



Betydningen av rekkeviddeangst på elbilsalget

Norge 2010-2016

Eirik Berge Kalsaas & Erlend Nævdal Døskeland

Veileder: Morten Sæthre

Masterutredning, Økonomi og administrasjon, Economics

NORGES HANDELSHØYSKOLE

Dette selvstendige arbeidet er gjennomført som ledd i masterstudiet i økonomi- og administrasjon ved Norges Handelshøyskole og godkjent som sådan. Godkjenningen innebærer ikke at Høyskolen eller sensorer inntår for de metoder som er anvendt, resultater som er fremkommet eller konklusjoner som er trukket i arbeidet.

Sammendrag

Vi undersøker hvor viktig reduksjon av rekkeviddeangst har vært for salget av elbiler i de fire mest folkerike kommunene i Norge i perioden 2010-2016. Dette gjør vi ved å studere hvilken effekt bedre ladeinfrastruktur og teknologisk utvikling, i form av økt rekkeviddekapasitet på tilbudte elbilmodeller, har hatt på salget. Vi finner at redusert rekkeviddeangst har hatt vesentlig positiv, men avtakende, effekt på elbilsalget. Grunnet den avtakende effekten estimeres salget til å være på sitt høyeste nivå ved 217 km rekkeviddekapasitet og 27 ladestasjoner per 100 000 innbyggere. Vi predikerer at utbedringen av ladeinfrastrukturen i Bergen fra starten av 2011 til starten av 2016 har resultert i 9,76% høyere salg av elbiler i kommunen. Tilsvarende har teknologisk utvikling ført til 203% høyere salg i løpet av samme periode. Vi finner også at effekten av forbedret ladeinfrastruktur og teknologisk utvikling avtar i hverandre, og at de dermed har fungert som substitutter. Vi bruker paneldata-estimatoren fixed effects for å ta hensyn til faste effekter innad i kommunene. Studien bidrar til eksisterende litteratur ved å studere betydningen av teknologisk utvikling, da dette så vidt vi vet foreløpig bare er studert gjennom spørreundersøkelser om betalingsvillighet for ekstra rekkeviddekapasitet. Vår studie supplerer denne forskningen ved å studere hvordan teknologisk utvikling reflekteres i det samlede salget. Resultatene gir samtidig en indikasjon på salgseffekten av flere ladestasjoner per innbygger, og reiser således spørsmål om i hvilken grad det offentlige skal finansiere utbygging av bedre ladeinfrastruktur i tiden fremover.

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som en avsluttende del av vårt masterstudium i samfunnsøkonomi ved Norges Handelshøyskole.

Vårt valg av tema gjenspeiler vår felles interesse for utviklingen i det norske bilmarkedet de siste årene. Det har vært interessant å utforske den norske elbilhistorien, myndighetenes rolle og de ulike faktorene som har påvirket elbilsalget. Vi har fått benyttet kunnskapen og metoden vi har tilegnet oss gjennom studiet, samtidig som vi har lært mye underveis.

Vi ønsker å takke alle som har hjulpet oss i arbeidet med å innhente informasjon til bruk i oppgaven, samt familie og venner. Til slutt ønsker vi spesielt å takke vår veileder, Morten Sæthre, for gode innspill ved utformingen av oppgaven, samt positive og konstruktive tilbakemeldinger underveis.

Bergen, juni 2017

Eirik Berge Kalsaas

Erlend Nævdal Døskeland

Innholdsfortegnelse

1. Introduksjon	2
1.1 <i>Problemstilling</i>	4
2. Historisk utvikling av elbilmarkedet i Norge	5
2.1 <i>Markedsfasene i det norske elbilmarkedet</i>	5
2.2 <i>Tilbudssiden og ladeinfrastrukturens utvikling</i>	7
3. Data	11
3.1 <i>Oppsummerende statistikk</i>	11
3.2 <i>Oppbygning av datasettet</i>	11
3.2.1 <i>Tid og sted</i>	11
3.2.2 <i>Salgsstatistikk</i>	12
3.2.3 <i>Bompenger</i>	13
3.2.4 <i>Demografi</i>	14
3.2.5 <i>Teknologisk utvikling</i>	15
3.2.6 <i>Ladeinfrastruktur</i>	16
3.3 <i>Korrelasjonsanalyse</i>	17
4. Spesifisering av regresjonsmodell	19
4.1 <i>Endogenitetsproblemer</i>	21
4.2 <i>Sjokk og trender</i>	22
4.3 <i>Lagging av variabler</i>	24
4.4 <i>Funksjonsformer</i>	26
4.4.1 <i>Målvariabel</i>	26
4.4.2 <i>Uavhengige variabler</i>	26
5. Resultater	29
5.1 <i>First difference</i>	30
5.2 <i>Gjensidig avhengighet</i>	32
5.3 <i>Oppsummering av resultater</i>	36
6. Diskusjon	36
6.1 <i>Implikasjoner av studien</i>	36
6.2 <i>Begrensninger i data og metode</i>	37
6.3 <i>Forslag til videre forskning</i>	38
7. Konklusjon	39
8. Appendiks	40
9. Bibliografi	43

Figurer

Figur 2.1 : Sentrale hendelser i elbilmarkedet, og utviklingen i elbilflåten, i Norge 1997-2013.	6
Figur 2.2: Gjennomsnittlig batteripakkekostnad for plug-in hybridbiler og elbiler (\$ per kWh) i perioden 2010-2016, samt forventet fremtidig utvikling.	8
Figur 2.3: Elbilmarkedets medianrekkevidde og antall modeller tilbudt i perioden 2010-2016.	9
Figur 2.4: Antall offentlige ladestasjoner per 100 000 innbyggere i perioden 2010-2016.	10
Figur 3.1: Månedlig antall førstegangsregistrerte el-personbiler i de fire mest folkerike kommunene i Norge, 2010-2016.	12
Figur 3.2: Historisk utvikling i bompengetakst.	13
Figur 3.3: Grafisk korrelasjonsmatrise med samtlige uavhengige variabler.	18
Figur 5.1: Gjennomsnittlige marginale effekter av teknologisk utvikling, med konfidensintervall.	34
Figur 5.2: Gjennomsnittlige marginale effekter av ladeinfrastruktur, med konfidensintervall.	35

Tabeller

Tabell 3.1: Nøkkelinformasjon om datasettets variabler.	11
Tabell 3.2: Korrelasjonsmatrise med samtlige uavhengige variabler.	18
Tabell 4.1: Ulike periodiske effekter.	23
Tabell 4.2: Med og uten lags av medianrekkevidde og ladestasjoner per 100 000 innbyggere.	25
Tabell 4.3: Fixed effects-estimering.	28
Tabell 5.1: First difference-estimering.	31
Tabell 5.2: Med interaksjonsledd, uten kvadrerte termer.	33
Tabell 8.1: Test av felles signifikans av faste effekter i kommunene.	40
Tabell 8.2: Hausman-test.	40
Tabell 8.3: Test av heteroskedastisitet.	40
Tabell 8.4: Test av seriekorrelasjon.	40
Tabell 8.5: Ladestasjoner per 100 000 innbyggere i ulike funksjonsformer.	41
Tabell 8.6: Gjennomsnittlige marginale effekter av medianrekkevidde med ladestasjoner per 100 000 innbyggere holdt fast på representative nivå.	42
Tabell 8.7: Gjennomsnittlige marginale effekter av ladestasjoner per 100 000 innbyggere med medianrekkevidde holdt fast på representative nivå.	42

1. Introduksjon

Globale klimaendringer har gradvis fått større fokus i det internasjonale samfunnet, og flere avtaler har blitt utformet for å utvikle løsninger på problemet. Parisavtalen fikk bortimot alle verdens land til å forplikte seg til å redusere utslipp av klimagasser. Landene skal utforme nasjonale planer for kutt i klimagasser, som samtidig må fornyes hvert femte år fra og med 2020. Avtalen tar sikte på at man en gang i andre del av århundret skal være såkalt «klimanøytrale», noe som innebærer at man ikke slipper ut mer skadelige gasser i atmosfæren enn det man klarer å fjerne eller fange opp (FN, 2017).

Flere land har pekt ut transportsektoren som et naturlig sted å starte i håp om å få bukt med klimautfordringene. I Norge står nitrogenoksider og svevestøv for hovedandelen av lokal luftforurensning. Veitrafikk er den største synderen, der både eksos og asfaltslitasje fra piggdekkbruk bidrar betydelig, i negativ forstand. Målinger på svevestøv og nitrogendioksider viste at flere byer i Norge var langt unna å nå de fremsatte utslippsmålene for 2015 (Miljødirektoratet, 2016).

Transportnæringen har tradisjonelt vært preget av fossilbiler, og ved å kunne øke andelen utslippsfrie kjøretøy håper man å kutte deler av de totale klimagassutslippene. Regjeringen går nå inn for at alle nye personbiler og lette varebiler skal være nullutslippskjøretøy i 2025, og gir dermed et signal om at det skal lønne seg å velge klimavennlig i tiden fremover. Innen 2030 skal også varedistribusjonen i de største byene være tilnærmet nullutslipp (Samferdselsdepartementet, 2017).

Det har lenge vært bred enighet om at helelektriske kjøretøy ikke er konkurransedyktige med sammenlignbare fossilbiler på områder som pris og rekkevidde, og en betydelig andel av dagens elbileiere representerer derfor et segment som aksepterer disse faktorene i større grad enn resten av befolkningen (Amsterdam Roundtable Foundation & McKinsey and Company, 2014). Dette segmentet virker imidlertid å være av en viss størrelse, da Norge de senere årene har hatt en formidabel utvikling i elbilflåten. I februar 2017 utgjorde elbiler 3,7% av den totale bilbestanden, og på samme tid rundet man totalt 100 000 registrerte el-personbiler (Statistisk Sentralbyrå, 2017a).

Ettersom Norge har hatt en tilsynelatende vellykket økning av elbilflåten, vil det være fristende for flere land å kopiere den samme tilnærmingen. Kina og Tyskland er blant nasjonene som nylig har innført ulike virkemidler for å øke antall elbiler. At store bilmarkeder viser interesse for helelektriske kjøretøy vil ha potensiale til å tiltrekke seg enda flere av de tradisjonelle bilprodusentene som ikke allerede er etablert i elbilmarkedet (Oslo Economics, 2015). Flere aktører vil i så måte bety et bredere utvalg av elbilmodeller, og konkurransen dem imellom vil resultere i stadig teknologisk utvikling.

Teknologisk utvikling vil i all hovedsak tilsvare økt rekkeviddekapasitet, da dette er hovedområdet hvor elbiler ikke har kunnet utfordre fossilbiler. Som med all ny teknologi kreves det at konsumentene aksepterer den usikkerhet produktet medfører, og lav rekkeviddekapasitet vil representere et slikt usikkerhetsmoment for en betydelig andel av befolkningen. Rekkeviddeangst, altså frykten for å gå tom for strøm uten lademuligheter, har derfor bestandig stått som et av hovedargumentene mot helelektriske kjøretøy. Tilbudssiden har således hatt en betydelig rolle i utviklingen av den stadig større elbilflåten i Norge, i form av den teknologiske utviklingen markedet har sett de senere årene. Større rekkeviddekapasitet på elbiler skulle naturlig nok tilsi redusert rekkeviddeangst.

Samtidig har myndighetene tatt initiativ til å bygge ut et betydelig antall ladestasjoner, særlig i og rundt de største byene. Neubeuer og Wood (2014) finner ved hjelp av avansert analyseverktøy at bedre ladeinfrastruktur reduserer rekkeviddeangst, og får folk til å ta lengre kjøreturer enn de ellers ville gjort. At offentlige ladestasjoner har vært tilnærmet gratis i bruk skulle imidlertid også tyde på at stasjonene har fungert som et finansielt incentiv. Figenbaum og Kolbenstvedt (2016) finner derimot at bare om lag 10% bruker en offentlig ladestasjon minst én gang i uken. Funnene tyder på at offentlige ladestasjoner har stått som en betydelig faktor i arbeidet med å redusere rekkeviddeangst heller enn å være et finansielt incentiv.

1.1 Problemstilling

Redusert rekkeviddeangst, i form av bedre ladeinfrastruktur og teknologisk utvikling, vil ha potensiale til å utligne forskjellene mellom elbiler og fossilbiler. Redusert rekkeviddeangst skulle således tilsi økt salg av elbiler. Dette leder til oppgavens overordnede spørsmål:

«Hvordan har redusert rekkeviddeangst påvirket salget av elbiler i Norge i perioden 2010-2016?»

Denne oppgaven forsøker å svare på problemstillingen ved å studere de fire mest folkerike kommunene i landet. Ettersom utbyggingen av ladeinfrastruktur i stor grad har vært gjort på bakgrunn av støtte fra myndighetene vil resultatene også ha politiske implikasjoner. Det vil imidlertid ikke tas stilling til kostnadseffektiviteten bak utbygging av ladeinfrastruktur, da dette ikke har vært en del av formålet med oppgaven. Prisutvikling på elbiler og drivstoff i perioden er heller ikke hensyntatt. Oppgaven supplerer på mange måter tidligere forskning når det kommer til effekten av bedre ladeinfrastruktur på elbilsalget, men tilbyr samtidig ny innsikt i effekten av teknologisk utvikling.

Vi finner at redusert rekkeviddeangst, i form av teknologisk utvikling og bedre ladeinfrastruktur, har hatt positiv, men avtakende, effekt på elbilsalget i perioden 2010-2016. Ved å studere gjennomsnittlige marginale effekter fant vi også at teknologisk utvikling og ladeinfrastruktur har fungert som substitutter i å øke elbilsalget. Vi bruker paneldata-metoder for å ta hensyn til faste effekter innad i kommunene.

Del 2 beskriver kort historien bak det norske elbilmarkedet, samt ladeinfrastrukturen og tilbudssidens utvikling. I del 3 presenteres utformingen av datasettet og oppsummerende statistikk. I del 4 spesifiseres og drøftes regresjonsmodellen. Resultater presenteres i del 5. Oppgaven avsluttes deretter med en diskusjon av resultatene i del 6, og konklusjon i del 7.

2. Historisk utvikling av elbilmarkedet i Norge

Denne delen tar for seg den historiske utviklingen i det norske elbilmarkedet. Først gis det en overordnet beskrivelse av de ulike fasene i denne utviklingen, og deretter tas det en nærmere titt på ladeinfrastrukturen og tilbudssidens utvikling de senere årene.

2.1 Markedsfasene i det norske elbilmarkedet

Figenbaum og Kolbenstvedt (2013) fremhever fem hovedfaser for elbilmarkedet i Norge, og deres fremstilling er grunnlaget for dette delkapittelet.

Den første fasen, «konseptutviklingsfasen» (1970-1990), omhandler utviklingen av fremdriftssystem og prototyper på helelektriske kjøretøy av private selskaper. Videre får fase to navnet «testfasen» (1990-1999), en fase hvor elbiler ble testet i offentligheten for første gang. Samtidig ble fokus rettet mot å fjerne faktorer som gjorde det vanskelig og/eller dyrt å investere i helelektriske kjøretøy, og fritak for registreringsavgift ble det første betydningsfulle elbilincentivet i Norge i 1990. Senere i perioden ble det også innført fullt fritak for bompenger.

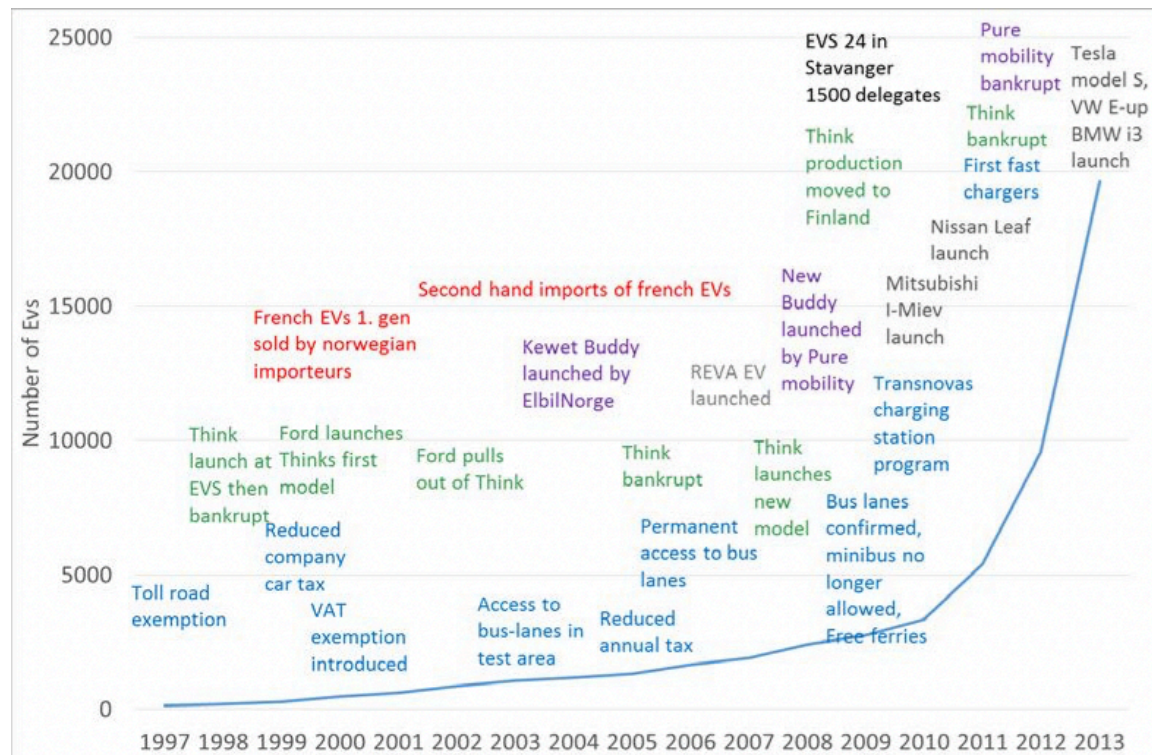
Den tredje fasen blir kalt «den tidlige markedsfasen» (1999-2009). Elbilkonseptet Think ble kjøpt av Ford, og slik hadde allerede en av de største tradisjonelle bilaktørene entret elbilmarkedet. Dette var også en fase hvor enda flere elbilincentiver ble innført. Fullt fritak for merverdiavgift, innført i 2001, gjorde at helelektriske kjøretøy ble betydelig billigere, men prisene var fortsatt høye. Videre fikk elbiler, i et prøveprosjekt, tilgang til kollektivfelt for første gang i 2003, og fra 2005 ble denne tilgangen gjort permanent. Gjennom perioden ble helelektriske kjøretøy i stadig større grad også en del av den politiske agendaen i Norge. Norske investorer kjøpte Think, og målet ble derfor at det skulle utvikles en bærekraftig norsk elbilindustri med Think i hovedrollen. Samtidig ble elektrisitet sett på som ren energi, som samsvarte med det økte fokuset på å redusere klimagassutslipp i det internasjonale samfunnet.

Fase fire får navnet «markedsintroduksjonsfasen» (2009-2012). I 2010 og 2011 fikk Think selskap av tradisjonelle bilmerker som Mitsubishi, Peugeot, Citroën og Nissan. Flere elbilmodeller, større volum og akseptable priser gjorde at helelektriske kjøretøy ble aktuelt

for flere. Disse aktørene kunne også skilte med akseptabel rekkevidde på sine elbiler. For Think betød den aggressive tilnærmingen fra de nye aktørene langt tøffere konkurranse, og drømmen om en norsk elbilindustri begynte å svinne hen.

I 2009 ble den statlige organisasjonen Transnova opprettet, noe som gjorde det mulig å finansiere utbyggingen av ladestasjoner i større skala. Utbyggingen akselererte fra 2010, og i 2011 kom de første hurtigladerne. De nye elbilmodellene, representert av Citroën C-Zero, Peugeot Ion, Mitsubishi i-MiEV og Nissan Leaf, kunne alle bruke disse laderne som ladet batteriet til 80% av full kapasitet innen 20-30 minutter. Etter hvert som utbyggingen av ladestasjoner eskalerte fikk imidlertid også flere eksterne aktører muligheten til å delta i utbyggingsprosessen, og på mange stasjoner ble det derfor nå krevd betaling.

«Ekspansjonsfasen» (2012-) er den femte, og foreløpig siste, fasen. Flere aktører som tradisjonelt har vært store i bilmarkedet, som Volkswagen og BMW, lanserte sine første elbilmodeller i Norge i 2013. Tesla Model S ble samtidig den første modellen med overlegen rekkevidde, og i ettertid har også flere aktører med nye modeller etablert seg i markedet.



Figur 2.1 : Sentrale hendelser i elbilmarkedet, og utviklingen i elbilflåten, i Norge 1997-2013.

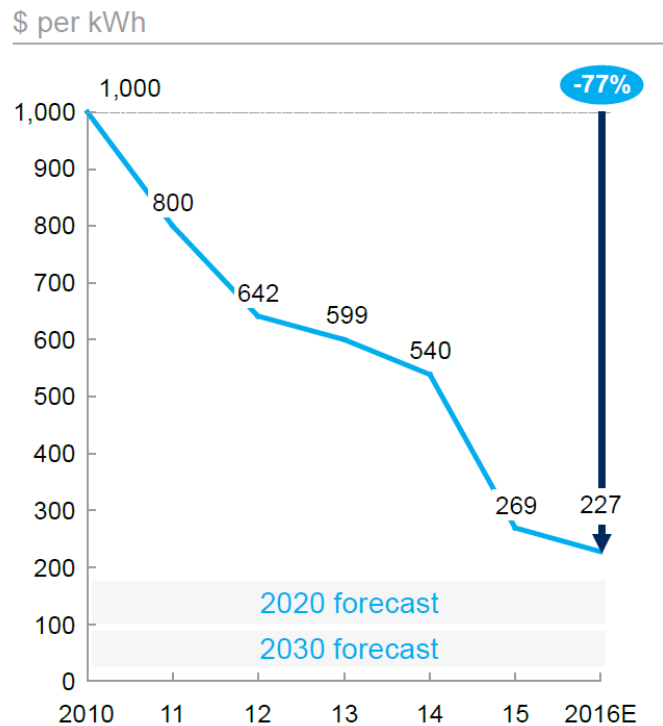
Kilde: (Fearnley, Pfaffenbichler, Figenbaum, & Jellinek, 2015, s. 6)

Blant partiene på Stortinget har det imidlertid vokst frem en større enighet om at markedet etter hvert er modent for å vokse videre på egenhånd. I de senere år har derfor enkelte av de gunstige elbilincentivene delvis blitt desentralisert og trukket tilbake. Ved at flere kjøper elbil vil staten gå glipp av betydelige inntekter med tanke på fritak for merverdiavgift ved kjøp, samt års- og registreringsavgift. Myndighetene vil derfor ha klare incentiver til å pålegge elbiler de samme skatter, avgifter og andre begrensninger som tradisjonelle fossilbiler har, og har hatt. Større grad av lokal incentivregulering har blant annet ført til at det i Bergen nå kreves betaling i offentlige parkeringshus. I denne fasen har også de første plug-in hybridbilene blitt lansert. Disse bilene kan gå både på fossilt brennstoff og elektrisitet, og de senere årene har det blitt solgt stadig flere slike biler som følge av lovgivning som har gjort dem mer økonomisk fordelaktige.

2.2 Tilbudssiden og ladeinfrastrukturens utvikling

Til tross for at interessen for helelektriske kjøretøy nok også har eksistert i tiden før 2010 har det vært relativt dyrt og vanskelig å anskaffe en brukbar elbil. Batteriet er den klart mest kostbare enkeltkomponenten, og for å redusere kostnadene i produksjonen har det derfor blitt rettet fokus mot å utvikle billigere og mer effektive batterier. Tesla har blant annet bygget et såkalt «Gigafactory» i samarbeid med ulike strategiske partnere, som skal oppnå full kapasitet innen 2018. Planen er å produsere batterier til en betydelig lavere kostnad ved hjelp av blant annet stordriftsfordeler, avfallsreduksjon og innovativ fremstilling. De forventer å kunne redusere kostnaden per kilowattime (kWh) på sine batteripakker med mer enn 30% (Tesla, 2017).

Gjennomsnittsprisen på elbilbatterier falt omlag 77% bare i perioden 2010-2016, illustrert i figur 2.2. Fallet har gjort det mulig å tilby elbiler til en lavere utsalgspris, men på tross av den drastiske nedgangen i batteripriser er det fortsatt betydelige prisforskjeller mellom elbiler og sammenlignbare fossilbiler. Det anslås imidlertid at batteriprisene vil falle til under \$100/kWh innen 2030 (Bloomberg New Energy Finance, referert i Knupfer et al. (2017, s. 10)).



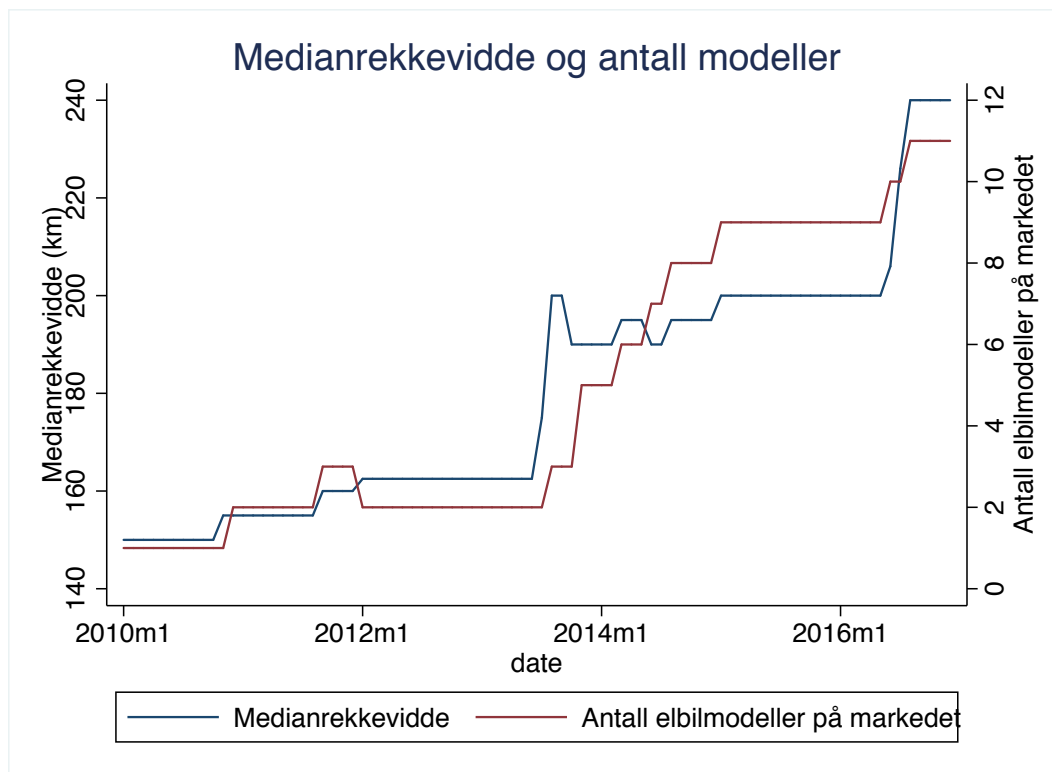
Figur 2.2: Gjennomsnittlig batteripakkekostnad for plug-in hybridbiler og elbiler (\$ per kWh) i perioden 2010-2016, samt forventet fremtidig utvikling.

Kilde: (Bloomberg New Energy Finance, referert i Knupfer et al. (2017, s. 10))

Dersom elbiler er et normalt gode¹ vil lavere utsalgspriser føre til økt etterspørsel. Lavere produksjonskostnader og økt etterspørsel tiltrekker seg samtidig flere produsenter, og dermed øker tilbudet av helelektriske kjøretøy. Dette kan illustreres ved at stadig flere aktører har valgt å entre markedet i tiden etter 2010, og at sterke merkevarer som Volkswagen og BMW virker å se på elbiler som en sentral del av fremtidens bilmarked. Slike aktører vil samtidig ha potensiale til å ta med seg en betydelig andel av sine trofaste kunder i den retningen de selv ønsker å bevege seg i.

Forskningen på elbilbatterier har imidlertid ikke bare gitt utslag i billigere elbiler, men har også hatt betydning for den teknologiske utviklingen. Blant annet har Nissan i perioden 2010-2016 økt rekkeviddekapasiteten på sin Leaf-modell fra 175km til 250km.

¹ Et normalt gode er et gode som har positiv inntektselastisitet. Det vil si at etterspørselen øker når inntekten øker. Samtidig har normale goder negativ priselastisitet, som betyr at etterspørselen etter godet synker når prisen stiger (Andresen, 2014).



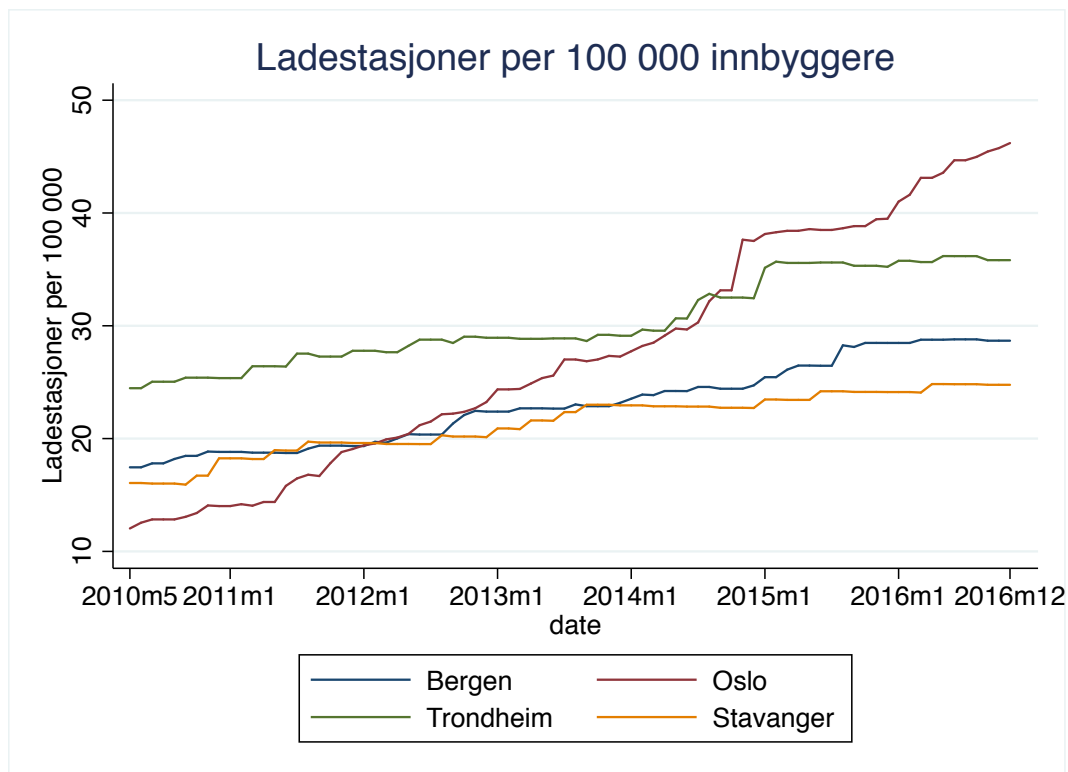
Figur 2.3: Elbilmarkedets medianrekkevidde og antall modeller tilbudt i perioden 2010-2016.

Elbilmarkedets medianrekkevidde har på samme tid økt fra 150 til 240 kilometer, illustrert i figur 2.3. Utviklingen har vært forholdsvis moderat i perioder, for så skyte fart på enkelte tidspunkt. I 2013 ble det blant annet lansert mange nye elbilmodeller fra flere ulike aktører, noe som ga medianrekkevidden et kraftig byks². Det forventes at medianrekkevidden vil øke i takt med lavere batteripriser i årene som kommer.

Ladeinfrastrukturen har også bedret seg betydelig i perioden, og i figur 2.4 vises utviklingen i antall offentlige ladestasjoner per 100 000 innbyggere i de fire mest folkerike kommunene i Norge³.

² Utfyllende forklaring vedrørende beregning av medianrekkevidde og antall elbilmodeller finnes i del 3.2.5.

³ Utfyllende forklaring vedrørende beregning av antall offentlige ladestasjoner per 100 000 innbyggere finnes i del 3.2.6.



Figur 2.4: Antall offentlige ladestasjoner per 100 000 innbyggere i perioden 2010-2016⁴.

Mens Bergen, Trondheim og Stavanger har hatt en noe moderat utvikling i ladeinfrastrukturen har Oslo hatt en brattere positiv trend. Oslo har ved utgangen av 2016 det høyeste nivået av ladestasjoner per innbygger, noe som skulle tilsi at rekkeviddeangst i dag er bedre hensyntatt i Oslo enn i de andre kommunene.

⁴ Opprettelsen av ladestasjonsregisteret i månedene før mai 2010 gjorde at det ble skapt en falsk boom av ladestasjoner per innbygger i denne perioden. Mer om dette følger i del 3.2.6.

3. Data

For å estimere effekten av rekkeviddeangst på elbilsalget i Norge i perioden 2010-2016 ble det samlet inn nødvendig informasjon til å utføre en analyse. I denne delen beskrives datasettet, hvor informasjonen ble hentet fra og hensikten bak variablene som ble brukt. I tillegg vurderes sammenhengen mellom variablene i en korrelasjonsanalyse.

3.1 Oppsummerende statistikk

	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Salg	336	84.21	116.93	0	636
Arbeidsledige (%)	336	2.78	0.75	1.5	5.1
Medianinntekt i 1000 kr	336	439.07	52.22	348	547
Høyere utdanning (%)	336	13.94	2.32	10.3	19.3
Bompengetakst	336	18.07	6.62	0	36
Stemmer på SV, V & MDG (%)	336	16.09	3.27	11.7	26.8
Medianrekkevidde (km)	336	179.91	25.22	150	240
Ladestasjoner per 100 000 innbyggere	336	24.47	8.47	0	46.2

Tabell 3.1: Nøkkelinformasjon om datasettets variabler.

3.2 Oppbygning av datasettet

Denne delen vil ta for seg begrunnelsen for valget av disse variablene, samt informasjon om hvor disse ble innhentet.

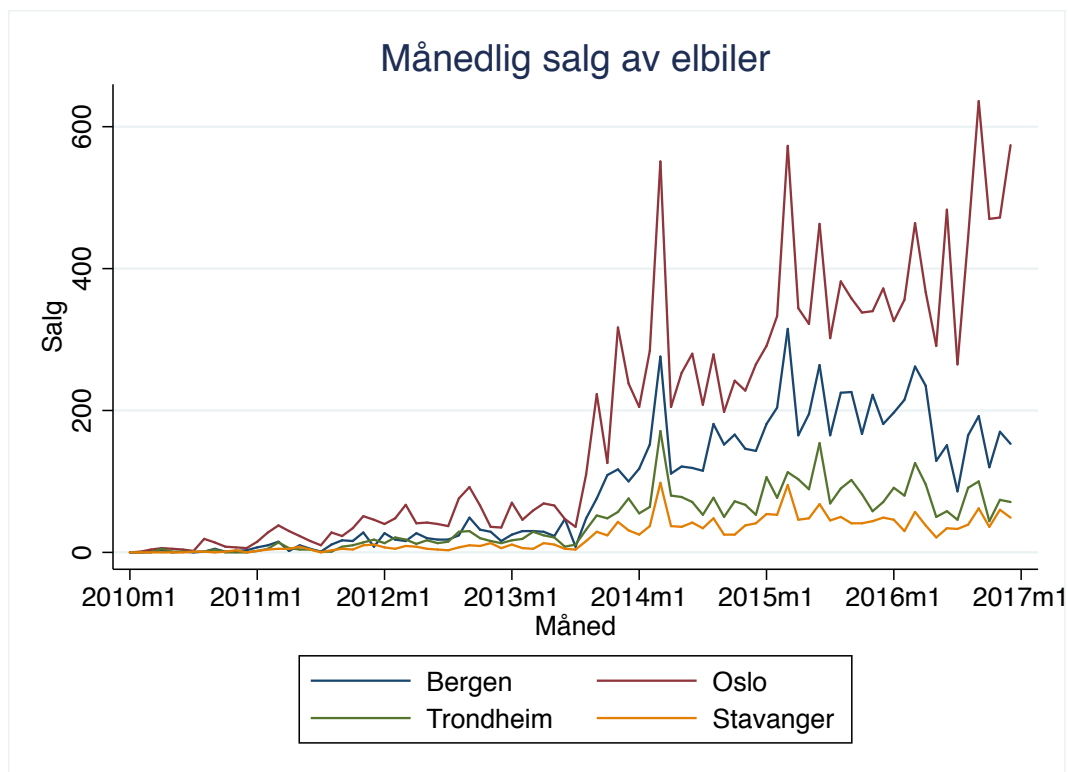
3.2.1 Tid og sted

I studien ble det fokusert på de fire mest folkerike kommunene, da det er her det har blitt solgt flest helelektriske kjøretøy. Kommunene representerer en betydelig andel av den samlede befolkningen, og gir resultatene høy validitet for elbilsalg i urbane strøk. Når det gjelder tidsperioden vi ser på var 2010-2016 et bevisst valg, siden det før 2010 fantes svært få elbilmodeller, og elbiler generelt, i Norge. Ladeinfrastrukturen var også svært dårlig utbygd i tiden før 2010.

3.2.2 Salgsstatistikk

Informasjon om salgsstatistikk for kjøretøy ble innhentet fra Opplysningskontoret for Veitrafikken (OFV) gjennom Morten Sæthre ved Norges Handelshøyskole. Statistikken ga en oversikt over alle registrerte kjøretøy i Norge i perioden 2010-2016. For å tilpasse datasettet til studiens formål ble førstegangsregistrerte el-personbiler valgt ut, fordelt på måneder og kommuner. Førstegangsregistreringene gjorde imidlertid at måneder med storutlevering av populære modeller fikk kunstig høye salgsverdier, noe som resulterte i betydelige svingninger mellom enkeltmåneder.

Innad i kommunene summerte vi opp antall elbiler solgt hver måned, noe som ga hver enkelt kommune 84 salgsobservasjoner i perioden 2010-2016. Månedlige salg ble valgt på bakgrunn av behovet for nøyaktighet i analysen av sentrale variabler som teknologisk utvikling og ladeinfrastruktur.

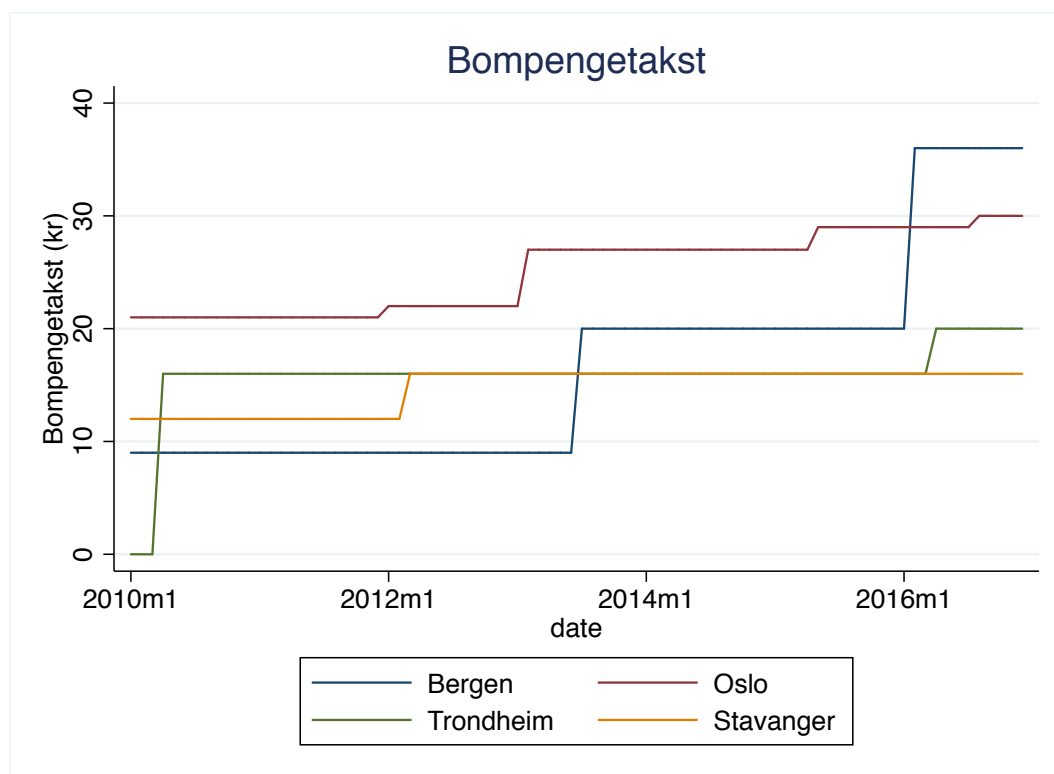


Figur 3.1: Månedlig antall førstegangsregistrerte el-personbiler i de fire mest folkerike kommunene i Norge, 2010-2016.

3.2.3 Bompenger

For å ta hensyn til elbilers fritak for bompenger samlet vi inn data på månedlige takster i kommunene. De historiske satsene ble innhentet gjennom bomselskapenes hjemmesider, samt direkte kontakt med deres ansatte⁵. Ved bruk av månedlige data ble det mulig å korrigere for eventuelle takstøkningers effekt på elbilsalget mer nøyaktig enn ved årlige tall.

Taksten i en by en gitt måned ble satt til døgnetts høyeste pris, justert for den høyeste rabatten tilgjengelig, siden dette vil være prisen sjåføren oftest betaler. Dersom kommunen hadde rushtidsavgift lå denne satsen naturlig nok høyere enn normalavgiften. Det ble forventet at økte satser ville gi positiv effekt på salget av elbiler, ettersom det da blir relativt dyrere ikke å kjøre elektrisk.



Figur 3.2: Historisk utvikling i bompengetakst.

⁵ Bergen: Bomringen i Bergen, Wenche Pettersen, prosjektkoordinator, e-post 25.1.2017.
Stavanger: Nord-Jæren bomselskap, Dan Isak Olsen, Driftssjef, Vegfinans AS, e-post 3.3.2017.
Oslo: Fjellinjen ((Fjellinjen, 2013) & (Fjellinjen, 2017)).
Trondheim: Trøndelag bomveiselskap ((Trøndelag bomveiselskap, 2010) & (Lervik, 2016)).

3.2.4 Demografi

En undersøkelse utført av Figenbaum, Kolbenstvedt & Elvebakk (2014) viser at elbileiere generelt har høyt utdanningsnivå. En kontrollvariabel for høyere utdanning ble derfor utformet som innbyggere over 16 år med mer enn 4 års høyere utdanning (Statistisk Sentralbyrå, 2016)⁶. Denne ble forventet å ha positiv effekt på elbilsalget.

Videre ble månedlig arbeidsledighetsrate for helt ledige arbeidssøkere⁷ samlet inn (NAV, 2017b). Arbeidsledighet ble naturlig nok tenkt å ha negativ effekt på elbilsalget, da større økonomisk usikkerhet og færre personer med inntektsgivende arbeid vil redusere etterspørselen etter et normalt gode.

Informasjon om median husholdningsinntekt etter skatt ble også innhentet (Statistisk Sentralbyrå, 2017b)⁸. Husholdningens medianinntekt ble valgt fordi kjøp av bil i stor grad må sies å være en husholdningsbeslutning, samt at høy inntekt viser seg å ha positiv innvirkning på kjøp av elbil (Figenbaum & Kolbenstvedt, 2016). Median ble valgt framfor gjennomsnitt for å unngå å ta hensyn til ekstremobservasjoner som ikke nødvendigvis er representative for befolkningen i sin helhet. Det ble forventet en positiv effekt av median husholdningsinntekt på elbilsalget.

Innbyggernes miljøinteresse ble også antatt å ha effekt på elbilsalget. Miljøinteresse ble beregnet ut ifra stemmeandelen på Venstre, Sosialistisk Venstreparti og Miljøpartiet De Grønne ved alle Stortings- og fylkes-/kommunevalg siden 2009 ((Statistisk Sentralbyrå, 2017c) & (Statistisk Sentralbyrå, 2015)). En økning i andelen stemmer på disse partiene ble tenkt å ha positiv effekt på elbilsalget, da disse partiene er kjent for å være mer miljøbevisste enn andre partier.

⁶ Kun årlige observasjoner, der hvert år er basert på tall registrert 31.12 året før.

⁷ Helt ledige arbeidssøkere omfatter «alle arbeidssøkere som har vært uten arbeid de siste to ukene», der arbeidssøkere er «personer som søker arbeid ved NAV og som er tilgjengelig for det arbeidet som er» (NAV, 2017a, del 4.1).

⁸ Kun årlige observasjoner, der hvert år er basert på tall registrert 31.12 året før.

3.2.5 Teknologisk utvikling

Elbilmodellen med median rekkeviddekapasitet ble valgt som mål på den teknologiske utviklingen i markedet. Medianrekkevidden tok utgangspunkt i rekkevidden til elbilmodeller som hadde solgt mer enn 10 biler i snitt per måned siden lansering, i den hensikt å luke bort ubetydelige modeller. Dersom dette kriteriet var oppfylt ville variabelen kunne endre verdi i to tilfeller. Det første tilfellet innebar at en ny elbilmodell ble lansert i markedet, og fra og med første registrerte salgsmåned ville da denne modellens rekkevidde inngå i medianberegningen. Det andre tilfellet omhandlet rekkeviddeøkning på allerede eksisterende modeller. Fra og med første registrerte salgsmåned for den oppgraderte modellen ville den nye rekkevidden erstatte den gamle i medianberegningen.

Tall beregnet ved New European Driving Cycle (NEDC) ble brukt for å fastsette rekkevidden til de ulike elbilmodellene (Valle, 2016)⁹. Standarden har fått kritikk for å basere seg på «optimale» kjøreforhold, og at den derav ikke er representativ for hvordan forholdene i virkeligheten er (Mock, German, Bandivadekar, & Riemersma, 2012). NEDC ble imidlertid valgt fordi testen er uavhengig og måler alle elbiler etter like kriterier, samt at alternativene ikke virket å være bedre.

Medianen ble valgt for å luke bort ekstremtilfeller av rekkevidde, som i liten grad vil være representative for den teknologiske utviklingen i markedet. Vi kunne også ha valgt andre mål på elbilmarkedets teknologiske utvikling. Spesielt maksimumsrekkevidde kunne ha vært en god indikator. Imidlertid ga en slik modellering svært lite variasjon siden den kun ville endres av Tesla Model S og Model X. Disse bilene har imidlertid også prismessig lagt på et betydelig høyere nivå enn de andre elbilmodellene i markedet. Minimumsrekkevidde ville tilsvarende ha variert kun mellom 150 og 160 kilometer. En variabel for gjennomsnittsrekkevidde ble også utformet, men hadde flere perioder der den sank betydelig, noe vi heller ikke følte var representativt for den teknologiske utviklingen. Heller ikke bruk av ulike desiler av markedsrekkevidde fungerte tilfredsstillende, ettersom perioden ikke inneholdt tilstrekkelig mange bilmodeller til å kunne gi en fornuftig tolkning.

⁹ Think, og første utgave av Nissan Leaf, var ikke oppgitt i primærkilden. Rekkeviddetall (NEDC) for disse ble hentet fra henholdsvis (Skogstad, 2010) og (Nissan, 2011).

I datasettet vil utviklingen i rekkeviddevariabelen være lik mellom kommunene, da disse får tilgang på nye modeller samtidig. Vi vurderte å justere variabelen for forskjeller i gjennomsnittstemperaturer mellom kommunene, ettersom denne faktoren vil ha innvirkning på batteriet, og dermed rekkevidden. Temperatur ble imidlertid vurdert til å være av mindre betydning, da forskjellene mellom kommunene ikke var særlig store. En slik justering ville også vært noe vilkårlig i seg selv, da det ikke fantes gode analyser på hvordan rekkevidden til de enkelte elbilmodellene reagerer på temperaturendringer.

Dimitropoulos, Rietveld og van Ommeren (2013) gjennomfører en meta-analyse av studier på konsumenters preferanser for elektriske og andre kjøretøy for å få innsikt i konsumenters avveining mellom rekkevidde og kostnader. Forskerne finner at konsumentenes marginale betalingsvilje er avtakende i rekkevidde. Ifølge studien henger dette funnet imidlertid også sammen med den stadig mer intensive forskningen på batterier. Folk vil forvente at fremtidens elbiler ikke nødvendigvis blir særlig dyrere selv om rekkevidden øker, fordi dette vil utlignes av billigere batterier i produksjonen.

Vi forventet at teknologisk utvikling, representert av økt medianrekkevidde, ville gi positiv, men avtakende, effekt på salget av elbiler. Intuisjonen er da at jo høyere rekkevidde som tilbys på bilene jo mindre behov har man for ekstra rekkevidde, og jo mindre vil man redusere rekkeviddeangst ytterligere. Studien til Dimitropoulos et al. (2013) om at marginal betalingsvillighet er synkende i rekkevidde indikerer også en slik sammenheng. På bakgrunn av disse momentene vil det være interessant å se på hvordan denne ikke-lineariteten kan implementeres i regresjonsmodellen ved bruk av ulike funksjonsformer, som for eksempel kvadrerte termer.

3.2.6 Ladeinfrastruktur

Informasjon vedrørende ladeinfrastruktur ble hentet fra den norske ladestasjonsdatabasen til NOBIL, gjennom Morten Sæthre ved Norges Handelshøyskole. Databasen gir en oversikt over alle ladestasjoner i Norge, med tilhørende informasjon om både antall og type ladepunkter. Den gir også tidspunktet for når den enkelte ladestasjon ble bygget. Dersom det i ettertid har skjedd en oppgradering av ladestasjonen, som eksempelvis en økning i antall ladepunkter, vil derimot kun den siste oppgraderingen være synlig i databasen. Dette gjorde

det tilnærmet umulig å beregne historisk utvikling av antall ladepunkter på hver enkelt stasjon, og det beste alternativet ble da å bruke antall ladestasjoner.

Kun offentlige ladestasjoner ble inkludert i datasettet, da disse er tilgjengelig for alle¹⁰. Variabelen ble utformet som det akkumulerte antallet offentlige ladestasjoner, da det interessante i oppgaven i større grad var nivået av ladestasjoner, og ikke hvor mange som ble bygget hver måned. For å gjøre variabelen sammenlignbar mellom kommuner ble det justert for antall innbyggere. Antall innbyggere ble hentet fra SSBs database med kvartalsvise observasjoner (Statistisk Sentralbyrå, 2017d). I tiden før mai 2010 ble det imidlertid ikke ført nøyaktig dato for når den enkelte ladestasjon ble bygget. Dette gjorde at unaturlig mange ladestasjoner ble registrert som bygget i noen få enkeltmåneder i denne perioden, og på den måten ble det skapt en falsk boom av ladestasjoner per innbygger helt i begynnelsen av 2010.

Det ble forventet en positiv, men avtakende, effekt av bedre ladeinfrastruktur på elbilsalget, fordi redusert rekkeviddeangst tenkes å ha en avtakende effekt på elbilsalget etter hvert som antall ladestasjoner per innbygger øker. På bakgrunn av denne ikke-lineariteten vil det også her være interessant å vurdere ulike funksjonsformer i regresjonsmodellen.

Det vil imidlertid tenkes at en økning i antall ladestasjoner per innbygger i seg selv har liten effekt på elbilsalget, men at salget heller er avhengig av at ladeinfrastrukturen når et visst nivå. Dette følger av samme logikk som sammenhengen mellom bensinstasjoner og fossilbiler. Mange bensinstasjoner gjør en lite engstelig for å gå tom for drivstoff, men én bensinstasjon fra eller til vil isolert sett ha lite å si. På bakgrunn av dette resonnementet vil det også kunne være interessant å studere hvordan elbilsalget utvikler seg i forhold til det til enhver tid gjeldende nivået på ladeinfrastrukturen.

3.3 Korrelasjonsanalyse

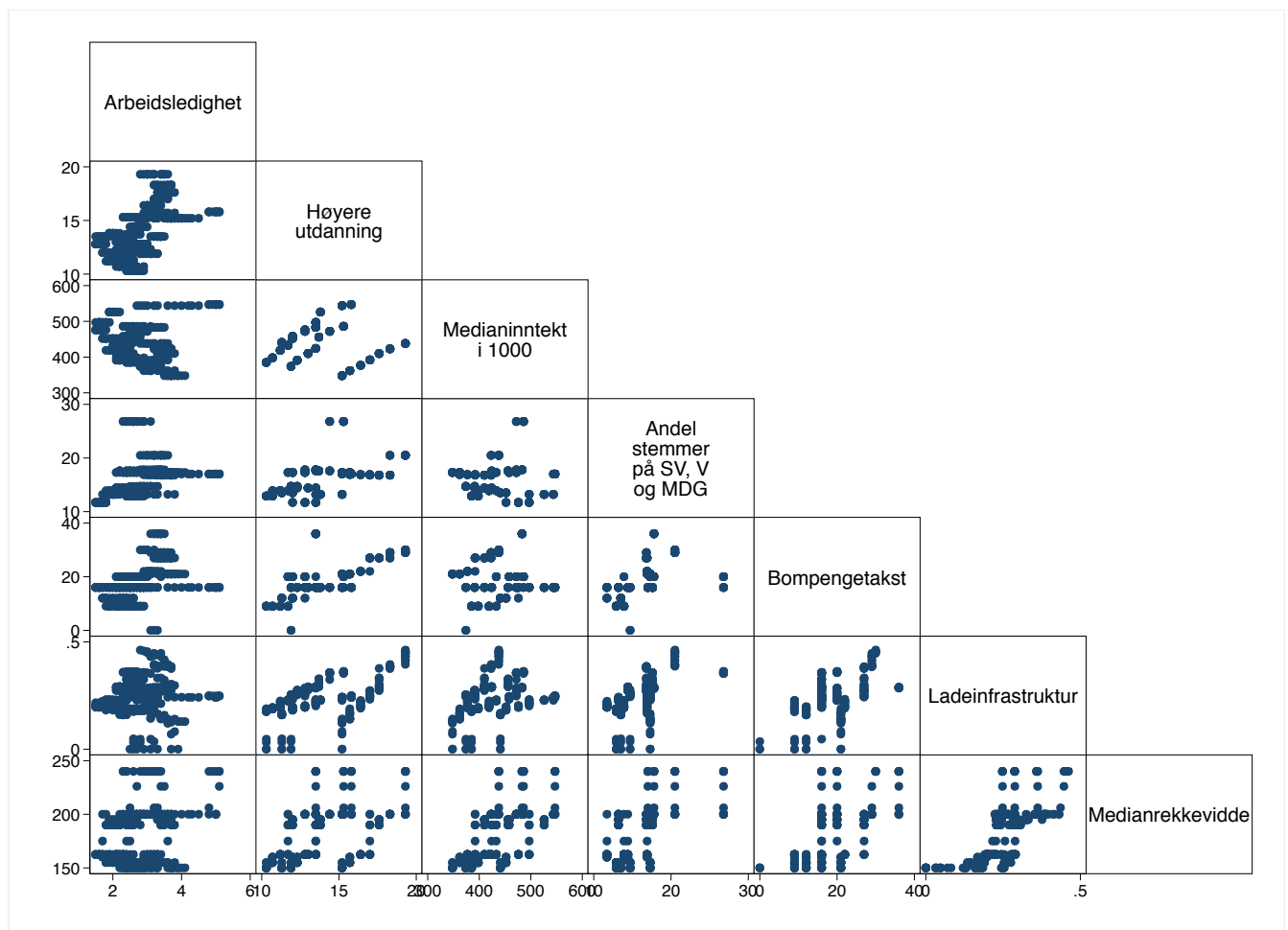
For å identifisere eventuelle problemer i forholdet mellom ulike uavhengige variabler ble det sett på korrelasjonen mellom dem. Vi benyttet grafiske og numeriske korrelasjonsanalyser for å avdekke mulige lineære og ikke-lineære sammenhenger.

¹⁰ NOBIL definerer oppføringer merket «Public» og «Visitors» som offentlige ladestasjoner.

I plottene vises lav korrelasjon i de grafiske matrisene i form av tilfeldig spredte observasjoner, mens sterk korrelasjon vises gjennom et tydelig mønster. Dersom noen av variablene er sterkt korrelert med hverandre vil dette skape et multikollinearitetsproblem, noe som kan påvirke regresjonsestimatene. Både kontrollvariabler og variabler som ble antatt å ha en viktig innvirkning på elbilsalget ble studert.

Variabel	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
1. Arbeidsledighet	1						
2. Høyere utdanning	0.581	1					
3. Medianinntekt	-0.023	0.035	1				
4. Andel miljøstemmer	0.377	0.522	0.061	1			
5. Bompengetakst	0.433	0.723	-0.009	0.477	1		
6. Medianrekkevidde	0.328	0.491	0.628	0.583	0.532	1	
7. Ladeinfrastruktur	0.105	0.537	0.284	0.556	0.522	0.681	1

Tabell 3.2: Korrelasjonsmatrise med samtlige uavhengige variabler.



Figur 3.3: Grafisk korrelasjonsmatrise med samtlige uavhengige variabler.

De viktigste variablene i oppgaven er ladestasjoner per 100 000 innbyggere og medianrekkevidde, og hvilken effekt disse har på elbilsalget. Det viktigste var derfor at koeffisientene til disse variablene ble mest mulig nøyaktig estimert. Det er ingen enstemmighet i forskermiljøet om kritiske grenser for korrelasjon mellom uavhengige variabler. Vi kan derfor ikke spesifisere et nøyaktig nivå på «for stor» korrelasjon (Wooldridge, 2012). Imidlertid er de fleste av variablene med høy korrelasjon ikke avgjørende for vår analyse, ettersom de fungerer som kontrollvariabler.

4. Spesifisering av regresjonsmodell

Vi har formulert den endelige regresjonsmodellen etter hvilke spesifiseringer av variablene som best fanger effektene av dem på elbilsalget. Modellen ble formulert som følger:

$$\begin{aligned} \ln(\text{Salg})_{i,t} = & \text{Medianrekkevidde}_{t-1} + \text{Medianrekkevidde}^2_{t-1} \\ & + \text{Ladeinfrastruktur}_{i,t-1} + \text{Ladeinfrastruktur}^2_{i,t-1} \\ & + \text{Andel stemmer på SV, V \& MDG}_{i,t} \\ & + \text{Bompengetakst}_{i,t} + \text{Andel med høyere utdanning}_{i,t} \\ & + \text{Arbeidsledighet}_{i,t} + \text{Medianinntekt (1000)}_{i,t} + T_{k,t} + a_i + u_{i,t} \end{aligned}$$

Formel 4.1: Modell-spesifisering¹¹

Fotskrift t viser til måned, hvor $t \in [\text{Januar}, \text{Desember}]$, mens i viser til den konkrete kommunen. $T_{k,t}$ er en vektor med månedlige dummier hvor $k \in [\text{Februar}, \text{Desember}]$ (januar brukes som referansemåned). Dersom $k = t$ er dummien lik 1, og null ellers. $\mu_{i,t}$ er uobserverte effekter som endrer seg over tid og a_i representerer hver kommune sin individuelle faste effekt.

Den uobserverte kommunespesifikke effekten a_i representerer alle konstante faktorer som påvirker elbilsalget i hver kommune og ikke er inkludert i modellen. Alle konstante egenskaper ved kommunen inkluderes i dette leddet, eller andre faktorer som endrer seg svært lite over tid. Dette kan være faktorer knyttet til geografiske forhold eller egenskaper

¹¹ I estimering av modellen vil det inngå et konstantledd i tillegg til koeffisienter på de uavhengige variablene.

ved dem som bor i kommunen. $\mu_{i,t}$ representerer alle tidsvarierende faktorer som påvirker salget, men som ikke er inkludert i modellen.

For å få korrekte estimater er det avgjørende at variablene er eksogene. Verken a_i eller $u_{i,t}$ kan derfor korrelere med noen av de uavhengige variablene. Imidlertid fjerner fixed effects (FE) og first difference (FD) a_i fra modellen. Det er dermed ikke lenger et problem dersom denne korrelerer med noen av de uavhengige variablene. Imidlertid kan vi fortsatt ha endogenitetsproblemer dersom $\mu_{i,t}$ korrelerer med de uavhengige variablene.

F-testen for fixed effects forkastet nullhypotesen om at den faste kommunespesifikke effekten var null¹². Vi benytter fixed effects siden det er stor sannsynlighet for at noen av disse effektene korrelerer med de uavhengige variablene, og Hausman-testen for systematiske forskjeller mellom koeffisientene i fixed effects og random effects bekreftet dette¹³.

Wooldridge (2012) indikerer imidlertid at dersom dataene har få individer, og en lang tidsdimensjon, må FE-estimatoren brukes med forsiktighet. Inferensen kan i dette tilfellet være særlig sensitiv for brudd på FE-antagelsene, som eksempelvis heteroskedastisitet, ikke-normalitet og/eller seriekorrelasjon i $\mu_{i,t}$. Wooldridge anbefaler da å benytte first difference-estimering. Han anfører imidlertid at det er vanskelig å velge mellom FE og FD når de to estimatorene gir forskjellige resultater, og anbefaler da å rapportere dem begge.

Selv om det ikke ble funnet tegn av heteroskedastisitet i modellen¹⁴ benyttet vi konsekvent robuste standardfeil i regresjonene for å være sikker på at inferensen ikke ble påvirket. Inferensen ville også være truet ved seriekorrelasjon i modellen. At testen ikke viste tegn til seriekorrelasjon¹⁵ var betryggende, men vi vil videre likevel være oppmerksom på problemet siden det ofte kan være vanskelig å oppdage seriekorrelasjon.

¹² Tabell 8.1 i appendikset.

¹³ Tabell 8.2 i appendikset.

¹⁴ Tabell 8.3 i appendikset.

¹⁵ Tabell 8.4 i appendikset.

4.1 Endogenitetsproblemer

Som nevnt tidligere vil fixed effects og first difference eliminere endogenitetsproblemer knyttet til konstante egenskaper ved kommunene som korrelerer med noen av de uavhengige variablene. Vi vil nå se nærmere på om uobserverte tidsvarierende faktorer kan skape endogenitetsproblemer fordi disse ikke elimineres i modellen.

I alle de fire kommunene har det vært en positiv trend både i form av salg og ladeinfrastruktur. Dersom det er slik at det bygges ut flere ladestasjoner per innbygger som følge av at salget øker har vi et endogenitetsproblem, siden kausaliteten går motsatt vei av det vi ønsker å estimere. Det at mesteparten av utbyggingen hovedsakelig har foregått i statlig regi, fremfor av kommersielle aktører, utelukker heller ikke endogenitet siden også myndighetene kan tilpasse seg etterspørselen. Likevel har utbyggingen stort sett foregått uavhengig av salgsnivået, til tross for sammenfallende trender. Dette kan illustreres ved at det spesielt tidlig i perioden ble bygget ut mange ladestasjoner uten at salget hadde tatt av i forkant. Det tar også tid fra politisk beslutning til ferdigstilling, og sammenhengen mellom salgsnivået og utbedring av ladeinfrastrukturen antas derfor ikke å skape problemer.

Det vil også være mulige endogenitetsproblemer knyttet til teknologisk utvikling, ettersom økt salg av elbiler også gir produsentene incentiv til å utvikle biler med lengre rekkevidde. Teknologisk utvikling kan dermed være en funksjon av forventet fremtidig salg, som sannsynligvis baserer seg på dagens salg. En slik simultanitet kan skape problemer med endogenitet. Imidlertid tar det lang tid for produsentene å utvikle og produsere biler med økt rekkeviddekapasitet. Produsentene må forholde seg til innovasjonstakten i forskning på batteriteknologi, som på mange måter vil være eksogent gitt. Dette avhenger imidlertid av at innovasjon ikke er et resultat av hvor mye penger bilprodusentene skyter inn i utviklingsavdelingene som følge av økt salg. Salg av elbiler i enkeltkommuner vil sannsynligvis heller ikke være utslagsgivende for hvordan multinasjonale selskaper med titalls milliarder kroner i årlig omsetning tar sine beslutninger.

En løsning på problemet kunne vært å benytte et instrument som korrelerer sterkt med medianrekkevidde, men som i seg selv ikke påvirker salget. Tenkelige instrumenter ville vært markedsprisen på litium eller prisen per kilowatttime for en batteripakke i markedet. Disse instrumentene ville sannsynligvis vært relevante ettersom de nok ville vært høyt korrelert

med rekkeviddekapasiteten på elbiler. Dette følger av del 2.2 om at forskningen på billigere batterier også vil resultere i teknologisk utvikling. Imidlertid er det ikke åpenbart at disse potensielle instrumentene er eksogene. Litium og batteripakker prises sannsynligvis ut ifra produsentenes etterspørsel, som igjen kan basere seg på fremtidig forventet salg av elbiler. Det er derfor ikke sikkert at dette vil være gode instrumenter.

En tredje potensiell kilde til endogenitet i modellen er sammenhengen mellom bompenger og elbilsalg. Gjennom hele den aktuelle perioden har elbiler vært fritatt fra å betale bompenger. Når flere og flere bytter ut sin fossilbil med elbil vil inntektene av bompenger til kommunen synke. Kommunen kan da svare med å øke takstene eller omfanget av bomstasjoner for ikke å tape inntekter. Bompengetaksten vil dermed kunne påvirke elbilsalget, og samtidig selv være påvirket av elbilsalget. Imidlertid vil vi, som med ladeinfrastruktur, anta at byråkrati og politiske prosesser forsinker denne effekten så mye at dette ikke er et problem.

4.2 Sjokk og trender

Trender og periodiske sjokk kan også gi endogenitetsproblemer, og dermed påvirke estimatene dersom de ikke tas hensyn til. Modellen kan gi skjeve estimater av effekten til en variabel dersom denne korrelerer med sjokk og trender som er utelatt fra modellen. For eksempel kan modellen overestimere effekten av teknologisk utvikling dersom denne korrelerer med antall tilbudte modeller og at store, troverdige aktører endrer markedet. Tilsvarende kan ladeinfrastrukturen plukke opp effekten av teknologiutvikling på ladere, eller at ladestasjoner utvides med flere ladepunkt over tid. Siden vi ønsker å finne den korrekte effekten av teknologisk utvikling og ladeinfrastruktur, vil vi kontrollere for slike sjokk og trender gjennom faste månedlige eller årlige effekter, eller en tidstrend. Analysene vil ikke forsøke å kvantifisere effekten av disse periodiske indikatorene, utenom å benytte den tidseffekten som gir mest nøyaktige estimater på de inkluderte uavhengige variablene.

Siden starten av perioden vi forholder oss til inneholdt svært lite variasjon både på tilbuds- og etterspørselssiden er det rimelig å tro at årlige sjokk kan forklare mye av variasjonen av salg og andre utelatte variabler. Imidlertid har vi månedlige observasjoner, og det er visse sesongvariasjoner i salget som kan tale for at månedlige effekter passer best.

Å inkludere en positiv eksponentiell trend var også en mulighet. Til tross for at salget har vært volatilt fra måned til måned har det likevel vært en klar og sterk økning uten store nedadgående bevegelser gjennom perioden. Antall elbiler tilgjengelig for norske kunder har økt sterkt de siste årene, som kan indikere at trenden har vært eksponentiell. En tidstrend bruker i tillegg færre frihetsgrader enn hva månedlige eller årlige sjokk gjør i modellen. Vi sammenlignet derfor regresjoner hvor det ble variert mellom månedlige og årlige effekter, og en eksponentiell tidstrend.

VARIABLES	(1) ln(Salg)	(2) ln(Salg)	(3) ln(Salg)	(4) ln(Salg)
Medianrekkevidde	0.261*** (0.0221)	0.250*** (0.0210)	0.227*** (0.0245)	0.245*** (0.0217)
Medianrekkevidde ²	-0.000598*** (5.35e-05)	-0.000577*** (5.00e-05)	-0.000511*** (5.92e-05)	-0.000569*** (5.18e-05)
Ladestasjoner per 100 000	0.0637*** (0.0172)	0.0749*** (0.0177)	0.0266 (0.0185)	0.0499*** (0.0176)
(Ladestasjoner per 100 000) ²	-0.00134*** (0.000286)	-0.00137*** (0.000289)	-0.000865** (0.000416)	-0.00125*** (0.000277)
Observations	332	332	332	332
Adjusted R-squared	0.892	0.909	0.911	0.894
Kontrollvariabler	JA	JA	JA	JA
Månedlige effekter		JA		
Årlige effekter			JA	
Tidstrend				JA

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tabell 4.1: Ulike periodiske effekter.

Modellen med årlige effekter gir en høyere forklaringsgrad¹⁶ enn modellen med månedlige effekter. Forklaringsgraden sier hvor mye av variasjonen innad i hver kommune som overlapper med prediksjonen fra den estimerte modellen. Koeffisientene for medianrekkevidde holder seg svært like, mens ladestasjoner per 100 000 innbyggere får drastisk redusert signifikans og styrke på koeffisientene. Som modellen med månedlige

¹⁶ Gjennom hele oppgaven vil vi forholde oss til justert R², som justerer forklaringsgraden for at det blir inkludert flere variabler i modellen. Ved bruk av fixed effects vil imidlertid ikke denne forklaringsgraden inkludere påvirkningen av de kommune-spesifikke faste effektene.

effekter gir også modellen med årseffekter en negativ sammenheng mellom stemmer på miljøparti og elbilsalget. Ved å benytte årseffekter får imidlertid noen av kontrollvariablene fortegn som er ganske konterintuitive, blant annet at økte bompenger og medianinntekt i en kommune reduserer salget.

En eksponentiell trend gjør at modellen forklarer mindre av variasjonen i salget. Ladestasjoner per 100 000 innbyggere mister noe styrke i denne modellen, men den positive, og avtakende sammenhengen forblir. Imidlertid gir også denne modellen uforventede fortegn på noen av kontrollvariablene.

Modellene har alle sine svake sider, siden hver enkelt av dem vil gå glipp av ulike deler av dynamikken i salget. Likevel mener vi at modellen med månedlige effekter er det tryggeste valget med færrest ulemper. Her får vi tatt hensyn til eventuelle månedlige sjokk og det faktum at observasjonene er på månedlig basis. Begge de alternative modellene støtter rekkevidde som forklaringsvariabel, noe som er betryggende. Vi vil imidlertid være bevisst risikoen for at effekten av ladeinfrastrukturen blir noe overvurdert i denne modellen.

4.3 Lagging av variabler

I korrelasjonsanalysen kom det frem at ladeinfrastruktur korrelerte relativt sterkt med andre variabler, og tester vi har utført viser at dette heller ikke endrer seg når vi lagger¹⁷ ladeinfrastrukturvariablene med én måned. Til tross for at dette ikke nødvendigvis løser potensielle problemer med multikollinearitet, kan det redusere eventuelle problemer med simultanitet. Elbileiere vil sannsynligvis ha god oversikt i deres nærområde via forum, apper og kart over ladestasjoner. Potensielle elbilkjøpere vil imidlertid kunne trenge litt tid på å oppfatte tilstedeværelsen av nye ladestasjoner, og videre reagere på dette. Denne forsinkelsen løser vi altså med å lagge variablene på ladeinfrastruktur med én måned.

Også variablene for medianrekkevidde ble lagget med én måned, ettersom vi antar at det går litt tid fra utrulling til respons fra kunden. Tidsaspektet fra økt medianrekkevidde til kjøpsbeslutning er likevel ganske forskjellig fra tilfellet med ladestasjoner per innbygger.

¹⁷ Lagging innebærer at modellen estimerer effekten av variabelens forrige periodes verdi på målvariabelen.

Mange nye elbiler lanseres lenge før de faktisk utleveres til kundene, og når utlevering forekommer skjer dette ofte i små kvanta de første månedene til kunder som har forhåndsbestilt. Vi mener sammenhengen mellom medianrekkevidde og salg slik modelleres bedre, enn dersom vi hadde brukt inneværende periodes medianrekkevidde. På samme måte som med ladeinfrastruktur kan dette også redusere muligheten for endogenitet i modellen.

VARIABLES	(1) ln(Salg)	(2) ln(Salg)
Medianrekkevidde	0.223*** (0.0221)	0.250*** (0.0210)
Medianrekkevidde ²	-0.000515*** (5.17e-05)	-0.000577*** (5.00e-05)
Ladestasjoner per 100 000	0.0763*** (0.0191)	0.0749*** (0.0177)
(Ladestasjoner per 100 000) ²	-0.00133*** (0.000304)	-0.00137*** (0.000289)
Høyere utdanning	0.0716 (0.109)	0.0955 (0.105)
Arbeidsledighet	-0.293*** (0.0566)	-0.293*** (0.0539)
Bompengetakst	0.00137 (0.00692)	0.00258 (0.00633)
Medianinntekt i 1000	0.0165*** (0.00442)	0.0127*** (0.00416)
Andel stemmer på SV, V og MDG	-0.0341*** (0.0123)	-0.0342*** (0.0117)
Observations	336	332
Adjusted R-squared	0.903	0.909
Månedlige effekter	JA	JA
Lagget medianrekkevidde og ladestasjoner per innb.	NEI	JA

Robust standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tabell 4.2: Med og uten lags av medianrekkevidde og ladestasjoner per 100 000 innbyggere.

Modellen med lags av både medianrekkevidde og ladestasjoner per innbygger ga høyere forklaringsgrad enn modellen uten. Lags endret ikke koeffisientenes signifikansnivå eller

fortegn, og styrken på koeffisientene endret seg samtidig relativt lite. Siden en slik formulering av variablene støtter våre økonomiske intuisjoner, og kan redusere eventuelle problemer med seriekorrelasjon og endogenitet i modellen, virker dette fornuftig.

4.4 Funksjonsformer

Flere ulike funksjonsformer ble vurdert for både målvariabelen og de uavhengige variablene for å skape den beste modellen, og dermed også redusere faren for endogenitetsproblemer.

4.4.1 Målvariabel

Vi valgte målvariabelen som den naturlige logaritmen til det månedlige elbilsalget i hver kommune, og modellen ble derfor i log-level form. Log-transformering av målvariabelen vil bedre ta hensyn til ekstremobservasjoner av salg, noe som er sentralt i vårt tilfelle fordi Oslo har et betydelig høyere absolutt salg enn de andre kommunene. En log-transformering er samtidig ofte enklere å forholde seg til i økonomiske vurderinger, da den gir en prosenttolkning av variabelen.

Perioden vi ser på inneholdt enkelte måneder med nullsalg. Log-transformering av slike observasjonsverdier er ikke mulig, og ville derfor kunne by på problemer. De få nullverdiene befant seg imidlertid svært tidlig i datasettet, som ga håp om at disse ville ha heller liten innvirkning på analysen. For å teste denne hypotesen ble det foretatt egne analyser der man utelot denne tidsperioden. Det ble ikke oppdaget nevneverdige forskjeller i resultatene. Log-transformasjonen ga også en fin normalfordeling av salgsobservasjonene. Å log-transformere den avhengige variabelen virket således fornuftig på bakgrunn av alle disse momentene.

4.4.2 Uavhengige variabler

I en log-level modell impliseres det at endringer i de uavhengige variablene gir utslag i konstant prosentvis endring i målvariabelen. Det måtte derfor vurderes hvorvidt kontrollvariablene kunne ha en eksponentiell innvirkning på elbilsalget. Dersom salget er høyt vil en enhetsendring i kontrollvariablene sannsynligvis øke absolutt salg mer enn hvis salget av elbiler er lavt, siden ved et allerede høyt salgsnivå vil elbiler eksempelvis få større medieoppmerksomhet, noe som kan påvirke flere av dem som tidligere ikke ville kjøpt elbil

til å kjøpe. Ettersom vi ville se nærmere på ikke-lineære funksjonsformer på ladestasjoner per innbygger og medianrekkevidde ville ikke denne implikasjonen gjelde på samme måte for disse, da for eksempel kvadrerte termer i vårt tilfelle vil kunne dempe betydningen av denne implikasjonen.

Det ble også vurdert å log-transformere enkelte av de uavhengige variablene. Disse variablenes innvirkning på målvariabelen ville da kunne tolkes som en elastisitet. Ingen av kontrollvariablene ble imidlertid vurdert til å gi en bedre modell eller forenklet tolkning ved å gjøre dette. Tabell 4.3 viser at kontrollvariablene er viktige for å estimere den presise effekten av teknologisk utvikling og bedre ladeinfrastruktur på elbilsalget, ettersom koeffisientene til de to hovedvariablene synker og forklaringsgraden til modellen øker.

Ladestasjoner per innbygger ble ventet å ha en ikke-lineær effekt på elbilsalget på bakgrunn av diskusjonen i 3.2.6. Det ble derfor kjørt ulike modeller hvor ladeinfrastrukturvariabelen ble formulert i ulike funksjonsformer. Ved log-transformering ble variabelen insignifikant. Modellen der ikke-lineariteten ble uttrykt gjennom en kvadrert term, ga derimot sterkt signifikante koeffisienter¹⁸. Vi valgte derfor å benytte en kvadrert term for å implementere ikke-lineariteten mellom ladeinfrastruktur og elbilsalget i modellen.

På bakgrunn av Dimitropoulos et al. (2013) sitt funn om en ikke-lineær sammenheng mellom rekkevidde og marginal betalingsvillighet, samt vår generelle forventning om ikke-linearitet mellom rekkevidde og elbilsalget, ønsket vi å se nærmere på hvordan ulike funksjonsformer av medianrekkevidde påvirket estimatene. Det ble derfor eksperimentert med medianrekkeviddevariabelen i kvadrert form, samt log-transformering. Resultatene fra disse estimeringene kommer frem i henholdsvis modell 3 og modell 4 i Tabell 4.3 på neste side.

¹⁸ Tabell 8.5 i appendiks viser hvordan estimatene ble påvirket.

VARIABLES	(1) ln(Salg)	(2) ln(Salg)	(3) ln(Salg)	(4) ln(Salg)
Medianrekkevidde	0.0531*** (0.00278)	0.403*** (0.0168)	0.250*** (0.0210)	
Medianrekkevidde ²		-0.000937*** (4.37e-05)	-0.000577*** (5.00e-05)	
ln(Medianrekkevidde)				3.952*** (0.709)
Ladestasjoner per 100 000			0.0749*** (0.0177)	0.0982*** (0.0183)
(Ladestasjoner per 100 000) ²			-0.00137*** (0.000289)	-0.00164*** (0.000317)
Høyere utdanning			0.0955 (0.105)	-0.199* (0.120)
Arbeidsledighet			-0.293*** (0.0539)	-0.306*** (0.0682)
Bompengetakst			0.00258 (0.00633)	-0.00191 (0.00812)
Medianinntekt i 1000			0.0127*** (0.00416)	0.0341*** (0.00440)
Andel stemmer på SV, V og MDG			-0.0342*** (0.0117)	-0.0681*** (0.0154)
Observations	332	332	332	332
Adjusted R-squared	0.697	0.859	0.909	0.885
Kontrollvariabler	NEI	NEI	JA	JA
Månedlige effekter	NEI	NEI	JA	JA

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tabell 4.3: Fixed effects-estimering.

Den ikke-lineære sammenhengen mellom salg og medianrekkevidde kommer klart frem ettersom begge modellene gir sterkt signifikante koeffisienter på variablene for medianrekkevidde. Modell 3, med kvadrert term, gir imidlertid høyest forklaringsgrad. Samtidig gir modell 4 negativ signifikant koeffisient på høyere utdanning, noe som er i strid med hva vi forventer. De to momentene taler for at modell 3, der ikke-lineariteten mellom medianrekkevidde og elbilsalget fanges opp av en kvadrert term, er den best egnede modellen. Denne modellen vil vi derfor analysere nærmere i neste del.

5. Resultater

Justert R^2 indikerer at modellens uavhengige variabler kan forklare 90,9 prosent av variasjonen i målvariabelen. Ettersom modellen er estimert ved hjelp av en FE-estimator vil denne forklaringsgraden indikere variasjon innad i kommunene, ikke mellom dem. Forklaringsgraden inkluderer også alle sjokk som månedlige effekter fanger opp. Det bør derfor utvises forsiktighet med å si hvor godt denne modellen forklarer salget, ettersom flere av koeffisientene til månedsdummiene er signifikante.

Median husholdningsinntekt har positiv koeffisient, noe som er hva vi forventet. Koeffisienten er også sterkt signifikant. Den indikerer at en økning i median husholdningsinntekt på kroner 1000 vil føre til en økning i elbilsalget på 1,27 prosent.

Arbeidsledighet har negativ koeffisient, i henhold til forventningene. Koeffisienten er sterkt signifikant. Dersom arbeidsledigheten øker med ett prosentpoeng predikeres elbilsalget å falle med 29,28 prosent. Koeffisienten virker å være noe høy, men samtidig er ett prosentpoengs økning i arbeidsledighet en ganske drastisk økning. Lite variasjon i dataene på arbeidsledighet kan imidlertid være en innvirkende faktor.

Videre får miljøandel sterkt signifikant negativ koeffisient. Variabelen indikerer at dersom miljøandelen øker med ett prosentpoeng, vil elbilsalget reduseres med 3,42 prosent. Dette strider med hva vi ville forvente, men kan skyldes at variasjonen innad i hver by ikke er stor nok til å gi presise estimater. Det er imidlertid også en mulighet for at økt miljøinteresse kan ha en negativ påvirkning på salget dersom en slik interesse heller fører til at bil byttes ut med kollektivtrafikk eller sykkel. Befolkningen i en kommune kan også være svært miljøbevisste og likevel gi sin stemme til andre partier. Spesielt stemmer til SV og Venstre kan dreie seg om andre faktorer enn miljøinteresse, som rettferdighetsfølelse eller liberale verdier.

Fortegnet på takst- og utdanningsvariablene er hva man ville forvente, men koeffisientene er ikke signifikante. Det er derfor ikke mulig å si at effekten deres på elbilsalget er forskjellig fra null.

De to koeffisientene på ladestasjoner per 100 000 innbyggere er begge sterkt signifikante. Positivt fortegn på den lineære termen, og negativt på den kvadrerte, indikerer en positiv,

men avtakende, effekt på elbilsalget. Dette samsvarer med forventningene. De to koeffisientene har liten betydning hver for seg, og må derfor ses i sammenheng med hverandre. En økning på én ladestasjon per 100 000 innbygger vil ha stor effekt på elbilsalget når det fra før eksisterer få ladestasjoner per 100 000 innbyggere. Effekten vil imidlertid avta etter hvert som antallet ladestasjoner per innbygger øker. På bakgrunn av den ikke-lineære sammenhengen er det mulig å kalkulere et toppunkt hvor effekten på elbilsalget av en ekstra ladestasjon per 100 000 innbyggere er lik null. Dette toppunktet finnes ved omtrent 27 ladestasjoner per 100 000 innbyggere¹⁹.

Koeffisientene på medianrekkevidde er begge sterkt signifikante. Positivt fortegn på den lineære termen, og negativt på den kvadrerte, indikerer også her en positiv, men avtakende, effekt på elbilsalget. Dette samsvarer derfor med forventningene. Koeffisientene må imidlertid også her ses i sammenheng med hverandre. En økning i medianrekkevidde på én kilometer vil ha stor effekt på elbilsalget når medianrekkevidden i markedet er lav i utgangspunktet. Effekten vil imidlertid avta etter hvert som medianrekkevidden øker. Det kalkulte toppunktet er her 217 kilometer²⁰.

Ved hjelp av et eksempel kan vi la modellen predikere hvor mye høyere salget vil være som følge av teknologisk utvikling eller forbedret ladeinfrastruktur. Ved å sette inn 2011- og 2016-verdier for ladestasjoner per innbygger og medianrekkevidde kan vi se hvor mye modellen predikerer at salget har økt som følge av deres utvikling i perioden, alt annet likt. Modellen predikerer at utbedringen av ladeinfrastrukturen i Bergen fra januar 2011 til januar 2016 har resultert i 9,76% høyere salg av elbiler i kommunen. Tilsvarende har teknologisk utvikling ført til 203% høyere salg i samme periode.

5.1 First difference

Wooldridge (2012) indikerer, som tidligere nevnt, at dersom dataene har få individ, og lang tidsdimensjon, må FE-estimatoren brukes med forsiktighet. Inferensen kan da være særlig sensitiv for brudd på FE-antagelsene, som heteroskedastisitet, ikke-normalitet og/eller

¹⁹ Setter den førstederiverte mhp Ladestasjoner per 100 000 (X) lik null: $X = \frac{0,0748729}{2 \cdot 0,0013749} \Rightarrow X \approx 27,23$

²⁰ Setter den førstederiverte mhp Medianrekkevidde (Y) lik null: $Y = \frac{0,2501202}{2 \cdot 0,0005767} \Rightarrow Y \approx 217$

seriekorrelasjon i $\mu_{i,t}$. Robuste standardfeil tok hensyn til heteroskedastisitet, men seriekorrelasjon kan fortsatt være et problem ettersom dette er vanskelig å oppdage og kontrollere for på samme måte. Under følger resultatene fra FD-estimeringen.

VARIABLES	(1) ln(Salg)
Medianrekkevidde	0.126*** (0.0462)
Medianrekkevidde ²	-0.000312*** (0.000115)
Ladestasjoner per 100 000	0.0803** (0.0369)
(Ladestasjoner per 100 000) ²	-0.00247** (0.00118)
Høyere utdanning	-0.376 (0.321)
Arbeidsledighet	-0.0778 (0.265)
Medianinntekt i 1000	-0.0279 (0.0182)
Bompengetakst	0.0135 (0.0421)
Andel stemmer på SV, V og MDG	-0.0500 (0.0323)
Constant	0.122** (0.0504)
Observations	328 ²¹
Adjusted R-squared	0.261
Månedlige effekter	JA

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tabell 5.1: First difference-estimering.

Forklaringsgraden i en FD-estimering er ikke sammenlignbar med FE, siden FD er på endringsform, og variasjonen som da forklares er ulik fra FE.

²¹ Den første observasjonen for hver kommune forsvinner siden den ikke har en foregående periode.

Koeffisienten på antall ladestasjoner per 100 000 innbyggere er fortsatt sterkt signifikant, men ikke like signifikant som ved FE. Fortegnene har ikke endret seg. De to koeffisientene skiller seg imidlertid fra resultatene i FE-estimeringen. Toppunktet blir nå ved 16 ladestasjoner per 100 000 innbyggere²². Dette er en drastisk endring fra FE-estimeringen, hvor dette ble beregnet til omtrent 27 ladestasjoner per 100 000 innbyggere.

Videre er medianrekkevidde sterkt signifikant, selv om variablene mister litt signifikans sammenlignet med FE-estimeringen. De to koeffisientene skiller seg også i dette tilfellet fra FE-resultatene, men beholder samme fortegn. Toppunktet blir nå ved 202 kilometer²³. Resultatet gir ikke en like drastisk endring som i tilfellet av ladestasjoner per 100 000 innbyggere, men avviker fortsatt noe.

Utdanning, medianinntekt og miljøandel har fortegn i strid med våre forventninger, men grunnet insignifikans vil man imidlertid ikke kunne si at koeffisientene er forskjellig fra null.

5.2 Gjensidig avhengighet

Resultatene fra FE og FD viste at effekten av både bedre ladeinfrastruktur og teknologisk utvikling på elbilsalget har vært positiv, men avtakende. Vi ønsker imidlertid å studere samspillet mellom dem nærmere. Dersom tiltak for å øke rekkeviddekapasiteten på elbiler er mer effektive enn å bedre ladeinfrastrukturen, vil dette kunne ha implikasjoner for hva politikere og bilprodusenter bør prioritere for at flest mulig skal velge elbil. I dette kapittelet skal vi derfor se nærmere på i hvilken grad teknologisk utvikling og ladeinfrastruktur er substitutter, altså hvorvidt de har hatt potensiale til å erstatte hverandre for å øke salget. Det kan derimot også hende at de har fungert som komplementer, ved at de har forsterket hverandres effekt på elbilsalget. En siste mulighet er at de ikke har påvirket hverandres effekt på salget i det hele tatt, og dermed har vært gjensidig uavhengige.

For å studere dette kjører vi en ny regresjon hvor vi inkluderer interaksjonsledd mellom de to variablene. Vi ser bort i fra de kvadrerte termene av variablene, noe som endrer estimatene

$$^{22} X = \frac{0,0802775}{2*0,0024671} \Rightarrow X \approx 16,27$$

$$^{23} Y = \frac{0,126123}{2*0,0003125} \Rightarrow Y \approx 202$$

vesentlig fra tidligere modeller. Imidlertid får vi tydeligere rendyrket interaksjonseffekten mellom dem og kan dermed se nærmere på hvilken påvirkning de har på hverandre.

VARIABLES	(1) ln(Salg)
Medianrekkevidde	0.0533*** (0.00685)
Ladestasjoner per 100 000	0.260*** (0.0361)
Medianrekkevidde# Ladestasjoner per 100 000	-0.00132*** (0.000177)
Constant	-16.99*** (0.854)
Observations	336
Adjusted R-squared	0.908
Kontrollvariabler	JA
Månedlige effekter	JA
Robust standard errors in parentheses	
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	

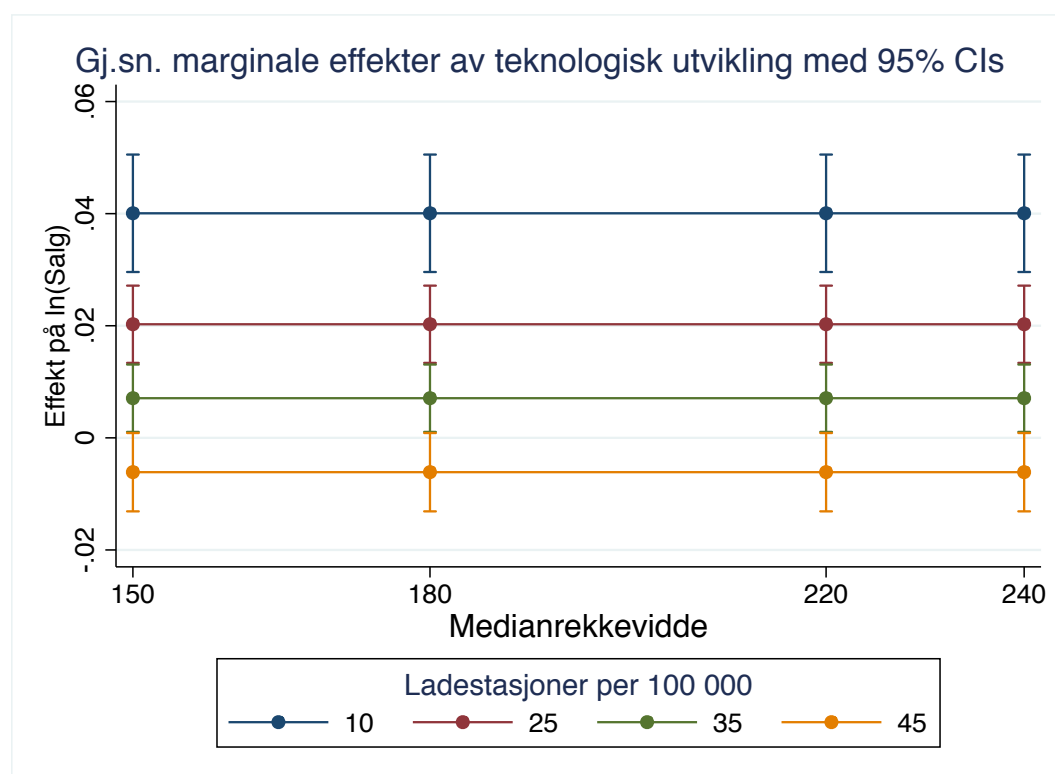
Tabell 5.2: Med interaksjonsledd, uten kvadrerte termer.

Interaksjonen mellom medianrekkevidde og ladestasjoner per 100 000 innbyggere er signifikant negativ. Dette indikerer at de to er substitutter, og at salgseffekten av en marginal økning av den ene variabelen vil avta jo høyere nivå den andre ligger på.

Vi kan nå beregne gjennomsnittlige marginale effekter ved å derivere modellen med hensyn på en variabel og holde den andre variabelen fast på ulike nivå. Slik kan vi se hvordan effekten av en variabel avhenger av hvilket nivå den andre ligger på. I analysen vil medianrekkevidde variere mellom dens høyeste og laveste verdi i datasettet, altså 150 og 240 kilometer. Antall ladestasjoner vil variere mellom 10 og 45 per 100 000 innbyggere, ettersom det er svært få observasjoner der ladestasjoner per innbygger ligger utenfor dette intervallet.

De grafiske plottene som følger viser hvor mye salget i gjennomsnitt forventes å øke med ved en enhetsøkning i en variabel når den andre variabelen holdes fast på ulike representative nivå. Y-aksen viser til endring i predikert ln(salg). For eksempel viser den blå kurven i figur

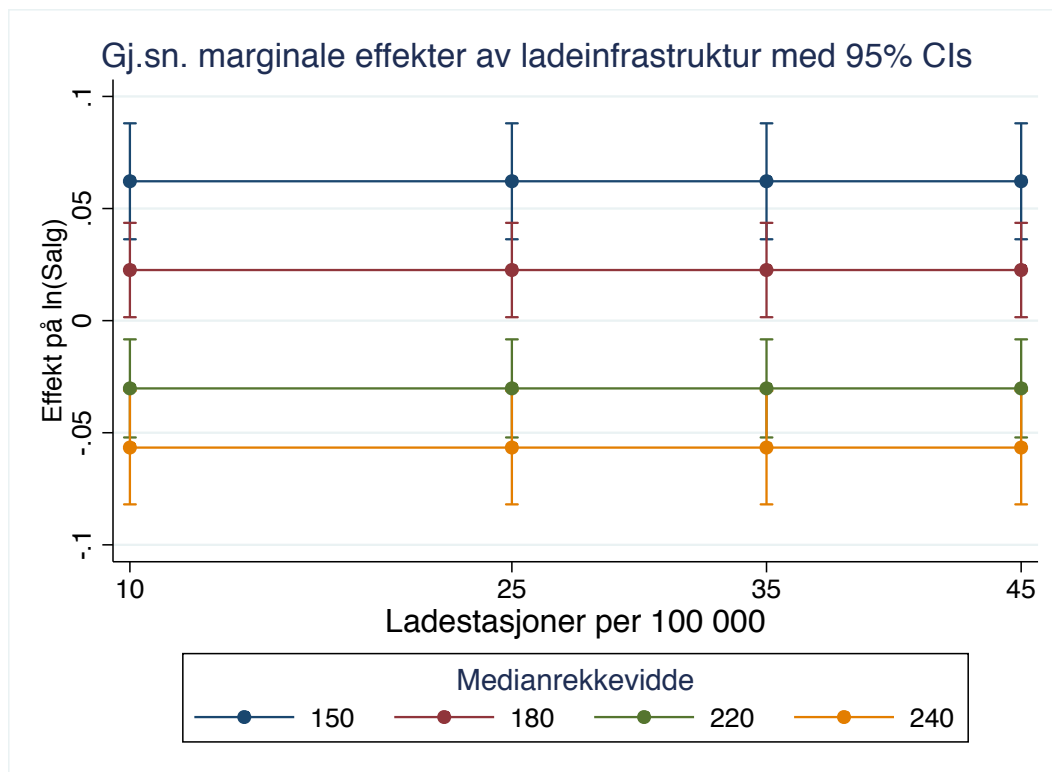
5.1 den gjennomsnittlige salgseffekten av å øke medianrekkevidden med én kilometer når det er 10 ladestasjoner per 100 000 innbyggere i kommunen.



Figur 5.1: Gjennomsnittlige marginale effekter av teknologisk utvikling, med konfidensintervall.

Den gjennomsnittlige marginale effekten av teknologisk utvikling ved ulike nivå på ladeinfrastrukturen er vist over, i figur 5.1. Her kommer det tydelig frem at effekten på salget av økt medianrekkevidde er lavere jo flere ladestasjoner per innbygger det er. Dette indikerer substituerbarhet mellom teknologisk utvikling og ladeinfrastruktur. Mer konkret viser figuren at i en kommune der det er 10 ladestasjoner per 100 000 innbyggere vil salget i gjennomsnitt øke med 4% dersom medianrekkevidden øker med én kilometer²⁴. Denne effekten avtar til 2% og 0.7% ved henholdsvis 25 og 35 ladestasjoner per 100 000 innbyggere. Ved 45 ladestasjoner per 100 000 innbyggere finner vi ingen signifikant effekt av økt medianrekkevidde.

²⁴ Tabell 8.6 i appendikset viser mer detaljerte resultater.



Figur 5.2: Gjennomsnittlige marginale effekter av ladeinfrastruktur, med konfidensintervall.

Den marginale effekten av bedre ladeinfrastruktur viser en tilsvarende sammenheng. Ved lav medianrekkevidde har flere ladestasjoner per innbygger en signifikant positiv effekt på salget, mens denne avtar ved økt medianrekkevidde. For eksempel estimerer modellen at salget i gjennomsnitt øker med 6,21% dersom ladeinfrastrukturen forbedres med én ladestasjon per 100 000 innbyggere, når medianrekkevidden ligger fast på 150 km²⁵. Den gjennomsnittlige økningen av salget, ved en tilsvarende forbedring av ladeinfrastrukturen, faller til 2,25% når medianrekkevidden ligger fast på 180 kilometer. Modellen estimerer imidlertid at den samme marginale forbedringen av ladeinfrastrukturen har negativ gjennomsnittlig effekt på salget når medianrekkevidden er 220 og 240 kilometer. Det faktum at vi kun har 7 månedlige observasjoner der medianrekkevidden har vært høyere enn 200 kilometer kan ha påvirket estimatene, og vi stiller oss generelt tvilende til at flere ladestasjoner per innbygger kan ha en negativ innvirkning på salget.

²⁵ Tabell 8.7 i appendikset viser mer detaljerte resultater.

5.3 Oppsummering av resultater

Fixed effects-estimatoren beregner toppunktet til ladeinfrastrukturen til å være på omtrent 27 ladestasjoner per 100 000 innbyggere. Toppunktet til teknologisk utvikling ble beregnet til omtrent 217 kilometer medianrekkevidde. First difference finner omtrent det samme toppunktet for medianrekkevidde som ved fixed effects, mens ladestasjoner per 100 000 innbyggere ble beregnet til å ha et vesentlig lavere toppunkt. Resultatene fra beregning av gjennomsnittlige marginale effekter tyder på at ladeinfrastruktur og teknologisk utvikling har fungert som substitutter i perioden.

6. Diskusjon

Denne delen vil ta for seg implikasjoner av studien, samt forslag til videre forskning og begrensninger i data og metode.

6.1 Implikasjoner av studien

Ifølge rapporten til Amsterdam Roundtable Foundation og McKinsey and Company (2014), nevnt i introduksjonen, representerer en betydelig andel av dagens elbileiere et segment som aksepterer elbilens mangler i større grad enn resten av befolkningen. Det totale månedlige elbilsalget omfatter imidlertid både de med lav rekkeviddeangst og de med høyere rekkeviddeangst som kommer inn på marginen. Ettersom vi finner en avtakende effekt av redusert rekkeviddeangst er det derfor grunn til å sette spørsmålstegn ved om forbedret ladeinfrastruktur og teknologisk utvikling vil kunne lokke betydelig flere konsumenter med høy rekkeviddeangst til elbilmarkedet i årene som kommer.

I Oslo, Bergen og Trondheim var det estimerte toppunktet på 27 ladestasjoner per 100 000 innbyggere passert ved utgangen av 2016, og våre funn sier derfor at disse kommunene ikke kan klare å øke elbilsalget ved å forbedre ladeinfrastrukturen ytterligere, alt annet likt. Imidlertid vil en større flåte av elbiler føre til flere elbiler per ladestasjoner, og slik kunne skape et behov for flere ladestasjoner enn det estimerte toppunktet. Dette økte behovet kan imidlertid begrenses dersom hjemmeladere og tilrettelegging for lading i bo-områder blir vanligere.

Ettersom utviklingen i medianrekkevidde har vært lik for alle kommunene, og har passert det estimerte toppunktet på 217 kilometer, predikerer modellen at økt medianrekkevidde heller ikke vil kunne øke salget ytterligere i disse kommunene. Stavanger lå imidlertid på samme tid under det estimerte toppunktet for ladeinfrastruktur, og vil dermed ifølge modellen kunne øke salget fremover ved å forbedre ladeinfrastrukturen. Men ettersom markedets medianrekkevidde på 240 kilometer ligger over det estimerte toppunktet på 217 kilometer vil dette kunne redusere effekten av bedre ladeinfrastruktur i Stavanger, siden ladeinfrastruktur og teknologisk utvikling er substitutter.

6.2 Begrensninger i data og metode

Ettersom vi kun har sett på de fire mest folkerike kommunene i Norge, og dermed ikke studerer et tilfeldig utvalg av den norske befolkningen, vil generalisering av funnene således være vanskelig. Allikevel kan det anføres at det er i disse kommunene det har blitt solgt flest elbiler, og sannsynligvis eksisterer tilstrekkelig god informasjon om utviklingen. Funnene kan derfor ha god validitet når det kommer til elbilsalg i urbane strøk.

Ved hjelp av månedlige data kunne vi kompensere med en lang tidsdimensjon, som resulterte i et anseelig antall samlede observasjoner. Enkelte kontrollvariabler, som median husholdningsinntekt og høyere utdanning, var derimot kun tilgjengelig som årlige observasjoner, noe som gjorde at vi ikke i alle tilfeller fikk benyttet tidsdimensjonen på ønsket måte. Fixed effects- og first difference estimering er særlig sensitiv for begrenset variasjon i tidsdimensjonen, siden disse er lite presis i estimeringen av variabler som endrer seg minimalt over tid. Det ble imidlertid vurdert til at variasjonen i samtlige variabler var tilstrekkelig for å inkludere dem i regresjonsmodellen.

Som nevnt i kapittel 3.2.6 hadde vi ikke detaljert historisk informasjon om ladestasjoner og ladepunkt. Treffsikkerheten på estimatet vil reduseres dersom for eksempel ladestasjoner i Oslo i gjennomsnitt har flere ladepunkt enn ladestasjoner i Stavanger. Dette fant vi ingen god måte å ta hensyn til og er en reell sårbarhet ved variabelen. I tillegg fant vi ikke gode data på offentlige parkeringsplasser, som kunne korrigert for at ladestasjoner ofte plasseres på offentlig tilgjengelige parkeringsplasser. Ladeinfrastrukturvariabelen kan derfor ha plukket opp begge disse effektene.

Vi fant heller ikke gode data på kollektivfelt og parkeringsavgifter i de ulike kommunene. Spesielt utelatelse av kollektivfelt kan ha ført til at effekten av antall ladestasjoner per innbygger ble overestimert, dersom utbygging av ladeinfrastrukturen korrelerer med utbygging av kollektivfelt i kommunen. Denne sammenhengen er ikke åpenbar, men har potensiale til å påvirke estimatene.

6.3 Forslag til videre forskning

Ettersom markedet har utvidet seg med stadig flere elbilmodeller vil det også være muligheter for å inkludere faktorer som merkeloyalitet og merkevare. Enkelte aktører vil selge mange biler nesten utelukkende på grunn av merkevaren, noe som betyr at også andre karakteristikkene enn teknologisk utvikling vil ha innvirkning på elbilsalget. I så måte ville det vært interessant å se på i hvilken grad teknologisk utvikling interagerer med disse karakteristikkene.

Vår studie studerer salget helt fra elbilmarkedets spede start, og retter seg derfor primært mot en viss gruppe av befolkningen, nemlig dem som har hatt relativt lav rekkeviddeangst i utgangspunktet. Det vil derfor være interessant å følge utviklingen i salget når rekkeviddeangst reduseres ytterligere ved hjelp av videre teknologisk utvikling og bedre ladeinfrastruktur, og dermed se om våre prediksjoner er riktige. Det finnes sannsynligvis også en gruppe som lar være å kjøpe elbil fordi lading oppfattes som for tidkrevende. For å kunne ta hensyn til denne gruppen kunne det vært interessant å se nærmere på om også andelen hurtigladere per ladestasjon spiller en rolle for salget.

Å se nærmere på betydningen av teknologisk utvikling og bedre ladeinfrastruktur i flere ulike geografiske regioner kunne også vært interessant. Ettersom vår studie fokuserer på urbane strøk vil en slik studie kunne bidra til kunnskap om hvordan elbilsalget har økt, og vil øke, også i andre deler av landet.

7. Konklusjon

I denne studien har vi forsøkt å besvare følgende problemstilling:

«Hvordan har redusert rekkeviddeangst påvirket salget av elbiler i Norge i perioden 2010-2016?»

Vi finner at redusert rekkeviddeangst, i form av teknologisk utvikling og bedre ladeinfrastruktur, har hatt en positiv, men avtakende, effekt på elbilsalget i perioden 2010-2016. Grunnet den avtakende effekten estimeres salget til å være på sitt høyeste nivå ved 217 km medianrekkevidde og 27 ladestasjoner per 100 000 innbyggere. Siden tre av fire byer har nådd toppunktet for ladeinfrastruktur tyder våre resultater på at ytterligere reduksjon av rekkeviddeangst vil ha marginal effekt på salget i dagens elbilmarked.

Vi finner også at ladeinfrastruktur og teknologisk utvikling har fungert som substitutter i å øke salget. Myndighetenes utbedring av ladeinfrastruktur har bidratt sterkt til å redusere rekkeviddeangst spesielt i perioder der rekkeviddekapasiteten på elbiler har vært lav. Etter hvert som medianrekkevidden har økt, har denne kompensert for svak ladeinfrastruktur.

Studien bidrar til eksisterende litteratur ved å studere betydningen av teknologisk utvikling, da dette så vidt vi vet foreløpig bare er studert gjennom spørreundersøkelser om betalingsvillighet for ekstra rekkeviddekapasitet. Vår studie supplerer denne forskningen ved å studere hvordan teknologisk utvikling reflekteres i det samlede salget. Resultatene gir samtidig en indikasjon på salgseffekten av flere ladestasjoner per innbygger, og reiser således spørsmål om i hvilken grad det offentlige skal finansiere utbygging av bedre ladeinfrastruktur i tiden fremover.

8. Appendiks

F-test that all $u_i=0$		
	F-statistic	Probability > F
F-test	70.24	0.0000

Tabell 8.1: Test av felles signifikans av faste effekter i kommunene.

Test: Ho: difference in coefficients not systematic		
	Test statistic (chi2)	Probability > chi2
Chi2-test	159.81	0.0000

Tabell 8.2: Hausman-test.

Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity in fixed effects		
	Chi2	Probability>Chi2
Chi2-test	5.76	0.2175

Tabell 8.3: Test av heteroskedastisitet.

Wooldridge's test for serial correlation in panel data		
	F-statistic	Probability > F
F-test	5.394	0.1029

Tabell 8.4: Test av seriekorrelasjon.

VARIABLES	(1) ln(Salg)	(2) ln(Salg)	(3) ln(Salg)	(4) ln(Salg)
Ladestasjoner per 100 000	0.157*** (0.00720)	0.177*** (0.0237)	0.0749*** (0.0177)	
(Ladestasjoner per 100 000) ²		-0.000444 (0.000471)	-0.00137*** (0.000289)	
ln(Ladestasjoner per 100 000)				0.122 (0.186)
Medianrekkevidde			0.250*** (0.0210)	0.257*** (0.0198)
Medianrekkevidde ²			-0.000577*** (5.00e-05)	-0.0006*** (4.70e-05)
Høyere utdanning			0.0955 (0.105)	0.0203 (0.0991)
Arbeidsledighet			-0.293*** (0.0539)	-0.243*** (0.0493)
Bompengetakst			0.00258 (0.00633)	0.00515 (0.00605)
Medianinntekt i 1000			0.0127*** (0.00416)	0.0164*** (0.00395)
Andel stemmer på SV, V og MDG			-0.0342*** (0.0117)	-0.0499*** (0.0115)
Observations	332	332	332	324
Adjusted R-squared	0.600	0.600	0.909	0.904
Kontrollvariabler	NEI	NEI	JA	JA
Månedlige effekter	NEI	NEI	JA	JA

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tabell 8.5: Ladestasjoner per 100 000 innbyggere i ulike funksjonsformer.

Average marginal effects Number of obs = 336
Model VCE : Robust

Expression : Linear prediction, predict()
dy/dx w.r.t. : rv

1._at : ladereper100000 = 10
2._at : ladereper100000 = 25
3._at : ladereper100000 = 35
4._at : ladereper100000 = 45

		Delta-method				
		dy/dx	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
-----+-----						
rv						
	_at					
	1	.0400664	.0053256	7.52	0.000	.029588 .0505449
	2	.0202697	.0035021	5.79	0.000	.0133791 .0271603
	3	.0070719	.0030535	2.32	0.021	.001064 .0130799
	4	-.0061259	.0035518	-1.72	0.086	-.013114 .0008625

Tabell 8.6: Gjennomsnittlige marginale effekter av medianrekkevidde med ladestasjoner per 100 000 innbyggere holdt fast på representative nivå.

Average marginal effects Number of obs = 336
Model VCE : Robust

Expression : Linear prediction, predict()
dy/dx w.r.t. : ladereper100000

1._at : rv = 150
2._at : rv = 180
3._at : rv = 220
4._at : rv = 240

		Delta-method				
		dy/dx	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
-----+-----						
ladereper100000						
	_at					
	1	.0621656	.0131442	4.73	0.000	.0363036 .0880277
	2	.0225722	.0106928	2.11	0.036	.0015333 .0436111
	3	-.030219	.0111211	-2.72	0.007	-.0521007 -.0083374
	4	-.0566147	.0128742	-4.40	0.000	-.0819456 -.0312837

Tabell 8.7: Gjennomsnittlige marginale effekter av ladestasjoner per 100 000 innbyggere med medianrekkevidde holdt fast på representative nivå.

9. Bibliografi

- Amsterdam Roundtable Foundation & McKinsey and Company. (2014). *Electric vehicles in Europe: Gearing up for a new phase?* Hentet fra <http://www.mckinsey.com/netherlands/our-insights/electric-vehicles-in-europe-gearing-up-for-a-new-phase>
- Andresen, M. E. (2014, 25. November). *Gode. I Store norske leksikon*. Hentet 6. Juni, 2017 fra <https://snl.no/gode>
- Dimitropoulos, A., Rietveld, P., & van Ommeren, J. N. (2013). Consumer valuation of driving range: A meta-analysis. *Transportation research part A - Policy and practice*, 55, ss. 27-45. doi: 10.1016/j.tra.2013.08.001.
- Fearnley, N., Pfaffenbichler, P., Figenbaum, E., & Jellinek, R. (2015). *E-vehicle policies and incentives: Assessment and recommendations (TØI-rapport nr. 1421/2015)*. Hentet fra <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=41187>
- Figenbaum, E., & Kolbenstvedt, M. (2013). *Electromobility in Norway - Experiences and opportunities with electric vehicles (TØI-rapport nr. 1281/2013)*. Hentet fra <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=33828>
- 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)*. Hentet fra <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=43161>
- Figenbaum, E., Kolbenstvedt, M., & Elvebakk, B. (2014). *Electric vehicles - Environmental, economic and practical aspects (TØI-rapport nr. 1329/2014)*. Hentet fra <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=37250>
- Fjellinjen. (2013, 4. Januar). *Nye takster fra 1. februar*. Hentet 2. Februar, 2017 fra <http://www.fjellinjen.no/Om-Fjellinjen/Aktuelt/nye-takster-fra-1feb2013/>
- Fjellinjen. (2017, 1. Februar). *Takster*. Hentet 2. Februar, 2017 fra <http://www.fjellinjen.no/Om-Fjellinjen/Aktuelt/takstene-fra-122014-2642015/>
- FN. (2017, 2. Juni). *Dette er Parisavtalen*. Hentet 3. Juni, 2017 fra <http://www.fn.no/Tema/Klima/Klimaforhandlinger/Dette-er-Paris-avtalen>
- Knupfer, S. M., Hensley, R., Hertzke, P., Schaufuss, P., Laverty, N., & Kramer, N. (2017). *Electrifying insights: How automakers can drive electrified vehicle sales and profitability*. Hentet fra <http://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/electrifying-insights-how-automakers-can-drive-electrified-vehicle-sales-and-profitability>
- Lervik, F. (2016, 2. Mars). *Nå blir det dyrere i bommene*. Hentet 2. Februar, 2017 fra <http://www.adressa.no/nyheter/trondheim/2016/03/02/Nå-blir-det-dyrere-i-bommene-12227442.ece>

- Miljødirektoratet. (2016, 26. Mai). *Lokal luftforurensning*. Hentet 6. April, 2017 fra <http://www.miljostatus.no/tema/luftforurensning/lokal-luftforurensning/>
- Mock, P., German, J., Bandivadekar, A., & Riemersma, I. (2012). *Discrepancies between type-approval and "real-world" fuel-consumption and CO2 values (Working paper 2012-02)*. Hentet fra http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_EU_fuelconsumption2_workingpaper_2012.pdf
- NAV. (2017a, 2. Juni). *Begreper, kjennemerker og grupperinger*. Hentet 5. Juni, 2017 fra <https://www.nav.no/1073745818/om-statistikken-arbeidss%C3%B8kere?kap=4>
- NAV. (2017b, 9. Mars). *Arkiv - helt ledige*. Hentet 6. April, 2017 fra <https://www.nav.no/no/NAV+og+samfunn/Statistikk/Arbeidssøkere+og+stillinger+-+statistikk/Helt+ledige/Arkiv+Helt+ledige>
- Neubeuer, J., & Wood, E. (2014). The impact of range anxiety and home, workplace, and public charging infrastructure on simulated battery electric vehicle lifetime utility. *Journal of Power Sources*, 257, ss. 12-20. doi: 10.1016/j.jpowsour.2014.01.075.
- Nissan. (2011, 3. Februar). *The age of electric motoring begins in Europe*. Hentet 4. Juni, 2017 fra <http://nissannews.com/en-US/nissan/usa/channels/us-united-states-nissan-models-leaf/releases/the-age-of-electric-motoring-begins-in-europe?page=25>
- Oslo Economics. (2015). *Elbilens konkurransedyktighet i Norge: Rapport utarbeidet for NAF (Oslo Economics rapport nr. 2015-13)*. Hentet fra <https://www.naf.no/globalassets/dokumenter/politikk/elbilenskonkurransedyktighetno rge.pdf>
- Samferdselsdepartementet. (2017). Nasjonal transportplan 2018–2029. (*St.meld. nr. 33 2016-2017*). Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-33-20162017/id2546287/sec1>
- Skogstad, K. (2010, 20. Desember). *Think City: Dette er en liten revolusjon*. Hentet 4. Juni, 2017 fra <http://www.tv2.no/a/3370793/>
- Statistisk Sentralbyrå. (2015, 9. November). *Kommunestyre- og fylkestingsvalget*. Hentet 6. Mars, 2017 fra <https://www.ssb.no/statistikkbanken/selecttable/hovedtabellHjem.asp?KortNavnWeb=kommvalg&CMSSubjectArea=valg&checked=true>
- Statistisk Sentralbyrå. (2016, 20. Juni). *Befolkningens utdanningsnivå*. Hentet 6. April, 2017 fra <https://www.ssb.no/statistikkbanken/SelectTable/hovedtabellHjem.asp?KortNavnWeb=utniv&CMSSubjectArea=utdanning&StatVariant=&PLanguage=0&checked=true>
- Statistisk Sentralbyrå. (2017a, 28. Mars). *Registrerte kjøretøy*. Hentet 6. April, 2017 fra <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/statistikker/bilreg/aar>

- Statistisk Sentralbyrå. (2017b, 2. Januar). *Inntekts- og formuesstatistikk for husholdninger*. Hentet 6. April, 2017 fra <https://www.ssb.no/statistikkbanken/SelectTable/hovedtabellHjem.asp?KortNavnWeb=ifhus&CMSSubjectArea=inntekt-og-forbruk&StatVariant=&PLanguage=0&checked=true>
- Statistisk Sentralbyrå. (2017c, 2. Februar). *Stortingsvalget*. Hentet 6. Mars, 2017 fra <https://www.ssb.no/statistikkbanken/SelectTable/hovedtabellHjem.asp?KortNavnWeb=stortingsvalg&CMSSubjectArea=valg&StatVariant=&PLanguage=0&checked=true>
- Statistisk Sentralbyrå. (2017d, 2. Mars). *Folkemengde og befolkningsendringer*. Hentet 6. April, 2017 fra <https://www.ssb.no/statistikkbanken/selecttable/hovedtabellHjem.asp?KortNavnWeb=folkemengde&CMSSubjectArea=befolkning&checked=true>
- Tesla. (2017). *Tesla Gigafactory*. Hentet 18. Mai, 2017 fra https://www.tesla.com/no_NO/gigafactory
- Trøndelag bomveiselskap. (2010). *Takst- og rabattsystem for miljøpakke Trondheim*. Hentet 2. Februar, 2017 fra http://85.200.219.104/Files/System/Prosjektweb_trondheim/Images/kunngjøringsannonsen.pdf
- Valle, M. (2016, 3. September). *Her er rekkevidden på elbilene du kan kjøpe nå*. Hentet 16. Februar, 2017 fra Teknisk Ukeblad: <https://www.tu.no/artikler/her-er-rekkevidden-pa-elbilene-du-kan-kjope-na/350874>
- Wooldridge, J. M. (2012). *Introductory econometrics: A modern approach* (5. utg.). Mason: Cengage Learning.