på offentlige ladestasjoner med normallading, da kostnadene ved å ta betalt for strømmen er høyere enn selve strømkostnadene.

Energiselskapet Fortum har siden 2012 bygget Norges største ladenettverk, og ser tydelige utfordringer i prosessen med å få til en overgang til utslippsfri, elektrisk transport. Ole Gudbrann Hempel, leder for offentlig ladeinfrastruktur i Fortum Charge and Drive mener forskjellen i ladenettverk mellom de store byene og spredtbygde strøk vil hindre en god overgang. Selv om Norges elbilsuksess tiltrekker seg nye ladeaktører og bedre konkurranse, vil de hovedsakelig konsentrere seg om økonomisk gunstige områder, og dette vil forsterke forskjellene. Hempel råder regjeringen til å innføre en driftsgaranti av ladestasjoner for å unngå en ladekrise. Han kritiserer effekttariffen, en tariff som er tilpasset kraftkrevende industri, og understreker viktigheten av en god ladeinfrastruktur (Hempel, 2019, 12. februar). Den neste største hurtigladeoperatøren, Grønn kontakt, har tre kriterier for etablering av nye ladestasjoner: høy elbiltetthet, hovedfartsårer med stor trafikk og store byer. Dette tyder på at Hempel sin kritikk kan være berettiget. Tidligere har Enova lagt føringer på hvor hurtigladeoplaseringer skal bygges, og støtter kun prosjekter med trippelstandard-hurtigladeoplaseringer, altså hurtigladeoplaseringer som støtter DC CHAdeMO, DC Combo og AC Type 2-lading. Ved flexilading (<22kW) setter den nye parkeringsforskriften fra Statens vegvesen endel føringer for plassering. Fortum og Grønn kontakt har i praksis fungert som et duopol i markedet for elbillading, med unntak av BKK på Vestlandet. Tesla har kommet inn i markedet med full styrke, og har nå over 500 hurtigladeoplaseringer i Norge. Batterier med stor kapasitet og et omfattende nettverk med hurtigladeoplaseringer har ført til at kunder står i kø for å sikre seg Model 3 og SUV-en Model x. Ionity og E.ON er nå i ferd med å etablere seg for å møte behovet for høyeffektlading, selv om få biler i markedet nå støtter 150-350 kilowatt lading.

Elbilforeningen påpeker at de største barrierene som hindrer valg av elbil i Norge er rekkevidde og lading. Funn fra elbilbarometeret i 2018 viser at 19 prosent av deltakerne mener at manglende lademuligheter er den største barrieren (Elbilforeningen, 2019, 12. februar). I følge statistikk på elbil.no har antall offentlig tilgjengelige ladepunkt økt fra 3 105 i 2011 til 10 711 i 2018 og



elbilbestanden har henholdsvis økt fra 5 381 til 194 900. Markedsandelen til nybilsalget for elektriske biler ble 31.2 prosent i 2018 (OFV, 2019, 04. januar).<sup>4</sup> I undersøkelsen til Figenbaum og Kolbenstvedt (2016) svarer 89 prosent av elbileiere at grunnene til at de hadde ønsket å kjøpe elbil igjen er på grunn av økonomien ved bruk, miljøhensyn, fremtidig teknologi eller gratis passering ved bomstasjoner. De største grunnene til å ikke kjøpe elbil er rekkevidde og problemer ved lading. Dersom ladeinfrastrukturen ikke holder tritt med utviklingen i bilparken, kan dette føre til at rekkeviddeangst erstattes med ladeangst (Figenbaum, 2018).

### **2.1.2 Miljøeffekt av lading**

Ser en på miljøperspektivet, er energiproduksjon essensielt ved elbilbruk. I Norge kommer mesteparten av all energiproduksjon fra fornybar energi. I land som produserer elektrisitet fra kullkraft blir miljøgevinsten betraktelig redusert. Selv om utslipp fra nye biler i Norge har blitt redusert, argumenteres det for at økt etterspørsel etter utslippsfrie biler øker produksjonsutslipp i produksjonslandene, slik at elbiler flytter utslippsstatistikken til andre land. Hovedvirkemiddelet mot dette er det europeiske klimakvotesystemet. Vi har fått Parisavtalen. Dersom den er bindende, forplikter den land til å følge sine NDCer og dermed vil mye av karbonlekkasjeeffekten bli borte.<sup>5</sup> Når det gjelder Europa, er dette enda tydeligere. Karbonmarkedet i Europa, ETS, setter et tak for utslipp av klimagasser. Siden elbil flytter utslippene fra bil til kraftverk, flyttes altså utslippene fra transportsektoren, som ikke er kvotepliktig, til energisektoren, som er kvotepliktig. Etterspørselen etter utslippskvoter vil derfor øke, som gir høyere kvotepris og dermed og like store utslipp. Dersom en elbil i EU går på kullkraft må utslippene reduseres tilsvarende et annet sted.

---

<sup>4</sup>Opplysningsrådet for veitrafikken. Bruktimporterte biler er ekskludert fra analysen.

<sup>5</sup>Karbonlekkasje oppstår dersom norsk industri nedskalerer sin aktivitet, legger ned eller flytter til land med en mindre ambisiøs klimapolitikk enn vår.

### 3 Litteraturgjennomgang

I dette kapitlet presenterer jeg teoriene som utgjør utgangspunktet for modellene. Biler er differensierte produkter, og jeg starter derfor med å introdusere begrepet produktdifferensiering. Hotelling (1929) sin modell med produktdifferensiering er utgangspunktet for min modell, og denne modellen utvides ved å inkludere multihoming. I denne modellen har jeg valgt ut to representative bedrifter for elbil og bensin/dieserbiler som fungerer som et oligopol. Markedslukevekten i imperfekt konkurranse avhenger av hvilken beslutningsvariabel, pris eller kvantum, som blir valgt. I et oligopol vil forskjellen mellom pris- og kvantumskonkurranse vises i den gjenværende etterspørselen til en bedrift, gitt handlingen til konkurrenten. I kvantumskonkurranse holder de seg til en pris, og selger kvantum til denne prisen, og i priskonkurranse holder de seg til et kvantum, og selger dette kvantumet til en pris. I priskonkurranse er kvantum gitt, og bedriftene konkurrerer ved å endre sine priser. Dersom det finnes kapasitetsbegrensninger er derfor priskonkurranse en egnet metode.

#### 3.1 Produktdifferensiering

Bertrand-konkurranse er utgangspunktet for analyser av markeder med pris som strategisk beslutningsvariabel. I den enkleste versjonen konkurrerer to bedrifter med homogene produkter og identiske marginalkostnader. Begge setter prisene samtidig for å maksimere profitt. Bedriften med lavest pris får hele etterspørselen  $Q(p)$  hvor  $p$  er prisen. Dersom prisen til bedrift  $i$  og prisen til bedrift  $j$  er like, splitter de markedet i  $\alpha_i$  (Belleflamme & Peitz, 2015). Etterspørsel for bedrift  $i$  er da

$$Q_i(p_i) \begin{cases} Q(p_i) & \text{hvis } p_i < p_j \\ \alpha_i Q(p_i) & \text{hvis } p_i = p_j \\ 0 & \text{hvis } p_i > p_j \end{cases}$$

Godene er homogene og derfor perfekte substitutter, noe som impliserer at konsumentene kjøper det billigste godet. Produsentene reduserer derfor prisene maksimalt, til pris er lik marginalkostnad, for å unngå at konkurrenten underbyr dem og tar hele markedet. Dette betegnes som Bertrand-paradokset. Selv om bedriftene i et oligopol har markedsrett, vil de likevel få null i profitt. En måte å komme seg ut av Bertrand-paradokset er ved produktdifferensiering. Ved produktdifferensiering kan konkurrentene unngå intens priskonkurranse ved å tilby produkter som ikke er perfekte substitutter. Produsenter kan gjøre dette for å øke profitt og gjøre etterspørselen mindre elastisk slik at de

kan ta en pris over marginalkostnad uten å miste alt salg. I realiteten er det få goder som er perfekte substitutter, da konsumenter har heterogene preferanser. Slike preferanser kan være avstanden til bedriftene, leveringstid, opplevd kvalitet og tilleggsprodukter.

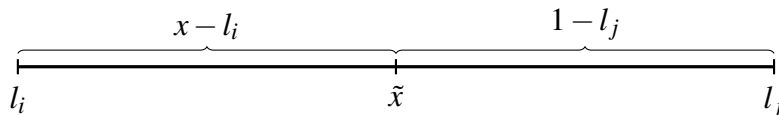
Konsumenters preferanser avgjør om produkter er differensierte. Konsumenter antas å gjøre diskrete valg blant produkter, som betyr at de velger hvilket produkt de ønsker å kjøpe og at de ikke kjøper flere av de differensierte produktene. Innenfor dette skiller en mellom vertikal og horisontal differensiering. Horisontal differensiering oppstår dersom konsumenter foretrekker ulike produkter, og vertikal differensiering oppstår når det er en objektiv enighet om hvilket produkt som er best. Dersom prisene i et duopol er like, og konsumentene ikke er enige om hvilket produkt de foretrekker, er produktene horisontalt differensiert, og dersom prisene er like, og alle konsumenter foretrekker det ene framfor det andre, er produktene vertikalt differensiert (Belleflamme & Peitz, 2015).

Chamberlin (1933) introduserte produktdifferensiering i monopolistisk konkurranse og argumenterte for at produsentene har markedsmakt så lenge produktene ikke er perfekte substitutter. Her konkurrerer produsentene mot markedet, og ikke hverandre, som impliserer at dersom en produsent endrer sin pris, vil ikke etterspørselen til de andre bedriftene endres. Ved bruk av en lokasjonsmodell vil bedriftene derimot konkurrere mot hverandre slik at en endring i pris påvirker den/de andres etterspørsel.

Denne oppgaven fokuserer på horisontal differensiering hvor konsumenter har heterogene preferanser. Et eksempel på dette er to konsumenter som er uenige i om hva som er best av en elbil og en bensinbil. De to konsumentene vil gjøre ulike kjøp, selv om bilene deler mange egenskaper og er av lik kvalitet. Kjøpsbeslutningen vil avhenge av konsumentenes subjektive preferanser. Konsumenten som kjøper elbilen verdsetter trolig andre kvaliteter enn konsumenten som kjøper bensinbilen. En bensinbil har lengre rekkevidde, og er et praktisk transportmiddel som egner seg bedre til lengre turer. En elbil gir mindre fotavtrykk i miljøet og appellerer derfor til konsumenten som er opptatt av miljø- og klimaperspektivet. Elbiler egner seg best til korte turer, og er ikke like godt rustet for norske vinterforhold på fjellet. Figenbaum og Kolbenstvedt (2016) finner at elbileiere er yngre, har høyere utdanning, og bor i husholdninger med barn og har flere biler enn eiere av konvensjonelle biler.

### 3.2 Hotellings Lineære by

Harold Hotelling presenterte en lokasjonsanalyse med horisontal differensiering i 1929 som nå blir kalt Hotellings lineære by. I denne byen finnes det to bedrifter,  $i$  og  $j$ , som ligger på linjen  $(0,1)$ . Bedriftene har like marginalkostnader og maksimerer profitt. Det eneste som skiller de to bedriftene er plassering på linjen. Konsumentene er uniformt fordelt langs linjen, og nytten avhenger av hvor langt de må reise for å få tilgang til de ulike godene. Dette uttrykkes i en transportkostnad  $\tau$  som øker når avstanden øker slik at nytten av å kjøpe godet reduseres. I dette to-trinns spillet velger produsentene først plassering, og så pris. I tilfellet med konvensjonelle biler og elbiler er plasseringen naturgitt på linjen, og bilene er maksimalt differensiert. Bedrift  $i$  og  $j$  befinner seg henholdsvis i punkt  $l_i$  og punkt  $l_j$  på linjen. Bedriftene er horisontalt differensiert og kan derfor ikke rangeres fra dårligst til best.



Figur 7: Hotelling's linear model

Figur 7 er en grafisk illustrasjon av Hotelling-modellen. Konsumentene er uniformt fordelt på intervallet  $[0,1]$  og har masse 1. I denne figuren er bedriftene maksimalt differensiert, da de ligger på punktene  $l_i$  og  $l_j$   $(0,1)$ . Konsumenten som befinner seg på  $\tilde{x}$  er indifferent mellom å kjøpe fra de to bedriftene. Hun får altså lik nytte uavhengig av hvem hun kjøper av. I denne modellen er prisene på de to gode like, og den indifferente konsumenten befinner seg på midten av linjen,  $\tilde{x} = \frac{l_i + l_j}{2}$ . Modellen forutsetter at markedet er dekket, som betyr at konsumentene enten kjøper fra bedrift  $i$  eller  $j$ , og at alle kjøper ett produkt. Konsumenten til venstre for den indifferente konsumenten kjøper fra bedrift  $i$ , og får transportkostnad  $x - l_i$ . Konsumenten til høyre får transportkostnad  $1 - l_j$  når hun kjøper fra  $j$ . Dersom bedrift  $i$  reduserer prisen, vil den indifferente konsumenten bevege seg mot den andre bedriften, da summen av transportkostnad og pris for bedrift  $i$  har blitt lavere. Dette impliserer at denne bedriften får større markedsandel, og bedrift  $j$  får mindre. Jo mindre  $\tau$ , desto lettere er det for konsumentene å substituere mellom bedriftene. Transportkostnaden trenger ikke nødvendigvis være en faktisk kostnad for å transportere seg, men ses på som en alternativkostnad som konsumenten pådrar seg (Belleflamme & Peitz, 2015).

Peters og Dütschke (2014) sammenligner fire konsumentgrupper med ulik sannsynlighet for å kjøpe en elbil med tanke på sosiodemografiske karakteristikk, betalingsvillighet og oppfatning av

elbiler. De finner at tidlige brukere av elbiler i Tyskland mest sannsynlig er middelaldrende menn som har høyere betalingsvillighet for elbil. I likhet med Figenbaum og Kolbenstvedt (2016), finner de at brukerne bor med familie hvor husholdningen eier flere biler. Resultatene tyder på at oppfattet kompatibilitet av elbil med personlige behov er den faktoren som påvirker angitt betalingsvillighet for elbil mest. De finner også at å styrke miljømessige fordeler og finansielle insentiver for kjøp er viktigere enn at egenskaper til elbil skal kunne sammenlignes med egenskapene til konvensjonelle biler. Transportkostnaden i denne modellen er heterogene preferanser, da konsumenter vektlegger ulike aspekter ved bil. De som velger konvensjonell bil er kanskje mer tradisjonelle, og ønsker en praktisk bil som fungerer til alle formål, og elbilkjøpere er mer eksperimentelle og utforskende, er interessert i teknologi, og vektlegger miljøhensyn.

Bedriftene maksimerer profitt gitt plasseringen til den andre bedriften. Modellen løses ved baklengs induksjon, og i trinn to er prisen gitt,  $\bar{p}$ . Vi antar at  $l_i < l_j$ . Profitten til bedrift  $i$  ( $i, j = 1, 2$ ) er da

$$\pi_i(l_i, l_j) \begin{cases} \frac{(\bar{p} - c)(l_i + l_j)}{2} & \text{hvis } l_i < l_j \\ \frac{\bar{p} - c}{2} & \text{hvis } l_i = l_j \\ (\bar{p} - c) \frac{1 - (l_i + l_j)}{2} & \text{hvis } l_i > l_j \end{cases}$$

I Hotelling-modellen velger bedriftene både pris og plassering i et to-trinns spill. I trinn 1 velger bedriftene lokalisering, og i trinn 2 velger de pris, og etterspørselen er avhengig av disse to faktorene. Den totale effekten på profitten kan deles opp i en direkte effekt av å endre lokalisering, effekten på egen pris og den strategiske effekten ved at egen lokalisering påvirker konkurrentenes pris, som igjen påvirker profitten. Den direkte effekten av at bedrift  $i$  beveger seg mot midten av linjen, reduserer transportkostnaden for alle konsumenter til høyre for bedriften, slik at markedsandelen øker. Siden bedriften allerede er optimalt plassert etter egen pris, vil effekten på egen pris være null. Det at bedriften beveger seg nærmere midten innebærer mindre differensiering og hardere priskonkurranse. Dette fører til at begge bedriftene reduserer sine priser slik at den strategiske effekten er negativ. Den totale effekten avhenger av hvilken effekt som dominerer.

Funnet til Hotelling var at produsentenes rasjonelle strategi er å differensiere minst mulig, som ble kalt *Prinsippet om minimal differensiering*. For å komme fram til denne løsningen anvender han en lineær transportkostnad. Produsentene får øke markedsandeler ved å bevege seg mot midten av linjen, og vil bevege seg nærmere hverandre helt til de er plassert sammen på midten av linjen,

plassert i  $l_i^* = l_j^* = \frac{1}{2}$ . I denne unike likevekten har ingen av bedriftene insentiv til å endre sin plassering. Dersom de flytter, seg vil de få under 50 prosent markedsandel.

d'Aspremont, Gabszewicz og Thisse (1979) undersøkte prinsippet om minimal differensiering, og finner at Hotelling sin modell med singlehomers fører til Bertrand-paradokset, da insentivet til å ta en lavere pris enn konkurrenten fører til at de vil plassere seg på midten. De argumenterer for at det ikke finnes en likevekt med minimal differensiering, men at man ved bruk av kvadratiske transportkostnader vil oppnå likevekt med maksimal differensiering. Bedrift  $i$  vil sette  $l_i$  så lav som mulig og bedrift  $j$  vil sette  $l_j$  så høy som mulig, slik at  $l_i^* = 0$  og  $l_j^* = 1$ .

Fra en samfunnplanleggers syn vil de to bedriftene plassere seg på  $\frac{1}{4}$  og  $\frac{3}{4}$  for å minimere den totale gjennomsnittlige transportkostnaden. Siden konsumentene er uniformt fordelt på linjen, vil dette minimere avstanden til bedriftene for alle konsumenter. I dette tilfellet vil den maksimale avstanden til enhver konsument være  $\frac{1}{4}$ . Dette går jeg ikke mer inn på, da jeg forutsetter eksogen plassering med maksimal differensiering. En konvensjonell bil vil i denne oppgaven alltid være maksimalt differensiert fra en elbil, og de vil derfor ligge på punktene  $[0, 1]$ .

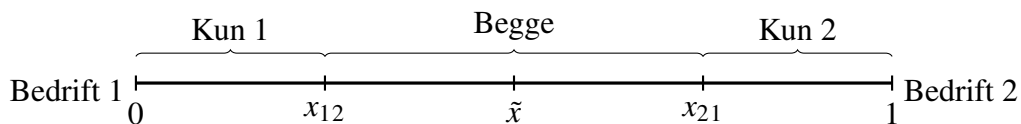
### 3.2.1 Multihoming

Hotelling-modellen har den begrensningen at hver konsument kun kan kjøpe ett produkt. Dette er ikke tilfellet ved en rekke goder, deriblant biler, da konsumentene kan eie både bil med forbrenningsmotor og elbil, såkalt multihoming. En konsument som multihomer får økt nytte av å kjøpe en differensiert variant av det godet han/hun har, men ingen ekstra nytte av å kjøpe en ekstra enhet av det godet han/hun allerede har.

Ved singlehoming er priser strategiske komplementer, men ved multihoming er priser strategisk uavhengig av hverandre (Anderson, Foros & Kind, 2010). Dersom en ser på et oligopol, og bedrift 1 reduserer sin pris, vil den totale etterspørselen etter dette godet øke, men den eksklusive etterspørselen etter godet vil forbli uendret. Under forutsetningen om at markedet er dekket, vil den ekstra etterspørselen komme fra multihomere. Disse konsumentene har allerede kjøpt et gode fra bedrift 2, og kjøper nå gode 1 i tillegg. Etterspørselen til bedrift 2 vil derfor forbli uendret, da det ikke foregår en substitusjon fra bedrift 2 til bedrift 1. Det er derfor ingen grunn til at bedrift 2 må sette ned prisen på sitt gode. Et eksempel på konsumenter som multihomer, er de som både har abonnement på Netflix og HBO. Begge tjenestene tilbyr streaming av serier og filmer, men de har ulike titler tilgjengelig. Noen velger å bare ha Netflix, andre velger kun HBO, og noen ser nytten

av å ha begge deler. Dersom Netflix reduserer sin månedspris, vil kanskje en singlehomer som allerede har HBO, vurdere å kjøpe Netflix i tillegg. Konsumenten sier ikke opp sitt HBO-abonnement, og får en ekstranytte av å ha begge abonnementene. Etterspørselen til Netflix har nå økt, og etterspørselen til HBO forblir den samme. I denne oppgaven vil de to godene være elbiler og biler med forbrenningsmotor. Nyttien til konsumenten kan altså øke dersom hun kjøper begge de differensierte produktene.

Ambrus og Reisinger (2006) undersøkte forholdet mellom singlehomers og multihomers i media-markedet, og fant at konkurransen i markedet ble endret dersom konsumenter multihomet og benyttet seg av flere kanaler. Kim og Serfes (2006) endret på Hotelling sin modell og tillot konsumentene å kjøpe to goder for å se effektene av multihoming, altså at konsumentene tar hensyn til diversitet. Konsumentene er begrenset til å kjøpe maksimalt én enhet fra hver bedrift, og markedet består både av singlehomere og multihomere. De fant at Hotelling sitt prinsipp om minimal differensiering gjelder under forutsetningen om at bedriftene ønsker at antall konsumenter som kjøper begge produktene skal øke. Denne effekten kalte de for *aggregate demand creation effect*, som impliserer at bedriftene tenderer til å plassere seg på midten av linjen, i tråd med den opprinnelige Hotelling-modellen. Dersom den inkrementelle nytten av å kjøpe et ekstra gode er under en viss terskel, gir modellen til Kim og Serfes samme resultat som i Hotelling-modellen, altså ingen multihoming. Dersom den inkrementelle nytten er over terskelnivået vil en andel av konsumentene kjøpe begge produktene og dermed multihome. Dette resultatet endrer priskonkurransen i markedet. Dersom en av de to bedriftene reduserer sin pris, vil etterspørselen til denne bedriften øke, men ikke nødvendigvis på bekostning av den andres etterspørsel, noe som impliserer at andel multihomere øker.



Figur 8: Multihoming i Hotelling-modellen

Figur 8 inkluderer nytten til multihomere i Hotelling-modellen ved maksimal differensiering. Bedrift 1 er plassert i punkt 0 og bedrift 2 er plassert i punkt 1. Konsumentene som befinner seg på  $x_{12}$  og  $x_{21}$  er indifferente mellom å kun kjøpe fra henholdsvis bedrift 1 og 2, eller begge. Konsumentene til venstre for  $x_{12}$  kjøper kun fra bedrift 1 og konsumentene til høyre for  $x_{21}$  kjøper kun

fra bedrift 2. Total etterspørsel for bedrift 1 er summen av de som kun kjøper fra bedrift 1 og de som multihomer, altså  $x_{21}$ . Etterspørselen for bedrift 2 er da  $1 - x_{12}$ .

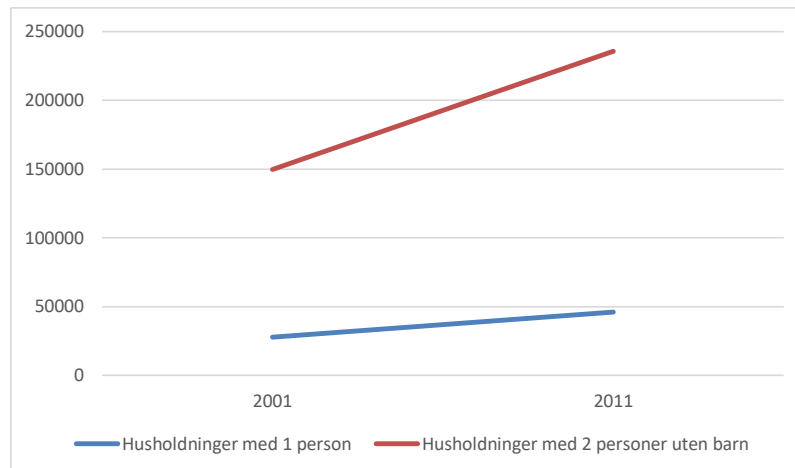
Multihomerne får nytte av godet de allerede har i tillegg til en inkrementell nytte av det andre godet de kjøper. De må ta hensyn til pris, betalingsvillighet og transportkostnader for begge godene. Dersom en konsument kjøper en differensiert versjon av godet de allerede har, er det rimelig å anta at de vil få en ekstranytte av dette godet som er lavere enn nytten av det opprinnelige godet. Dette er rimelig å anta for bilkjøp, ettersom nytteøkningen ved å gå fra null til en bil antas større enn nytteøkningen fra en til to biler.

Evensen og Koneswaran (2016) undersøkte i sin masteroppgave hvordan lokale insentiver for elbiler påvirker graden av multihoming. De utvikler en modell basert på Hotellings lineære by og Salops sirkel, som gir konsumenter tilgang til å kjøpe flere differensierte produkter. Modellen predikerer at multihoming fører til mykere priskonkurranse mellom konvensjonelle biler og elbiler som absorberer effekten av de lokale insentivene. De finner i sin empiriske analyse at alle insentiver fører til økt multihoming. De finner at gratis adgang på ferje fører til en større bilpark, men at bygging av bompengestasjoner, kjøavgift og bompeng priser fører til en reduksjon i etterspørselen etter konvensjonelle biler, da de indirekte subsidierer elbiler. De konkluderer med at bompengestasjoner og kjøavgift bør opprettholdes, da disse tiltakene bidrar til å erstatte konvensjonelle biler med elbiler. De inkluderer både biler og kollektivtransport i transportmarkedet, og forutsetter deretter at markedet er dekket. Myke trafikanter er ikke inkludert i analysen, da de vurderer at det er liten sannsynlighet for at disse bytter til bil som transportmiddel. Det kan diskuteres om kollektivtransport bør inkluderes i denne oppgaven. Forfatterne forutsetter at de ulike transportmidlene primært konkurrerer i pris, da pris er en fleksibel parameter og kan justeres på kort sikt. I motsetning til personbiler, blir pris på kollektivtransport bestemt av myndighetene. Forfatterne argumenterer for at kollektivpriser til en viss grad blir påvirket av priser på alternativ transport, og trekker fram at biler ble relativt dyrere enn offentlig transport på grunn av kjøavgiften i Bergen. Denne kjøavgiften førte til at prisen på offentlig transport ble økt. Konkurransesituasjonen mellom kollektivtransport og personbiler er likevel såpass ulike at jeg velger å ekskludere kollektivtransport fra min analyse.

I følge tall fra TØI (2013-2014) har hele 45 prosent av Norges husholdninger tilgang på mer enn én bil, og nær tre av fem som bor i en husholdning med to førerkort har tilgang til minst to biler. Det er derfor ikke slik at konsumenter må velge mellom en konvensjonell bil og en elbil. De kan velge å kjøpe begge bilene, og derav multihome. Greaker og Kristoffersen (2017), J. Li (2016) og S. Li,



Tong, Xing og Zhou (2017) inkluderer ikke multihoming i sine analyser. Da andelen multihomere er såpass høyt, er det interessant å inkorporere dette i diskusjonen om effekten av politiske tiltak, som subsidiering av ladestasjoner.



Figur 9: Husholdninger med 2 biler eller flere. Kilde: SSB

Figur 9 viser at antall husholdninger med 1 person med 2 biler eller flere øker fra 27 738 i 2001 til 46 001 i 2011 som er en økning på 66 prosent. Antall husholdninger med 2 personer uten barn med 2 biler eller flere øker fra 121 971 til 189 795 i 2011 (SSB, 2018, 11. januar), en økning på 55 prosent. Antall husholdninger i 2001 var 1 961 548 og 2 201 787 i 2011 (SSB, 2018, 26. juni), en økning på 12 prosent. Ut fra disse tallene er det tydelig at andelen husholdninger i Norge med flere biler har økt betydelig. I en rapport fra TØI, skriver Figenbaum (2018) at de fleste elbilene er eid av flerbilhusholdninger, og at grunnen til dette er at en opprettholder fleksibiliteten til å dra på lange turer.

### 3.3 Nettverkseksternaliteter

Positive nettverkseksternaliteter oppstår når et gode blir mer verdifullt jo flere som benytter seg av godet (Tirole, 1988). Katz og Shapiro (1985) skiller mellom ulike kilder til eksternaliteter i konsumet. Direkte eksternaliteter oppstår når kvaliteten på et produkt øker når antallet som konsumerer produktet øker. Et eksempel på direkte eksternaliteter er sosiale plattformer som Facebook og Twitter. Verdien av disse plattformene er større når flere benytter seg av dem. Indirekte nettverkseksternaliteter kan være når nytten av en produkt avhenger av tilbudet av komplementære

produkter. Katz og Shapiro (1985) påpeker at kvaliteten på det relevante nettverket avhenger av om produktene fra de ulike bedriftene kan brukes sammen. Dersom en bil har spesialiserte deler eller behøver spesialiserte ferdigheter for å kunne repareres vil dette redusere betalingsvilligheten for denne modellen, da den ikke er kompatibel med andre biler.

Nytten til elbiler avhenger av et godt utbygd ladenettverk. Dersom andelen elbiler øker, øker etterspørselen etter ladestasjoner. Dersom dette resulterer i utbygging av flere ladestasjoner, vil dette potensielt kunne redusere konsumentenes transportkostnad til nærmeste ladestasjon. Ut fra dette kan det argumenteres for at elbiler har positive nettverkseksternaliteter. Dette fører til markedssvikt dersom konsumenten kun ser på sin egen nytteøkning av godekjøpet, og ikke internaliserer at de andre konsumentene også drar nytte av godekjøpet. Zhang, Qian, Sprei og Li (2016) bruker data fra Norge og finner at tilgangen til ladestasjoner har en sterk positiv effekt på betalingsvilligheten for elbil, og det kan derfor antas at nytten til elbil avhenger av hvor godt ladenettverket er. Dette tyder på at elbil er et gode med positive nettverksensternaliteter. Denne egenskapen danner grunnlaget for en hypotese om at forbedring av ladenettverk øker nytten av elbil. Dersom flere kjøper elbil er det naturlig å tro at etterspørselen etter ladestasjoner øker og at ladenettverket blir forbedret

S. Li et al. (2017) påpeker at rekkeviddeangst kan føre til en motvillighet til å kjøpe elbil når det ikke er et tilstrekkelig antall offentlige ladestasjoner tilgjengelig. Private investorer vil også ha lite insentiv til å bygge ladestasjoner dersom elbilbarken er liten. Denne gjensidige avhengigheten karakteriserer han som indirekte nettverkseffekter<sup>6</sup>. Deres mål er å empirisk kvantifisere viktigheten av disse nettverkseffektene og hvilken effekt de har på politiske tiltak. De bruker en lokasjonsmodell for å modellere at nettverkseffektene danner feedback loops som påvirker spredningen av ny teknologi. Slike feedback loops kan overdrive sjokk i markedet slik at en underestimerer virkningen av politiske virkemidler. Deres empiriske analyser viser at det er indirekte nettverkseffekter på begge sider av markedene. Estimaten viser at en 10 prosent økning i antall ladestasjoner øker elbilsalg med 8 prosent, og en 10 prosent økning i elbilbestanden fører til 6 prosent økning i antall ladestasjoner. De finner i sin analyse at elastisiteten til salg av elbiler med hensyn på tilgang til ladestasjoner er 0.84, og elastisiteten til ladestasjoner med hensyn på den elektriske bilparken er 0.61. De sammenligner subsidier til kjøp av elbil og til utbygging av ladestasjoner, og konkluderer med at subsidiering av ladestasjoner fører til en dobbelt så høy økning i elbilsalg i forhold til subsidiering av kjøp. Grunnet sterke nettverkseffekter og tidlig adopteres lave priselastisitet, konkluderer de

---

<sup>6</sup>Nytten av å investere/kjøpe på den ene siden av markedet øker med størrelsen på nettverket på den andre siden av markedet.

med at å subsidiere utbygging av ladestasjoner er mer kostnadseffektivt enn å subsidiere elbilkjøp. De tar ikke hensyn til at konsumenter kan kjøpe flere biler, noe som kan endre konklusjonene.

Katz og Sharpiro sitt eksempel om biler med spesialiserte deler og kompatibilitet kan knyttes til kompatibiliteten mellom biler og ladestasjoner. Greaker og Kristoffersen (2017) diskuterer hvordan ulike ladestandarder påvirker utbredelsen av elbiler. De tar utgangspunkt i Birkeli, Håmsø, Kalland, Lindegaard og Molin (2016) sin rapport, *Tiltakskostnader for elbil*, sine tre scenarioer for innfasing av elbiler. Deres hovedbudskap er at takten på innfasing av elbiler kan avhenge av hvordan lademarkedet reguleres, og de finner at inkompatible hurtigladesystemer fører til en tregere innfasing. Med én potensiell standard for lading av elbiler oppstår det kompatibilitetsfordeler. Inkompatibilitet innebærer svakere nettverkseffekter, da ikke alle elbiler kan benytte seg av alle ladestasjoner. De påpeker at å fortsette investeringsstøtten til bygging av ladestasjoner som skal være tilgjengelig for alle bilmerker, kan forhindre for mange ulike ladestandarder. En trussel som kan redusere elbilens nettverkseffekter er hydrogenbilen. Ser en på rekkevidde til hydrogenbilen i forhold til elbilen, er hydrogenbilen overlegen. Dersom noe av satsingen på elbiler substitueres bort til fordel for satsing på hydrogenbil, kan dette gjøre nettverket til elbil dårligere. Det kan diskuteres om denne trusselen hadde vært mindre dersom vi opererte med én standard for lading.

Greaker og Midttømme (2016) undersøker om en bør ta hensyn til eksternaliteter ved skattlegging av utslipp, framfor en konstant Pigou-avgift <sup>7</sup> som kun tar hensyn til miljøskade forårsaket av et skittent gode. De benytter seg av en dynamisk modell med uendelig tidshorisont og to nettverksgoder, ett rent og ett skittent. Konsumentens nytte av begge godene øker med markedsandeler grunnet nettverkseffekter. Dersom differensierte produkter som er konkurransedyktige på pris, får liten distribusjon i markedet, medfører dette et velferdstap som kan skyldes nettverkseksternaliteter. De finner at den optimale avgiften ikke bare skal reflektere det skitne godet, men også ta høyde for nettverkseksternalitetene ved at sannsynligheten for at folk kjøper dette godet, øker jo flere som kjøper det. En Pigou-skatt kan føre til excess inertia <sup>8</sup>, og vil ikke være tilstrekkelig for å oppnå en substitusjon fra fossildrevne biler til elbiler selv om dette er optimalt i markedet.<sup>9</sup> De påpeker at selv om den nåværende klimapolitikken internaliserer eksternaliteten ved at bensinbiler forurenses, kan det være optimalt å subsidiere elektriske biler/ladestasjoner i en overgangsperiode ved indirekte nettverkseksternaliteter.

---

<sup>7</sup>Pigou-avgiften er lik marginal skadekostnad og gir den samfunnsøkonomiske beste løsningen.

<sup>8</sup>Excess inertia oppstår når en ekstra enhet av et nettverksgode øker velferd, men ikke blir spredt i markedet.

<sup>9</sup>De ser på en hypotetisk situasjon hvor elbiler har samme kostnad og kvalitet som fossilbiler

J. Li (2016) undersøker effekten av kompatibilitet på marked og velferd i det amerikanske elbilmarkedet. På samme måte som hydrogenbiler og bensinbiler, trenger elektriske biler en god infrastruktur for å kunne fungere. I det amerikanske markedet benyttes tre inkompatible standarder for lading. Li undersøker hvordan bedrifter konkurrerer ved å investere i kvaliteten på et viktig komplementært gode, som ladestasjoner, og hvordan disse investeringene endres når tidligere inkompatible standarder blir compatible. Motivasjonen for å undersøke dette er at markedet for elektriske biler kan øke ved kompatibilitet, og bidra til potensielle klimafordeler. Compatible standarder gir konsumenter tilgang til alle bedriftenes investeringer, noe som gir økt nytte i form av økt variasjon, bekvemmelighet og andre mål på kvalitet. Li utvikler en strukturell modell for konsumentes atferd ved kjøp av elbil og bedrifters investering i ladestasjoner, og tester dette empirisk. Ved bruk av estimatene simulerer hun markedsløsninger ved én ladestandard. Hun finner, i samsvar med Greaker og Kristoffersen, at investering i ladestasjoner reduseres ved full kompatibilitet, men at størrelsen på den elektriske bilparken likevel vil øke, noe som øker velferden. I artiklene tas det ikke hensyn til at konsumenter kan multihome. Kompatibilitet gir alle konsumenter tilgang til alle eksisterende ladestasjoner, men kan redusere bedriftenes insentiver til å bygge ladestasjoner på grunn av spillover-effects. Hun finner at ved full kompatibilitet vil bedriftene ha insentiv til å kutte antall ladestasjoner med 54 prosent. Jing Li påpeker at det kan være interessant å undersøke industriens evne og villighet til å utvikle en ladestandard som er kompatibel for alle elbiler.

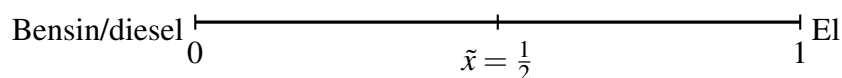
## 4 Teoretiske modeller

### 4.1 Markedet

Jeg utvikler en modell som beskriver hvordan etterspørselen etter biler endres når det bygges nye ladestasjoner. Utgangspunktet er et marked med elbiler og konvensjonelle biler, hvor alle aktører kun kjøper én bil. Deretter utforsker jeg hvordan etterspørselen endres når aktørene kan kjøpe to biler, og dermed opptre som multihomere. I denne modellen kan konsumentene velge å kjøpe én av bilene eller én av hver bil, konvensjonell bil og elbil. Konsumenten kan ikke kjøpe to elbiler eller to konvensjonelle biler. Jeg tar utgangspunkt i Hotellings lineære by og forutsetter at markedet er dekket. Nyttens av de to bilene avhenger av reservasjonsprisene  $v$ , prisene  $p$  og transportkostnaden  $\tau$ .

Endret etterspørsel på grunn av utbygging av ladestasjoner kan modelleres på ulike måter. Det er lite hensiktsmessig å modellere dette ved bruk av transportkostnaden  $\tau$ , da en endring i  $\tau$  har samme effekt for både elbiler og konvensjonelle biler. En annen måte å modellere dette på er å innføre en ny parameter,  $\alpha$ , som øker ved utbygging av ladestasjoner som igjen øker nytten av elbiler, på samme måte som Evensen og Koneswaran (2016) gjorde i deres masteroppgave.  $\alpha$  er nytten av antall ladestasjoner, målt i penger,  $\alpha = \alpha(\text{ladestasjoner})$ . I et multihoming-perspektiv vil en endring i  $\alpha$  kunne påvirke graden av multihoming, men ikke total etterspørsel etter konvensjonelle biler. I tillegg til utbygging av ladestasjoner, kan myndighetene endre størrelsen på subsidien til kjøp av elbil,  $s$ . Myndighetenes kostnader til subsidier vil være etterspørselen etter elbiler multiplisert med subsidiens størrelse,  $D_2 * s$ . Kostnaden av å bygge ut ladestasjoner vil være antall ladestasjoner multiplisert med subsidien per ladestasjon. Denne modellen viser ikke hvilket tiltak som er samfunnsøkonomisk best, da kostnadene av å gjennomføre de ulike tiltakene ikke tas i betraktning.

### 4.2 Singlehomers



Figur 10: Plassering konvensjonelle biler og elbiler

Figur 10 er en grafisk illustrasjon av Hotelling-modellen. Den representative produsenten av konvensjonelle biler befinner seg på punkt 0 på linjen, og elbilprodusenten befinner seg på punkt 1.

Dette er et tilfelle med maksimal differensiering. Dersom prisene er like vil den indifferente konsumentten befinne seg på midten av linjen, på  $\tilde{x} = \frac{1}{2}$ .

Nytten til konsument  $x$  er vist nedenfor. Dette er nytten til en konsument som enten kjøper elbil eller konvensjonell bil, altså singlehomers.

$$U_x \begin{cases} U_1 = v_1 - p_1 - \tau(x-0) & \text{hvis konvensjonell bil} \\ U_2 = v_2 - (p_2 - s) - \tau(1-x) + \alpha & \text{hvis elbil} \end{cases}$$

$v_1$  er konsumentenes reservasjonsverdi for bensinbil og  $v_2$  er konsumentenes reservasjonsverdi for elbil. Jeg forutsetter at disse er like.  $p$  er prisen på produktene og  $\tau$  er transportkostnad.  $x$  er konsumentenes plassering og  $\alpha$  er nytten av et godt utbygd ladenettverk.  $s$  representerer subsidie til kjøp av elbil. Den indifferente konsumentten er plassert hvor  $U_1 = U_2$ . Dersom du har en konvensjonell bil, er du likegyldig til utbygging av ladestasjoner. Dersom du har elbil, vil nytten av elbil øke dersom flere ladestasjoner bygges ut, på grunn av mindre ladekø og mindre rekkeviddeangst.  $U_1 = U_2$  gir oss plasseringen til den indifferente konsumentten.

$$v_1 - p_1 - \tau x = v_2 - (p_2 - s) - \tau + \tau x + \alpha$$

$$\tilde{x} = \frac{p_2 - s - p_1 - \alpha}{2\tau} + \frac{1}{2}$$

Konsumenter til venstre for  $\tilde{x}$  vil kun kjøpe bensin/dieselbil og konsumenter til høyre for  $\tilde{x}$  vil kun kjøpe elbil.

#### 4.2.1 Etterspørsel

Myndighetene setter  $\alpha$  og  $s$ . Etterspørselen til bedriften som selger konvensjonelle biler, som befinner seg på punkt 0, er  $\tilde{x}$ . Den resterende delen av markedet,  $1 - \tilde{x}$  er etterspørselen etter elbiler. Etterspørselen til den representative produsenten av bil med forbrenningsmotor og elbilprodusenten er henholdsvis

$$D_1(p_1, p_2) = \frac{\tau + p_2 - s - p_1 - \alpha}{2\tau}$$

$$D_2(p_1, p_2) = 1 - \tilde{x} = \frac{\tau - p_2 + s + p_1 + \alpha}{2\tau}$$

Etterspørselen for begge produsentene avhenger negativt av deres pris, og positivt av rivalens pris. Etterspørselen etter elbil øker ved en økning i subsidien og ladestasjoner. Det motsatte gjelder for konvensjonell bil.

#### 4.2.2 Markedsliekevekt

Produsentenes profitt avhenger av prisene  $p_1$  og  $p_2$ , enhetskostnadene  $c_1$  og  $c_2$  og etterspørselen.

$$\pi_1(p_1, p_2) = (p_1 - c_1) * \left( \frac{\tau + p_2 - s - p_1 - \alpha}{2\tau} \right)$$

$$\pi_2(p_1, p_2) = (p_2 - c_2) * \left( \frac{\tau - p_2 + s + p_1 + \alpha}{2\tau} \right)$$

For formålet i denne oppgaven er det greit å sette  $c = c_1 = c_2$ . Dette vil ikke påvirke hovedresultatene. Førsteordensbetingelsen gir reaksjonsfunksjonene til bedriftene.

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial p_1} = \tau + p_2 - s - 2p_1 - \alpha + c = 0 \implies p_1^R = \frac{\tau + p_2 - s - \alpha + c}{2}$$

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial p_2} = \tau + p_1 - 2p_2 + s + \alpha + c = 0 \implies p_2^R = \frac{\tau + p_1 + s + \alpha + c}{2}$$

I denne singlehomingmodellen påvirkes prisen av rivalens pris. Dette er vist grafisk i figur 11.

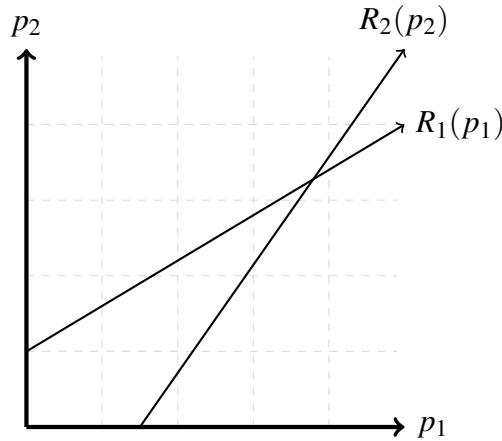
Nash-likevekt i priser er

$$p_1 = \tau + c - \frac{\alpha + s}{3}$$

$$p_2 = \tau + c + \frac{\alpha + s}{3}$$

$p_1$  og  $p_2$  er prisen på henholdsvis konvensjonelle biler og elbiler. Prisen på konvensjonelle biler øker med transportkostnaden og enhetskostnaden. Den avtar i antall ladestasjoner og størrelsen på subsidien. Prisen på elbiler øker med transportkostnad, enhetskostnad, antall ladestasjoner og størrelsen på subsidien. Utbygging av ladenettverk og størrelse på subsidie har i denne modellen samme effekt på prisen. Dette er tiltak som senker terskelen for å kjøpe elbil, slik at det oppstår en substitusjon mellom de to representative bedriftene. Transportkostnaden  $\tau$  er et mål på differensiering. Mer differensiering impliserer mykere priskonkurranse slik at bedriftene kan ta en høyere pris. Dersom produksjonskostnaden  $c$  øker, må bedriftene ta en høyere pris for å opprettholde profitten. Dersom myndighetene bestemmer seg for å bygge flere ladestasjoner eller øke subsidieringen av

elbilkjøp, blir det gunstigere å kjøpe elbil i forhold til å kjøpe bil med forbrenningsmotor. Elbilprodusenten kan derfor ta en høyere pris, og produsenten av konvensjonelle biler må redusere sin pris for å styrke konkurransekraften.



Figur 11: Bertrand: Singlehomers

Figur 11 viser reaksjonsfunksjonene til hver av bedriftene. Dersom den ene bedriften øker sin pris, vil den andre også øke prisen. Ved å sette prisene i Nash-likevekten inn i etterspørselsuttrykkene blir etterspørselen uttrykt ved transportkostnaden, nytten av ladestasjoner og nytten av subsidier.

*Resultat 1*

$$D_1 = \frac{\tau + p_2 - s - p_1 - \alpha}{2\tau} = \frac{\tau + \tau + c + \frac{\alpha+s}{3} - s - \tau - c + \frac{\alpha+s}{3} - \alpha}{2\tau} = \frac{\tau - \frac{\alpha+s}{3}}{2\tau}$$

$$D_2 = \frac{\tau - p_2 + s + p_1 + \alpha}{2\tau} = \frac{\tau - \tau - c - \frac{\alpha+s}{3} + s + \tau + c - \frac{\alpha+s}{3} + \alpha}{2\tau} = \frac{\tau + \frac{\alpha+s}{3}}{2\tau}$$

Etterspørselen i likevekt avhenger av transportkostnaden, subsidier og bygging av ladestasjoner.  $s$  og  $\alpha$  påvirker etterspørselen etter konvensjonelle biler negativt, og elbiler positivt, og har like sterk effekt på begge typer biler. I denne modellen har effekten av ladestasjoner og subsidie til kjøp identisk effekt på etterspørselen. Denne modellen sier ikke noe om hvilke tiltak som vil fungere best, da den ikke tar hensyn til kostnader ved gjennomføring.

Prisene i Nash-likevekten settes inn i profittuttrykkene, slik at profitten avhenger av transportkostnaden, ladenettverket og subsidiene. Profitten til de to bedriftene er

$$\pi_1 = \left(\tau + c - \frac{\alpha + s}{3} - c\right) * \left(\frac{\tau - \frac{\alpha+s}{3}}{2\tau}\right) = \left(\tau - \frac{\alpha + s}{3}\right)^2 * \left(\frac{1}{2\tau}\right)$$



$$\pi_2 = \left(\tau + c + \frac{\alpha + s}{3} - c\right) * \left(\frac{t + \frac{\alpha + s}{3}}{2\tau}\right) = \left(\tau + \frac{\alpha + s}{3}\right)^2 * \left(\frac{1}{2\tau}\right)$$

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial \alpha} = 2\left(\tau - \frac{\alpha + s}{3}\right) * \frac{-1}{3} * \frac{1}{2\tau} = \frac{-1}{3\tau} * \left(\tau - \frac{\alpha + s}{3}\right) = \frac{\alpha - 3\tau + s}{9\tau} < 0$$

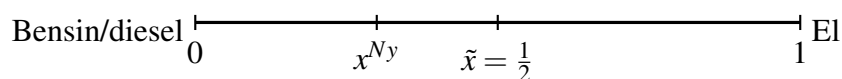
$$\frac{\partial \pi_2}{\partial \alpha} = 2\left(\tau + \frac{\alpha + s}{3}\right) * \frac{1}{3} * \frac{1}{2\tau} = \frac{1}{3\tau} * \left(\tau + \frac{\alpha + s}{3}\right) = \frac{\alpha + 3\tau + s}{9\tau} > 0$$

Den representative elbilprodusenten får økt profitt som følge av en økning i elbilsubsidiene.

$$\frac{\partial D_1}{\partial \alpha} = \frac{\partial D_1}{\partial s} = \frac{-1}{6\tau} < 0$$

$$\frac{\partial D_2}{\partial \alpha} = \frac{\partial D_2}{\partial s} = \frac{1}{6\tau} > 0$$

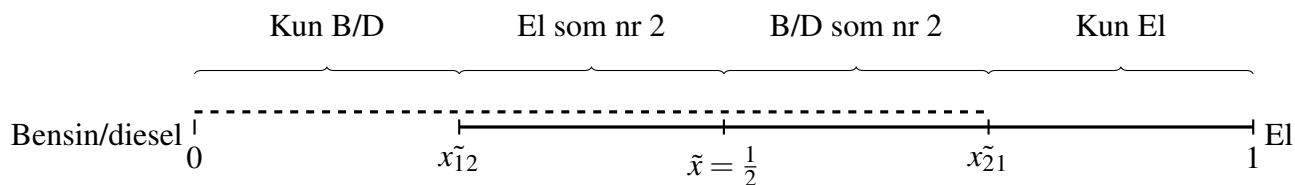
Etterspørselen etter elbiler og konvensjonelle biler avhenger av  $s$ ,  $\tau$  og  $\alpha$ . Dersom antall ladestasjoner eller subsidiene øker, øker etterspørselen etter elbiler, og etterspørselen etter konvensjonelle biler reduseres. Når antall ladestasjoner øker, er markedsandeleffekten for konvensjonelle biler  $\frac{\partial D_1}{\partial \alpha} < 0$  og priseffekten er  $\frac{\partial P_1}{\partial \alpha} < 0$ . Begge effektene er positive for elbiler. Modellen predikerer at når  $\alpha$  øker, vil etterspørselen etter elbiler gå opp, og etterspørselen etter konvensjonelle biler vil gå ned. Denne prediksjonen virker rimelig. En økning i  $\alpha$  kan redusere hurtigladekø, noe som senker terskelen for å kjøpe elbil slik at etterspørselen øker. Effektene vil være like store for begge typer biler. En økning i subsidier vil i denne modellen ha samme effekt som bygging av ladestasjoner.  $\frac{\partial D_2}{\partial s} = \frac{1}{6\tau} > 0$ ,  $\frac{\partial D_1}{\partial s} = \frac{-1}{6\tau} < 0$ .



Figur 12: Effekt av økning i  $\alpha/s$

Figur 12 viser hvordan den indifferente konsumenten endrer plassering når  $\alpha$  eller  $s$  øker. Dette fører til en substitusjon mellom elbiler og konvensjonelle biler. Etterspørselen etter elbiler øker, og etterspørselen etter bensinbiler reduseres. Den indifferente konsumenten befinner seg nå på  $x^{Ny}$ . I denne modellen kjøper konsumentene kun én bil. Alle konsumentene til venstre for  $x^{Ny}$  vil nå kjøpe bensin/dieselbil, og konsumentene til høyre vil kjøpe elbil. Reduksjonen i markedsandel for bensin/dieselbil er  $\tilde{x} = \frac{1}{2}$  minus  $x^{Ny}$ , lik økningen i markedsandel for elbil.

### 4.3 Multihomers



Figur 13: Plassering konvensjonelle biler og elbiler ved multihoming

Figur 13 illustrerer Hotelling-modellen med multihoming. Konsumenter til venstre for  $x_{12}$  kjøper kun konvensjonelle biler og konsumenter til høyre for  $x_{21}$  kjøper kun elbiler. De som befinner seg i intervallet hvor linjene overlapper er multihomere. Konsumenter mellom  $x_{12}$  og  $x = \frac{1}{2}$  kjøper elbil som sin andre bil, og konsumenter mellom  $x = \frac{1}{2}$  og  $x_{21}$  kjøper bensinbil som sin andre bil. Multihomere kjøper begge de differensierte produktene.  $U_{12}$  er nytten til en konsument som har en konvensjonell bil, og som kjøper elbil i tillegg.  $U_{21}$  er nytten til en konsument som har elbil, og som vurderer å kjøpe konvensjonell bil i tillegg.

$$U_{12} = v_1 - p_1 - \tau(x - 0) + \beta_2 v_2 - (p_2 - s) - \tau(1 - x) + \alpha = v_1 - p_1 + \beta_2 v_2 - (p_2 - s) - t + \alpha$$

$$U_{21} = v_2 - (p_2 - s) - \tau(1 - x) + \alpha + \beta_1 v_1 - p_1 - \tau(x - 0) = v_2 - (p_2 - s) - t + \alpha + \beta_1 v_1 - p_1$$

Den inkrementelle nytten av å konsumere et ekstra gode er gitt ved

$$U_{12}^I = \beta_2 v_2 - (p_2 - s) - \tau(1 - x) + \alpha \quad \text{ved kjøp av elbil i tillegg}$$

$$U_{21}^I = \beta_1 v_1 - p_1 - \tau x \quad \text{ved kjøp av konvensjonell bil i tillegg}$$

Konsumenten som ligger på  $x_{12}$  er indifferent mellom å kun ha konvensjonell bil, og å kjøpe elbil i tillegg. Konsumenten som ligger på  $x_{21}$  er indifferent mellom å kun ha elbil, og å kjøpe konvensjonell bil i tillegg. De indifferente konsumentene befinner seg hvor  $U_1 = U_{12}$  og  $U_2 = U_{21}$ .

$$x_{12} = \frac{p_2 - s + \tau - \beta_2 v_2 - \alpha}{\tau}$$

$$x_{21} = \frac{\beta_1 v_1 - p_1}{\tau}$$

### 4.3.1 Etterspørsel

Uttrykkene nedenfor viser total etterspørsel for begge bilene.  $D_1^{MH}$  er etterspørselen etter konvensjonelle biler og  $D_2^{MH}$  er etterspørselen etter elbiler. Etterspørselen til konsumentene som har konvensjonell bil/elbil fra før og som vurderer å kjøpe elbil/konvensjonell bil er henholdsvis.

$$D_1^{MH} = x_{12} + (x_{21} - x_{12}) = x_{21} = \frac{\beta_1 v_1 - p_1}{\tau}$$

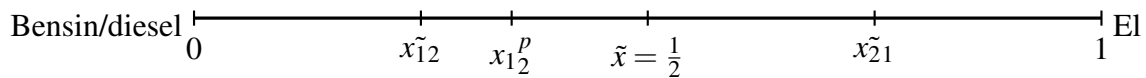
$$D_2^{MH} = (1 - x_{21}) + (x_{21} - x_{12}) = 1 - x_{12} = \frac{\beta_2 v_2 - p_2 + s + \alpha}{\tau}$$

I motsetning til tilfellet med singlehoming, avhenger ikke etterspørselen lenger av prisen til rivalen. Grunnen til dette er fordi en multihomer som vurderer å kjøpe en elbil, allerede har en konvensjonell bil og vice versa. Pris på allerede kjøpt bil er derfor irrelevant. Dersom prisen på bensinbiler reduseres vil ikke dette påvirke total etterspørsel, men det vil påvirke andel multihomere. En prisendring kan påvirke andelen eksklusive kunder til bedriften, men ikke total etterspørsel. Dersom prisen på elbil øker, vil færre velge å kjøpe elbil i tillegg til sin konvensjonelle bil. De som allerede har en konvensjonell bil vil ikke kjøpe en ekstra konvensjonell bil. Dette medfører at ingen av bedriftene har insentiv til å endre sin pris, og pris konkurransen blir mykere. Business stealing-effekten <sup>10</sup> som er til stede i modellen med kun singlehomers forsvinner når vi tar hensyn til at konsumenter multihomer.

Den marginale konsumenten som har elbil fra før og som skal bestemme seg for om han eller hun vil kjøpe bensinbil vil ikke få noe ekstra nytte av ladestasjoner, da valget handler om å kjøpe bil med forbrenningsmotor. Derfor vil etterspørselen ikke avhenge av  $\alpha$ . Den marginale konsumenten som har bensinbil fra før og som skal bestemme seg for om han eller hun vil kjøpe elbil vil ta hensyn til ladestasjonnettverket, da valget handler om å kjøpe elbil. Derfor vil  $\alpha$  være relevant i en beslutningssituasjon.

Figur 14 viser hvordan andel multihomere endres seg når prisen på elbil øker. Andel multihomere reduseres og andel som kun kjøper konvensjonelle biler øker, da disse bilene har blitt relativt

<sup>10</sup>Business stealing-effekt er en negativ effekt på etterspørselen av at rivalen endrer sin strategiske variabel.



Figur 14: Effekt av en endring i  $p_2$

billigere. Jo høyere pris bedriften tar, desto flere eksklusive kunder får den rivalen. Utfallet er at færre nå kjøper elbil i tillegg til sin konvensjonelle bil. I motsetning til tilfellet med kun singlehomers, vil en prisøkning ikke påvirke rivalens etterspørsel, kun sammensetningen av singlehomere og multihomere.

### 4.3.2 Markedslikevekt

Produsentenes profitt avhenger av sine egne priser, enhetskostnaden, transportkostnaden og reservervasjonsprisen. Profittfunksjonen til konvensjonelle biler og elbiler er henholdsvis

$$\pi_1 = (p_1 - c) * \frac{(\beta_1 v_1 - p_1)}{\tau}$$

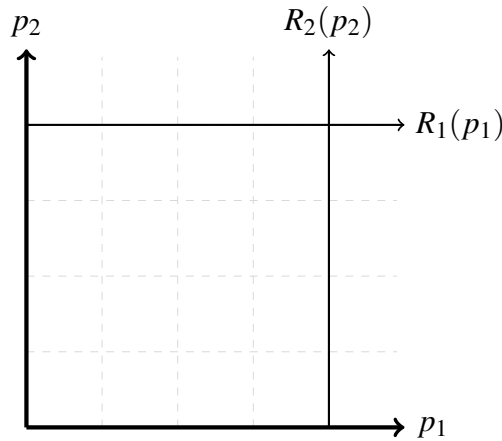
$$\pi_2 = (p_2 - c) * \frac{(\beta_2 v_2 - p_2 + s + \alpha)}{\tau}$$

Førsteordensbetingelsen og reaksjonsfunksjonen til henholdsvis bedrift 1 og 2 er

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial p_1} = \beta_1 v_1 - 2p_1 + c = 0 \implies p_1 = \frac{\beta_1 v_1 + c}{2}$$

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial p_2} = \beta_2 v_2 - 2p_2 + c + s + \alpha = 0 \implies p_2 = \frac{\beta_2 v_2 + c + s + \alpha}{2}$$

Nå, i markedet som tillater multihoming, vil prisene være uavhengig av hverandre. Prisen på konvensjonelle biler øker i enhetskostnaden og reservervasjonsprisen. Prisen på elbil avhenger av reservervasjonspris, enhetskostnad, subsidier og utbygging av ladestasjoner.



Figur 15: Bertrand: Multihomers

Figur 15 viser reaksjonsfunksjonene til bedriftene når aktørene kan multihome. Den enes pris vil ikke påvirke den andres pris.

#### Resultat 2

$$D_1^{MH} = \frac{\beta_1 v_1 - c}{2\tau}$$

$$D_2^{MH} = \frac{\beta_2 v_2 - c + s + \alpha}{2\tau}$$

$D_1^{MH}$  er etterspørselen etter konvensjonelle biler, og  $D_2^{MH}$  er etterspørselen etter elbiler. Etterspørselen til begge biler øker med økt reservasjonspris og reduseres ved økte enhetskostnader og transportkostnader. I tillegg vil økt antall ladestasjoner og økning i subsidien øke etterspørselen etter elbiler.

$$\pi_1 = (p_1 - c) * D_1^{MH} = \left(\frac{\beta_1 v_1 + c}{2} - c\right) * \left(\frac{\beta_1 v_1 - c}{2\tau}\right) = (\beta_1 v_1 - c)^2 * \frac{1}{\tau}$$

$$\pi_2 = (p_2 - c) * D_2^{MH} = \left(\frac{\beta_2 v_2 + c + s + \alpha}{2} - c\right) * \left(\frac{\beta_2 v_2 - c + s + \alpha}{2\tau}\right) = (\beta_2 v_2 + s + \alpha - c)^2 * \frac{1}{\tau}$$

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial \alpha} = 0$$

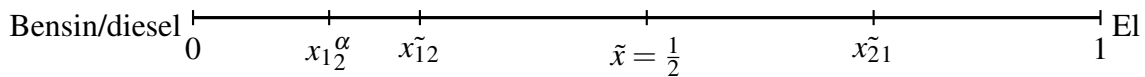
$$\frac{\partial \pi_2}{\partial \alpha} = \frac{2 * (\beta_2 v_2 + s + \alpha - c)}{\tau} > 0$$

Profittuttrykkene viser at  $\alpha$  kun påvirker profitten til elbilindustrien. I singlehoming modellen vil utbygging av ladestasjoner redusere profitten til produsenten av konvensjonelle biler. Denne effekten forsvinner nå, da den totale etterspørselen etter konvensjonelle biler ikke blir påvirket.

$$\frac{\partial D_1^{MH}}{\partial \alpha} = 0$$

$$\frac{\partial D_2^{MH}}{\partial \alpha} = \frac{1}{2\tau} > 0$$

Denne modellen, basert på masteroppgaven til Evensen og Koneswaran (2016) viser at  $\alpha$  øker etterspørselen etter elbiler, og påvirker ikke etterspørselen etter konvensjonelle biler. Dette fører til en større bilpark.



Figur 16: Effekt av en endring i  $\alpha$

Figur 16 viser hvordan etterspørselen endres ved at  $\alpha$  øker.  $x_{12}$  forskyves til venstre, til  $x_{12}^{\alpha}$ . Andel singlehomers som kun kjøper konvensjonell bil reduseres, og andel multihomere øker.  $\alpha$  påvirker kun den totale etterspørselen etter elbiler, og den eksklusive etterspørselen forblir den samme. Resultatet fra denne modellen er da at dersom antall ladestasjoner øker, øker etterspørselen etter elbiler, og den økningen kommer av at flere av konsumentene som har konvensjonellbil fra før, kjøper elbil i tillegg. En økning i subsidien vil ha lik effekt som en økning i antall ladestasjoner.

#### 4.4 Alternativ modell for multihoming

I den forrige modellen påvirket en endring i  $\alpha$  kun den totale etterspørselen etter elbiler. Det kan være mer realistisk å tenke seg at bygging av ladestasjoner fører til at konvensjonelle biler blir relativt mindre etterspurt i forhold til elbiler, slik at total etterspørsel etter konvensjonelle biler reduseres. Her forandrer jeg modellen fra Evensen og Koneswaran (2016), og viser hva som skjer når reservasjonsprisen for konvensjonelle biler endres som en følge av en økning i antall ladestasjoner. Dette modellerer jeg ved at  $\beta$ , faktoren som justerer verdien på bil nummer to, endres. For

singlehomers vil denne modellen gi samme resultat som en endring i  $\alpha$ . Dersom  $\alpha$  øker, vil etterspørselen etter elbil øke og etterspørselen etter konvensjonelle biler vil reduseres. Ved multihoming vil nå bildet kompliseres ved at reservasjonsprisen for bil nummer to endres ved en endring i  $\alpha$ . En konsument som har elbil fra før, og vurderer å kjøpe konvensjonell bil vil få en negativ endring i  $\beta_1$ , da flere ladestasjoner kan gjøre en konvensjonell bil mindre nødvendig. Dette impliserer at nytten av konvensjonell bil reduseres. Hovedargumentet for å ha en konvensjonell bil i tillegg til elbil er rekkevidde. Utbygging av ladestasjoner reduserer derfor behovet for å ha en konvensjonell bil i tillegg til elbil. I det motsatte tilfellet, hvor konsumenten vurderer å kjøpe elbil som sin andre bil, kan det tenkes at reservasjonsprisen for elbil,  $\beta_2$ , øker eller forblir konstant. Jeg modellerer at den ikke endres, da rekkeviddeangst ikke er en bekymring som vektlegges ved beslutningen om å kjøpe elbil, når konsumenten har en konvensjonell bil fra før. I forrige modell påvirker  $\alpha$  nytten av bil direkte.  $\alpha$  påvirker ikke reservasjonsprisen for bil nummer 2,  $\frac{\partial \beta_1(\alpha)v_1}{\partial \alpha} = 0$ . Det virker derimot rimelig at  $\frac{\partial \beta_1(\alpha)v_1}{\partial \alpha} < 0$ , og jeg løser derfor modellen for dette alternativet også.

$$\frac{\partial \beta_1(\alpha)v_1}{\partial \alpha} < 0, \quad \frac{\partial \beta_2(\alpha)v_2}{\partial \alpha} = 0$$

Den inkrementelle nytten av å konsumere et ekstra gode er gitt ved

$$U_{12}^I = \beta_2(\alpha)v_2 - (p_2 - s) - \tau(1 - x) + \alpha \quad \text{ved kjøp av elbil i tillegg}$$

$$U_{21}^I = \beta_1(\alpha)v_1 - p_1 - \tau x \quad \text{ved kjøp av konvensjonell bil i tillegg}$$

De indifferente konsumentene befinner seg på  $x_{12}$  og  $x_{21}$ .

$$x_{12} = \frac{p_2 - s + \tau - \beta_2(\alpha)v_2 - \alpha}{\tau}$$

$$x_{21} = \frac{\beta_1(\alpha)v_1 - p_1}{\tau}$$

#### 4.4.1 Etterspørsel

$$D_1^{MH} = x_{12} + (x_{21} - x_{12}) = x_{21} = \frac{\beta_1(\alpha)v_1 - p_1}{\tau}$$

$$D_2^{MH} = (1 - x_{21}) + (x_{21} - x_{12}) = 1 - x_{12} = \frac{\beta_2(\alpha)v_2 - p_2 + s + \alpha}{\tau}$$

Etterspørselen etter konvensjonelle biler reduseres ved en økning i pris og en økning i antall ladestasjoner. Etterspørselen etter elbil reduseres ved en økning i pris og øker ved en økning i subsidie til kjøp av elbil.

#### 4.4.2 Markedslikevekt

Profittfunksjonen til konvensjonelle biler og elbiler er henholdsvis

$$\pi_1 = (p_1 - c) * \frac{(\beta_1(\alpha)v_1 - p_1)}{\tau}$$

$$\pi_2 = (p_2 - c) * \frac{(\beta_2(\alpha)v_2 - p_2 + s + \alpha)}{\tau}$$

Finner førsteordensbetingelsen og reaksjonsfunksjonene

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial p_1} = \beta_1(\alpha)v_1 - 2p_1 + c = 0 \implies p_1 = \frac{\beta_1(\alpha)v_1 + c}{2}$$

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial p_2} = \beta_2(\alpha)v_2 - 2p_2 + c + s + \alpha = 0 \implies p_2 = \frac{\beta_2(\alpha)v_2 + c + s + \alpha}{2}$$

*Resultat 3*

$$D_1^{MH} = \frac{\beta_1(\alpha)v_1 - c}{2\tau}$$

$$D_2^{MH} = \frac{\beta_2(\alpha)v_2 - c + s + \alpha}{2\tau}$$

Nå er effekten av utbygging av ladestasjoner og subsidie til kjøp ulike. S. Li et al. (2017) konkluderer i sin artikkel at subsidiering av ladestasjoner fører til en dobbelt så høy økning i elbilsalg i forhold til subsidiering av kjøp. Resultatet fra denne modellen er at en økning i subsidie til kjøp av elbil fører til en like stor økning i etterspørselen etter elbil, som utbygging av ladestasjoner, men i tillegg kommer den indirekte effekten av utbygging av ladestasjoner. Dette impliserer at utbygging av ladestasjoner har en sterkere effekt på elbiletterspørselen enn subsidie til kjøp.



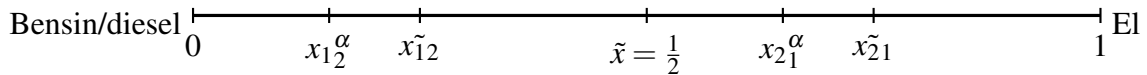
$$\pi_1 = (p_1 - c) * D_1^{MH} = \left( \frac{\beta_1(\alpha)v_1 + c}{2} - c \right) * \left( \frac{\beta_1(\alpha)v_1 - c}{2\tau} \right) = (\beta_1(\alpha)v_1 - c)^2 * \frac{1}{\tau}$$

$$\pi_2 = (p_2 - c) * D_2^{MH} = \left( \frac{\beta_2(\alpha)v_2 + c + s + \alpha}{2} - c \right) * \left( \frac{\beta_2(\alpha)v_2 - c + s + \alpha}{2\tau} \right) = (\beta_2(\alpha)v_2 - c + s + \alpha)^2 * \frac{1}{\tau}$$

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial \alpha} < 0, \quad \frac{\partial \pi_2}{\partial \alpha} > 0$$

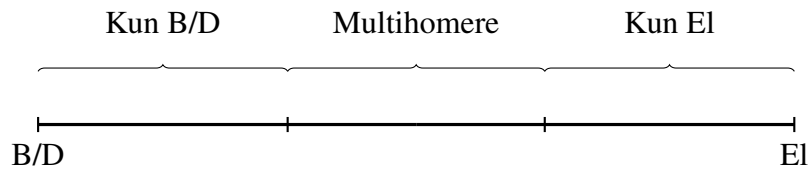
$$\frac{\partial D_1^{MH}}{\partial \alpha} = \frac{\beta_1'(\alpha)v_1}{2\tau} < 0,$$

$$\frac{\partial D_2^{MH}}{\partial \alpha} = \frac{\beta_2'(\alpha)v_2 + 1}{2\tau} = \frac{1}{2\tau}$$



Figur 17: Effekt av en endring i  $\alpha$

Utbygging av ladestasjoner får nå en effekt på  $\beta_1$ , altså reservasjonsprisen for konvensjonelle biler. Dette fører til et annet resultat enn figur 16. Den indirekte effekten av  $\alpha$  på konvensjonelle biler,  $\frac{\partial \beta_1(\alpha)v_1}{\partial \alpha}$ , vil være negativ slik at etterspørselen etter konvensjonelle biler reduseres. Den totale etterspørselen etter elbiler avhenger både av en indirekte effekt,  $\frac{\partial \beta_2(\alpha)v_2}{\partial \alpha}$  og den direkte effekten  $\alpha$ . Under forutsetningen om at den indirekte effekten er null, vil en økning i  $\alpha$  føre til økt etterspørsel etter elbiler, slik at  $x_{12}$  forflyttes til  $x_{12}^\alpha$ . Dette på grunn av den direkte effekten av en endring i  $\alpha$ ,  $\frac{1}{2\tau}$ . Uten den direkte effekten ville endringen blitt null. Figur 17 viser at den totale etterspørselen etter elbiler,  $1 - x_{12}$  øker, og at andel konsumenter som kjøper konvensjonell bil i tillegg til elbil vil reduseres slik at den totale bilparken er konstant.  $x_{21}$  flyttes til  $x_{21}^\alpha$  fordi færre kjøper konvensjonell bil i tillegg til elbil. Når antall ladestasjoner øker til et visst nivå, vil det ikke lenger være hensiktsmessig å ha en konvensjonell bil som bil nummer to. Det kan diskuteres at dette er tilfellet etter en viss terskelverdi (antall ladestasjoner bygget). Færre kjøper konvensjonell bil som sin andre bil, og flere kjøper elbil som sin andre bil. Om den totale bilparken reduseres eller øker avhenger av hvilken effekt som er sterkest, effekten av en reduksjon i  $\beta_1$  eller økt etterspørsel etter elbiler som følge av at  $\alpha$  øker.



Figur 18: Opprinnelig situasjon

Figur 18 viser den opprinnelige situasjonen. Dersom den negative effekten på antall konvensjonelle biler er sterkest, vil antall multihomere reduseres og bilparken blir mindre. Dersom den positive effekten på antall elbiler er sterkest, vil dette føre til en økning i antall multihomere, og bilparken blir større. I denne modellen, hvor konsumenter enten kan kjøpe en av hver bil, eller en av bilene, er det ønskelig at linjestykket *Multihomere* er kortest mulig, da det ikke er mulig å multihome ved å kjøpe to elbiler.

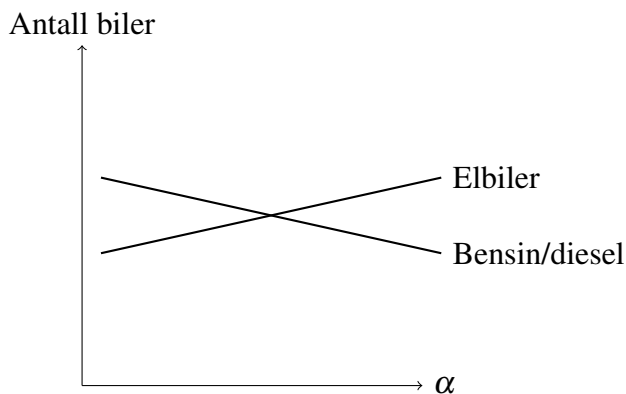
Dersom jeg hadde modellert at  $\frac{\partial \beta_2(\alpha)v_2}{\partial \alpha} > 0$ , ville både den direkte og indirekte effekten trukket i retning av økt etterspørsel etter elbiler. Økte subsidier gir den direkte effekten, på samme måte som i modell 2. Stortingets bestemmelse om at alle nysolgte biler skal være utslippsfrie fra 2025, samt Norges satsing på elbilfordeler og subsidierte ladestasjoner, bidrar til at konsumenter substituerer seg bort fra konvensjonell bil. Det er likevel lite sannsynlig at alle husholdninger i Norge begynner å opptre som singlehomers. Et mulig fremtidsscenario er at multihomerne, i stedet for å ha én bil med forbrenningsmotor og én elbil, har to differensierte elbiler.

## 4.5 Sammenligning av resultater

### Resultat 1

$$\frac{\partial D_1}{\partial \alpha} = \frac{-1}{6\tau} < 0, \quad \frac{\partial D_2}{\partial \alpha} = \frac{1}{6\tau} > 0$$

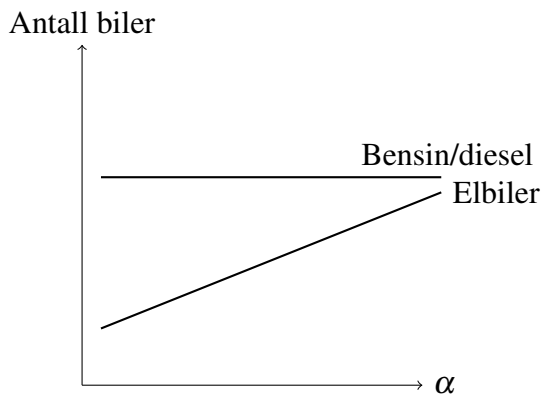
I singlehoming-modellen vil en økning i antall ladestasjoner føre til en substitusjon fra konvensjonelle biler til elbiler. Den totale bilparken vil derfor være konstant. Flere kjøper elbil og færre kjøper konvensjonell bil når antall ladestasjoner øker.



### Resultat 2

$$\frac{\partial D_1^{MH}}{\partial \alpha} = 0, \quad \frac{\partial D_2^{MH}}{\partial \alpha} = \frac{1}{2\tau} > 0$$

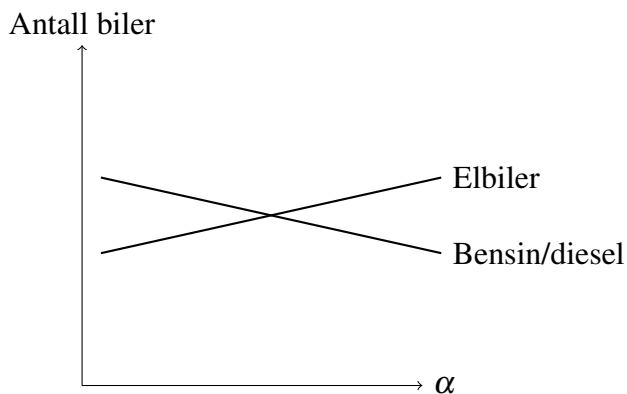
I den første multihoming-modellen vil en økning i antall ladestasjoner føre til at den totale bilparken øker. Salget av konvensjonelle biler vil ikke bli påvirket, men andel som kjøper elbil som sin andre bil vil øke. Multihoming øker.



### Resultat 3

$$\frac{\partial D_1^{MH}}{\partial \beta_1(\alpha)} = \frac{\beta_1'(\alpha)v_1}{2\tau} < 0, \quad \frac{\partial D_2^{MH}}{\partial \beta_2(\alpha)} = \frac{\beta_2'(\alpha)v_1 + 1}{2\tau} = \frac{1}{2\tau}$$

I den siste modellen vil en økning i antall ladestasjoner føre til at færre kjøper konvensjonell bil som sin andre bil, og at flere av konsumentene som kun har konvensjonell bil, blir multihomere og kjøper en elbil i tillegg. Dersom  $\tilde{x}_{21}$  beveger seg helt mot punkt null vil alle konsumenter kjøpe kun elbil.



Unnlater jeg å inkludere den direkte effekten av en økning i  $\alpha$ , vil etterspørselen etter elbiler forbli uendret fordi  $\frac{\partial \beta_2(\alpha)v_2}{\partial \alpha} = 0$ . Da vil en økning i antall ladestasjoner føre til en mindre bilpark. Færre vil kjøpe konvensjonell bil som sin andre bil, og den totale etterspørselen etter elbil vil forbli uendret.

## 5 Empirisk analyse

I dette kapitlet utfører jeg en empirisk analyse for å utforske hvilken effekt utbygging av ladestasjoner har på salg av bensinbiler, elbiler og dieslbiler. Jeg utfører en faste effekter-analyse basert på 20 kommuner i Norge over en periode på åtte år for så å sammenligne resultatene med de teoretiske modellene. Først introduserer jeg faste effekter-metoden, så utviklingen i bilsalg og ladestasjoner og til slutt presenterer jeg regresjonsmodellene og analysen. I den teoretiske modellen skilte jeg ikke mellom bensin- og dieslbiler. I den empiriske analysen skiller jeg mellom disse, da salget av dieslbiler viser en tydelig reduksjon i løpet av analyseperioden, i motsetning til bensinbiler, som ikke viser en tydelig trend.

### 5.1 Paneldata

Paneldata er data hvor det er flere observasjoner av enhetene over tid. Raj og Baltagi (2012) nevner flere fordeler ved å bruke paneldata. Ved å studere samme tverrsnitt over tid vil en lettere se endring, og det er ikke behov for så lange tidsrom som i tidsseriedata. Paneldata handler om enheter over tid, og det er derfor heterogenitet i disse enhetene. Paneldatateknikken kan ta hensyn til denne heterogeniteten ved å tillate enhetsspesifikke variabler, og kan håndtere ikke-observert heterogenitet mellom enhetene. Ved å kombinere tidsserie og tverrsnitt gir paneldata mer informativ data gjennom mer variasjon, mindre kollinearitet, flere frihetsgrader og mer effektivitet. Ved å studere endring i den avhengige variabelen over tid er det mulig å eliminere effekten av utelatte variabler som er ulike mellom enheter, men konstante over tid (Brooks, 2014). Eksempler på slike variabler er geografiske forhold og kulturelle faktorer. Ved å bruke paneldata kan en også kontrollere for variabler som endres over tid, men som ikke endres mellom enhetene, slik som nasjonale lover, ny teknologi og nye bilmodeller.

Paneldata består av observasjoner på de samme  $n$  enhetene i to eller flere perioder  $T$ . I mitt datasett er antall kommuner  $n = 20$  og  $T = 8$ . Det er derfor totalt  $20 * 8 = 160$  observasjoner. Dersom datasettet inneholder observasjoner på variablene  $X$  og  $Y$ , betegnes dataene

$$(X_{it}, Y_{it}), i = 1, \dots, n \quad \text{og} \quad t = 1, \dots, T$$

Hvor  $i$  refererer til den observerte enheten og  $t$  refererer til det observerte året. Panelet er balansert når variablene er observert for hver enhet og hver tidsperiode. Et panel som mangler data for minst

en enhet og en tidsperiode kalles for et ubalansert panel (Stock & Watson, 2015). Jeg opererer med et balansert panel.

### 5.1.1 Faste effekter

Når en skal analysere paneldata er det vanlig at en enten benytter seg av en fast effekt- (fixed effects) eller en tilfeldig effekt-modell (random effects). Argumentet for å bruke faste effekter er at denne metoden kontrollerer for ikke-observert heterogenitet innad i enhetene. Slik kan man unngå spurriøse effekter på grunn av utelatte forklaringsvariabler. En ulempe er at effekten av forklaringsvariabler som er konstante innenfor en enhet elimineres, i motsetning til tilfeldige effekter-modellen. I tilfeldige effekter antas det at forskjeller mellom enhetene er et resultat av tilfeldigheter fremfor enhetsspesifikke karakteristikk (Brooks, 2014). Dette betyr at en forutsetter at det ikke spiller noen rolle om kommunen er Oslo eller Arendal, fordi variasjonen i antall førstegangsregistrerte biler antas å bli forklart av forklaringsvariablene. Det som ikke forklares fanges opp av restleddet og antas å være tilfeldig variasjon. Jeg har valgt å bruke modellen med faste-effekter, fordi det er vanskelig å fange opp alle samfunnsaspekter som kan tenkes å påvirke nybilsalg.

Hver enhet har sin egen individuelle, tidsfaste karakteristikk som kan påvirke den avhengige variabelen. Dette kan for eksempel være kultur eller kommunepolitikk. Når en bruker faste effekter antar en at noe i enheten kan påvirke den uavhengige variabelen eller den avhengige variabelen, og vi må kontrollere for dette. Faste effekter fjerner effekten av de tidsfaste effektene så vi kan se på nettoeffektene av den uavhengige variabelen på den avhengige. Faste effekter kan håndteres ved å bruke Least Squares Dummy Variable (LSDV), First Difference eller Within Group. Dersom noen utelatte variabler er konstante over tid, men varierer mellom enhetene (tidsfaste effekter som geografi), og andre variabler er konstante mellom enhetene, men varierer over tid (enhetsfaste effekter som nasjonale lover og reguleringer), er det passende å inkludere både enhets- og tidsfaste effekter (Stock & Watson, 2015). Den kombinerte enhets- og tidsfaste faste effektmodellen er

$$Y_{it} = \beta_1 X_{it} + \alpha_i + \lambda_t + u_i$$

hvor  $\alpha_i$  er den enhetsfaste effekten og  $\lambda_t$  er den tidsfaste effekten. En ønsker å estimere  $\beta_1$ , effekten på Y av X ved å holde de ikke-observerte effektene konstant. Dersom en bruker  $n - 1$  enhetsdummyer og  $T - 1$  tidsdummyer og modellen har et skjæringspunkt, kan modellen presenteres slik

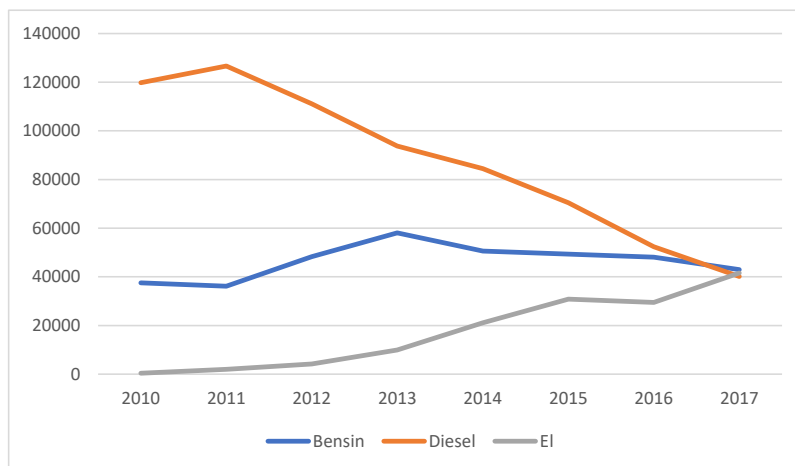
$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{it} + \gamma_2 D2_i + \dots + \gamma_n Dn_i + \delta_2 B2_t + \dots + \delta_T BT_t + u_{it}$$

hvor  $\beta_0, \beta_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$  og  $\delta_2, \dots, \delta_T$  er ukjente koeffisienter. Denne kombinerte enhets- og tidsfaste modellen eliminerer skjevhet fra utelatte variabler som er konstante over tid og utelatte variabler som er konstante mellom enheter. Skjevhet på grunn av utelatte variabler kan fortsatt forekomme, og dette adresseres ved bruk av kontrollvariabler.  $D1$  og  $B1$  er binære variabler som er lik 1 når  $i = 1$  og  $t = 1$  og 0 ellers.  $D2_i$  og  $B2_t$  er lik 1 når  $i = 2$  og  $t = 2$  og 0 ellers. En inkluderer ikke alle  $n$  binære variabler og samtidig et felles skjæringspunkt da dette fører til multikollinearitet.  $u_{it}$  er feilledet. Dersom disse er autokorrelert vil de vanlige standardfeilene ikke være valide. Standardfeil som potensielt er heteroskedastiske og korrelert over tid, og som likevel er valide, kalles for autokorrelasjonskonsistente standardfeil (Stock & Watson, 2015). Dette er en type klustrede standardfeil som tillater heteroskedasitet og autokorrelasjon.

## 5.2 Data

Jeg har fått data på førstegangsregistrerte biler fra Statens Vegvesen. Det opprinnelige datasettet inneholdt 1 356 932 observasjoner med informasjon om navn, adresse, postnummer, poststed, kommunenummer, kommune, fylke, drivstofftype, totalvekt og registreringsår. Ut fra dette har jeg valgt ut de 20 mest befolkningsrike kommunene i Norge, og endte opp med 160 observasjoner som jeg bruker i analysen. Jeg har ikke inkludert hybrid-, gass- og hydrogenbiler i analysen. Data på opprettelse av ladestasjoner fikk jeg fra Nobil etter kontakt med Elbilforeningen, og jeg hentet data til kontrollvariabler fra SSB.

### 5.2.1 Førstegangsregistrerte biler



Figur 19: Førstegangsregistrerte biler i Norge

Figur 19 viser utviklingen i førstegangsregistrerte biler i Norge i perioden 2010-2017. I 2010 ble det solgt klart flest dieserbiler. På grunn av den store nedgangen i antall nye dieserbiler, og økningen i antall elbiler ser det ut som vi har en substitusjon på nasjonalt nivå.



Tabell 1: Sammendragsstatistikk: Nyregistrerte biler i perioden 2010-2017

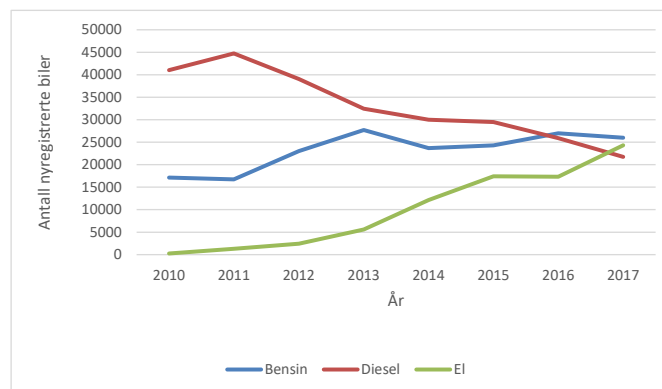
Kommune	Gjennomsnitt	Std.avvik	Min	Maks
Oslo	18 314	6 972.93	11 801	30 107
Bergen	7 142	855.01	5 696	7 888
Bærum	6 708	3 883.10	3 423	13 358
Trondheim	4 644	789.20	3 123	5 363
Stavanger	3 496	764.62	2 882	4 241
Kristiansand	2 570	357.16	1 942	2 857
Fredrikstad	2 345	521.85	1 432	2 850
Sandnes	2 141	414.09	1 496	2 514
Drammen	1 986	137.50	1 684	2 149
Asker	1 936	278.89	1 543	2 253
Sandefjord	1 729	455.55	919	2 092
Tromsø	1 727	342.46	1 117	2 026
Sarpsborg	1 705	423.21	1 035	2 149
Skien	1 600	344.92	989	1 857
Skedsmo	1 565	226.47	1 811	1 846
Larvik	1 394	320.93	821	1 663
Arendal	1 366	326.70	820	1 682
Ålesund	1 337	345.33	720	1 616
Tønsberg	1 333	328.69	778	1 594
Bodø	1 316	206.95	970	1 515
<b>Totalt</b>	<b>3 318</b>	<b>914.78</b>	<b>2 250</b>	<b>4 581</b>

Tabell 1 viser nyregistrerte biler i de 20 kommunene. Oslo har hatt flest nyregistrerte biler i perioden, etterfulgt av Bergen, Bærum, Trondheim og Stavanger. Oslo og Bærum har svært høye standardavvik sammenlignet med de andre kommunene. Dette kan skyldes at begge kommunene hadde en voldsom økning i antall nyregistrerte elbiler og en høyere økning i antall dieslbiler sammenlignet med de andre kommunene fra år 2016 til 2017, som har medført stor spredning i fordelingen.

Tabell 2: Nyregistrerte biler i de 20 kommunene

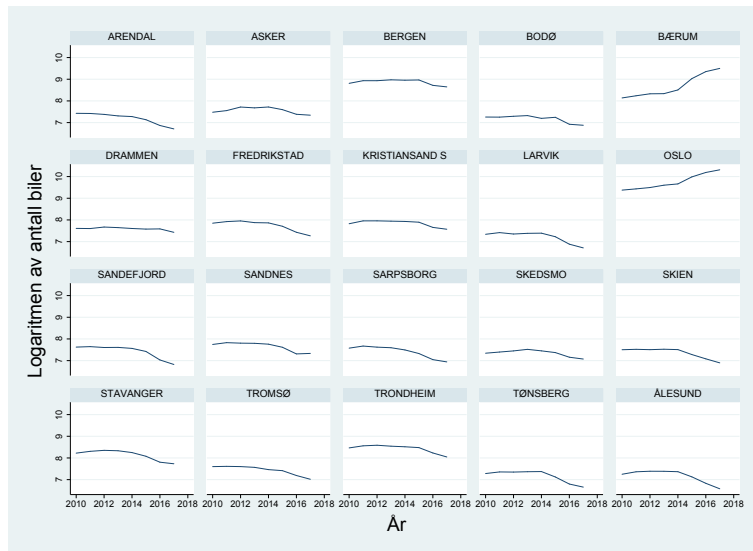
År	Bensin	Diesel	Elektrisk
2010	17 138	41 040	256
2011	16 739	44 746	1 295
2012	23 045	39 073	2 441
2013	27 712	32 463	5 591
2014	23 680	29 995	12 137
2015	24 300	29 502	17 413
2016	26 982	25 899	17 323
2017	25 990	21 741	24 316
<b>Totalt</b>	<b>185 586</b>	<b>264 459</b>	<b>80 772</b>

Tabell 2 viser samlet antall nyregistrerte biler i de 20 kommunene etter år. Salget av dieslbiler har gått markant ned, og salget av elbiler har gått markant opp. Salget av bensinbiler viser ikke en tydelig trend. I 2017 ble det solgt flere nyregistrerte elbiler enn dieslbiler. Denne analysen inkluderer kun nyregistrerte biler, da det ikke er et stort marked for brukte elbiler enda. Dette for å kunne se bort fra bruktbiler som går for en vesentlig lavere pris enn førstegangsregistrerte biler, da biler faller raskt i verdi.

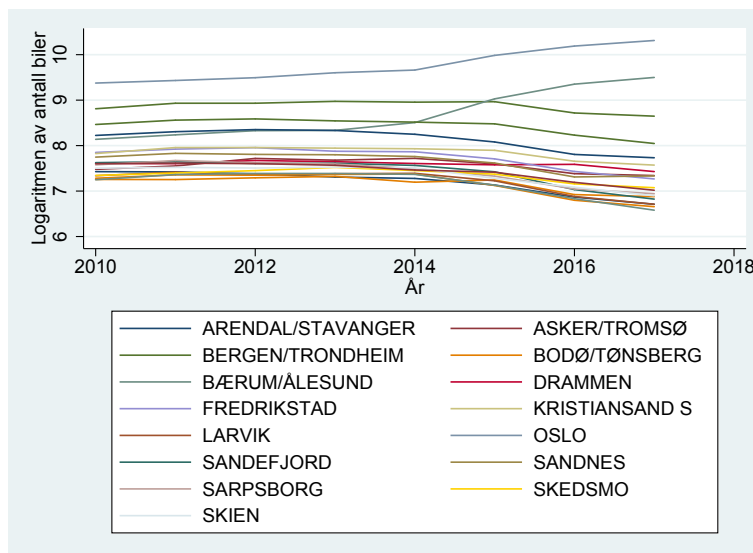


Figur 20: Antall nyregistrerte biler i de 20 kommunene

Figur 20 viser at utviklingen i de 20 kommunene følger samme trend som figur 19 viste for hele landet. Det ser derfor ut som at disse 20 kommunene representerer hele landet på en god måte.



Figur 21: Antall nyregistrerte biler i de 20 kommunene



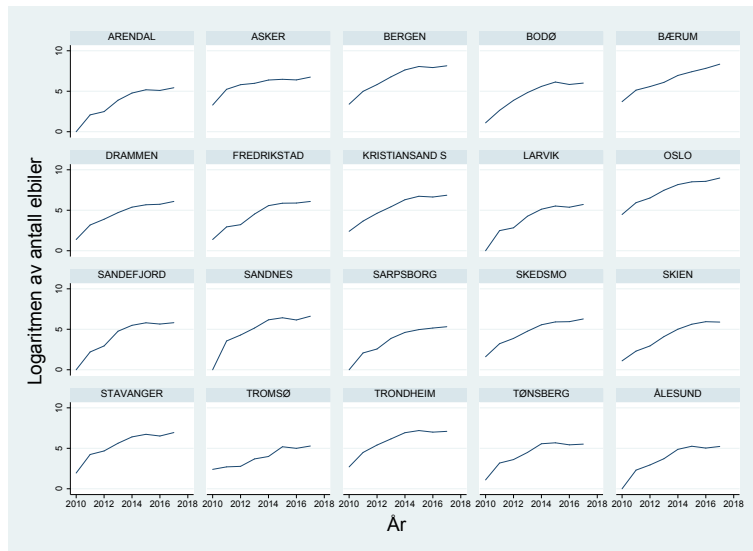
Figur 22: Antall nyregistrerte biler i de 20 kommunene

Figur 21 og 22 viser at, med unntak av Oslo og Bærum, har utviklingen gått i retning av en reduksjon i veksten av nyregistrerte biler totalt. For å se på sammensetningen av konvensjonelle biler og elbiler, viser jeg nå utviklingen for elbiler.

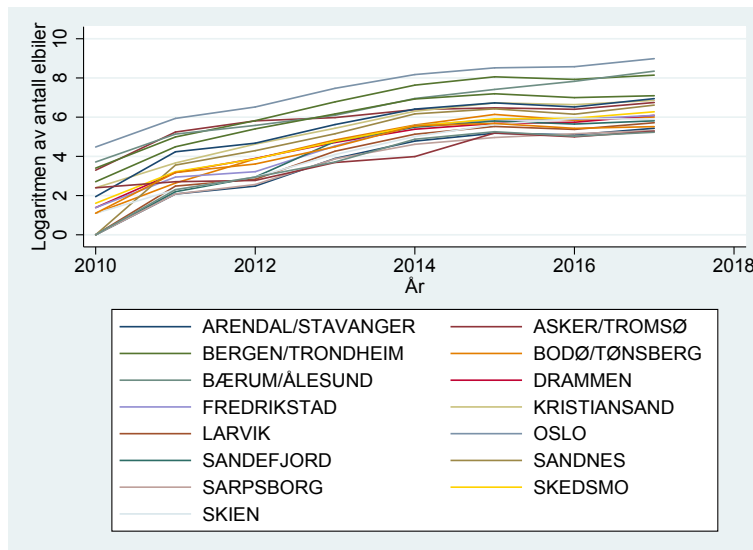
Tabell 3: Sammendragstatistikk: Nyregistrerte elbiler i perioden 2010-2017

Kommune	Gjennomsnitt	Std.avvik	Min	Maks
Oslo	3 088.63	2 842.14	88	7 979
Bergen	1 604.50	1 419.73	30	3 444
Bærum	1 293.88	1 455.18	41	4 215
Trondheim	681.25	538.37	15	1 331
Asker	455.25	269.49	27	852
Stavanger	452.63	389.31	7	1 038
Kristiansand	434.88	385.06	11	949
Sandnes	323.88	288.35	1	746
Skedsmo	216.88	196.66	5	531
Bodø	209.38	184.85	3	464
Fredrikstad	195.25	179.44	4	441
Drammen	181.50	159.12	4	442
Sandefjord	167.13	147.21	0	335
Skien	157.75	160.45	3	380
Tønsberg	148.00	121.07	3	293
Larvik	130.13	119.91	1	304
Arendal	95.00	89.12	1	229
Ålesund	91.75	82.12	1	192
Sarpsborg	86.25	80.37	0	204
Tromsø	82.63	78.94	11	197
<b>Totalt</b>	<b>504.83</b>	<b>459.34</b>	<b>13</b>	<b>1 228</b>

Tabell 3 viser at Oslo, etterfulgt av Bærum og Bergen, har hatt flest nyregistrerte elbiler i perioden. Kommunene med færrest nyregistrerte elbiler er Tromsø, Sarpsborg, Ålesund og Arendal, som alle har et gjennomsnitt på under 100 elbiler.



Figur 23: Antall nyregistrerte elbiler i de 20 kommunene



Figur 24: Antall nyregistrerte elbiler i de 20 kommunene

Her viser figur 24 at veksten i antall nyregistrerte elbiler er relativt lik for alle kommunene. Alle kommunene har en prosentvis økning fra år til år i antall nyregistrerte elbiler.

### 5.2.2 Ladestasjoner

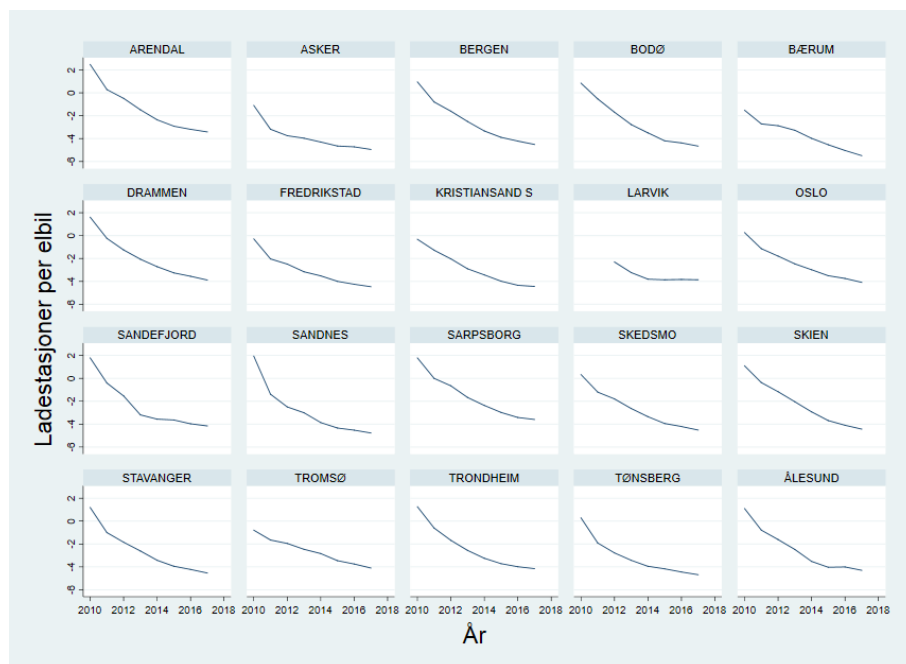
En ladestasjon er en installasjon med ett eller flere ladepunkt. Disse ladepunktene er parkeringsplasser eller sted med tilkoblingspunkt til en ladeinstallasjon. Antall kilowatt beskriver ladehastigheten til en ladestasjon. Saktelading har en effekt begrenset til 2.2 kW, normallading har effekt opp til 22 kW og hurtiglading har effekt over 22 kW. Bilens ombordlader bestemmer også den maksimale ladeeffekten, og en kan regne ut tiden det tar å lade elbil ved å dele batteriets størrelse (kWh) på ladeeffekten (kW).<sup>11</sup> I denne analysen er alle typer ladestasjoner inkludert.

Tabell 4: Sammendragsstatistikk: Antall ladestasjoner i de 20 kommunene

Kommune	Gjennomsnitt	Std.avik	Min	Maks
Arendal	17.25	4.862392	12	25
Asker	17.25	6.734771	9	26
Bergen	114.63	25.47232	78	142
Bodø	12.63	3.067689	7	16
Bærum	50.5	12.69421	9	43
Drammen	25.13	3.642507	30	30
Fredrikstad	9.5	6.187545	3	18
Kristiansand	25	11.08409	8	41
Larvik	7.75	7.941752	0	22
Oslo	273.13	114.7537	114	417
Sandefjord	11.75	6.798109	6	21
Sandnes	14.38	5.578978	7	22
Sarpsborg	13.13	4.48609	6	19
Skedsmo	14	4.208834	7	19
Skien	12	2.44949	9	15
Stavanger	32.88	5.642631	23	39
Tromsø	7.88	2.531939	5	11
Trondheim	68.25	11.7443	53	86
Tønsberg	7.25	3.370036	4	11
Ålesund	6.63	2.386719	3	10
Totalt	37.05	12.2819051	19.65	51.65

Tabell 4 viser at Oslo er kommunen med flest gjennomsnittlig antall ladestasjoner, etterfulgt av Bergen og Trondheim. Datasettet over ladestasjoner inneholdt hvor mange ladestasjoner som ble opprettet per år. Antall ladestasjoner for 2011 er derfor antall ladestasjoner opprettet i 2010 pluss 2011 og så videre. Jeg har kun inkludert aktive ladestasjoner i min analyse, så de stasjonene som har blitt bygget, men som ikke er aktive, har blitt ekskludert fra analysen.

<sup>11</sup>Bilens ombordlader omformer strømmen fra vekselstrøm i nettet til likestrøm på batteriet.



Figur 25: Logaritmen av antall ladestasjoner per akkumulert elbilnysalg

Figur 25 viser logaritmen av antall ladestasjoner per antall førstegangsregistrerte biler akkumulert i de åtte årene. Alle kommunene har en nedgang i antall ladestasjoner per elbil, noe som betyr at problemet med ladekø blir mer fremtredende. I rapporten *Ladeinfrastruktur fram til 2025* skriver Braadland og Malmedal (2019) at en viktig forutsetning for at alt nybilsalget i 2025 kun skal være nullutslippsbiler vil være lademuligheter. Deres beregninger viser at bare i 2019 trengs det 1 400 nye hurtigladepunkter for å få en god nok infrastruktur, og fram til og med 2025 trengs 5 000 nye hurtigladepunkter. De poengterer i rapporten at en av de store utfordringene med tanke på vekst i elbilparken er lading.

### 5.3 Regresjonsmodellen

Jeg utfører tre regresjoner med metoden Least Squares Dummy Variable, beskrevet i kapittel 5.1.1. De tre avhengige variablene er antall førstegangsregistrerte elbiler, diesalbiler og bensinbiler. Jeg bruker klustrede standardfeil, dummyer for både tid og enheter, et interaksjonsledd og kontrollvariabler.

$$Y_{kt} = \beta_0 + \beta_1 L_{-1s} + \beta_2 Hs + \beta_3 M + \beta_4 U + \beta_5 A + \beta_6 E_{-1} + \beta_7 Ls * Hs + \gamma_2 K_2 + \dots + \gamma_{20} K_{20} + \delta_2 T_2 + \dots + \delta_8 T_8$$

$L_{-1kt}$  representerer laggede ladestasjoner i kommune  $k$  i år  $t$ , og  $\beta_1$  er koeffisienten for ladestasjoner.  $\gamma$  er dummyer som kontrollerer for tidsfaste karakteristikk i kommunene, for eksempel geografiske faktorer.  $\delta$  er dummyer som kontrollerer for enhetsfaste karakteristikk. Jeg kontrollerer altså for ikke-observert variasjon eller hendelser som kan påvirke  $Y$ . Dette kan for eksempel være endringer i nasjonale insentiver for elbiler, nye bilmodeller og teknologiforbedring.

Jeg inkluderer en rekke kontrollvariabler for å unngå spuriøse sammenhenger på grunn av utelatte variabler. Dette vil også øke  $R$  kvadrert, noe som ikke er hovedfokuset i denne oppgaven. Det viktigste er å sørge for at resultatene ikke drives av utelatte faktorer. Kontrollvariablene jeg ser på som relevante er antall husholdninger ( $H$ ), andel med høyere utdanning ( $U$ ), arbeidsledighet ( $A$ ), median inntekt ( $M$ ) og total elbilpark ( $E$ ) i kommunene.  $L * H$  er interaksjonsleddet mellom husholdninger og ladestasjoner. Sentralitetsindeks <sup>12</sup> anser jeg ikke som nødvendig. Det er stor forskjell i sentralitet mellom kommunene, men graden av sentralitet endrer seg ikke mye over tid. Jeg har heller ikke inkludert priser på bensin, diesel og strøm, da disse varierer over tid, men er relativt like mellom kommunene.

---

<sup>12</sup>En kode med en verdi fra 0 til 1000 for hver kommune, som gir et mål for kommunenes sentralitet. Dette er beregnet basert på reisetid til arbeidsplasser og servicefunksjoner.



Tabell 5: Sammendragstatistikk: Husholdninger i perioden 2010-2017

Kommune	Gjennomsnitt	Std.avvik	Min	Maks
Oslo	322 407	9 392.47	309 072	336 099
Bergen	128 424	5 855.74	120 913	135 710
Trondheim	89 750	6 920.83	81 566	98 638
Stavanger	58 161	1 537.37	55 778	60 050
Bærum	49 087	1 494.72	47 094	51 549
Kristiansand	38 871	2 020.01	36 331	41 597
Fredrikstad	34 228	918.77	32 902	35 677
Tromsø	33 340	2 066.16	30 804	36 260
Drammen	30 540	608.47	29 551	31 412
Sandnes	28 710	1 581.92	26 570	30 877
Skien	24 113	439.29	23 444	24 752
Sarpsborg	24 076	264.00	23 647	24 475
Asker	23 319	798.71	22 137	24 369
Skedsmo	22 239	679.04	21 130	23 249
Bodø	22 209	984.72	20 846	23 532
Sandefjord	21 061	2 597.40	19 708	27 454
Ålesund	20 267	844.60	18 979	21 385
Larvik	19 515	358.19	19 100	20 095
Arendal	19 401	504.87	18 531	20 075
Tønsberg	19 389	664.40	18 677	20 863
Totalt	51 455	2 026.58	48 839	54 406

Tall hentet fra SSB (2018, 21. juni)

Det er rimelig å anta at flere husholdninger øker etterspørselen etter biler. Antall husholdninger kan være korrelert med antall ladestasjoner på grunn av at ladestasjonaktører velger å bygge ladestasjoner på steder med høy befolkning. Utbyggingssjef i Grønn Kontakt, Daniel Johansson, nevner tre kriterier<sup>13</sup> for utbygging av ladestasjoner, deriblant store byer. Dersom antall husholdninger øker, øker behovet for ladestasjoner for å unngå ladekø. Jeg har valgt å bruke husholdninger som kontrollvariabel og ikke befolkning, da kjøpsbeslutningen mest sannsynlig gjøres av den enkelte husholdning og ikke av enkeltpersoner. I tillegg innebærer bruk av befolkning at en inkluderer personer under 18 år. Jeg ønsker også å kontrollere for husholdninger for å få fram effekten av ladestasjoner på de ulike biltyperne når antall husholdninger holdes konstant.

<sup>13</sup>De andre kriteriene han nevner er store hovedfartsårer og høy elbiltetthet.

Tabell 6: Sammenholdsstatistikk: Utdanning i perioden 2010-2017

Kommune	Gjennomsnitt	Std.avvik	Min	Maks
Bærum	31.100	0.414	30.4	31.6
Asker	30.563	0.389	30.0	31.1
Oslo	29.663	0.424	29.0	30.3
Trondheim	26.400	0.910	25.0	27.6
Bergen	26.325	0.803	25.1	27.5
Stavanger	26.275	0.301	25.7	26.6
Tønsberg	26.188	1.044	24.7	27.6
Bodø	25.488	0.642	24.4	26.4
Kristiansand	25.363	0.830	24.1	26.4
Ålesund	25.275	0.978	23.8	26.7
Tromsø	24.975	0.648	24.0	25.7
Drammen	22.975	0.836	21.7	24.1
Sandnes	22.475	0.671	21.3	23.2
Arendal	22.000	0.644	21.0	23.0
Skedsmo	21.813	0.881	20.6	23.3
Fredrikstad	21.138	0.974	19.8	22.6
Sandefjord	21.100	0.825	19.9	22.3
Skien	20.375	0.987	19.0	21.8
Larvik	20.088	0.890	18.8	21.4
Sarpsborg	18.350	1.041	17.0	19.9
Totalt	24.396	0.757	23.3	25.5

Tall hentet fra SSB (2018, 08. juni)

Tabell 6 viser andel innbyggere over 15 år med høyere utdanning. Figenbaum og Kolbenstvedt (2016) sin undersøkelse viser at mennesker med høyere utdanning har en større tendens til å kjøpe elbil enn mennesker uten høyere utdanning. På en annen side kan en argumentere for at mennesker med høy utdanning bosetter seg sentrumsnært med gode kollektivtilbud, og har derfor mindre behov for bil. Det er derfor vanskelig å si hvilken vei korrelasjonen går.

Tabell 7: Sammenhengsstatistikk: Arbeidsledighet i perioden 2010-2017

Kommune	Gjennomsnitt	Std.avvik	Min	Maks
Arendal	3.738	0.374	3.3	4.3
Fredrikstad	3.513	0.464	2.9	4.2
Skien	3.450	0.548	2.5	4.2
Sandefjord	3.413	0.340	2.7	3.7
Drammen	3.313	0.290	3.0	3.9
Sarpsborg	3.288	0.336	2.8	3.7
Kristiansand	3.250	0.359	2.8	3.8
Oslo	3.088	0.344	2.5	3.6
Tønsberg	3.050	0.214	2.9	3.5
Sandnes	3.038	1.369	1.8	5.2
Stavanger	2.838	1.402	1.5	5.2
Larvik	2.600	0.487	1.9	3.1
Skedsmo	2.588	0.285	2.1	3.1
Bergen	2.500	0.507	1.8	3.3
Ålesund	2.388	0.419	2.0	3.0
Trondheim	2.300	0.273	1.9	2.8
Bodø	1.988	0.318	1.4	2.4
Bærum	1.925	0.158	1.7	2.1
Tromsø	1.913	0.253	1.4	2.3
Asker	1.863	0.207	1.6	2.1
<b>Totalt</b>	<b>2.802</b>	<b>0.447</b>	<b>2.2</b>	<b>3.4</b>

Tall hentet fra SSB (2019, 29. januar)

Tabell 7 viser arbeidsledigheten i de fem kommunene. Økonomisk usikkerhet kan føre til at økt arbeidsledighet reduserer etterspørselen etter biler, spesielt i et multhomingperspektiv. Standardavvikene i Sandnes og Stavanger er høyere enn i de andre kommunene. I disse kommunene er petroleumsvirksomhet en stor del av industrien, og arbeidsledigheten her kan være mer følsom for endringer i oljeprisen sammenlignet med de andre kommunene.

Tabell 8: Sammendragstatistikk: Median inntekt i perioden 2010-2017

Kommune	Gjennomsnitt	Std.avvik	Min	Maks
Asker	784 875	51 938	706 000	853 000
Bærum	766 875	55 383	680 000	832 000
Sandnes	715 125	39 941	641 000	746 000
Stavanger	683 500	45 036	603 000	725 000
Skedsmo	641 750	44 915	570 000	699 000
Bodø	628 500	46 706	557 000	865 000
Ålesund	604 625	41 227	540 000	655 000
Tromsø	603 500	57 451	518 000	673 000
Bergen	587 625	44 246	517 000	636 000
Trondheim	582 000	52 549	502 000	640 000
Kristiansand	580 250	39 445	517 000	620 000
Arendal	568 500	35 509	511 000	608 000
Larvik	559 250	40 323	499 000	610 000
Tønsberg	557 000	43 759	490 000	618 000
Sandefjord	555 375	43 253	488 000	614 000
Fredrikstad	555 000	39 882	494 000	607 000
Skien	552 625	37 233	495 000	602 000
Drammen	550 875	39 314	489 000	604 000
Oslo	544 000	45 046	476 000	604 000
Sarpsborg	535 500	41 151	478 000	593 000
<b>Totalt</b>	<b>607 838</b>	<b>44 215</b>	<b>538 550</b>	<b>670 200</b>

Tall hentet fra SSB (2019, 22. februar)

Tabell 8 viser medianinntekt i de 20 kommunene. Kjøp av bil er en stor økonomisk forpliktelse, spesielt når en kun inkluderer førstegangsregistrerte biler. Inntekt kan også ses på som et mål på sosioøkonomisk status, og dette er relevant i beslutningen om å kjøpe bil. Tabellen viser median inntekt og ikke gjennomsnitt for å unngå ekstreme observasjoner.

Tabell 9: Sammendragsstatistikk: Elbilpark i perioden 2010-2017

Kommune	Gjennomsnitt	Std.avvik	Min	Maks
Oslo	7 971.6	8 350.6	437	23 426
Bergen	4 368.1	4 769.6	144	12 764
Bærum	3 066.5	3 410.4	239	9 784
Trondheim	1 984.3	2 009.4	82	5 329
Asker	1 823.8	1 177.6	447	3 747
Kristiansand	1 197.6	1 291.7	57	3 483
Stavanger	1 178.0	1 231.1	38	3 381
Sandnes	815.9	902.4	12	2 434
Skedsmo	550.0	626.6	7	1 714
Drammen	542.5	536.4	29	1 489
Bodø	531.8	600.0	4	1 594
Fredrikstad	457.1	552.5	6	1 489
Tønsberg	406.5	434.4	10	1 118
Sandefjord	369.4	464.2	1	1 295
Skien	345.0	456.5	7	1 232
Larvik	326.8	368.3	5	980
Arendal	260.3	300.2	1	802
Ålesund	257.5	275.1	7	723
Tromsø	220.0	232.8	27	656
Sarpsborg	215.0	254.7	2	684
<b>Totalt</b>	<b>1 344.4</b>	<b>1 412.2</b>	<b>78</b>	<b>3 906</b>

Tall hentet fra SSB (2019, 01. april)

Tabell 9 viser den totale elbilparken (personbiler) i hver kommune, ikke kun nyregistrerte. Jeg inkluderer bilparken da dette kan beskrive nettverkseffekter ved kjøp av elbil. Dette er basert på artikkelen til S. Li et al. (2017) om gjensidig avhengighet mellom bygging av ladestasjoner og elbilpark, beskrevet i litteraturgjennomgangen. I en kommune med mange elbiler er det nærliggende å tenke seg at dette påvirker valg om kjøp av bil. Flere elbiler i en kommune øker behovet for ladestasjoner, og flere ladestasjoner gjør det mer attraktivt å kjøpe elbil. Dersom jeg benytter bilparken uten å lagge variabelen kan kausaliteten gå i motsatt retning, nemlig at antall førsteregistrerte biler påvirker total elbilpark. Jeg har derfor lagget variabelen for å unngå problemer med simultan kausalitet. Antall førstegangsregistrerte biler i år vil ikke påvirke elbilparken i fjor.

## 5.4 Analyse

Jeg undersøker effekten av utbygging av ladestasjoner på antall førstegangsregistrerte diesel-, bensin- og elbiler. Jeg hadde opprinnelig tenkt å utføre analysen med fem representative kommuner og åtte år, totalt 40 observasjoner. Etter å ha utført regresjoner i Stata innså jeg at jeg trengte flere observasjoner, og utvidet antall kommuner fra fem til 20, totalt 160 observasjoner. Dette medførte betraktelig mer arbeid, men var nødvendig for å få frem tilstrekkelig variasjon.

Jeg utfører tre regresjoner hvor de tre avhengige variablene er henholdsvis antall elbiler, antall dieselmotorer og antall bensinbiler. Den uavhengige variabelen av interesse er ladestasjoner. Ladestasjoner er lagget med ett år i modellen. Rasjonalet for dette er at fjorårets utbygging av ladestasjoner mest sannsynlig forklarer aktørenes valg av bil bedre enn årets utbygging. Beslutning om å kjøpe ny bil er en stor beslutning, og det tar som regel tid å bestemme seg, særlig når en vurderer å gå fra bil med forbrenningsmotor til elbil. I tillegg fjerner en problemet med simultan kausalitet ved å lagge variabelen. Ved bruk av årets utbygde ladestasjoner er det vanskelig å si om antall ladestasjoner påvirker salget av biler, eller om det er antall biler som påvirker valget om å bygge ladestasjoner.

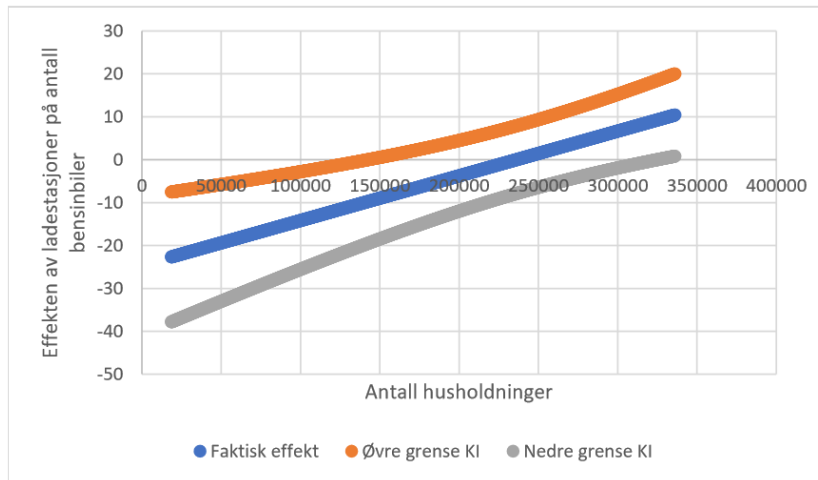
Dersom effekten av ladestasjoner avhenger av antall husholdninger, må dette tas hensyn til. Det kan godt tenkes at dette er tilfelle, da det bygges flere ladestasjoner i kommuner med høyere befolkning på grunn av større etterspørsel. Jeg har inkludert et interaksjonsledd, Ladestasjoner\*Husholdninger, for å kunne sammenligne effekten i de ulike kommunene, og for å se hvor effekten er signifikant og ikke. Interaksjonsleddet tillater at effekten av en endring i  $X_1$  avhenger av  $X_2$ . Når en inkluderer interaksjonsledd kan en ikke tolke koeffisientene for de to variablene som inngår i interaksjonsleddet fordi verdien på den ene variabelen settes til null når den andre skal tolkes. Jeg har derfor sentrert variablene husholdning og ladestasjoner før jeg laget interaksjonsledd. Dette fører til at koeffisienten for ladestasjoner tolkes ut fra gjennomsnittlig antall husholdninger i en kommune. Jeg har funnet effekten av en økning i antall ladestasjoner i hver enkelt kommune ved å regne ut  $\beta$  ved gjennomsnittlig antall i hver kommune. Effekten på  $Y$  av en endring i  $X_1$ , når  $X_2$  holdes konstant er

$$\frac{\Delta Y}{\Delta x_1} = \beta_1 + \beta_3 * X_2$$

Hvor  $\beta_1$  er koeffisienten til ladestasjoner,  $\beta_3$  er koeffisienten til interaksjonsleddet, og  $X_2$  er antall husholdninger. Dette ble gjort før variablene Ladestasjoner og Husholdninger var sentrert. Effekten av ladestasjoner vil derfor være avhengig av verdien til  $X_2$ . Antall husholdninger er gjennomsnittlig

antall husholdninger i hver enkelt kommune i perioden 2010-2017, fra Arendal med et gjennomsnitt på 19 400 til Oslo med et gjennomsnitt på 322 407. Jeg har så regnet ut standardfeil ved bruk av variansen til ladestasjoner og interaksjonsleddet og kovariansen mellom dem for hver kommune. Formel for standardfeil er  $= \sqrt{\text{var}(b1) + ((\text{husholdninger}^2) * \text{var}(b3) + ((2 * \text{husholdninger} * \text{cov}(b1, b3)))}$ . Standardfeilen og  $\beta$  er så brukt til å beregne konfidensintervaller for ulike nivåer på husholdninger. t-verdi er beregnet ut fra standardfeil og  $\beta$ , og jeg har til slutt funnet p-verdi. For å lage grafene i analysen har jeg ikke kun brukt de 20 tallene for gjennomsnittlig antall husholdninger, men tall fra 18 532 (Arendal i 2010) til 336 099 (Oslo i 2017) i intervaller på 100, totalt 3173 observasjoner. Dette for å få en mer nøyaktig fremstilling. Dette er vist i figur 34 som vedlegg.

### 5.4.1 Bensinbiler



Figur 26: Effekt av ladestasjoner på antall bensinbiler med konfidensintervall

Figur 26 viser at effekten av en økning i antall ladestasjoner på antall førsteregistrerte bensinbiler. Den oransje linjen er øvre konfidensintervall, og den grå linjen er nedre konfidensintervall. Effekten er stort sett ikke er signifikant forskjellig fra null. Dette er ikke overraskende, da nyregistrerte bensinbiler ikke viser en tydelig trend, i motsetning til nyregistrerte el- og dieselbiler. Alle kommunene har hatt positiv vekst i antall husholdninger, så det er kun de minste kommunene i de tidligste årene som viser en signifikant reduksjon på 20 bensinbiler når antall ladestasjoner øker.



Tabell 10: Faktisk effekt av ladestasjoner på antall bensinbiler, gitt gjennomsnittlig antall husholdninger

Kommune	Faktisk effekt	Kommune	Faktisk effekt
Tønsberg	-22.577 (15.103)	Drammen	-21.415 (14.555)
Arendal	-22.576 (15.103)	Tromsø	-21.123 (14.419)
Larvik	-22.564 (15.097)	Fredrikstad	-21.031 (14.376)
Ålesund	-22.486 (15.060)	Kristiansand	-20.547 (14.151)
Sandefjord	-22.403 (15.020)	Bærum	-19.483 (13.663)
Bodø	-22.283 (14.963)	Stavanger	-18.537 (13.237)
Skedsmo	-22.280 (14.962)	Trondheim	-15.246 (11.815)
Asker	-22.168 (14.909)	Bergen	-11.216 (10.253)
Sarpsborg	-22.089 (14.871)	Oslo	8.997 (9.173)

Merknad: Kluster-robuste standardfeil i parentes. Stjerner angir signifikansnivå: \* = 10 prosent, \*\* = 5 prosent og \*\*\* = 1 prosent.

Tabell 10 viser effekten av ladestasjoner på antall bensinbiler ved gjennomsnittlig antall husholdninger i perioden 2010-2017 i hver kommune. Effekten er ikke signifikant på 10-prosentnivå i noen av kommunene. Koeffisienten er negativ for alle kommunene med unntak av Oslo. I de minste kommunene vil en ladestasjon føre til ca 22 færre bensinbiler, og i Oslo vil antall bensinbiler øke med 8. Da disse effektene ikke er signifikante kan jeg ikke konkludere med at ladestasjoner påvirker salg av nyregistrerte bensinbiler.

Tabell 11: Avhengig variabel: Antall bensinbiler

Bensinbil	Koeffisient	Std.avvik	t-verdi	p-verdi
ladestasjoner_1s	-19.23	13.551	-1.420	0.172
ladestasjons_husholdnings	0.00	0.000	1.800	0.088
husholdninger_s	-0.09	0.067	-1.280	0.215
medianinntekt	0.02	0.010	1.690	0.106
arbeidsledighet	-106.79	85.532	-1.250	0.227
utdanning	-449.90	440.211	-1.020	0.32
parkel_1	0.25	0.247	0.990	0.333
År				
2012	206.09	105.838	1.950	0.066
2013	250.33	209.449	1.200	0.247
2014	-98.12	252.401	-0.390	0.702
2015	-318.68	349.730	-0.910	0.374
2016	-245.50	441.376	-0.560	0.585
2017	-542.78	540.772	-1.000	0.328
Kommune				
ARENDAL	REF			
ASKER	53.12	2057.833	0.030	0.980
BERGEN	13557.21	7859.037	1.730	0.101
BODØ	353.08	1085.835	0.330	0.749
BÆRUM	5153.20	3550.514	1.450	0.163
DRAMMEN	2242.39	1175.411	1.910	0.072
FREDRIKSTAD	1465.10	888.681	1.650	0.116
KRISTIANSAND S	3292.56	2378.152	1.380	0.182
LARVIK	-1032.17	786.479	-1.310	0.205
OSLO	33560.51	23301.300	1.440	0.166
SANDEFJORD	-11.08	247.123	-0.040	0.965
SANDNES	-1434.03	1015.294	-1.410	0.174
SARPSBORG	-536.92	1104.743	-0.490	0.633
SKEDSMO	-1207.90	775.361	-1.560	0.136
SKIEN	-63.35	418.677	-0.150	0.881
STAVANGER	4219.24	2943.112	1.430	0.168
TROMSØ	1566.56	1737.461	0.900	0.379
TRONDHEIM	9169.63	5731.759	1.600	0.126
TØNSBERG	1854.67	1952.684	0.950	0.354
ÅLESUND	626.86	1167.980	0.540	0.598
Konstantledd	-2200.06	4071.000	-0.540	0.595

Tabell 11 viser at effekten av ladestasjoner på antall bensinbiler ikke er signifikant. Ladestasjoner er lagget og sentrert. Dersom det bygges ut én ekstra ladestasjon vil salget av bensinbiler reduseres med 19 biler i en kommune med gjennomsnittlig antall husholdninger, men dette er ikke signifikant, og jeg kan ikke forkaste nullhypotesen. Ut fra modellen har ikke utbygging av ladestasjoner en signifikant effekt på antall nyregistrerte bensinbiler. I denne modellen er ingen av kontrollvariablene signifikante, med unntak av interaksjonsleddet, som er svakt positivt, noe som stemmer overens med figur 26. Jeg kan ikke konkludere med at ladestasjoner har en effekt på bensinbilsalget.

## 5.4.2 Diesebiler



Figur 27: Effekt av ladestasjoner på antall diesebiler med konfidensintervall

Figur 27 viser at en økning i antall ladestasjoner bidrar til signifikant færre diesebiler i de minst befolkningsrike kommunene. I de fleste kommunene vil én ekstra ladestasjon føre til mellom 40 og 50 færre diesebiler. Oslo er den eneste kommunen med over 300 000 innbyggere, og den eneste kommunen som viser en signifikant økning i antall diesebiler når det bygges ut en ladestasjon. Det fremkommer ikke tydelig av figuren at effekten er statistisk signifikant, men utregninger av faktisk effekt ved gjennomsnittlig antall husstander i Oslo tyder på at det er det. Dette resultatet er ikke intuitivt, og en bør være forsiktig med å stole på dette resultatet.

Tabell 12: Faktisk effekt av ladestasjoner på antall dieselbiler, gitt gjennomsnittlig antall husholdninger

Kommune	Faktisk effekt		Kommune	Faktisk effekt	
Tønsberg	-50.290 (9.245)	***	Drammen	-47.970 (9.076)	***
Arendal	-50.287 (9.244)	***	Tromsø	-47.388 (9.034)	***
Larvik	-50.263 (9.243)	***	Fredrikstad	-47.203 (9.020)	***
Ålesund	-50.107 (9.231)	***	Kristiansand	-46.237 (8.950)	***
Sandefjord	-49.942 (9.220)	***	Bærum	-44.112 (13.663)	***
Bodø	-49.703 (9.202)	***	Stavanger	-42.225 (13.237)	***
Skedsmo	-49.697 (9.202)	***	Trondheim	-35.654 (8.196)	***
Asker	-49.472 (9.186)	***	Bergen	-27.610 (7.641)	***
Sarpsborg	-49.314 (9.174)	***	Oslo	8.997 (5.284)	**

Merknad: Kluster-robuste standardfeil i parentes. Stjerner angir signifikansnivå: \* = 10 prosent, \*\* = 5 prosent og \*\*\* = 1 prosent.

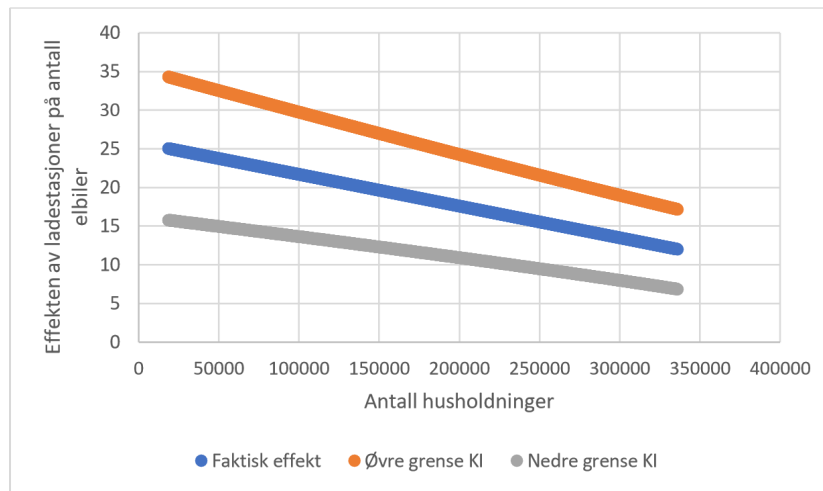
Fra tabell 12 ser en at effekten av én ekstra ladestasjon fører til en statistisk signifikant reduksjon i antall dieselbiler i alle kommunene, med unntak av Oslo som har en statistisk signifikant økning i antall dieselbiler. Kommunene med færrest husholdninger har størst reduksjon på 50 dieselbiler. Alle estimatene er signifikante på 5-prosentnivå, bortsett fra Oslo, som er signifikant på 10 prosent. Dersom jeg setter signifikansnivået til 5 prosent, kan jeg ikke konkludere med at ladestasjoner har en effekt som er forskjellig fra null på antall nyregistrerte dieselbiler i Oslo.

Tabell 13 nedenfor viser at en kommune med et gjennomsnittlig antall husholdninger får en reduksjon på nesten 44 dieselbiler dersom det bygges én ladestasjon. Denne effekten er signifikant på 10-prosentnivå. Interaksjonsleddet har en liten, men positiv koeffisient, og er signifikant på 5 prosentnivå. Dette er i tråd med figur 27. Kontrollvariablene *medianinntekt*, *arbeidsledighet*, *utdanning* og *parkel* er ikke signifikante.

Tabell 13: Avhengig variabel: Antall dieselbiler

Dieselbil	Koeffisient	Std.avvik	t-verdi	p-verdi
ladestasjoner_1s	-43.62	24.312	-1.790	0.089
ladestasjons_husholdnings	0.00	0.000	2.570	0.019
husholdninger_s	-0.17	0.051	-3.380	0.003
medianinntekt	0.01	0.007	1.850	0.079
arbeidsledighet	-208.40	126.190	-1.650	0.115
utdanning	-561.16	374.609	-1.500	0.151
parkel_1	0.22	0.196	1.100	0.283
År				
2012	-192.26	91.340	-2.100	0.049
2013	-423.66	194.653	-2.180	0.042
2014	-462.43	281.886	-1.640	0.117
2015	-490.82	387.073	-1.270	0.220
2016	-537.90	493.289	-1.090	0.289
2017	-834.65	610.448	-1.370	0.188
Kommune				
Arendal	REF			
ASKER	1795.73	2189.801	0.820	0.422
BERGEN	25179.22	5799.352	4.340	0.000
BODØ	900.41	1036.190	0.870	0.396
BÆRUM	9383.04	2975.629	3.150	0.005
DRAMMEN	3142.12	858.074	3.660	0.002
FREDRIKSTAD	2218.64	789.947	2.810	0.011
KRISTIANSAND S	5782.83	1792.727	3.230	0.004
LARVIK	-1742.60	744.351	-2.340	0.030
OSLO	61411.65	16926.970	3.630	0.002
SANDEFJORD	-346.46	310.100	-1.120	0.278
SANDNES	-242.13	735.660	-0.330	0.746
SARPSBORG	-932.75	1111.263	-0.840	0.412
SKEDSMO	-1127.90	589.926	-1.910	0.071
SKIEN	-71.27	495.853	-0.140	0.887
STAVANGER	8747.85	2194.525	3.990	0.001
TROMSØ	3150.15	1365.286	2.310	0.032
TRONDHEIM	17670.49	4190.002	4.220	0.000
TØNSBERG	1713.27	1680.155	1.020	0.321
ÅLESUND	682.44	1096.466	0.620	0.541
Koeffisient	255.07	5267.505	0.050	0.962

### 5.4.3 Elbiler



Figur 28: Effekt av ladestasjoner på antall elbiler med konfidensintervall

Figur 28 viser at en økning i antall ladestasjoner fører til en statistisk signifikant økning i antall elbiler, både for små og store kommuner, og at økningen er litt sterkere i de små kommunene. De minste har en økning på 25 elbiler. Oslo, med flest husholdninger, har en økning på rundt 12 biler. Ut fra figuren ser det ut som effekten er signifikant forskjellig fra null i samtlige kommuner, og at interaksjonseffekten er negativ.

Tabell 14 nedenfor viser den faktiske effekten av en økning i antall ladestasjoner ved gjennomsnittlig antall husholdninger fra 2010-2017. Økningen i antall nyregistrerte elbiler er statistisk signifikant forskjellig fra null i alle kommunene. I Oslo vil en ekstra ladestasjon føre til over 12 flere elbiler, kontrollert for de andre variablene. Økningen i antall elbiler er størst i Tønsberg, Arendal og Larvik. Her øker salget av elbiler med 25 biler når det bygges ut en ekstra ladestasjon. Alle effektene er signifikante på 5-prosentnivå, med unntak av i Oslo, hvor effekten er signifikant på 10 prosent. Et signifikansnivå på 10 prosent er i grenseland, og en må vurdere å beholde nullhypotesen om ingen effekt.

Tabell 14: Faktisk effekt av ladestasjoner på antall elbiler, gitt gjennomsnittlig antall husholdninger

Kommune	Faktisk effekt		Kommune	Faktisk effekt	
Tønsberg	25.00 (9.245)	***	Drammen	24.55 (9.076)	***
Arendal	25.00 (9.245)	***	Tromsø	24.43 (9.034)	***
Larvik	25.00 (9.243)	***	Fredrikstad	24.40 (0.020)	***
Ålesund	24.97 (9.231)	***	Kristiansand	24.21 (8.950)	***
Sandefjord	24.94 (9.220)	***	Bærum	23.79 (8.797)	***
Bodø	24.89 (9.202)	***	Stavanger	23.41 (8.661)	***
Skedsmo	24.89 (9.202)	***	Trondheim	22.12 (8.196)	***
Asker	24.84 (9.185)	***	Bergen	20.53 (7.641)	***
Sarpsborg	24.81 (9.174)	***	Oslo	12.58 (5.284)	**

Merknad: Kluster-robuste standardfeil i parentes. Stjerner angir signifikansnivå: \* = 10 prosent, \*\* = 5 prosent og \*\*\* = 1 prosent.

Tabell 15 viser at en økning i antall ladestasjoner med én enhet fører til 23.68 flere elbiler for en kommune med gjennomsnittlig antall husholdninger. Dette er signifikant på 5 prosentnivå. Interaksjonsleddet er negativt og signifikant, noe som betyr at effekten av ladestasjoner avtar med antall husholdninger i kommunen. Koeffisienten for elbilpark er statistisk signifikant på 5-prosentnivå, som kan indikere at nettverkseffekter er tilstede.



Tabell 15: Avhengig variabel: Antall elbiler

Elbil	Koeffisient	Std.avvik	t-verdi	p-verdi
ladestasjoner_1s	23.68	8.761	2.7	0.014
ladestasjons_husholdnings	-0.00	0.000	-2.38	0.028
husholdninger_s	-0.01	0.032	-0.32	0.752
medianinntekt	0.00	0.004	1.19	0.249
utdanning	-141.49	187.429	-0.75	0.46
parkel_1	0.27	0.121	2.23	0.038
År				
2012	-56.58	53.244	-1.06	0.301
2013	-110.10	107.166	-1.03	0.317
2014	6.11	130.090	0.05	0.963
2015	-72.25	192.809	-0.37	0.712
2016	-338.60	235.229	-1.44	0.166
2017	-273.43	222.773	-1.23	0.235
Kommune				
ASKER	223.47	915.487	0.24	0.81
BERGEN	592.04	4093.772	0.14	0.887
BODØ	435.84	441.740	0.99	0.336
BÆRUM	1154.44	1519.417	0.76	0.457
DRAMMEN	181.49	559.584	0.32	0.749
FREDRIKSTAD	373.27	392.856	0.95	0.354
KRISTIANSAND S	664.00	1026.625	0.65	0.526
LARVIK	97.11	399.883	0.24	0.811
OSLO	3156.55	11043.770	0.29	0.778
SANDEFJORD	172.58	140.818	1.23	0.235
SANDNES	-339.88	421.729	-0.81	0.43
SARPSBORG	-192.46	529.668	-0.36	0.72
SKEDSMO	-182.86	318.170	-0.57	0.572
SKIEN	85.24	223.517	0.38	0.707
STAVANGER	259.56	1417.842	0.18	0.857
TROMSØ	613.79	690.725	0.89	0.385
TRONDHEIM	495.57	2863.905	0.17	0.864
TØNSBERG	933.16	790.765	1.18	0.253
ÅLESUND	574.07	474.199	1.21	0.241
Konstantledd	363.13	2562.772	0.14	0.889

## 6 Alternative regresjoner

I tillegg til hovedregresjonen utfører jeg alternative regresjoner på dieslbiler og elbiler. Jeg har ikke gjort dette for bensinbiler, da effekten av ladestasjoner på salget av bensinbiler ikke er signifikant.

### 6.1 Dieslbiler

Tabell 16: Avhengig variabel: Antall dieslbiler

Diesel	Reg 1	Reg 2	Reg 3	Reg 4	Reg 5	Reg 6
ladestasjon_1s	-43.62*	-15.40	-13.88	-44.18*	-1.18	-4.82
husholdnings*ladestasjon_1s	-0.00**	0.00***	0.00***	0.00**	0.00	0.00**
husholdnings	-0.17**	0.06**	-0.11**	-0.17**	0.02**	0.01**
medianinntekt	0.01*	0.01*		0.01*	0.00	0.00
arbeidsledighet	-208.40	-183.56*		-236.36*	-143.99*	-141.16*
utdanning	-561.16	-537.33		-707.70**	12.00	54.80
parkel_1	0.22			0.20	0.08	0.02
rekkevidde				96.64		-554.51**
småkommune	#REF					
nabokommune					68.42	694.85
storby					29.39	537.81
<b>Dummyer</b>						
Nabokommune	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja
Storby	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja
Småkommune	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja
Årsdummyer	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Nei
Kommunedummyer	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei
Rekkeviddedummy	Nei	Nei	Nei	Ja	Nei	Ja

Merknad: Stjerner angir signifikansnivå: \* = 10 prosent, \*\* = 5 prosent og \*\*\* = 1 prosent.

Tabell 16 viser seks ulike regresjoner. Regresjon 1 er hovedregresjonen jeg har utført og testet med dummyer for år og for hver enkelt kommune. I regresjon 2 har jeg utelatt *parkel*<sub>1</sub> da den ikke var signifikant. Dette endrer koeffisienten for ladestasjoner betraktelig, fra -43.62 til -15.40, og den er ikke lenger signifikant. Når jeg i tillegg utelater utdanning, blir medianinntekt og arbeidsledighet ikke signifikant. I regresjon 3, med kun ladestasjoner, interaksjonsledd og husholdninger er heller ikke effekten signifikant. I regresjon 4 benytter jeg en rekkeviddedummy i stedet for dummyer per år. Dette for å forklare endringen i rekkevidden til elbiler fra år 2014, da Tesla modell 3 og

Nissan Leaf kom på markedet med betraktelig lengre rekkevidde. I denne regresjon er effekten av ladestasjoner -44.18, og er signifikant på 10-prosentnivå. Alle variabler er signifikante med unntak av elbilpark og rekkevidde. Jeg kan derfor ikke konkludere med at økningen i rekkevidde etter at disse bilene ble introdusert i Norge, påvirker dieselsalget. Rekkeviddevariabelen har positivt fortegn, noe som ikke er intuitivt, da en skulle tenke seg at økt rekkevidde for elbiler fører til færre dieselmotorkjøretøyer, ikke flere. I regresjon 5 bruker jeg dummyer for hvert år, men har endret enhetsdummyene. De er ikke lenger for hver enkelt kommune, men delt opp i tre kategorier; småkommuner, storbyer og nabokommuner. Nabokommuner er kommuner som ligger nær en større by i Norge. Disse kommunene er Asker, Bærum, Sandnes og Skedsmo. Storbyene er Oslo, Bergen, Trondheim og Stavanger. Dette er gjort for å ta hensyn til blant annet plassering av bomstasjoner. Bakgrunnen for denne inndelingen er at de mest befolkningsrike kommunene har flest bomstasjoner, og at de som bor i nabokommunene også blir berørt av dette. I 2018 er det 29 bomstasjoner i Trondheim, 23 i Trondheim, 29 i Bergen og 18 i Stavanger. I kommunene jeg har klassifisert som nabokommuner er det henholdsvis 0, 9, 16 og 0. De små kommunene har stort sett få eller ingen bomstasjoner. I denne regresjonen er ikke effekten av ladestasjoner signifikant forskjellig fra null. I regresjon 6 bruker jeg enhetsdummyene for de tre kategoriene og dummyen for rekkevidde. Effekt av ladestasjoner er ikke signifikant, men nå er effekten av økt rekkevidde fra 2014 signifikant på 5-prosentnivå. Det at nye elbilmodeller kom ut i markedet i 2014 reduserer dieselsalget med over 550 biler i en kommune med gjennomsnittlig antall husholdninger.

Tabell 17: Avhengig variabel: Antall dieselbiler per husholdning

Dieselbil/Husholdning	Reg 1	Reg 2	Reg 3	Reg 4	Reg 5
lade/hus	2.9**	0.04***	0.02*	0.07***	0.06**
parkel_1	5.79***	0.00***	0.00***	0.00***	0.00
arbeidsledighet	-2.64		0.00***	0.00***	-0.00
utdanning	-1.50		-0.02***	-0.00***	-0.00
medianinntekt	1.10		-0.00	0.00**	-0.00
rekkevidde			-0.00		-0.02***
småkommune	#REF				
nabokommune				-0.01	0.01
storby				-0.01**	-0.01
<b>Dummyer</b>					
Nabokommune	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja
Storby	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja
Småkommune	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja
Årsdummyer	Ja	Ja	Nei	Ja	Nei
Kommunedummyer	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei
Rekkeviddedummy	Nei	Nei	Ja	Nei	Ja

Merknad: Stjerner angir signifikansnivå: \* = 10 prosent, \*\* = 5 prosent og \*\*\* = 1 prosent.

I tabell 17 er avhengig variabel antall dieselbiler per husholdning. Uavhengig variabel av interesse er ladestasjoner per husholdning. I den første regresjonen har jeg dummyer for hvert år og hver kommune, samt alle kontrollvariabler. Effekten av en økning i antall ladestasjoner per husholdning er 2.9 og signifikant på 5-prosentnivå. Dette resultatet er ikke intuitivt, og fremstår som merkelig, ettersom en skulle tro at en økning i antall ladestasjoner vil ha motsatt effekt. I regresjon 2 har jeg fjernet alle kontrollvariabler som ikke er signifikante. Nå er effekten av ladestasjoner fortsatt positiv, men betraktelig mindre. I regresjon 3 er utdanning og arbeidsledighet nå signifikante. I denne modellen vil en ekstra ladestasjon per husholdning føre til 0.02 flere dieselbiler per husholdning. Her har jeg inkludert en variabel som skal beskrive forskjellen i rekkevidde på grunn av nye elbilmodeller fra 2014. Denne effekten er ikke signifikant. I regresjon 4 bruker jeg enhetsdummyene nabokommune, storby og småkommune. Her er alle variablene signifikante med unntak av nabokommune. I storbyene er effekten på dieselsalget svakere enn i de små kommunene. I regresjon 5 inkluderer jeg igjen rekkeviddedummyen. Den er nå negativ og signifikant på 1-prosentnivå. Etter 2014 ble det solgt 0.02 færre dieselbiler per husholdning på grunn av dette. Alle regresjonene viser en positiv koeffisient for ladestasjon per husholdning. Jeg forsøkte derfor å ekskludere observasjonene i Oslo fra regresjonen, men dette endret ikke koeffisientene.

## 6.2 Elbiler

Tabell 18: Avhengig variabel: Antall Elbiler

Elbil	Reg 1	Reg 2	Reg 3	Reg 4	Reg 5
ladestasjon_1s	23.67**	25.51**	22.69**	11.96**	13.08**
husholdnings*ladestasjon_1s	-0.00**	-0.00**	0.00	0.00	0.00
husholdnings	-0.01	0.00	0.00	-0.00*	0.00
parkel_1	0.27**	0.28**	0.24**	0.32**	0.27**
arbeidsledighet	23.77		-8.93	13.20	18.10
utdanning	-141.49		-282.71	-10.53	-1.41
medianinntekt	0.00		0.00	0.00	0.00
rekkevidde			151.07***		49.49
småkommune	#REF				
nabokommune				-164.54	-43.17
storby				-385.68*	-299.09
<b>Dummyer</b>					
Nabokommune	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja
Storby	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja
Småkommune	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja
Årsdummyer	Ja	Ja	Nei	Ja	Nei
Kommunedummyer	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei
Rekkeviddedummy	Nei	Nei	Ja	Nei	Ja

Merknad: Stjerner angir signifikansnivå: \* = 10 prosent, \*\* = 5 prosent og \*\*\* = 1 prosent.

Alle koeffisientene for ladestasjoner i elbilregresjonene har fortegn som som er intuitive. En økning i antall ladestasjoner påvirker elbilsalget i positiv retning. Regresjon 1 er den opprinnelige regresjonen, og viser at det selges nesten 24 flere elbiler i en kommune med gjennomsnittlig antall husholdninger når det bygges en ladestasjon. I regresjon 2 er kontrollvariablene som ikke er signifikante, fjernet, og koeffisienten øker til 25.51. I regresjon 3 benytter jeg rekkeviddedummy i stedet for dummyer for hvert enkelt år, og finner at nye elbilmodeller med bedre rekkevidde fra og med 2014 øker antall elbiler med 151 i en kommune med gjennomsnittlig antall husholdninger. Dette er signifikant på 1-prosentnivå. Koeffisienten for ladestasjoner reduseres til 22.69. I regresjon 4 har jeg brukt enhetsdummyer som har som formål å ta hensyn til plassering av bomstasjoner og antall. Dette reduserer effekten av ladestasjoner til ca 12 biler. I de største kommunene vil en ekstra ladestasjon føre til mindre økning i antall elbiler sammenlignet med i de små kommunene. Dette samsvarer med fortegnet på interaksjonsleddet i hovedmodellen. Effekten i nabokommunene

sammenlignet med de små kommunene er ikke signifikant. I regresjon 5, med rekkeviddedummy, er effekten 13.08. Den totale elbilparken er signifikant i alle regresjonene, noe som tyder på at nettverkseffektene elbiler har, har betydning for kjøp av elbil.

Tabell 19: Avhengig variabel: Antall elbiler per husholdning

Elbil/Husholdning	Reg 1	Reg 2	Reg 3	Reg 4	Reg 5	Reg 6
lade_1spåhuss	0.10***	0.11***	0.11***	0.10***	0.11***	0.11***
parkel_1	0.00	0.00*		0.00*	0.00*	0.00**
arbeidsledighet	0.00			0.00	0.00	0.00
utdanning	0.00			0.00	0.00**	0.00**
medianinntekt	0.00			0.00	0.00*	0.00**
rekkevidde				0.00***		0.001***
småkommune	#REF					
nabokommune					0.01*	0.00
storby					0.00	-0.00
<hr/>						
Dummys						
Nabokommune	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja
Storby	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja
Småkommune	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja
Årsdummyer	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Nei
Kommunedummys	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei
Rekkeviddedummy	Nei	Nei	Nei	Ja	Nei	Ja

Merknad: Stjerner angir signifikansnivå: \* = 10 prosent, \*\* = 5 prosent og \*\*\* = 1 prosent.

I tabell 19 er avhengig variabel antall elbiler per husholdning og avhengig variabel av interesse er antall ladestasjoner per husholdning. Dersom det bygges ut en ekstra ladestasjon per husholdning, vil antall elbiler per husholdning øke med 0,10 eller 0.11. Dette er signifikant i alle regresjonene. I regresjon 2 er alle kontrollvariabler som ikke er signifikante, fjernet, og regresjon 3 har kun uavhengig variabel av interesse og enhets- og tidsdummyer. I regresjon 4 har jeg inkludert effekten av økt rekkevidde fra og med 2014. Dette påvirker ikke koeffisienten i stor grad. Regresjon 5 viser at effekten i nabokommuner er 0.01 sterkere enn i de små kommunene, men dette er ikke signifikant i regresjon 6, med rekkeviddedummy. Da uavhengig variabel er elbiler per husholdning, vil koeffisientene ha en svært liten verdi. Koeffisientene i disse regresjonene er mer intuitive sammenlignet med de tilsvarende dieselregresjonene.

## 7 Testing av hovedmodellen

### 7.1 Forutsetninger

- Denne typen regresjonsanalyse forutsetter at forklaringsvariablene har en effekt på avhengig variabel. Problemet med omvendt kausalitet innebærer at kausaliteten går motsatt vei. For å løse denne endogenitetsproblematikken mellom bilsalg og ladestasjoner har jeg lagget variablene *Ladestasjoner* og *Elbilpark*.
- Det er forutsatt at observasjonene er målt uten feil. Arbeidsledigheten i Arendal kommune var 4.1 prosent hvert år da jeg la inn kontrollvariablene. Dette tallet har senere blitt oppdatert, og arbeidsledigheten har et gjennomsnitt på 3.7. Denne endringen har ingen betydning for tolkning av estimatene eller signifikans.
- Den forventede verdien av restleddet er null.  $E(u|x) = 0$ . Dette blir bekreftet ved å se på gjennomsnittsverdien til feilleddene i Stata. Gjennomsnittet er svært nære null.
- For å kunne stole på signifikansnivået må den forventede variansen av feilleddene være konstant (Homoskedastisitet),  $Var(u|x) = \sigma^2$ . For å adressere problemet med heteroskedastisitet har jeg brukt klustrede standardfeil. Breuch-Pagan-testen viste i forkant av dette at jeg hadde heteroskedastisitet i modellen. Denne testen fungerer ikke etter man har klustret feilleddene. Klustrede standardfeil tillater at restleddene innad i en gruppe korrelerer. De er også robuste, så en tillater heteroskedastisitet i modellen.

Tabell 20: Breuch-Pagan test

	Elbil	Dieselbil	Bensinbil
chi2(1)	267.79	182.82	170.59
Prob>chi2	0.0000	0.0000	0.0000

- Autokorrelasjon er ikke et problem i tverrsnittdata, men i paneldata kan det være en sammenheng mellom verdier fra år til år innad i en kommune. Dette kan føre til at restleddene er korrelert med hverandre. Estimaten vil da fremdeles være konsistente, men kan føre til forventningsskjevne standardfeil som gir mindre effektive resultater. Wooldridge sin test viser at autokorrelasjon er tilstede. Jeg bruker derfor klustrede standardfeil.

Tabell 21: Test for autokorrelasjon

	Elbil	Dieselbil	Bensinbil
F(1,19)	52.161	2229.96	12.163
Prob>F	0.000	0.000	0.0025

- Høy korrelasjon mellom forklaringsvariabler kan forstyrre effektene. Multikollinearitet innebærer at det er en lineær relasjon mellom de uavhengige variablene. Korrelasjonsmatrisen viser høy korrelasjon mellom ladestasjoner og husholdninger, og ladestasjoner og antall biler. Dette kan føre til at konfidensintervallene blir for store. VIF-test viser meget høye verdier. Se figur 25 i vedlegget. Høy korrelasjon kan føre til unøyaktige estimat. En tommelfingerregel er at VIF-test under 10 indikerer fravær av multikollinearitet.
- Modellen er korrekt spesifisert. R kvadrert er på over 0.9 i alle regresjonene. RESET-test tyder på at modellen ikke er korrekt spesifisert. Se tabell 22. Jeg benytter RESET-testen for å teste om modellen inkluderer alle relevante variabler og har korrekt funksjonell form. Feil spesifisering kan føre til at OLS-estimatorene er skjeve og inkonsistente. Jeg har adressert dette problemet ved å inkludere et interaksjonsledd og finner at effekten avhenger av antall husholdninger i kommunen. Effekten av ladestasjoner på dieselbil er sterkest for små kommuner, og effekten av ladestasjoner på elbiler er også sterkest for små kommuner. Det at samspillsleddet er signifikant tyder på at det er med på å forbedre modellen. Samspillsleddet får fram en viktig forskjell mellom store og små kommuner, og gir derfor mer presise resultater.

Tabell 22: RESET test

	Elbil	Dieselbil	Bensinbil
F	23.32	25.10	35.04
Prob>F	0.0000	0.0000	0.0000

Jeg må likevel forkaste nullhypotesen om at modellen er korrekt spesifisert. Dette tyder på at modellen har utelatte forklaringsvariabler eller at variablene ikke har korrekt funksjonell form. Jeg forsøkte å logtransformere de avhengige variablene. Da kan jeg beholde nullhypotesen i elbilregresjonen, men nullhypotesen i diesel- og bensinregresjonen må likevel forkastes. Etter logtransformeringen er ingen av effektene signifikante. Å kvadrere forklaringsvariablen fører fortsatt til at nullhypotesen må forkastes.



- En antar at restleddet er normalfordelt. Her har jeg brukt Kernel density-testen. Se Figur 35 i vedlegget. Når utvalget skal beskrives er det interessant å vite om det finnes skjevhet i utvalget, spesielt om man ønsker å generalisere resultatene til hele populasjonen. Utvalget skal helst være symmetrisk fordelt. De fleste utvalg er enten skjevt fordelt til høyre eller venstre. Dette illustreres i et plot, se figur 37 i vedlegget. Skjevhet er 0.149533 som er nært null, og feilleddende omtrent symmetriske. Kurtose er 8.837169. Normal kurtose er 3 for en normaldistribusjon og beskriver hvor tung halen til fordelingen er.
- Jeg har til slutt testet om det er noen innflytelsesrike observasjoner som driver resultatet. Observasjon 78, 79 og 80 (se figur 36) er Oslo i 2015-2017. Jeg kjørte regresjonene en gang uten disse observasjonene, og det viste seg at disse ikke driver resultatet.
- Ved bruk av klustrede standardfeil vil en ikke kunne bruke Hausman-testen for å teste om faste eller tilfeldige effekter bør brukes. Jeg gjennomførte testen før jeg klustret standardfeilene, og forkaster nullhypotesen i alle regresjonene hvor nullhypotesen er at tilfeldige effekter er den korrekte modellen. Jeg konkluderer derfor med at faste effekter er den korrekte modellen.

Tabell 23: Hausman test

	Elbil	Dieselbil	Bensinbil
chi2(5)	14.83	47.38	20.82
p-verdi	0.0051	0	0.0003

## 8 Oppsummering og konklusjon

Ved å inkludere et interaksjonsledd som er signifikant, har jeg vist at effekten av ladestasjoner er ulik i de 20 kommunene og avhenger av antall husholdninger. En økning i antall ladestasjoner fører til en reduksjon i antall dieselbiler i de minst befolkede kommunene, og effekten på antall elbiler er positiv og signifikant i alle kommuner. Disse resultatene kan tyde på at det er mindre multihoming i de minst befolkede kommunene, og mest multihoming i de største kommunene, spesielt Oslo. Min analyse viser at reduksjonen i dieselsalget er sterkere enn økningen i elbilsalget som følge av at det bygges en ladestasjon. Dette gir grunn til å tro at færre trenger en dieselbil i tillegg til sin elbil når flere ladestasjoner blir tilgjengelige. Et viktig argument for å ha en bil med forbrenningsmotor i tillegg til elbil, er frykten for å ikke finne en ladestasjon som har ledige ladepunkt. Dette argumentet blir svakere når en bygger ut flere ladestasjoner, og det er derfor viktig at Norge fokuserer på slik utbygging.

Det er interessant å sammenligne effektene av ladestasjoner på diesel- og elbiler, presentert i tabell 24 i vedlegget. Tønsberg er kommunen som reduserer antall dieselbiler mest som følge av ladestasjoner, og er også kommunen som øker antall elbilkjøp mest som følge av ladestasjoner. Oslo skiller seg ut fra de andre kommunene.

Resultatene fra den empiriske analysen tyder på at modell 2 i den teoretiske delen passer best til virkeligheten for de største kommunene, spesielt Oslo. Andel konsumenter som kjøper elbil som sin andre bil vil øke, og andelen som kjøper dieselbil som sin andre bil vil ikke reduseres med sikkerhet når det bygges ut ladestasjoner. Når salget av elbiler øker, vil graden av multihoming øke fordi salget av dieselbiler ikke reduseres. Dette fører til en større bilpark, og er ikke en ønsket effekt av subsidier til etablering av ladestasjoner.

I de små kommunene vil en ladestasjon påvirke salget av elbiler og dieselbiler i motsatt retning. Dette taler for at modell 1 eller modell 3 stemmer best med virkeligheten. Modell 1 er en singlehomingmodell hvor konsumentene kun kjøper én bil, og substituerer seg bort fra konvensjonelle biler og mot elbiler. Modell 3 er en multihomingmodell hvor konsumentene kjøper færre konvensjonelle biler som sin andre bil og flere elbiler som sin andre bil. I de minst befolkningsrike kommunene øker salget av elbiler med halvparten så mye som reduksjonen i antall dieselbiler. Da reduksjonen i antall dieselbiler er mye større enn økningen i antall elbiler, er det rimelig å tro at modell 3 stemmer

best. Færre kjøper konvensjonell bil (dieselbil) som sin andre bil, og flere kjøper elbil som sin andre bil, og den negative effekten på konvensjonelle biler er større enn den positive effekten for elbiler. Dette resulterer i en mindre bilpark, fordi færre opptrer som multihomere.

Et gjennomgående resultat er at utbygging av ladestasjoner har en sterkere effekt på antall nyregistrerte biler per ladestasjon i små kommuner, enten det er reduksjon av konvensjonelle biler eller økning av elbiler. Grunnen til dette kan være at i Oslo er det allerede mange ladestasjoner, og det har derfor ikke like mye å si om det kommer en ekstra ladestasjon. På mindre steder er det færre ladestasjoner, og en ekstra ladestasjon i nærområdet har mer å si. I Oslo er det høy befolkningstetthet, og det må derfor være kortere avstand mellom hver ladestasjon, noe som impliserer at det er kortere vei til den nest nærmeste ladestasjonen. En ladestasjon fra eller til vil derfor ikke ha like stor betydning som i et område med færre ladestasjoner fra før. Dette kan tyde på at etterspørselen etter elbiler er positiv, men avtakende i antall ladestasjoner. Effekten på dieselbiler er usikker, da den kun er signifikant på 10 prosentsnivå for en kommune med gjennomsnittlig antall husholdninger. Resultatene tyder på at utbygging av ladestasjoner har en ønsket effekt på bilparken i kommuner som har få ladestasjoner fra før. Dette bør derfor tas hensyn til ved beslutninger om opprettelse av nye ladestasjoner.

## Vedlegg

I den empiriske analysen fikk jeg data på førstegangsregistrerte biler fra Statens vegvesen. Jeg fikk åtte filer, én for hvert år med informasjon om kjøper av bilen, adresse, drivstofftype, postnummer, kommune, bilmerke, registreringsdato. Data på ladestasjoner fikk jeg fra elbilforeningen. Dette er en datadump fra Nobil <sup>14</sup>. Denne datadumpen inneholdt alle ladestasjoner som er registrert i Norge per dags dato. Den viser dagens tilstandsbilde av databasen. Dette betyr at dersom en stasjon har eksistert tidligere, men har blitt slettet, vises den ikke i oversikten. Datadumpen inneholdt informasjon om plassering, opprettelsesdato, antall ladepunkt på hver ladestasjon, type kontakt og opprettelsesdato. Tilgjengeligheten er delt inn i offentlig, ved avtale, ansatte og beboere. Data på kontrollvariabler er hentet fra SSB <sup>15</sup>. Utfordringen var å sette sammen alle datene til ett paneldatasett. Førstegangsregistrerte biler i perioden 2010-2017 i de fem kommunene var på totalt over 340 000. For å utføre paneldataanalyse i Stata <sup>16</sup>, må disse aggregeres til  $20 \times 8 = 40$  observasjoner, etter år og kommune og antall elbiler, bensinbiler og dieslbiler. Jeg la inn kontrollvariablene ved bruk av Hvis- og Og-funksjoner i excel på måten vist nedenfor i figur 33. Dette ble for omfattende da jeg utvidet til 20 kommuner, og jeg bestemte meg derfor for å først komprimere datasettet i Stata, for så å legge inn kontrollvariablene.

---

<sup>14</sup>Nobil er en nordisk ladestasjonsdatabase eid av Enova og driftet av Norsk elbilforening.

<sup>15</sup>Statistisk Sentralbyrå

<sup>16</sup>En statistikkpakke for statistiske metoder og data-analyse

Tabell 24: Faktisk effekt på el- og dieslbiler

Elbil			Dieselbil		
Kommune	Faktisk effekt		Kommune	Faktisk effekt	
Tønsberg	25.004 (9.245)	***	Tønsberg	-50.290 (9.245)	***
Arendal	25.004 (9.245)	***	Arendal	-50.287 (9.244)	***
Larvik	24.999 (9.243)	***	Larvik	-50.263 (9.243)	***
Ålesund	24.968 (9.231)	***	Ålesund	-50.107 (9.231)	***
Sandefjord	24.935 (9.220)	***	Sandefjord	-49.942 (9.220)	***
Bodø	24.888 (9.202)	***	Bodø	-49.703 (9.202)	***
Skedsmo	24.887 (9.202)	***	Skedsmo	-49.697 (9.202)	***
Asker	24.843 (9.185)	***	Asker	-49.472 (9.186)	***
Sarpsborg	24.812 (9.174)	***	Sarpsborg	-49.314 (9.174)	***
Drammen	24.547 (9.076)	***	Drammen	-47.970 (9.076)	***
Tromsø	24.432 (9.034)	***	Tromsø	-47.388 (9.034)	***
Fredrikstad	24.396 (0.020)	***	Fredrikstad	-47.203 (9.020)	***
Kristiansand	24.205 (8.950)	***	Kristiansand	-46.237 (8.950)	***
Bærum	23.786 (8.797)	***	Bærum	-44.112 (13.663)	***
Stavanger	23.414 (8.661)	***	Stavanger	-42.225 (13.237)	***
Trondheim	22.119 (8.196)	***	Trondheim	-35.654 (8.196)	***
Bergen	20.534 (7.641)	***	Bergen	-27.610 (7.641)	***
Oslo	12.580 (5.284)	**	Oslo	8.997 (5.284)	**

Merknad: Kluster-robuste standardfeil i parentes. Stjerner angir signifikansnivå: \* = 10 prosent, \*\* = 5 prosent og \*\*\* = 1 prosent.

## Parametere

$\tau$ : Transportkostnad

$p_1$ : Pris på konvensjonell bil

$p_2$ : Pris på elbil

$c$ : Produksjonskostnad

$v$ : reservasjonspris på bil

$\beta$ : Faktor som bestemmer reservasjonspris på bil nummer to ved multihoming

$\alpha$ : Nyttens av utbygging av ladestasjoner, målt i kroner

$\tilde{x}$ : Plassering til konsument som er indifferent mellom å kjøpe konvensjonell bil og elbil

$\tilde{x}_{12}$ : Plassering til konsument som er indiffrert mellom å kun ha konvensjonell bil og både konvensjonell bil og elbil

$\tilde{x}_{21}$  Plassering til konsument som er indiffrert mellom å kun ha elbil og både konvensjonell bil og elbil

$U_1$  Nytte av konvensjonell bil

$U_2$  Nytte av elbil

$U_{21}/U_{12}$  Nytte av å eie begge typer biler

$D_1$ : Etterspørsel etter konvensjonelle biler i singlehomingmodellen

$D_2$ : Etterspørsel etter elbiler i singlehomingmodellen

$D_{12}^{MH}/D_{21}^{MH}$ : Etterspørsel etter elbiler/konvensjonelle biler i multihomingmodellen.

```

1  *Stata dofil
2
3  ***Datasett med 20 observasjoner
4  ** Komprimering av datafil
5
6  ** Lage bilvariabler
7  sort Kommune År Diesel
8
9  egen Diesel_1 = count(Diesel) if Diesel==1, by(Kommune År)
10 egen Bensin_1 = count(Bensin) if Bensin==1, by(Kommune År )
11 egen Elbil_1 = count(Elbil) if Elbil==1, by(Kommune År )
12
13 ** Reduserer fila til Kommune-år
14 sort Kommune År Diesel_1 Bensin_1 Elbil_1
15 quietly by Kommune År Diesel_1 Bensin_1 Elbil_1: \\\
16 gen dup = cond(_N==1, 0, _n)
17 *tab dup
18 drop if dup>1
19
20 ** Delete missing på samtlige
21 drop if Bensin_1==. & Diesel_1==. & Elbil_1==.
22
23 ** Få alle observasjoner på linje
24 by Kommune År: egen Bensin_2 = total(Bensin_1)
25 by Kommune År: egen Diesel_2 = total(Diesel_1)
26 by Kommune År: egen Elbil_2 = total(Elbil_1)
27
28 ** Ferdig datasett uten kontrollvariabler
29 drop dup
30 sort Kommune År
31 quietly by Kommune År: gen dup = cond(_N==1, 0, _n)
32 *tab dup
33 drop if dup>1
34
35 drop Bensin_1 Diesel_1 Elbil_1 dup
36
37
38
39 *Gjør kommune om til numeric
40 encode Kommune, gen(kommune)
41 xtset kommune År
42
43
44 ***Datasett med 160 observasjoner
45 **Komprimering av datafil
46
47 sort Kommune År Diesel
48 egen Diesel_1 = count(Diesel) if Diesel==1, by(Kommune År)
49 egen Bensin_1 = count(Bensin) if Bensin==1, by(Kommune År )
50 egen Elbil_1 = count(Elbil) if Elbil==1, by(Kommune År )
51 sort Kommune År
52
53 gen diesel_1 if drst=="Diesel"
54 destring drst, replace float
55 sort Kommune År Diesel
56 sort kommune År drst
57 encode drst, gen (Drst)
58 describe Drst
59 summarize Drst
60 egen Diesel_1 = count(Drst) if Drst==4, by(kommune År)
61 egen Bensin_1 = count(Drst) if Drst==2, by(kommune År)
62 egen Diesel_1 = count(Drst) if Drst==5, by(kommune År)
63 egen elbil_1 = count(Drst) if Drst==5, by(kommune År)
64 egen Bensin_1 = count(Drst) if Drst==4, by(kommune År)
65 tabulate Diesel_1
66 freq Diesel_1
67 summarize Diesel_1
68 sort Kommune År Diesel_1 Bensin_1 Elbil_1
69 quietly by Kommune År Diesel_1 Bensin_1 Elbil_1: gen dup = cond(_N==1, 0, _n)
70 drop if dup>1
71 quietly by kommune År Diesel_1 Bensin_1 Elbil_1: gen dup = cond(_N==1, 0, _n)
72 quietly by kommune År Diesel_1 Bensin_1 elbil_1: gen dup = cond(_N==1, 0, _n)
73 sort kommune År Diesel_1 Bensin_1 elbil_1
74 quietly by kommune År Diesel_1 Bensin_1 elbil_1: gen dup = cond(_N==1, 0, _n)
75 drop if dup>1

```

```

76 drop if Bensin_1==. & Diesel_1==. & elbil_1==.
77 by kommune År: egen Bensin_2 = total(Bensin_1)
78 by kommune År: egen Diesel_2 = total(Diesel_1)
79 by kommune År: egen Elbil_2 = total(elbil_1)
80 drop dup
81 sort kommune År
82 quietly by kommune År: gen dup = cond(_N==1, 0, _n)
83 drop if dup>1
84 drop Bensin_1 Diesel_1 Elbil_1 dup
85
86
87
88 **LSDV
89 reg Elbil_2 ladestasjoner_1 husholdninger ladestasjon_husholdning medianinntekt ///
90 arbeidsledighet utdanning parkel_1 i.År i.Kommune
91
92 reg Diesel_2 ladestasjoner_1 ladestasjon_husholdning husholdninger medianinntekt ///
93 arbeidsledighet utdanning parkel_1 i.År i.Kommune
94 reg Bensin_2 ladestasjoner_1 ladestasjon_husholdning husholdninger medianinntekt ///
95 arbeidsledighet utdanning parkel_1 i.År i.Kommune
96
97 **Kluster standardfeil
98 reg Elbil_2 ladestasjoner_1 husholdninger ladestasjon_husholdning medianinntekt ///
99 arbeidsledighet utdanning parkel_1 i.År i.Kommune, cluster(Kommune)
100 reg Diesel_2 ladestasjoner_1 ladestasjon_husholdning husholdninger medianinntekt ///
101 arbeidsledighet utdanning parkel_1 i.År i.Kommune, cluster(Kommune)
102 reg Bensin_2 ladestasjoner_1 ladestasjon_husholdning husholdninger medianinntekt///
103 arbeidsledighet utdanning parkel_1 i.År i.Kommune, cluster(Kommune)
104
105
106 **Finne konfidensintervall og standardfeil: trenger varians-kovarinsmatrise
107 vce
108
109 **Sentrering av variabel
110 sum ladestasjoner_1, meanonly
111 gen ladestasjoner_1s = ladestasjoner_1 - r(mean)
112 sum husholdninger, meanonly
113 gen husholdninger_s = husholdninger - r(mean)
114 reg Elbil_2 c.ladestasjoner_1s#c.husholdninger_s medianinntekt arbeidsledighet ///
115 utdanning parkel_1 i.Kommune i.År, cluster(Kommune)
116 reg Elbil_2 c.ladestasjoner_1s#c.husholdninger_s medianinntekt arbeidsledighet///
117 utdanning antallbiler i.Kommune i.År, cluster(Kommune)
118 reg Elbil_2 ladestasjoner_1 husholdninger ladestasjon_husholdning medianinntekt ///
119 arbeidsledighet utdanning antallbiler i.Kommune i.År, cluster(Kommune)
120 tab husholdninger
121 tab navn
122 tab kommune
123
124
125 *Lage interaksjonsledd
126 gen ladestasjon_husholdning= ladestasjoner_1* husholdninger
127
128 **Regresjon med sentrerte variabler og interaksjonsledd
129 reg Elbil_2 ladestasjoner_1s husholdninger_s ladestasjons_husholdnings ///
130 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 i.År i.Kommune, ///
131 cluster(Kommune)
132 reg Diesel_2 ladestasjoner_1s husholdninger_s ladestasjons_husholdnings ///
133 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 i.År i.Kommune, ///
134 cluster(Kommune)
135 reg Bensin_2 ladestasjoner_1s husholdninger_s ladestasjons_husholdnings///
136 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 i.År i.Kommune, ///
137 cluster(Kommune)
138
139 ***Regresjon med nabokommunedummy, storbykommunedummy og småkommune og i.År
140 reg Elbil_2 ladestasjoner_1s husholdninger_s ladestasjons_husholdnings ///
141 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 nabokommune storby ///
142 småkommune i.År, cluster(Kommune)
143 reg Diesel_2 ladestasjoner_1s husholdninger_s ladestasjons_husholdnings///
144 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 nabokommune storby///
145 småkommune i.År, cluster(Kommune)
146 reg Bensin_2 ladestasjoner_1s husholdninger_s ladestasjons_husholdnings///
147 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 nabokommune storby///
148 småkommune i.År, cluster(Kommune)
149
150 *Regresjon med dummy som beskriver økt rekkevidde fra 2014 med nabo,storby,

```



```

151 *småkommune
152 reg Elbil_2 ladestasjoner_1s husholdninger_s ladestasjons_husholdnings ///
153 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 nabokommune storby///
154 småkommune rekkevidde, cluster(Kommune)
155 reg Diesel_2 ladestasjoner_1s husholdninger_s ladestasjons_husholdnings///
156 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 nabokommune storby ///
157 småkommune rekkevidde, cluster(Kommune)
158
159
160 *Regresjon med dummy som beskriver økt rekkevidde med kommunedummy
161 reg Elbil_2 ladestasjoner_1s husholdninger_s ladestasjons_husholdnings///
162 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 rekkevidde i.Kommune, ///
163 cluster(Kommune)
164 reg Diesel_2 ladestasjoner_1s husholdninger_s ladestasjons_husholdnings///
165 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 rekkevidde i.Kommune,///
166 "cluster(Kommune)
167
168
169 **Avhengig variabel per husholdning
170
171 reg elbilpåhus lade_1påhus_1 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 ///
172 rekkevidde nabokommune storby småkommune , cluster(Kommune)
173 reg elbilpåhus lade_1påhus_1 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 ///
174 nabokommune storby småkommune i.År , cluster(Kommune)
175 reg elbilpåhus lade_1påhus_1 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 ///
176 i.År i.Kommune , cluster(Kommune)
177 reg elbilpåhus lade_1påhus_1 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 ///
178 rekkevidde i.Kommune , cluster(Kommune)
179
180 reg dieselpåhus lade_1påhus_1 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 ///
181 rekkevidde nabokommune storby småkommune , cluster(Kommune)
182 reg dieselpåhus lade_1påhus_1 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 ///
183 nabokommune storby småkommune i.År , cluster(Kommune)
184 reg dieselpåhus lade_1påhus_1 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 ///
185 i.År i.Kommune , cluster(Kommune)
186 reg dieselpåhus lade_1påhus_1 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 ///
187 rekkevidde i.Kommune , cluster(Kommune)
188
189
190
191
192 **Deskriptiv statistikk
193 *totalt nyregistrerte biler
194 by Kommune: summarize antallbiler
195 **grafer
196 xtline Elbil_2
197 xtline Elbil_2, overlay
198
199 **Testing av modellen
200
201
202 *Linearitet
203 plot Elbil_2 Ladeststasjoner
204
205 *Normalfordelte feilledd
206 predict residuals, residuals
207 kdensity residuals
208 *kurtose skjevhet
209 summarize residuals, detail
210 predict resid, residuals
211 histogram resid, kdensity normal
212
213 *Multikollinearitet
214 estat vif
215
216 *Autokorrelasjon
217 corr husholdninger ladestasjoner_1 medianinntekt arbeidsledighet ///
218 utdanning parkel
219
220 *RESET test
221 ovtest
222
223 *Hausman test
224
225 xtreg Elbil_2 ladestasjoner_1s husholdninger_s ladestasjons_husholdnings ///

```

```
226 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 , fe
227 estimates store fixed
228 xtreg Elbil_2 ladestasjoner_1s husholdninger_s ladestasjons_husholdnings///
229 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 ,re
230 hausman fixed ., sigmamore
231
232 xtreg Diesel_2 ladestasjoner_1s husholdninger_s ladestasjons_husholdnings ///
233 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1, fe
234 estimates store fixed
235 xtreg Diesel_2 ladestasjoner_1s husholdninger_s ladestasjons_husholdnings///
236 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 ,re
237 hausman fixed ., sigmamore
238
239 xtreg Bensin_2 ladestasjoner_1s husholdninger_s ladestasjons_husholdnings ///
240 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 , fe
241 estimates store fixed
242 xtreg Bensin_2 ladestasjoner_1s husholdninger_s ladestasjons_husholdnings ///
243 medianinntekt arbeidsledighet utdanning parkel_1 ,re
244 hausman fixed ., sigmamore
245
246 *Heteroskedastisitet
247
248 estat hetteest
249
250 *innflytelsesrike obs
251 predict dbeta
252 predict hat
253 scatter dbeta hat
254 *teste uten de innflytelsesrike observasjonene
255 reg Diesel_2 ladestasjoner_1 husholdninger medianinntekt ///
256 ladestasjon_husholdning arbeidsledighet utdanning antallbiler i.År
257 > i.komnr if ID!=80 |ID!=79 |ID!=78, cluster(Kommune)
258 gen ID=_n
259 scatter dbeta hat, mlabel(ID)
260
261
262
263 **Plot med konfidensintervaller
264 margins, atmeans at(husholdninger=(18000 40000))
265 margins, atmeans at(husholdninger=(18000 40000))
266 marginsplot
267 margins, atmeans at(husholdninger=(20000 (10000) 300000))
268 marginsplot
269 reg Elbil_2 ladestasjoner_1 ladestasjon_husholdning husholdninger medianinntekt ///
270 arbeidsledighet utdanning parkel i.komnr i.År , cluster(Kommune)
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
```

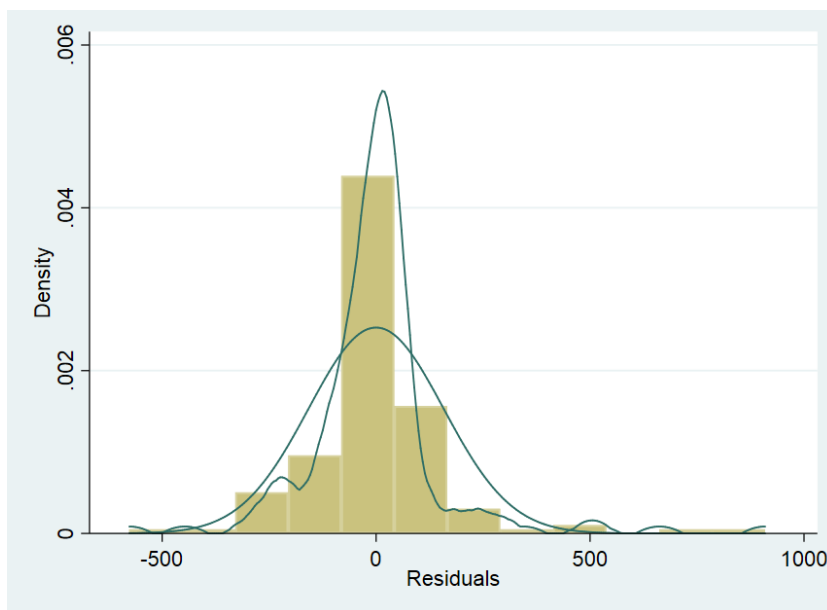
Husholdninger

=HVIS(OG(G2="STAVANGER";R2="2010");55777;HVIS(OG(G2="OSLO";R2="2010");309074;HVIS(OG(G2="TRONDHEIM";R2="2010");81567;HVIS(OG(G2="BERGEN";R2="2010");120911;HVIS(OG(G2="KRISTIANSAND";R2="2010");36331;HVIS(OG(G2="STAVANGER";R2="2011");55745;HVIS(OG(G2="OSLO";R2="2011");312967;HVIS(OG(G2="TRONDHEIM";R2="2011");82817;HVIS(OG(G2="BERGEN";R2="2011");122324;HVIS(OG(G2="KRISTIANSAND";R2="2011");36990;HVIS(OG(G2="STAVANGER";R2="2012");57121;HVIS(OG(G2="OSLO";R2="2012");316772;HVIS(OG(G2="TRONDHEIM";R2="2012");84034;HVIS(OG(G2="BERGEN";R2="2012");123566;HVIS(OG(G2="KRISTIANSAND";R2="2012");37206;HVIS(OG(G2="STAVANGER";R2="2013");57816;HVIS(OG(G2="OSLO";R2="2013");320990;HVIS(OG(G2="TRONDHEIM";R2="2013");85572;HVIS(OG(G2="BERGEN";R2="2013");126124;HVIS(OG(G2="KRISTIANSAND";R2="2013");37873;HVIS(OG(G2="STAVANGER";R2="2014");58825;HVIS(OG(G2="OSLO";R2="2014");323364;HVIS(OG(G2="TRONDHEIM";R2="2014");93644;HVIS(OG(G2="BERGEN";R2="2014");131560;HVIS(OG(G2="KRISTIANSAND";R2="2014");39644;HVIS(OG(G2="STAVANGER";R2="2015");59171;HVIS(OG(G2="OSLO";R2="2015");327427;HVIS(OG(G2="TRONDHEIM";R2="2015");95088;HVIS(OG(G2="BERGEN";R2="2015");132865;HVIS(OG(G2="KRISTIANSAND";R2="2015");40340;HVIS(OG(G2="STAVANGER";R2="2016");59783;HVIS(OG(G2="OSLO";R2="2016");332568;HVIS(OG(G2="TRONDHEIM";R2="2016");96638;HVIS(OG(G2="BERGEN";R2="2016");134328;HVIS(OG(G2="KRISTIANSAND";R2="2016");41035;HVIS(OG(G2="STAVANGER";R2="2017");60050;HVIS(OG(G2="OSLO";R2="2017");336099;HVIS(OG(G2="TRONDHEIM";R2="2017");98638;HVIS(OG(G2="BERGEN";R2="2017");135710;HVIS(OG(G2="KRISTIANSAND";R2="2017");41597))))))))))

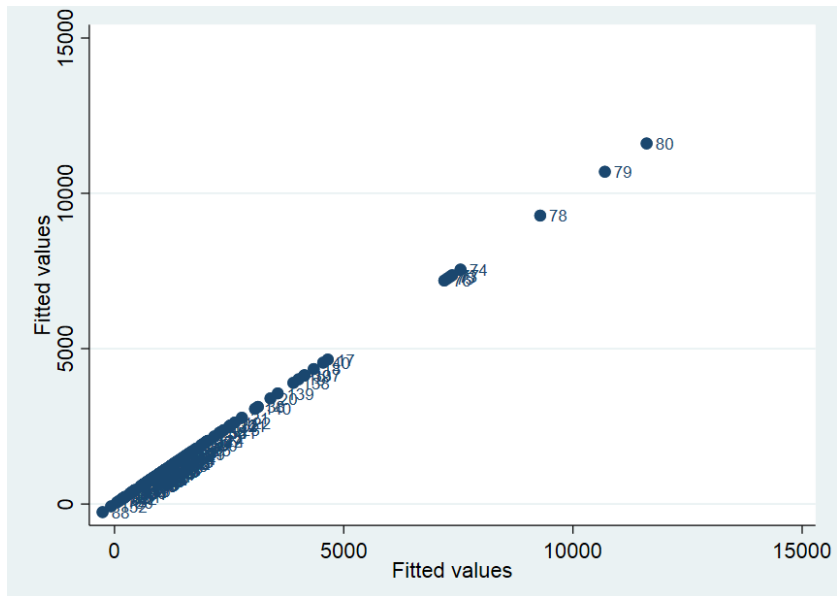
Figur 33: Kontrollvariabler

	A	B	C	D	E
1	var (b1)	6.3430105	beta_1	16.42671	
2	var (b3)	0.000000001373	beta_3	0.0000539	
3	cov (b1,b3)	-0.00002111			
4					
5	Husholdninger	Standardfeil	Beta_1	Øvre grense KI	Nedre grense KI
6	=A6+100	=ROT(B\$1+((A6^2)*B\$2)+((2*A6*B\$3)))	=SD\$1+A6*SD\$2	=B6+C6	=C6-B6
7	=A7+100	=ROT(B\$1+((A7^2)*B\$2)+((2*A7*B\$3)))	=SD\$1+A7*SD\$2	=B7+C7	=C7-B7
8	=A8+100	=ROT(B\$1+((A8^2)*B\$2)+((2*A8*B\$3)))	=SD\$1+A8*SD\$2	=B8+C8	=C8-B8
9	=A9+100	=ROT(B\$1+((A9^2)*B\$2)+((2*A9*B\$3)))	=SD\$1+A9*SD\$2	=B9+C9	=C9-B9
10	=A10+100	=ROT(B\$1+((A10^2)*B\$2)+((2*A10*B\$3)))	=SD\$1+A10*SD\$2	=B10+C10	=C10-B10
11	=A11+100	=ROT(B\$1+((A11^2)*B\$2)+((2*A11*B\$3)))	=SD\$1+A11*SD\$2	=B11+C11	=C11-B11
12	=A12+100	=ROT(B\$1+((A12^2)*B\$2)+((2*A12*B\$3)))	=SD\$1+A12*SD\$2	=B12+C12	=C12-B12
13	=A13+100	=ROT(B\$1+((A13^2)*B\$2)+((2*A13*B\$3)))	=SD\$1+A13*SD\$2	=B13+C13	=C13-B13
14	=A14+100	=ROT(B\$1+((A14^2)*B\$2)+((2*A14*B\$3)))	=SD\$1+A14*SD\$2	=B14+C14	=C14-B14
15	=A15+100	=ROT(B\$1+((A15^2)*B\$2)+((2*A15*B\$3)))	=SD\$1+A15*SD\$2	=B15+C15	=C15-B15
16	=A16+100	=ROT(B\$1+((A16^2)*B\$2)+((2*A16*B\$3)))	=SD\$1+A16*SD\$2	=B16+C16	=C16-B16
17	=A17+100	=ROT(B\$1+((A17^2)*B\$2)+((2*A17*B\$3)))	=SD\$1+A17*SD\$2	=B17+C17	=C17-B17
18	=A18+100	=ROT(B\$1+((A18^2)*B\$2)+((2*A18*B\$3)))	=SD\$1+A18*SD\$2	=B18+C18	=C18-B18
19	=A19+100	=ROT(B\$1+((A19^2)*B\$2)+((2*A19*B\$3)))	=SD\$1+A19*SD\$2	=B19+C19	=C19-B19
20	=A19+100	=ROT(B\$1+((A20^2)*B\$2)+((2*A20*B\$3)))	=SD\$1+A20*SD\$2	=B20+C20	=C20-B20

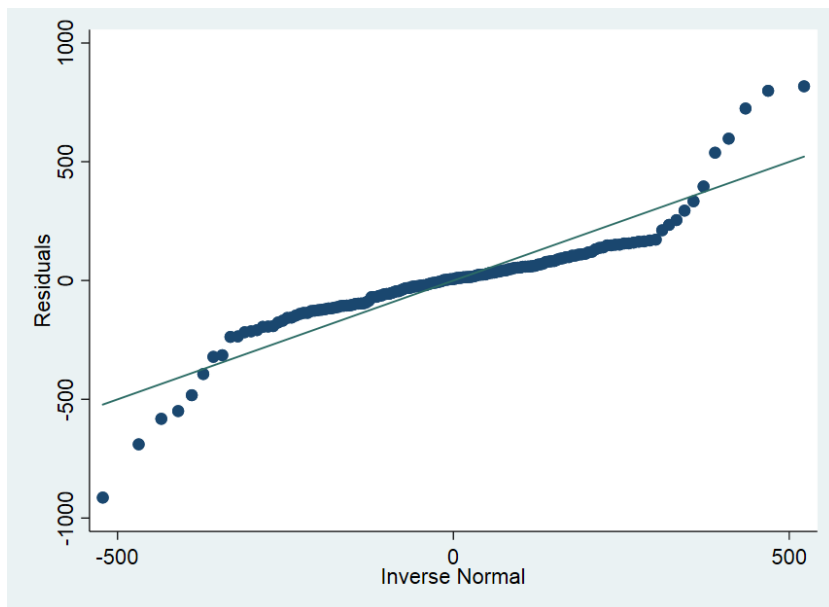
Figur 34: Standardfeil,  $\beta$  og konfidensintervaller



Figur 35: Test om feilleddene er normalfordelte



Figur 36: Varibler med stor innflytelse på resultatet



Figur 37: Test om residualene er normalfordelt

Tabell 25: VIF

Variabel	VIF	1/VIF
ladestasjoner_1s	418.78	0.002388
husholdninger_s	3162.3	0.000316
ladestasjon_1s*husholdnings	219.38	0.004558
medianinntekt	162.34	0.00616
arbeidsledighet	4.88	0.205071
utdanning	314.58	0.003179
parkel_1	11.78	0.084867
År		
2012	3.69	0.271129
2013	11.67	0.085711
2014	19.49	0.051303
2015	32.45	0.030815
2016	40.53	0.024673
2017	48.14	0.020773
Kommune		
2	157.04	0.006368
3	346.62	0.002885
4	19.25	0.05194
5	157.64	0.006344
6	7.28	0.137414
7	13.17	0.075904
8	23.57	0.042422
9	9.7	0.103091
10	2714.01	0.000368
11	4.15	0.241206
12	25.79	0.038781
13	25.26	0.039595
14	6.86	0.145856
15	7.87	0.127056
16	66.73	0.014985
17	17.16	0.058267
18	159.09	0.006286
19	22.08	0.045293
20	16.21	0.061708
Gjennomsnittlig VIF	257.8	

## Referanser

- Ambrus, A. & Reisinger, M. (2006). *Exclusive vs overlapping viewers in media markets* (Teknisk rapport). SFB/TR 15 Discussion Paper.
- Anderson, S.P., Foros, Ø. & Kind, H.J. (2010). *Hotelling competition with multi-purchasing: time magazine, newsweek, or both?* (Teknisk rapport). CESifo Working Paper, No 3096.
- Belleflamme, P. & Peitz, M. (2015). *Industrial organization: markets and strategies*. Cambridge University Press.
- Birkeli, K., Håmsø, B., Kalland, L.-E., Lindegaard, A. & Molin, D. (2016). *Tiltakskostnader for elbiler. samfunnsøkonomiske kostnader ved innfasing av elbiler i personbilparken* (Miljødirektoratet rapport nr. M-620).
- Braadland, T.E. & Malmedal, G.S. (2019). *Ladeinfrastruktur fram til 2025* (NAF rapport).
- Brooks, C. (2014). *Introductory econometrics for finance* (3. utg.). Cambridge University Press.
- Chamberlin, E. (1933). *The theory of monopolistic competition, cambridge: Harvard univ. Press*.
- d'Aspremont, C., Gabszewicz, J.J. & Thisse, J.-F. (1979). On hotelling's stability in competition". *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1145–1150.
- Elbilforeningen. (2019, 12. februar). *Ladekrise under oppseiling*. Hentet fra <https://elbil.no/elbilstatistikk/elbilbarometeret/> (Hentet 2019, 30. mars)
- Evensen, C.B. & Koneswaran, V. (2016). *Analysis of local electric vehicle incentives in the norwegian car market: a multi-homing approach* (Upublisert masteroppgave).
- Figenbaum, E. (2018). *Electromobility status in norway mastering long distances – the last hurdle to mass adoption* (TØI rapport nr. 1627/2018).
- Figenbaum, E. & Kolbenstvedt, M. (2016). *Learning from norwegian battery electric and plug-in hybrid vehicle users: Results from a survey of vehicle owners* (TØI rapport nr. 1492/2016).
- Greaker, M., Golombek, R. & Hoel, M. (2018). Global impact of national climate policy in the nordic countries. *CLIMATE POLICIES*, 157.
- Greaker, M. & Kristoffersen, M. (2017). Lading av elbiler: Bør vi godta flere standarder? *Samfunnsøkonomen*, 131(4), 67–77.
- Greaker, M. & Midttømme, K. (2016). Network effects and environmental externalities: Do clean technologies suffer from excess inertia? *Journal of Public Economics*, 143, 27–38.
- Hempel, O.G. (2019, 12. februar). *Ladekrise under oppseiling*. *Dagbladet*. Hentet fra <https://>

[www.dagbladet.no/kultur/ladekrise-under-oppseiling/70743667](http://www.dagbladet.no/kultur/ladekrise-under-oppseiling/70743667)

Honningsvåg, C. (2019, 10. mars). Utbygging av hurtigludere. *Elbil24*. Hentet fra

<https://www.elbil24.no/nyheter/>

[staten-bor-stotte-utbygging-av-hurtigludere/70846726](https://www.elbil24.no/nyheter/staten-bor-stotte-utbygging-av-hurtigludere/70846726)

Katz, M.L. & Shapiro, C. (1985). Network externalities, competition, and compatibility. *The American economic review*, 75(3), 424–440.

Kim, H. & Serfes, K. (2006). A location model with preference for variety. *The Journal of Industrial Economics*, 54(4), 569–595.

Li, J. (2016). Compatibility and investment in the us electric vehicle market. *Job Market Paper, Harvard University*.

Li, S., Tong, L., Xing, J. & Zhou, Y. (2017). The market for electric vehicles: indirect network effects and policy design. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 4(1), 89–133.

OFV. (2019, 04. januar). *Bilsalget i 2018 - slik ble det!* Hentet fra

<https://ofv.no/aktuelt/2019/bilsalget-i-2018-slik-ble-det>

(Hentet 2019, 15. mars)

Peters, A. & Dütschke, E. (2014). How do consumers perceive electric vehicles? a comparison of german consumer groups. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 16(3), 359–377.

Raj, B. & Baltagi, B.H. (2012). *Panel data analysis*. Springer Science & Business Media.

Regjeringen. (2017, 5. april). *En grønnere transporthverdag*. Hentet fra

<https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/>

[en-gronnere-transporthverdag/id2548633/?fbclid=IwAR0](https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/en-gronnere-transporthverdag/id2548633/?fbclid=IwAR0)

[\\_ga3TSR6vPOWgJ64xj7U1QBaFAd5tCuZVAtdZjN6G8p7CqqoihNIunOs](https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/en-gronnere-transporthverdag/id2548633/?fbclid=IwAR0_ga3TSR6vPOWgJ64xj7U1QBaFAd5tCuZVAtdZjN6G8p7CqqoihNIunOs)

(Hentet 2019, 30. mai)

SSB. (2018, 08. juni). *09429: Utdanningsnivå, etter kommune og kjønn (k) 1970 - 2017*. Hentet fra <https://www.ssb.no/statbank/table/09429/>

SSB. (2018, 11. januar). *09709: Privathusholdninger, etter husholdningsstørrelse/antall barn og antall biler som disponeres (k) (b) (avslutta serie) 2001 - 2011*. Hentet fra

<https://www.ssb.no/statbank/table/09709/>

SSB. (2018, 21. juni). *06070: Privathusholdninger, etter husholdningstype (k) (b) 2005 - 2018*.

Hentet fra <https://www.ssb.no/statbank/table/06070/>

SSB. (2018, 26. juni). *Tabell 06076: Privathusholdninger og personer i privathusholdninger, etter*

- statistikkvariabel og år. Hentet fra*  
<https://www.ssb.no/statbank/table/06076/>
- SSB. (2019, 01. april). *07849: Drivstofftype, type kjøring og kjøretøygrupper (k) 2008 - 2018.*  
Hentet fra <https://www.ssb.no/statbank/table/07849/>
- SSB. (2019, 22. februar). *06944: Inntekt for husholdninger, etter husholdningstype. antall og median (k) (b) 2005 - 2017.* Hentet fra  
<https://www.ssb.no/statbank/table/06944/>
- SSB. (2019, 29. januar). *10540: Registrerte arbeidsledige 15-74 år, etter alder (prosent)(k) 1990m01 - 2018m11.* Hentet fra  
<https://www.ssb.no/statbank/table/10539/>
- Stock, J.H. & Watson, M.W. (2015). *Introduction to econometrics* (3. utg.). Harlow, United Kingdom: Pearson Education Limited.
- Tirole, J. (1988). *The theory of industrial organization*. MIT press.
- TØI. (2013-2014). *Reisevaneundersøkelsen (TØI rapport)*. Hentet fra  
[https://www.toi.no/getfile.php/1340016/mmarkiv/Bilder/7020-TOI\\_faktaark\\_bilreiser-3k.pdf](https://www.toi.no/getfile.php/1340016/mmarkiv/Bilder/7020-TOI_faktaark_bilreiser-3k.pdf)
- Zhang, Y., Qian, Z.S., Sprei, F. & Li, B. (2016). The impact of car specifications, prices and incentives for battery electric vehicles in norway: Choices of heterogeneous consumers. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 69, 386–401.