



Høgskulen på Vestlandet

Bacheloroppgave - Økonomi og administrasjon

ØMF190 Bacheloroppgave

Predefinert informasjon

Startdato:	07-05-2019 09:00	Termin:	2019 VÅR
Sluttdato:	15-05-2019 14:00	Vurderingsform:	Norsk 6-trinns skala (A-F)
Eksamensform:	Bacheloroppgave		
SIS-kode:	203 ØMF190 1 MA1 2019 VÅR		
Intern sensor:	Dag Audun Lønning		

Deltaker

Navn: Hedda Storhaug
Kandidatnr.: 191
HVL-id: 182018@hvl.no

Informasjon fra deltaker

Egenerklæring *: Ja
Jeg bekrefter at jeg har registrert oppgavetittelen på norsk og engelsk i StudentWeb og vet at denne vil stå på vitnemålet mitt *:

Gruppe

Gruppenavn: **Gruppenummer:** 13
Andre medlemmer i gruppen: Frida Irene Sødal, Guro Valheim

Jeg godkjenner avtalen om publisering av bacheloroppgaven min *

Ja

Er bacheloroppgaven skrevet som del av et større forskningsprosjekt ved HVL? *

Nei

Er bacheloroppgaven skrevet ved bedrift/virksomhet i næringsliv eller offentlig sektor? *

Nei



Høgskulen
på Vestlandet

BACHELOROPPGAVE

Bompenger og rushtidsavgift på Nord-Jæren

Toll road- and time based fees at Nord-Jæren

Hedda Storhaug, Frida Sødal og Guro Valheim

Fordypning i samfunnsøkonomi ØMF190
Fakultet for økonomi og samfunnsvitenskap
Institutt for økonomi og administrasjon
Veileder: Dag Audun Lønning

15.05.2019

Jeg bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, §

Bacheloroppgave referanseside
Institutt for økonomi og administrasjon
Campus Bergen

<i>Rapportens tittel:</i> Bompenger og rushtidsavgift på Nord-Jæren	<i>Dato:</i> 15.05.2019
<i>Forfatter(e):</i> Hedda Storhaug, Frida Sødal og Guro Valheim	<i>Antall sider u/vedlegg:</i> 39
	<i>Antall sider m/vedlegg:</i> 60
<i>Fordypning:</i> Økadm. Samfunnsøkonomi	
<i>Veileder ved avdeling:</i> Dag Audun Lønning	
<i>Merknader:</i>	

<i>Kontaktvirksomhet:</i>	

<p><i>Sammendrag:</i></p> <p>Negative eksternaliteter forbundet med bilkjøring gir samfunnsøkonomiske kostnader som overstiger bilistenes privatøkonomiske kostnader. Dersom de eksterne kostnadene ikke inkluderes i de privatøkonomiske kostnadene, vil det føre til feil bruk av ressursene. De fleste økonomer er enig om at bompenger og rushtidsavgift på belastede veistrekninger gir samfunnsøkonomiske gevinster. Erfaringer fra Stockholm, Oslo og Bergen er gode eksempler på dette.</p> <p>Formålet med denne oppgaven har vært å analysere effektene på Nord-Jæren, og hvorvidt bompenger og rushtidsavgift har ført til redusert trafikkvolum og endret trafikkmønster. Bymiljøpakken på Nord-Jæren ble innført med virkning fra og med 1.oktober 2018, og analysen omfatter tre måneder etter innføring av den nye bompengestrukturen (Ferde, 2018). For å analysere dette har vi gjennomført regresjonsanalyse og F-test av fire hypoteser. På bakgrunn av resultatene kan vi med sikkerhet si at innføring av bompenger og rushtidsavgift har ført til en reduksjon i trafikkvolumet. Videre har rushtidsavgift ført til et endret trafikkmønster, hvor trafikken har fordelt seg jevnere rundt rushtidstoppe. Resultatene viste også at trafikkmønsteret ble endret tilbake til utgangspunktet da rushtidsavgiften ble avviklet.</p>

Stikkord:

Bompenger og rushtidsavgift	Regresjonsligning	Trafikkvolum og trafikkmønster
-----------------------------	-------------------	--------------------------------

Abstract:

Negative externalities from driving cars, gives socioeconomic costs that are higher than the drivers private costs. If the external costs are not included in the consumers costs of driving on a road, this will lead to wrong usage of resources. Most economists do agree that toll road fees and time based fees on exposed roads will give socioeconomical benefits. Experiences from Stockholm, Oslo and Bergen are good examples of this.

The aim of this thesis has been to analyse the situation at Nord-Jæren; has toll roads and time based fees reduced traffic volume and changed the traffic to other times of the day? The "City environmental pack" at Nord-Jæren was launched and executed from October 1st 2018 (Ferde, 2018). The analysis is covering three months after introduction and execution of the new tax model. We have applied regression analysis and F-test of four hypotheses. The results are clearly demonstrating that implementation of toll road fees and time based fees has caused reduced traffic volume. Time based fees has in parallel led to change of traffic pattern, as the traffic has been distributed more evenly throughout the day. The results are also showing that, when the time based fee at a later point was taken away, the traffic pattern quite immediately changed back to its starting point.

Keywords:

Toll road- and time based fees	Regression equation	Traffic volume and pattern
--------------------------------	---------------------	----------------------------

Sammendrag

Negative eksternaliteter forbundet med bilkjøring gir samfunnsøkonomiske kostnader som overstiger bilistenes privatøkonomiske kostnader. Dersom de eksterne kostnadene ikke inkluderes i de privatøkonomiske kostnadene, vil det føre til feil bruk av ressursene. De fleste økonomer er enig om at bompenger og rushtidsavgift på belastede veistrekninger gir samfunnsøkonomiske gevinster. Erfaringer fra Stockholm, Oslo og Bergen er gode eksempler på dette.

Formålet med denne oppgaven har vært å analysere effektene på Nord-Jæren, og hvorvidt bompenger og rushtidsavgift har ført til redusert trafikkvolum og endret trafikkmønster. Bymiljøpakken på Nord-Jæren ble innført med virkning fra og med 1.oktober 2018, og analysen omfatter tre måneder etter innføring av den nye bompengestrukturen (Ferde, 2018). For å analysere dette har vi gjennomført regresjonsanalyse og F-test av fire hypoteser. På bakgrunn av resultatene kan vi med sikkerhet si at innføring av bompenger og rushtidsavgift har ført til en reduksjon i trafikkvolumet. Videre har rushtidsavgift ført til et endret trafikkmønster, hvor trafikken har fordelt seg jevnere rundt rushtidstoppe. Resultatene viste også at trafikkmønsteret ble endret tilbake til utgangspunktet da rushtidsavgiften ble avviklet.

Abstract

Negative externalities from driving cars, gives socioeconomic costs that are higher than the drivers private costs. If the external costs are not included in the consumers costs of driving on a road, this will lead to wrong usage of resources. Most economists do agree that toll road fees and time based fees on exposed roads will give socioeconomic benefits. Experiences from Stockholm, Oslo and Bergen are good examples of this.

The aim of this thesis has been to analyse the situation at Nord-Jæren; has toll roads and time based fees reduced traffic volume and changed the traffic to other times of the day? The “City environmental pack” at Nord-Jæren was launched and executed from October 1st2018 (Ferde, 2018). The analysis is covering three months after introduction and execution of the new tax model. We have applied regression analysis and F-test of four hypotheses. The results are clearly demonstrating that implementation of toll road fees and time based fees has caused reduced traffic volume. Time based fees has in parallel led to change of traffic pattern, as the traffic has been distributed more evenly throughout the day. The results are also showing that, when the time based fee at a later point was taken away, the traffic pattern quite immediately changed back to its starting point.

Forord


Denne bacheloroppgaven er utarbeidet ved Institutt for økonomi og administrasjon ved Høgskulen på Vestlandet, og er skrevet som en avsluttende del av bachelorstudiet i økonomi og administrasjon, avdeling Bergen. Oppgaven er skrevet i vårsemesteret 2019 og har et omfang på 15 studiepoeng per student.

Å skrive denne bacheloroppgaven har vært både spennende og utfordrende. Spennende fordi vi har fått muligheten til å fordype oss innenfor en aktuell og viktig problemstilling, samt tilegnet oss mye ny kunnskap. Utfordrende fordi oppgaven krevde mye dataarbeid i Excel og Gretl, hvor sistnevnte var et ukjent statistikkprogram. Samtidig har denne jobben gitt oss ny innsikt i behandling og analysing av data, noe som har vært svært lærerikt. Alt i alt har vi hatt glede av å jobbe med oppgaven.


Vi vil rette en stor takk til veileder og førsteamanuensis ved Høgskulen på Vestlandet, Dag Audun Lønning. Gjennom hele oppgaven har han gitt oss god veiledning og konstruktive tilbakemeldinger, samt delt sin kunnskap og engasjement.

Riktig god lesing!

Bergen, 15.mai 2019


Hedda Storhaug


Frida Sødal


Guro Valheim

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	IV
Abstract	V
Forord	VI
1 Introduksjon	1
1.1 Avgrensning	2
2 Bymiljøpakken	3
2.1 Generelt om Bymiljøpakken	3
2.2 Bompenger på Nord-Jæren	4
3 Motivasjon for bompenger og rushtidsavgift	5
3.1 Negative eksternaliteter	5
3.2 Markedskorrigerende av negative eksternaliteter	5
3.2.1 Drivstoffavgift	6
3.2.3 Bompenger	6
3.2.4 Rushtidsavgift	7
3.3 Tidligere studier av bompenger og rushtidsavgift	8
3.3.1 Stockholm	8
3.3.2 Oslo	8
3.3.3 Bergen.....	9
3.3.4 Kristiansand	9
4 Datamateriale	10
4.1 Datakilder	10
4.2 Paneldata	10
4.3 Utvalgsstørrelse	11
4.4 Utvalgte trafikkregistreringspunkt	12
4.5 Trafikkdataene	13
5 Metode	15
5.1 Hypoteser	15
5.2 Regresjonsanalyse	16
5.2.1 Forutsetninger for regresjonsanalyse	17
5.3 Modellen	18
5.3.1 Hypotese 1 - Modell	19
5.3.2 Hypotese 2 og 3 - Modell	21
5.4 Hypotesetesting	24
5.4.1 F-test.....	24
5.4.2 Test av heteroskedastisitet	24
5.4.3 Test av normalitet	24
6 Resultater	25
6.1 Hypotese 1 - Resultater	25
6.2 Hypotese 2 - Resultater	27
6.3 Hypotese 3 - Resultater	28

6.3.1 Resultater hypotese 3.1.....	28
6.3.2 Resultater fra hypotese 3.2	29
6.4 Sammenfatning av resultater	30
7 Konklusjon og diskusjon	32
7.1 Konklusjon.....	32
7.2 Diskusjon	32
7.2.1 Diskusjon av negative eksternaliteter	32
7.2.2 Sammenligning med andre byer og diskusjon.....	33
7.2.3 Diskusjon av trafikkdataene	35
8 Avslutning.....	36
Referanser	37
Vedlegg	40

Liste over tabeller

Tabell 1: Ulike situasjoner med bompenger og rushtidsavgift.....	2
Tabell 2: Bompengetakster på Nord-Jæren.....	4
Tabell 3: Forklaring av dummyvariabler.....	19
Tabell 4: Volumnedgang på Nord-Jæren.....	26
Tabell 5: Sammenfatning av resultater.....	30
Tabell 6: Konsekvenser av bompenger og rushtidsavgift i norske byer.....	33

Liste over figurer

Figur 1: Privat- og samfunnsøkonomisk grensekostnad.....	6
Figur 2: Oversikt over bomringer og utvalgte trafikkregistreringspunkt.....	13
Figur 3: Solgte elbiler på Nord-Jæren.....	14
Figur 4: Resultat hypotese 1 - Volumnedgang september til oktober og november.....	25
Figur 5: Total volumnedgang fra september til oktober og november.....	26
Figur 6: Resultat hypotese 2 - Trafikkmønster september til oktober og november.....	27
Figur 7: Resultat hypotese 3.1 - Trafikkmønster i september og januar.....	28
Figur 8: Resultat fra hypotese 3.2 - Trafikkmønster i oktober og november og januar.....	29
Figur 9: Sammenfatning av resultater.....	30

1 Introduksjon

Den siste tiden har engasjementet rundt bompenger og rushtidsavgift vært spesielt sterkt på Nord-Jæren, som fra 1.oktober 2018 fikk innført Bymiljøpakken Nord-Jæren. Dette innebar fem nye bomringer og et ytre bomsnitt med til sammen 38 bomstasjoner og rushtidsavgift, noe som har gitt en dyrere hverdag for folk flest (Ferde, 2018). Dette skapte motstand, og organisasjoner til opprør mot Bymiljøpakken; Nok er Nok, og det politiske partiet Folkeaksjonen Nei til mer bompenger, fikk stor oppslutning. Temaet har også preget nyhetsbildet den siste tiden. Bompenger og rushtidsavgift er dermed et mye omdiskutert tema som engasjerer mange.

Tidligere studier og konsekvensutredning av innføring av bompenger og rushtidsavgift har gitt ulike resultater. Denne studien skiller seg fra lignende studier da bomringene på Nord-Jæren nylig er innført, og konsekvensene enda ikke er studert av andre. Det vil være interessant å se om de umiddelbare effektene på Nord-Jæren er like som erfaringer fra studier i andre byer i Norge. Dette, samt det store engasjementet, dannet grunnlaget for at vi valgte å skrive bacheloroppgave innenfor temaet. Vi har formulert følgende problemstilling:

“Har innføringen av bompenger og rushtidsavgift på Nord-Jæren redusert trafikkvolumet og/eller endret trafikkmønsteret?”

1.1 Avgrensning

Denne oppgaven er avgrenset til å analysere den umiddelbare effekten av innføring av bompenger og rushtidsavgift på Nord-Jæren. Analysen bygger derfor på et tidsperspektiv på fire måneder; én måned før og tre måneder etter innføringen. På grunn av tekniske problemer som har ført til feilfakturerings av bilister, besluttet Vegdirektoratet en pause i innkrevingen av rushtidsavgiften fra 10. desember 2018 med tilbakevirkende kraft (Bymiljøpakken, 2019). Tilbakebetalingen har bilistene imidlertid ikke vært klar over når de kjørte i perioden, og de har dermed tilpasset seg som at rushtidsavgiften har vært til stede for fullt. Vi har dermed et naturlig eksperiment med tre ulike situasjoner, som beskrevet i tabellen nedenfor. Dette gir oss muligheten til å danne et fullstendig bilde av hvordan rushtidsavgiften fungerer.

September	hverken bompenger eller rushtidsavgift
Oktober og november	både bompenger og rushtidsavgift
Januar	bompenger, men ikke rushtidsavgift

Tabell 1: Ulike situasjoner med bompenger og rushtidsavgift

Vi har i hovedsak fokusert på passeringssdata for normal hverdagstrafikk. I dette inngår hverdager, fratrukket nattetimer og helligdager. Årsaken til at vi har valgt å holde dette utenfor analysen er fordi trafikken naturlig nok vil være vesentlig lavere i disse tidsrommene, samt være drevet av andre faktorer. Nærmere om dette under delkapittel 4.3 og 4.4.

2 Bymiljøpakken

2.1 Generelt om Bymiljøpakken

Bymiljøpakken avløste Nord-Jærenpakken, som startet bompengeneinnkrevningen i 2001. Nord-Jærenpakken bestod av 22 bomstasjoner som fulgte kommunegrensene på Nord-Jæren (Det kongelige samferdselsdepartementet, 2016). Disse kommunene er Randaberg, Sandnes, Sola og Stavanger.¹ Etter kommunikasjon over e-post 02. mai 2019 med Kristian Bauge, seniorrådgiver i Statens Vegvesen, har vi fått opplyst at bompengetakstene fra 1.juli 2009 til 30.september 2018 var på 20 og 50 kr for henholdsvis lette og tunge kjøretøy, med 40 % rabatt ved forskuddsbetaling. Det fantes ingen rushtidsavgift i denne perioden.

Fra 1.oktober 2018 ble Bymiljøpakken Nord-Jæren innført, og inkluderer de samme fire kommunene. Bymiljøpakken skiller seg fra den tidligere bompengestrukturen ved at det nå er innført rushtidsavgift og tallet på bomstasjoner er gått fra 22 til 38. I tillegg er det utformet en ny struktur på plassering av bomstasjoner ved at det er innført bomringer rundt seks sentrale områder på Nord-Jæren, som dermed vil ramme langt flere. Bomringene er plassert i områdene med størst trafikkbelastning på Nord-Jæren (Bymiljøpakken, u.å.b.).

Gjennom en rekke tiltak er formålet med Bymiljøpakken å oppnå lavere klimautslipp, kortere bilkøer og mindre trafikkstøy. Bymiljøpakkens mål er nullvekst i biltrafikken og endring i reisevaner. Det betyr at flere må benytte seg av kollektivtilbudet. Årsaken til satsingen er at Nord-Jæren er et av områdene i Norge med størst befolkningsvekst og lavest andel befolkning som reiser kollektivt (Høyres kommunikasjonsavdeling, 2018). Dette byr på stort forbedringspotensiale i veinettet og i trafikkutviklingen. Etter samtale over e-post den 05.05 2019 med Tore Bjørnstad Sand, rådgiver i statistikk og analyse i Kolumbus (busselskapet på Nord-Jæren), ble vi informert om at basistilbudet for kollektivtransport ikke er endret på Nord-Jæren siden 1.juli 2016. Endringen som da ble innført inkluderte å øke frekvensen på hovedrutene, samt sette inn flere leddbusser. Denne endringen kom for å møte innføringen av Bymiljøpakken som i utgangspunktet var planlagt 1. januar 2017. Dette betyr at en eventuell reduksjon i trafikkvolumet ikke er påvirket av et forbedret kollektivtilbud.

¹ Et kart over Nord-Jæren med markering av gamle bomstasjoner ligger vedlagt i vedlegg 1.

2.2 Bompengetakster på Nord-Jæren

Tabellen under viser prisene i og utenom rushtid for takstgruppe 1 (lette kjøretøy) og takstgruppe 2 (tunge kjøretøy). Rushtidsavgiften gjelder mandag til fredag i tidsrommet 07.00- 09.00 og 15.00- 17.00. Alle kjøretøy i takstgruppe 1 som har gyldig brikke og avtale får 20% rabatt ved passeringen (Bymiljøpakken, u.å.b.).

Bompengetakst (lette/tunge kjøretøy)	22/55
Rushtidsavgift (lette/tunge kjøretøy)	44/110
Forskuddsbetaling (lette kjøretøy)	20%

Tabell 2: Bompengetakster på Nord-Jæren

Avtalefordeler med Bymiljøpakken er timesregel som gjør at man kun blir fakturert én gang i timen uavhengig av hvor mange bomstasjoner man passerer. En annen avtalefordel er månedstak på 75 passeringer per kalendermåned. Videre skjer innkreving kun i en retning, på vei inn i en bomring. Syklende, gående, elbiler, forflytningshemmede (med avtale med kommunen), mopeder og motorsykler får fritak fra betaling i bomstasjonene (Bymiljøpakken, u.å.b.).

3 Motivasjon for bompenger og rushtidsavgift²

Det finnes flere argumenter for og mot innføring av bompenger og rushtidsavgift. Ved at bompenger er en form for brukerfinansiering kan det være med på å realisere nye tiltak og prosjekter, som ellers måtte ha blitt finansiert av det offentlige. Ut i fra et nytteprinsipp kan det også være fornuftig at de som har nytte av en ny vei også betaler for den. Samtidig blir det stilt spørsmål angående rettferdigheten til slike systemer, da det blant annet kan bidra til å skape sosiale forskjeller. Flere mener dermed at bompenger burde blitt betalt ut fra inntekt, på samme måte som inntektsskatten. Dette er viktige perspektiver, men blir ikke behandlet videre i oppgaven. Vårt fokus vil være på samfunnsøkonomiske vurderinger av effektiv ressursallokering og optimale tilpasninger.

3.1 Negative eksternaliteter

Negative eksternaliteter forekommer når en persons handling har utilsiktede ulemper eller kostnader for andre personer eller samfunnet, uten at vedkommende må betale for det. Samfunnets nytte maksimeres ved likevekt mellom konsumentenes marginale betalingsvillighet og samfunnets grensekostnad. Ved fravær av negative eksternaliteter vil samfunnets grensekostnad være lik den private økonomiske grensekostnad. Imidlertid finnes en rekke negative eksternaliteter ved bilkjøring, som veislitasje, miljøforurensning, trengsel, samt økt ulykkesrisiko for andre trafikanter. Dersom disse negative eksternalitetene ikke er avgiftsbelagt, vil de ikke tas hensyn til av den enkelte bilist i sin beslutning om å kjøre eller ikke. Det vil da ikke oppnås samfunnsøkonomisk optimal tilpasning og det oppstår markedssvikt. Markedssvikt viser til situasjoner der en økonomi ikke fører til en effektiv ressursallokering.

3.2 Markedskorrigerende skatter og avgifter

Markedskorrigerende skatter og avgifter har som formål å øke samfunnsøkonomisk lønnsomhet, og innføres for å rette opp i markedssvikt. Pigouskatt er et virkemiddel for å minimere de eksterne kostnadene som påføres samfunnet. Med hensyn til bilkjøring er det tre ulike måter å skattlegge på: drivstoffavgift, bompenger og det man i samfunnsøkonomi kaller for "peak load pricing", også kalt rushtidsavgift. Samtlige innebærer at bilistene må betale for bruk av veinettet. Forskjellen er at drivstoffavgiften rammer all bilkjøring, bompenger rammer bilkjøring enkelte strekninger, mens "Peak load pricing" rammer bilkjøring på gitte tidspunkt og strekninger.

² Teorien er skrevet med utgangspunkt i fremstillingen i boken til Pindyck og Rubinfeld (Pindyck & Rubinfeld, 2007).

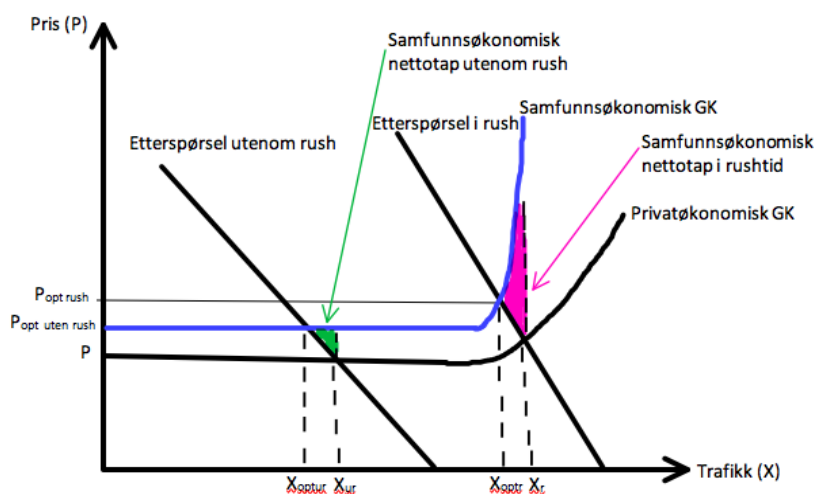
3.2.1 Drivstoffavgift

Drivstoffavgiften øker prisen på bruk av bensin- og dieslbiler og skal bidra til å begrense biltrafikken. Selv om det ikke er enkelt å måle og skattlegge de negative eksterne virkningene av bilkjøring direkte, vil avgiften i en del tilfeller være tilnærmet proporsjonale med drivstofforbruket. Streng proporsjonalitet gjelder mellom utslipp av CO₂ og drivstofforbruk. Vi vil ikke gå nærmere inn på drivstoffavgift i denne oppgaven.

3.2.3 Bompenger

Formålet med bompenger er å begrense trafikken og problemer som oppstår med bilkjøring lokalt, blant annet den lokale forurensningen. Dårlig luftkvalitet kan bidra til helseskader, særlig i de større byene med mye trafikk. Ved å pålegge bilister og betale bompenger blir de stilt overfor de eksterne kostnadene de påfører lokalsamfunnet.

Dersom det ikke kreves bompenger og alle har fri tilgang på veien, vil bilistene i henhold til konsumentteori velge å kjøre dersom deres marginale betalingsvillighet minst tilsvarer deres privatøkonomiske kostnad. Figur 1 illustrerer at den samfunnsøkonomiske grensekostnaden ligger over den privatøkonomiske grensekostnaden, ettersom denne inkluderer de eksterne kostnadene. Den privatøkonomiske tilpasningen gir en trafikkmengde X_{ur} utenom rushtid. Ved denne trafikkmengden oppstår det et samfunnsøkonomisk tap, fordi de eksterne kostnadene ikke er tatt hensyn til. Dette tapet er markert i grønn. Dersom det blir ilagt en bompengavgift vil etterspørselen reduseres og gi optimal mengde bilister, X_{opt} .



Figur 1: Privat- og samfunnsøkonomiske grensekostnad

3.2.4 Rushtidsavgift

Formålet med rushtidsavgift er å redusere køene, forbedre fremkommeligheten og på den måten skape et bedre bymiljø. Kø på en veistrekning grunnet mye trafikk er en type negativ ekstern virkning med terskelverdi. Det vil si at den negative eksterne virkningen først oppstår når man nærmer seg kapasitetsgrensen, altså når det oppstår kø. Én ekstra bilist på en vei når kapasiteten er liten bidrar til å øke reisetiden på en veistrekning, og skaper kø og forsinkelser for seg selv og andre bilister. Ulempene må svares for i form av en avgift, rushtidsavgift. En rushtidsavgift tvinger bilister til å betale for at de kjører på en vei når etterspørselen etter veien er stor. Dersom avgiften er så stor at den overstiger betalingsvilligheten til de med lavest betalingsvillighet, vil man oppnå en jevnere fordeling av trafikken og dermed bedre fremkommeligheten.

Med utgangspunkt i figur 1 ser man at den samfunnsøkonomiske grensekostnaden stiger overproporsjonalt med den privatøkonomiske grensekostnaden. Når det nærmer seg kapasitetsgrensen på en veistrekning vil trengselen stige raskt. Den privatøkonomiske tilpasningen gir en trafikkmengde X_r i rushtid. Ved denne trafikkmengden oppstår det et samfunnsøkonomisk tap, ved at de eksterne kostnadene ved trengsel ikke er tatt hensyn til. Dette tapet er markert ved det rosa arealet i figuren. Optimal samfunnsøkonomisk tilpasning tilsier en trafikkmengde X_{opt} i rushtid.

Ulik helning på konsumentenes betalingsvilje avhenger av elasticiteten i rushtid og utenom rushtid. I rushtid vil elasticiteten være lavere (brattere helning) enn utenom rushtiden (slakere helning). Årsaken til dette er at aktørene ofte kan være "tvunget" til å kjøre til og fra jobb i perioder med trengsel på veiene. Betalingsviljen vil dermed også være større. Størrelsen på trafikkreduksjonen og den samfunnsøkonomiske gevinsten avhenger av etterspørselens priselastisitet. Den samfunnsøkonomiske gevinsten i form av reduserte køer blir større jo mer elastisk etterspørselen er.

3.3 Tidligere studier av bompenger og rushtidsavgift

Litteraturen er omfattende, men vi vil her se på noen lignende studier av bompenger og rushtidsavgift som er gjennomført. Vi har valgt å se på erfaringer fra Stockholm, som var en de første byene i Europa som innførte en form for rushtidsavgift. Videre valgte vi å se på erfaringer fra Oslo, Bergen og Kristiansand, da disse byene er sammenlignbare med Nord-Jæren.

3.3.1 Stockholm

Stockholm innførte i 2006 en trengselsskatt mellom 06.30 og 18.30 i hverdager, hvor prisene varierte mellom 10 til 20 SEK, ut i fra tidspunkt og biltype. Samtidig ble det innført et forbedret kollektivtilbud. Formålet med dette var å redusere de eksterne virkningene med forurensning og køkostnader, og forsøket viste seg å ha umiddelbar effekt. Trafikken sank med 22%, samtidig som nedgangen i biltrafikk førte til en markant reduksjon i utslipp av CO₂ og NO_x (Eliasson, Hultkrantz, Nerhagen & Rosqvist, 2009, s. 242-245). Svenskene så dermed en klar sammenheng mellom økt avgift, redusert bilbruk og mindre luftforurensning. Erfaringer fra Stockholm har vært en motivasjon for flere norske byer.

3.3.2 Oslo

1.oktober 2017 ble det innført rushtidsavgift i Oslo bomring, samt at grunntakstene ble hevet basert på kjøretøy og reisetidspunkt. Endringene som ble gjennomført var at bomtakstene ble justert opp 55% i rushtiden, og 30% opp utenom rushtid (Presterud, 2018, s.13). Disse prisene gjelder fortsatt. I takstgruppe 1 er priser for bensin- og ladbar hybridbiler 54 kr i rushtid og 44kr utenom rushtid. For dieslbiler er det 59kr i rushtid og 49kr utenom rushtid. I takstgruppe 2 er pris i rushtid 132kr for Euro VI og 193kr for Euro V og eldre. Utenom rushtid er det 102 kr for Euro VI og 163 kr for EuroV og eldre (Fjellinjen, u.å). Bompasseringstall for oktober til desember 2017 viser en trafikknedgang på 5% for normale yrkesdøgn dersom man sammenligner tallene med september 2017. I rushtiden har det vært en nedgang på 5,4% og utenom rushtid har det vært en nedgang på 4,8% i samme periode (Presterud, 2018, s.12-13).

3.3.3 Bergen

Rushtidsavgift ble innført i Bergen med virkning fra 1. februar 2016. Før dette hadde bompengetakstene i Bergen en flat prisstruktur på 25 og 50 kr for henholdsvis lette og tunge kjøretøy. Endringene som ble gjennomført var at bomtakstene ble justert opp 80% i rushtid, og 24% ned utenom rushtid, i helger og på helligdager. Dette innebar en pris på 45 kr i rushtid og 19 kr utenom rushtid for lette kjøretøy. For tunge kjøretøy var prisen 90 kr i rushtid og 38 kr utenom (Presterud, 2016, s. 3). Reduksjonen i rushtid viste seg å være størst de tre månedene etter innføringen. Totalt over døgnet var reduksjonen relativt stabil det første året. I rushtid var det en nedgang på 14,0% i normale yrkesdøgn. Utenfor rushtid var trafikkvolumet mer eller mindre uforandret, med bare -0,4%. Dette resulterte i en reduksjon på 5,4% totalt for et normalt yrkesdøgn (Presterud, 2018, s. 12-13).

Effektene av rushtidsavgiften ble også studert av Thorvaldsen (2017), hvor hun fant at flere valgte å kjøre rett før og rett etter rushtidsavgiften startet og sluttet. Samtidig var andelen trafikk i rushtidstoppen uendret. Denne effekten hadde hun mulighet til å undersøke da hun hadde data på femten-minutters nivå.

3.3.4 Kristiansand

Rushtidsavgift ble innført i Kristiansand i 2013. Før dette hadde bompengetakstene en flat prisstruktur på 21 kr. Endringen var at prisen i rushtid ble satt til 21 kr for lette kjøretøy og 42 kr for tunge kjøretøy. Prisen utenom rushtid ble redusert til 14 kr for lette kjøretøy og 28 kr for tunge kjøretøy (Nye Kristiansand Bompengeselskap AS, u.å.). Effekten av dette ble testet av Thorvaldsen (2017) i perioden september 2012 til og med august 2014. Hun fant at rushtidsavgiften ikke hadde hatt effekt i Kristiansand. Studier av effekten av bompenger i Kristiansand har vi ikke lyktes å finne.

4 Datamateriale

4.1 Datakilder

I arbeidet med denne oppgaven har vi hatt to tilgjengelige datakilder; Statens Vegvesen og Ferde, hvor sistnevnte er det regionale bompengeselskapet på Sør- og Vestlandet (Ferde, u.å.). Statens Vegvesen har fylkesvis oversikt over alle trafikkregistreringspunkt med årsdøgntrafikk og månedsdøgntrafikk fra 2002. På deres nettsider presenteres bearbejdede trafikkdata på timesnivå, som fra januar 2019 ble offentlig tilgjengelige.³ Alle data vi har brukt i denne oppgaven kan dermed etterprøves.

Ferde kunne bistå med tellinger på trafikken gjennom bomstasjonene hvert 15. minutt. Ulempen var at tellingene startet ved innføringen av de nye bomstasjonene 1.oktober, og vi kunne dermed ikke analysere den eventuelle endringen i trafikkvolumet og trafikkmønsteret. Ferdens data kunne blitt brukt for å få en bedre analyse av trafikkmønsteret med rushtidsavgift og etter rushtidsavgiften ble avviklet. Disse dataene var imidlertid ikke klar når vi startet på vår oppgave, men kan være aktuelt å se på ved et senere tidspunkt. På bakgrunn av dette valgte vi å utelukkende bruke datasettet fra Statens Vegvesen.

4.2 Paneldata

For å kunne besvare problemstillingen, ønsket vi å undersøke passeringer gjennom utvalgte trafikkregistreringspunkt over tid. Paneldata kjennetegnes som en kombinasjon av tidsseriedata og tverrsnittdata. Statens Vegvesen har samlet inn data fra samme utvalg (bestemte trafikkregistreringspunkt) over flere tidspunkt, og våre data kan derfor kategoriseres som paneldata. På denne måten vil vi kunne si noe om endring på aggregatnivå, som er det vi trenger for å besvare problemstillingen. I analysen valgte vi å operere med gjennomsnittstall, og måten vi har aggregert dataene på fjerner dermed tidsdimensjonen. Vi står da igjen med tverrsnittseffekten av dataene.

³ Dataene brukt i denne oppgaven kan lastes ned fra: <https://www.vegvesen.no/trafikkdata/start/eksport>

4.3 Utvalgsstørrelse

Utvalgsstørrelsen bestemmes av hvor lang tidsperiode vi har tatt for oss og hvilket tidsintervall vi har valgt å undersøke. En mulighet kunne vært å sammenligne oktober, november og januar med tilsvarende måneder året før for å ta hensyn til sesongvariasjon. Vårt ønske var å analysere den umiddelbare effekten som bompenger og rushtidsavgift har hatt på trafikkvolum og trafikkmønster. På bakgrunn av dette valgte vi å sammenligne september med oktober og november, samt januar. Det vil si én måned før innføring med tre måneder etter innføring. Ved å sammenligne med året før ville vi ikke fått frem denne effekten da vi vet at mye kan endres på et år, eksempelvis bilisters økonomi og miljøbevissthet.

Bakgrunnen for at vi valgte å sammenligne med kun én måned før innføringen var fordi månedene før september er måneder med sommerferie, og antall bilpasseringer og trafikkmønster trolig var påvirket av dette. Desember ble ekskludert fra datasettet da denne måneden består av flere helligdager. Videre ble rushtidsavgiften avvirket 10. desember, og vi sto da igjen med kun fem dager. 1. januar ble slettet fra datasettet da 1. nyttårsdag avvirket stort fra vanlig hverdagstrafikk. Vi valgte også å ekskludere helgedager i alle månedene da det er andre faktorer som driver trafikken i helgene, samtidig som det ikke er rushtidsavgift lørdager og søndager.

Vi ønsket å analysere volumnedgang og endring i trafikkmønster. For å analysere volumnedgang valgte vi å se på klokkeslettene mellom 05.00 og 21.00. Timene 21.00-05.00 ble dermed ekskludert fra datasettet. Dette begrunnes av at det er tynn trafikk i dette tidsrommet, og vår analyse baseres på hverdagstrafikk. For å analysere endring i trafikkmønster valgte vi å kun inkludere timene med rushtidsavgift, samt én time før og etter morgen- og ettermiddagsrushet. Resterende timer ble ekskludert på bakgrunn av at vi ønsket å studere den isolerte effekten av rushtidsavgiften og ville unngå "støy" fra timene midt på dagen. Analysen av volumnedgang inkluderer månedene september, oktober og november. Analysene av trafikkmønster inkluderer månedene september, oktober, november og januar, avhengig av hvilken situasjon vi ønsket å analysere.

4.4 Utvalgte trafikkregistreringspunkt

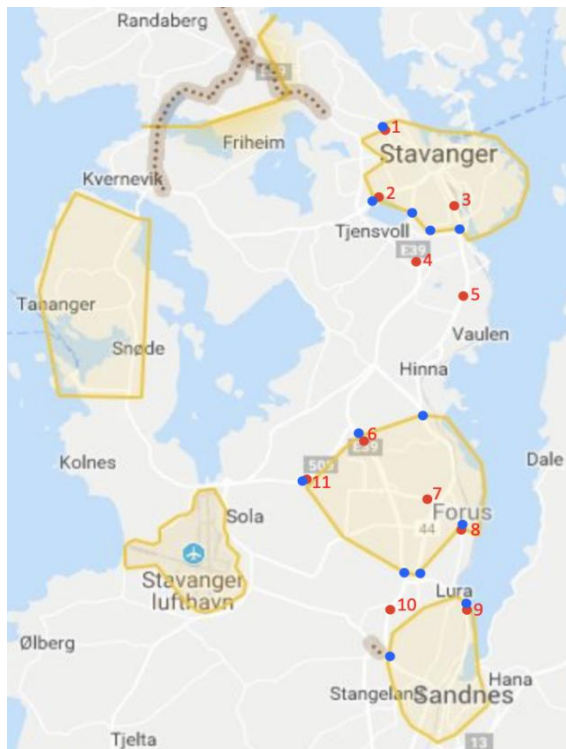
Statens Vegvesen samler inn trafikkdata fra trafikkregistreringspunktene på tre ulike nivåer (Statens Vegvesen, u.å.b). Ettersom vi ønsket å ha tellinger på det høyeste nivået (timesnivå), var vi kun interessert i trafikkregistreringspunkt med kontinuerlig registreringsnivå (nivå 1). I utvelgelsen av trafikkregistreringspunkt ble dette en viktig forutsetning.

De utvalgte trafikkregistreringspunktene ligger ved eller i nærheten av en bomstasjon, slik at bilistene med stor sannsynlighet vil passere en bomstasjon dersom man passerer trafikkregistreringspunktet. Bomringene er konstruert slik at det ikke skal være mulig å lure seg unna bomstasjonen ved å kjøre andre veier. Det finnes dog tre "smutthull" hvor det er mulig å lure seg unna bompenger. Disse tre veiene er imidlertid merket med "innkjøring forbudt", og politiet opplyser om at de har kontroller med ujevne mellomrom (Fossmo, 2018). Dette gjør at det i stor grad er samsvar mellom trafikkregistreringspunkt og bomstasjon.⁴

I denne oppgaven har vi valgt å fokusere på bomringene og trafikkregistreringspunktene som ligger i de største bolig- og arbeidsområdene på Nord-Jæren. Vi avgrenset oss til å analysere sentrale trafikkregistreringspunkt som ligger i og rundt Stavanger bomring (11 bomstasjoner), Forus bomring (10 bomstasjoner) og Sandnes bomring (10 bomstasjoner) (Ferde, 2018). Disse tre bomringene er vist til høyre i figuren under, og er lokalisert i både Stavanger, Sandnes og Sola kommune. Årsaken til utvelgelsen er at mange ferdes til og fra disse områdene i morgenrushet og ettermiddagsrushet. Store deler av næringsvirksomheten på Nord-Jæren er lokalisert på Forus, som til sammen består av 40 000 arbeidsplasser (Forusvisjonen, 2019). Videre har vi inkludert sentrale trafikkregistreringspunkt rundt Stavanger og Sandnes, samt trafikk til Stavanger Lufthavn, Sola.

Figuren under viser bomringene på Nord-Jæren markert i gult. Våre utvalgte trafikkregistreringspunkt er markert med røde prikker og tall. Bomstasjoner som ligger i nærheten av våre trafikkregistreringspunkt er markert i blått. Markeringene i rødt og blått er tegnet inn selv.

⁴ En nærmere beskrivelse av trafikkregistreringspunktene og begrunnelse for valgene ligger vedlagt i vedlegg 2.

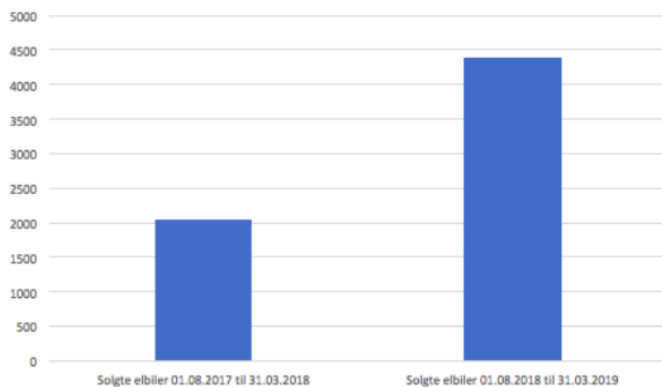


Figur 2 : Oversikt over bomringer og utvalgte trafikkregistreringspunkt (Bymiljøpakken, u.å.a.)

Vi mener trafikkregistreringspunktene vi har analysert vil gi et godt bilde på eventuelle virkninger som bompenger og rushtidsavgift har hatt på Nord-Jæren. De større veiene med mye trafikk, store arbeids- og boligområder samt andre sentrale veier og områder er inkludert. Vi tar dermed utgangspunkt i at en eventuell nedgang i trafikk og endring i trafikkmønster er representativt for de andre veiene på Nord-Jæren, som ikke er inkludert i denne analysen.

4.5 Trafikkdataene

En egenskap ved datasettet fra Statens Vegvesen er at trafikkregistreringspunktene teller alle forbipasserende biler, også elbiler som ikke betaler avgift (Bymiljøpakken, u.å.b). Statistikk fra Ferde bompengeselskap er blitt presentert i Stavanger Aftenblad, og viser at hver åttende bil gjennom bomringen er en elbil (Fosse, 2018b). Avdelingssjef for statistikk i Opplysningsrådet for veitrafikk, Pål Bruhn, har gitt oss tall på antall solgte elbiler på Nord-Jæren i perioden 01.08.2018 til 31.03.2019 og i samme periode året før. Dette er vist i grafen nedenfor. Ut fra dette kan vi se at det har vært mer enn en dobling av solgte elbiler på Nord-Jæren. Dette betyr at andelen elbiler på Nord-Jæren er av betydelig størrelse, og kan ha betydning for vår analyse. Resultatet av effekten av bompenger og rushtidsavgift kan svekkes da elbilene ikke har incentiver til å redusere sitt kjøreforbruk. Dette kan undervurdere virkningene det har hatt på fossilbilene.



Figur 3: Solgte elbiler på Nord-Jæren.⁵

En annen egenskap med trafikkdataene er at trafikkregistreringspunktene teller kjøretøy i begge retninger. For eksempel registrerer trafikkregistreringspunktet Madlaveien biler som kjører både inn og ut av Stavanger sentrum, mens bilistene kun blir berørt av bompenger på vei inn til Stavanger sentrum. Dette vil kunne påvirke våre resultater. Imidlertid, ettersom bomringene er strategisk plassert rundt sentrale områder på Nord-Jæren, vil trolig de aller fleste bilister være påvirket av bompenger på en reise.

Et problem med datasettet var manglende data. I dialog med Statens Vegvesen ble vi gjort oppmerksom på at datasettet kan inneholde timer uten tellinger. Dette kan skyldes alt fra apparatfeil og strømfeil til trafikkuhell. I bearbeidingen av datasettet fant vi enkelttimer som manglet tellinger. Til sammen utgjorde dette 20 timer av i underkant 17 000 timer. For å hindre at dette påvirket resultatene la vi inn en gjennomsnittsverdi for de manglende timene. Dette ble gjort ved å regne ut gjennomsnittet av tellinger samme klokkeslett og ukedag i den aktuelle måneden, på det aktuelle trafikkregistreringspunktet. Dermed kan vi fastslå at eventuelle effekter på resultatene ikke er av betydning. 30. april 2019 opplyste Snorre Hansen, overingeniør i Statens Vegvesen, via mail at en stor del av dataene er av veldig god kvalitet.

⁵ Nye- og bruktbilimporterte person- og varebiler på Nord-Jæren ligger vedlagt i vedlegg 3.

5 Metode

5.1 Hypoteser

For å besvare problemstillingen definerte vi tre hypoteser. Først og fremst ønsket vi å studere om innføring av bompenger og rushtidsavgift har ført til en reduksjon i trafikkvolumet. Dette har vi formulert i hypotese 1. I hypotese 2 ville vi studere om innføring av rushtidsavgiften har endret trafikkmønsteret. Til slutt var vi i hypotese 3 interessert i å studere hvilken effekt avviklingen av rushtidsavgiften hadde på trafikkmønsteret.

For å kunne teste hypotesene våre formulerte vi både en nullhypotese (H_0) og en alternativhypotese (H_A). Nullhypotesen er en beskrivelse av en antatt virkelighet. Alternativhypotesen er en antakelse om at nullhypotesen ikke stemmer.

Hypotese 1:

H_0^1 : Innføring av bompenger og rushtidsavgift har ikke ført til endret trafikkvolum fra september til oktober og november

H_A^1 : Bompenger og rushtidsavgift har ført til reduksjon i trafikkvolum fra september til oktober og november

Hypotese 2:

H_0^2 : Innføring av rushtidsavgift har ikke ført til endret trafikkmønster fra september til oktober og november

H_A^2 : Innføring av rushtidsavgift har ført til endret trafikkmønster fra september til oktober og november

Hypotese 3:

I hypotese 3 formulerte vi to delhypoteser, 3.1 og 3.2. Dette gjorde vi for å få frem de tre ulike situasjonene med rushtidsavgiften. Delhypotese 3.1 sammenligner september med januar.

Delhypotese 3.2 sammenligner oktober og november med januar.

Hypotese 3.1:

$H_0^{3.1}$: Avviklingen av rushtidsavgift har ikke ført til endret trafikkmønster fra september til januar

$H_A^{3.1}$: Avviklingen av rushtidsavgift har ført til endret trafikkmønster fra september til januar

Hypotese 3.2:

$H_0^{3.2}$: Avviklingen av rushtidsavgift har ikke ført til endret trafikkmønster fra oktober og november til januar

$H_A^{3.2}$: Avviklingen av rushtidsavgiften har ført til endret trafikkmønster fra oktober og november til januar

Motivasjonen bak hypotese 3 var å studere hvor prissensitive bilistene på Nord-Jæren er. Dersom bilistene kun reagerer på pris vil trolig resultatet av avvikling av rushtidsavgiften bli at trafikkmønsteret i januar beveger seg i retning av situasjonen i september. Likevel kan endringer i reisevaner som følge av rushtidsavgiften gjøre at en eventuell endring i trafikkmønsteret fra september til oktober og november opprettholdes i januar. For eksempel kan konsumenter ha begynt å ta bussen, og fortsette med dette selv om rushtidsavgiften er avviklet.

Motivasjonen bak delhypotese 3.2 var å underbygge hypotese 2 og delhypotese 3.1. Dersom trafikkmønsteret endres fra september til oktober og november, og trafikkmønsteret i september og januar er likt, betyr det at det også må ha vært en endring fra oktober og november til januar.

5.2 Regresjonsanalyse⁶

For å teste hypotesene våre anvendte vi regresjonsanalyse, som forklarer hvordan en avhengig variabel kan forklares ut fra en eller flere uavhengige variabler (forklaringsvariabler). Våre analyser består av multiple regresjoner, da vi ser på sammenhengen mellom flere variabler. En multippel regresjonsligning er gitt ved:

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_nx_n + e$$

Hvor y er den avhengige variabelen, β_0 er konstantleddet, β_1 til β_n er stigningskoeffisienter og x_1 til x_n er forklaringsvariabler. Feilleddet er vist ved e . I vårt tilfelle ser vi på hvordan andel biler (avhengig variabel y) blir påvirket av ulike tider med ulike priser. I våre regresjonsligninger er forklaringsvariablene gitt ved dummyvariabler. Ettersom vi har inkludert dummyvariabler i regresjonsligningene har vi utelatt konstantleddet β_0 for å unngå multikollinearitet. Estimeringsmetoden vi brukte var Minste Kvadraters Metode (MKM).⁷

⁶ Metoden er skrevet med utgangspunkt i fremstillingen i boken til Wooldridge (Wooldridge,2016).

⁷ Estimering av regresjonen ble utført i statistikkprogrammet Gretl (Cottrell & Lucchetti, 2019).

5.2.1 Forutsetninger for regresjonsanalyse

Det finnes en rekke forutsetninger som må være oppfylt for at MKM skal gi den beste estimatoren tilgjengelig for regresjonsmodellen. Disse forutsetningene er følgende:

1. Det er lineær sammenheng mellom x og y
2. Feilleddene har forventning lik null
3. Det er ikke noen sammenheng mellom feilleddene og tilhørende x -verdi
4. Feilleddene er uavhengige av hverandre
5. Variansen til feilleddene er konstant for alle observasjoner. dvs. homoskedastisitet
6. Feilleddene er normalfordelt

Linearitet

Den første forutsetningen innebærer at sammenhengen mellom den avhengige variabelen og forklaringsvariablene er lineær. Denne forutsetningen er viktig for å unngå forventningsskjev estimater. Vi opererer med dummyvariabler, og det vil derfor ikke være noen variabler som forventes å ha kurvelineær effekt.

Feilleddene har forventning lik null

Den andre forutsetningen som sier at feilleddene har forventning lik null, tas hensyn til ved at regresjonsligningen har et konstantledd. I vår regresjonsligning vil summen av dummyvariablene utgjøre konstantleddet.

Ingen sammenheng mellom feilleddene og tilhørende x -verdi

Forutsetning tre innebærer ingen sammenheng mellom feilleddene og tilhørende x -verdi. Dermed er avhengig variabel stokastisk og årsakssammenhengen går kun i én retning; x påvirker y , altså tider med ulike priser påvirker andel biler, og ikke motsatt. Tid er dermed en eksogen variabel, mens andel biler er endogen variabel. I vår modell er dette en rimelig antakelse å ta, og forutsetningen bør dermed være oppfylt.

Feilleddene er uavhengige av hverandre

Den fjerde forutsetningen sier at feilleddene skal være uavhengig av hverandre. Brudd på denne forutsetningen kan føre til autokorrelasjon. I og med at vi har fjernet tidsdimensjonen (jf. delkap. 4.2) i våre data vil normalt ikke autokorrelasjon være et problem, og vil dermed ikke bli hensyntatt videre i analysen.

Homoskedastisitet

Forutsetning fem sier at feilleddene har konstant varians, også kalt homoskedastisitet. Brudd på denne forutsetningen tilsier at variansen til feilleddets fordeling endrer seg for hver observasjon. Dersom variansen ikke er konstant kalles det heteroskedastisitet, og MKM vil gi unøyaktige estimater på standardfeilen til koeffisientene. Dette fører til større sjanse for at de sanne betaene feilestimeres, og estimatene vil ikke lenger være effisiente. Vi testet for heteroskedastisitet i delkapittel 5.5.1.

Normalitet

Den siste forutsetningen innebærer at feilleddene er normalfordelt. Dersom noen feilledd har ekstreme verdier kan dette føre til at estimeringen av regresjonskoeffisienten blir påvirket. Slike feil skyldes ofte feil i datasettet eller at modellen har utelatt relevante forklaringsvariabler. Vi testet for normalitet i delkapittel 5.4.3.

5.3 Modellen⁸

I utarbeidelsen av modellen lagde vi dummyvariabler for klokkeslett og måned. For klokkeslett lagde vi 16 dummyvariabler ettersom vi undersøkte timene fra 06.00 til 21.00, hvor eksempelvis kl. 06.00 utgjør trafikken fra klokken 05.00-06.00. Disse kalte vi D6, D7, D8, ..., D21, og representerer de ulike tidspunktene på dagen. Hver dummyvariabel får en tilhørende betaverdi som viser hvor stor prosentandel av døgntrafikken som kjørte på dette tidspunktet. Døgntrafikken definerte vi som timene som er inkludert i de ulike analysene. Vi har multiplisert alle observasjonene med hundre, slik at de estimerte parametrene kan leses direkte som prosent av døgntrafikk.

For å teste hypotesene var det nødvendig å skille de ulike månedene fra hverandre. For å skille månedene september, oktober, november og januar, lagde vi dummyvariablene Dsept, Dokt, Dnov og Djan. For å skille klokkeslett i de ulike månedene lagde vi også dummyvariabler som koblet

⁸ Arbeidet med modellen ble utført i Excel og statistikkprogrammet Gretl.

tidspunktene til de riktige månedene. Eksempelvis lagde vi dummyvariabelen $D_6^*(D_{okt} + D_{nov})$ som vi kalte D_6^{oktnov} , og viser til månedene oktober og november klokken 06.00 med bompenger og rushtidsavgift.

En oversikt vises i tabellen under.

D_{sep}	Tidspunktene i september uten bompenger og rushtidsavgift
D_{oktnov}	Tidspunktene i oktober og november med bompenger og rushtidsavgift
D_{jan}	Tidspunktene i januar med bompenger, men uten rushtidsavgift

Tabell 3: Forklaring av dummyvariabler

5.3.1 Hypotese 1 - Modell

I hypotese 1 testet vi om trafikkvolumet har blitt redusert som følge av innføringen av bompenger og rushtidsavgift. De analyserte månedene inneholder et ulikt antall dager, i tillegg til at trafikkmengden er ulik på trafikkregistreringspunktene. For å få frem en eventuell volumnedgang utarbeidet vi en variabel a , som viser passeringer på et gitt klokkeslett som andel av gjennomsnittlig døgnetrafikk per trafikkregistreringspunkt for alle måneder. Avhengig variabel y vil bli uttrykt som a i hypotese 1. Vi definerte en brøk " a_{isk} ".⁹ Avhengig variabel y vil bli uttrykt som a_{isk} i hypotese 1.

$$\frac{\sum_j X_{ijsk} / \text{antall dager i måned}}{\sum_i \sum_j \sum_k X_{ijsk} / \text{antall dager totalt}} * 100 = a_{isk}$$

hvor:

i = tid på døgnet

j = dager i en måned

s = trafikkregistreringspunkt

k = måned

⁹ For videre beskrivelse og eksempel av a_{isk} vises det til vedlegg 4.

a_{isk} er dermed den prosentvise andelen av trafikken som passerte i en gitt time målt som andel av gjennomsnittlig trafikkvolum i alle månedene.

$$\sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^{16} a_{isk} \approx 300$$

Dersom trafikkvolumet er uendret fra september til oktober og november vil a_{isk} summere seg til hundre i alle tre måneder. Dersom det har vært en volumnedgang vil a_{isk} summere seg over hundre i september og under hundre i oktober og november:

$$\sum_{i=1}^{16} a_{i,s,sept} \geq 100$$

$$\sum_{i=1}^{16} a_{i,s,okt\ og\ nov} \leq 100$$

Modellen med restriksjoner for hypotese 1 ble dermed:

$$a_{isk} = \beta_6 * D_6 + \dots + \beta_{21} * D_{21} + e_{isk}$$

Betaverdiene i regresjonsligningen med restriksjoner vil summere seg til 100:

$$\sum_{i=1}^{16} \beta_i = 100$$

Regresjonsligningen uten restriksjoner for hypotese 1 ble slik:

$$a_{isk} = \beta_6^{1*} D_{6sep} + \dots + \beta_{21}^{1*} D_{21sep} + \beta_6^{2*} D_{6oktnov} + \dots + \beta_{21}^{2*} D_{21oktnov} + e_{isk}$$

Hvor de første 16 betaene (β_6^1 til β_{21}^1) er gjennomsnittlig døgntrafikk for de ulike tidspunkt i september, mens de siste 16 betaene (β_6^2 til β_{21}^2) er gjennomsnittlig døgntrafikk i oktober og november. Dermed utgjør β_i^1 før innføringen av bompenger og rushtidsavgift, og β_i^2 er etter innføringen. Forskjellen på regresjonsligningen med og uten restriksjoner er at i førstnevnte tvinges betaverdiene til å være like. I regresjonsligningen uten restriksjoner gjør de ikke det, slik at $\beta_i^1 \neq \beta_i^2$.

For å få frem en eventuell nedgang i trafikkvolum definerte vi en restriksjon. Nullhypotesen sier at summen av betaverdiene for oktober og november er lik hundre, dvs. ingen volumnedgang. Alternativhypotesen sier at betaverdiene summerer seg til mindre enn hundre, dvs. volumnedgang.

H_0 :

$$\sum_{i=1}^{16} \beta_i^2 = 100$$

H_A :

$$\sum_{i=1}^{16} \beta_i^2 < 100$$

5.3.2 Hypotese 2 og 3 - Modell

I hypotese 2 og 3 testet vi om innføringen og avviklingen av rushtidsavgiften har ført til endret trafikkmønster. Her har vi inkludert tidspunktene for morgenrushet og ettermiddagsrushet, samt én time før og én time etter. For å rendyrke trafikkmønsteret uten volumeffekten redefinerte vi den avhengige variabelen. Vi definerte en brøk "b_{isk}", som viser andel passeringer på et tidspunkt som andel av totale passeringer den aktuelle måned og trafikkregistreringspunkt.¹⁰ Dermed har vi renset dataene for volumeffektene. Den avhengige variabelen y er uttrykt ved b_{isk} i hypotese 2 og 3.

$$\frac{\sum_j X_{ijsk}}{\sum_i \sum_j X_{ijsk}} * 100 = b_{isk}$$

hvor:

i = tid på døgnet

j = dager i en måned

s = trafikkregistreringspunkt

k = måned

¹⁰ For videre beskrivelse og eksempel av b_{isk} vises det til vedlegg 4.

Av måten vi definerte b på gjelder følgende:

$$\sum_{i=1}^8 b_{isk} = 100 \text{ for hver måned}$$

Forskjellen mellom b_{isk} og a_{isk} er at b_{isk} er en andel av total døgntrafikk den aktuelle måned, mens a_{isk} er en andel av gjennomsnittlig døgntrafikk for alle måneder.

Regresjonsligningen med restriksjoner for hypotese 2 og 3, som tester rushtidsavgiften, er gitt ved:

$$b_{isk} = \beta_7 * D_7 + \dots + \beta_{10} * D_{10} + \beta_{15} * D_{15} + \dots + \beta_{18} * D_{18} + e_{isk}$$

Modellen med restriksjoner for hypotese 2 og 3 vil summere seg til 100:

$$\sum_{i=1}^8 \beta_i = 100$$

Regresjonsligningen uten restriksjoner for hypotese 2 ble slik:

$$b_{isk} = \beta_7^1 * D_{7sep} + \dots + \beta_{10}^1 * D_{10sep} + \beta_{15}^1 * D_{15sep} + \dots + \beta_{18}^1 * D_{18sep} + \beta_7^2 * B_{7oktnov} + \dots + \beta_{10}^2 * D_{10oktnov} + \beta_{15}^2 * D_{15oktnov} + \dots + \beta_{18}^2 * D_{18oktnov} + e_{isk}$$

Her utgjør β_i^1 før innføringen av bompenger og rushtidsavgift (september) og β_i^2 er etter innføringen (oktober og november).

$$\sum_{i=1}^8 \beta_i^1 = 100 \text{ per definisjon for hver måned}$$

$$\sum_{i=1}^8 \beta_i^2 = 100 \text{ per definisjon for hver måned}$$

Nullhypotesen sier at betaverdiene for september og oktober og november er like, dvs. ingen endring i trafikkmønsteret fra september til oktober og november. Alternativhypotesen sier at ikke alle betaverdiene er like, dvs. endring i trafikkmønsteret.

$$H_0: \beta_7^1 = \beta_7^2, \beta_8^1 = \beta_8^2, \beta_9^1 = \beta_9^2, \beta_{10}^1 = \beta_{10}^2, \beta_{15}^1 = \beta_{15}^2, \beta_{16}^1 = \beta_{16}^2, \beta_{17}^1 = \beta_{17}^2, \beta_{18}^1 = \beta_{18}^2$$

H_A : Ikke alle er like

I hypotese 3 testet vi effekten av avviklingen av rushtidsavgiften. Delhypotese 3.1 tester september mot januar, mens delhypotese 3.2 tester oktober og november mot januar.

Regresjonsligningen uten restriksjoner for hypotese 3.1 ble slik:

$$b_{isk} = \beta_7^1 * D_{7sep} + \dots + \beta_{10}^1 * D_{10sep} + \beta_{15}^1 * D_{15sep} + \dots + \beta_{18}^1 * D_{18sep} + \beta_7^2 * D_{7jan} + \dots + \beta_{10}^2 * D_{10jan} + \beta_{15}^2 * D_{15jan} + \dots + \beta_{18}^2 * D_{18jan} + e_{isk}$$

Her utgjør β_i^1 før innføringen av bompenger og rushtidsavgift (september), og β_i^2 etter avviklingen av rushtidsavgift (januar).

$$\sum_{i=1}^8 \beta_i^1 = 100 \text{ per definisjon for hver måned}$$

$$\sum_{i=1}^8 \beta_i^2 = 100 \text{ per definisjon for hver måned}$$

Nullhypotesen sier at betaverdiene for september og januar er like, dvs. ingen endring i trafikkmønsteret fra september til januar. Alternativhypotesen sier at ikke alle betaverdiene for september og januar er like dvs. endring i trafikkmønsteret.

$$H_0: \beta_7^1 = \beta_7^2, \beta_8^1 = \beta_8^2, \beta_9^1 = \beta_9^2, \beta_{10}^1 = \beta_{10}^2, \beta_{15}^1 = \beta_{15}^2, \beta_{16}^1 = \beta_{16}^2, \beta_{17}^1 = \beta_{17}^2, \beta_{18}^1 = \beta_{18}^2$$

H_A : Ikke alle er like

Regresjonsligningen uten restriksjoner for hypotese 3.2 ble slik:

$$b_{isk} = \beta_7^1 * D_{7oktnov} + \dots + \beta_{10}^1 * D_{10oktnov} + \beta_{15}^1 * D_{15oktnov} + \dots + \beta_{18}^1 * D_{18oktnov} + \beta_7^2 * D_{7jan} + \dots + \beta_{10}^2 * D_{10jan} + \beta_{15}^2 * D_{15jan} + \dots + \beta_{18}^2 * D_{18jan} + e_{isk}$$

Her utgjør β_i^1 etter innføringen av bompenger og rushtidsavgift (oktober og november), og β_i^2 etter avviklingen av rushtidsavgift (januar).

$$\sum_{i=1}^8 \beta_i^1 = 100 \text{ per definisjon for hver måned}$$

$$\sum_{i=1}^8 \beta_i^2 = 100 \text{ per definisjon for hver måned}$$

Nullhypotesen sier at betaverdiene for oktober og november og januar er like, dvs. ingen endring i trafikkmønsteret fra oktober og november til januar. Alternativhypotesen sier at ikke alle betaverdiene for oktober og november og januar er like, dvs. endring i trafikkmønsteret.

$$H_0: \beta_7^1 = \beta_7^2, \beta_8^1 = \beta_8^2, \beta_9^1 = \beta_9^2, \beta_{10}^1 = \beta_{10}^2, \beta_{15}^1 = \beta_{15}^2, \beta_{16}^1 = \beta_{16}^2, \beta_{17}^1 = \beta_{17}^2, \beta_{18}^1 = \beta_{18}^2$$

H_A : Ikke alle er like

5.4 Hypotesetesting

5.4.1 F-test

Ved testing av regresjonen utførte vi en F-test og fikk en F-verdi og p-verdi.¹¹ Dersom p-verdien er under en forhåndsbestemt verdi kan man forkaste nullhypotesen og konkludere med at resultatet er statistisk signifikant og alternativhypotesen stemmer. Vår forhåndsbestemte verdi, signifikansnivået, ble satt til 5%.

5.4.2 Test av heteroskedastisitet

For å teste for heteroskedastisitet benyttet vi Breusch-Pagan test. Denne testen utføres på nullhypotesen H_0 : konstant varians. Det kom frem av testen en p-verdi som var lavere enn 5% for samtlige hypoteser, noe som bekreftet at modellen inneholdt heteroskedastisitet i feilleddene.¹² For å likevel oppnå statistiske valide tolkninger av standardavvikene, benyttet vi Gretl sine robuste standardavvik. Problemet med heteroskedastisitet er likevel ikke spesielt kritisk da vi har et høyt antall observasjoner på i underkant av 17 000. F- testen vil dermed være gyldig.

5.4.3 Test av normalitet

Vi testet for normalitet ved hjelp av Normality of residual test. Ut fra figurene i vedlegg 5 kan vi se at noen uteliggere har for høy innflytelse og noen har for høy absoluttverdi på feilleddene.¹³ Normalitet er en viktig forutsetning i forbindelse med hypotesetesting, da testing ved små utvalg vil være ugyldig dersom ikke forutsetningen er oppfylt. Dette er imidlertid ikke tilfelle i vår analyse da vi har et stort utvalg. Vi sjekket likevel om det fantes eventuelle observasjoner i datasettet med ekstremverdier. Vi fant at noen av trafikkregistreringspunktene har svært forskjellig trafikkvolum og -mønster. Dette gjaldt særlig de små trafikkregistreringspunktene som har mer markert trafikkmonster enn de større trafikkregistreringspunktene. Dermed kan det tenkes at de mindre trafikkregistreringspunktene med mer markert trafikkmonster er grunnen til de høye toppene.

¹¹ Statistikkprogrammet Gretl gir oss verdiene direkte.

¹² Resultater fra Breusch-Pagan test er vedlagt i vedlegg 5.

¹³ Resultat fra Normality of residual test ligger vedlagt i vedlegg 5.

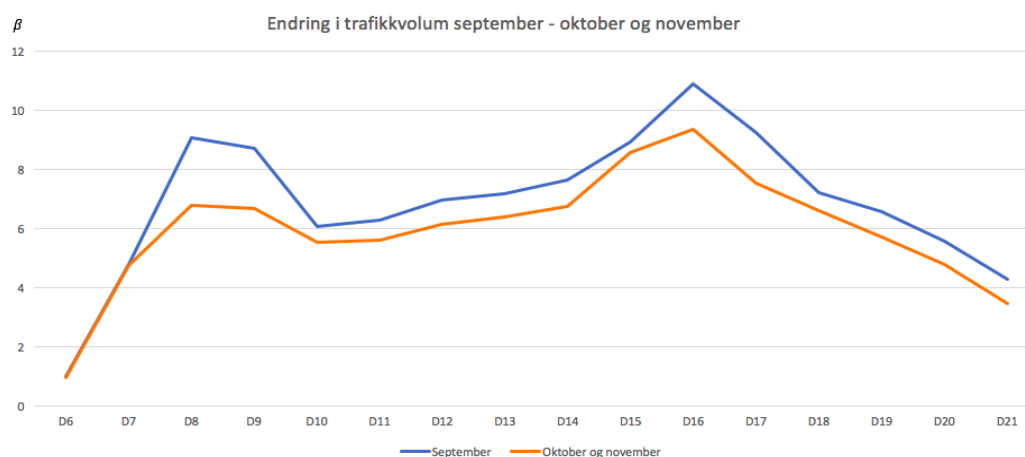
6 Resultater¹⁴

I dette kapittelet presenteres resultatene av regresjonsanalysene.

6.1 Hypotese 1 - Resultater¹⁵

Betakoeffisientene i “restricted” viser hvor mange prosent av gjennomsnittlig døgntrafikk som kjørte på det aktuelle tidspunkt. Eksempelvis kan vi se at det i snitt var 7,53% som kjørte mellom kl. 07.00 og 08.00 i alle måneder. Betakoeffisientene i “unrestricted” viser gjennomsnittlig døgntrafikk i september, samt oktober og november. Eksempelvis kan vi se at det kjørte 9,04% mellom kl. 07.00 og 08.00 i september, mens på samme tidspunkt i oktober og november var det redusert til 6,77%.

Figur 4 illustrerer nedgangen i trafikkvolum. X-aksen viser dummyvariablene for de ulike klokkeslett, mens Y-aksen viser de tilhørende β -verdiene (kan leses som prosent), altså koeffisientene foran variablene i regresjonsligningen.

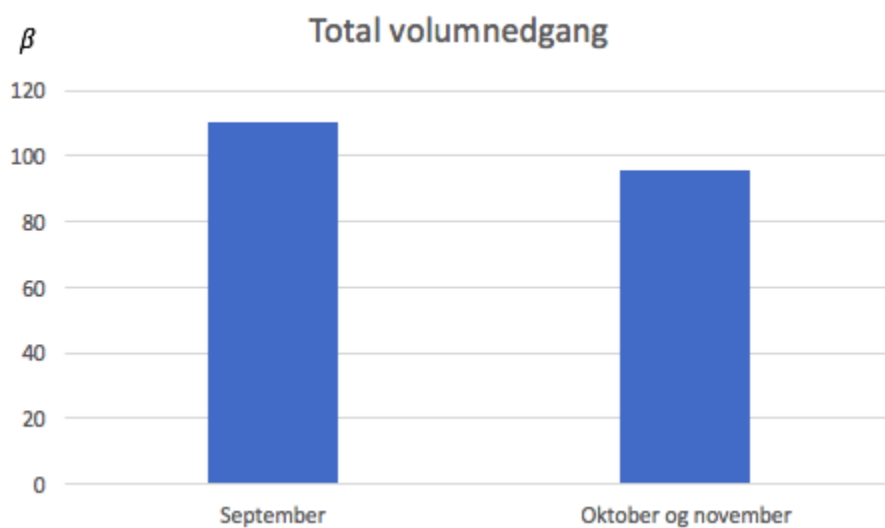


Figur 4: Resultat hypotese 1 - Volumnedgang september til oktober og november

¹⁴ Ved å gjennomføre en regresjonsanalyse med MKM på de ulike hypotesene fikk vi ut koeffisientene (β -verdiene), samt standardavviket.

¹⁵ Resultatene fra hypotese 1 er vedlagt i vedlegg 6.

I figur 4 kan vi se en reduksjon i trafikkvolum på samtlige klokkeslett fra september til oktober og november, med en større reduksjon i rushtiden. Når vi ser på volumeffekter er det imidlertid vesentlig å se på summen av betaverdiene. Figur 5 viser at i september summeres betaverdiene til 110,24 , mens i oktober og november summeres betaverdiene til 95,53.



Figur 5: Total volumnedgang fra september til oktober og november

Med utgangspunkt i betaverdiene regnet vi ut total volumnedgang, samt volumnedgang i og utenom rushtid, som vist i tabellen under.

Volumnedgang totalt i oktober og november	13,35%
Volumnedgang i rushtiden (oktober og november)	19,97%
Volumnedgang utenom rushtiden (oktober og november)	9,87%

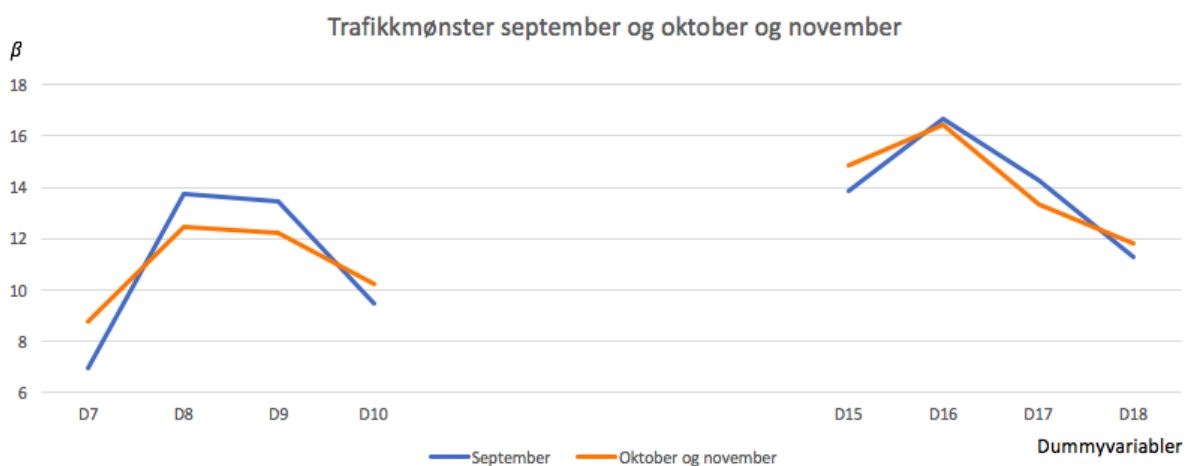
Tabell 4: Volumnedgang på Nord-Jæren

Analysen av hypotese 1 ga en F-verdi på 17,2345 og p-verdi på $3,88901 \cdot 10^{-5}$ som gjør at vi kan forkaste H_0 på 5% signifikansnivå. Resultatet ble at bompenger og rushtidsavgift har ført til en reduksjon i trafikkvolumet.

6.2 Hypotese 2 - Resultater¹⁶

Betakoeffisientene i “restricted” viser at i morgenrushet kjørte det i snitt 25,48% , mens i ettermiddagsrushet 30,15% i alle måneder. Betakoeffisientene i “unrestricted” viser at rushtidsavgiften fører til mindre trafikk i rushtiden. I september kjørte det i snitt 27,17% i morgenrushet og 30,97% i ettermiddagsrushet av total døgntrafikk i september. Trafikken i disse tidsrommene er høyere enn i timene rundt. I oktober og november ser vi en nedgang i trafikken i rushtiden, samtidig som vi ser en økning i trafikken i timene før og etter. I oktober og november kjørte det i snitt 24,68% i morgenrushet og 29,76% i ettermiddagsrushet. Dette viser en nedgang på henholdsvis 2,57%-poeng og 1,3%-poeng. I timen før og etter morgenrushet har trafikken økt med henholdsvis 1,8%- og 0,76%-poeng. I timen før og etter ettermiddagsrushet har trafikken økt med henholdsvis 0,96%- og 0,45%-poeng.

Figur 6 illustrerer endring i trafikkmønster. X-aksen viser dummyvariabler for de ulike klokkeslett, mens Y-aksen viser de tilhørende β -verdiene, altså koeffisientene foran variablene i regresjonsligningen.



Figur 6: Resultat hypotese 2 - Trafikkmønster september til oktober og november

Figur 6 illustrerer at i september er det flere som kjører i rushtid, særlig i morgenrushet. Videre kommer det frem at i oktober og november er det flere som kjører i timene før og etter rushtidsperiodene. Utslagene er sannsynligvis et resultat av at bilister som tidligere passerte bomringen i rushtidsperioden nå har valgt å flytte reisen for å unngå avgiften. I ettermiddagsrushet kan man se at det ikke har vært noen særlig endring i rushtidstoppen. Dette kan ha sammenheng

¹⁶ Resultatene fra hypotese 2 er vedlagt i vedlegg 7.

med at man kun betaler bompenger én vei. Det betyr at bilister som allerede har passert bomringen på vei til jobb, sannsynligvis ikke ville måtte betale på vei hjem fra jobb. De vil dermed ikke tilpasse seg ettermiddagsrushet på lik måte som morgenrushet.

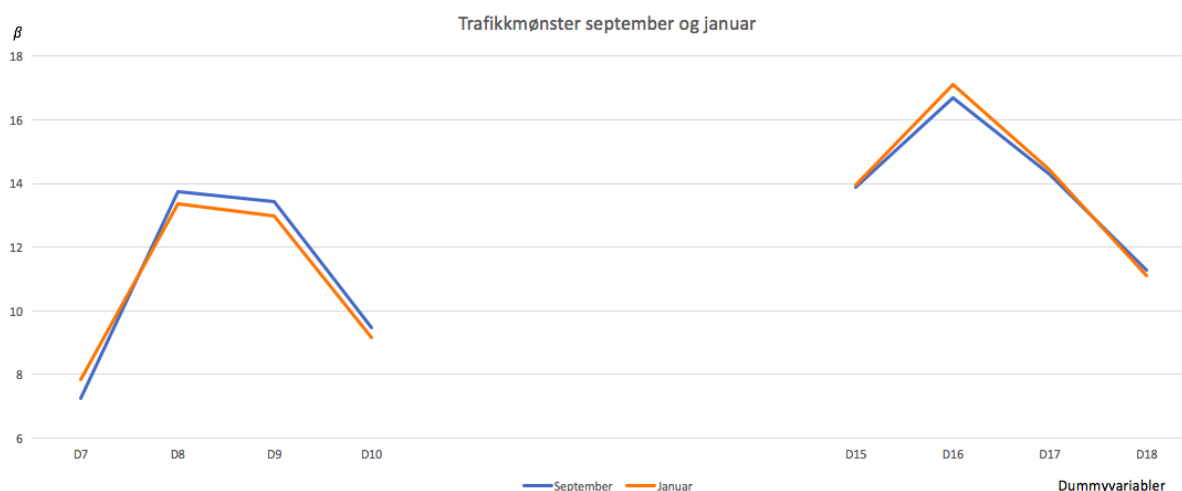
Analysen av hypotese 2 ga en F- verdi på 2,26924 og p-verdi på 0,0233563, og vi kan forkaste H_0 på 5% signifikansnivå. Resultatet ble dermed at innføringen av rushtidsavgiften har endret trafikkmønsteret.

6.3 Hypotese 3 - Resultater

6.3.1 Resultater hypotese 3.1¹⁷

Betakoeffisientene i “restricted” viser at i morgenrushet kjørte det i snitt 26,88%, mens i ettermiddagsrushet 31,18% i månedene september og januar. Betakoeffisientene i “unrestricted” viser at i september kjørte det i snitt 27,17% i morgenrushet og 30,97% i ettermiddagsrushet av total døgnetrafikk i september. I januar var det redusert til 26,59% i morgenrushet og økt til 31,39% i ettermiddagsrushet. Tilsvarende har endringen vært liten på resterende tidspunkt.

Figur 7 illustrerer trafikkmønsteret i september og januar. X-aksen viser dummyvariabler for de ulike klokkeslett, mens Y-aksen viser de tilhørende β -verdiene, altså koeffisientene foran variablene i regresjonsligningen.



Figur 7: Resultat hypotese 3.1 - Trafikkmønster i september og januar

¹⁷ Resultatene fra hypotese 3.1 er vedlagt i vedlegg 8.

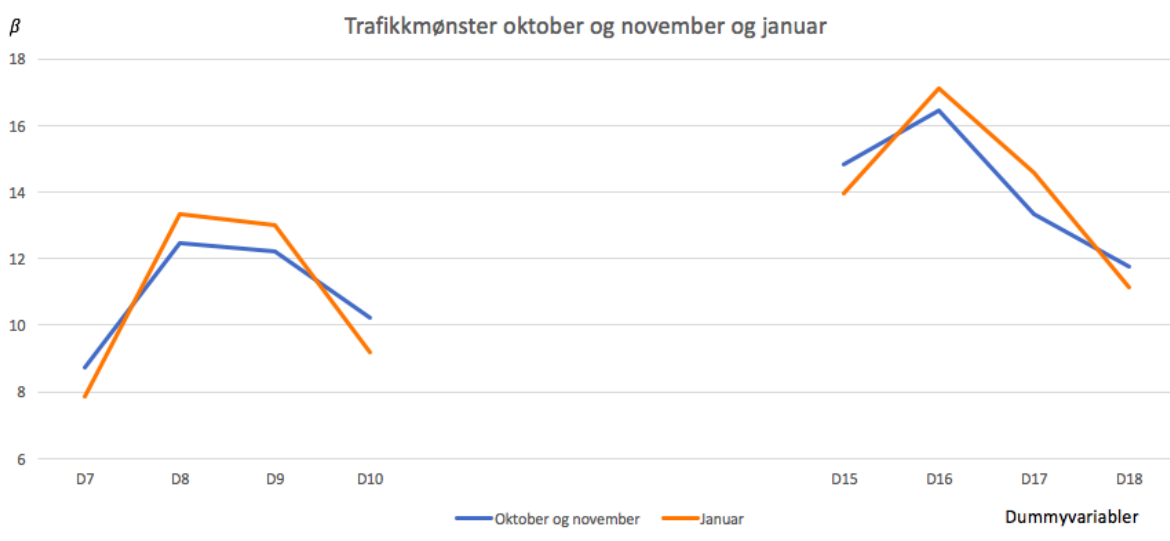
Figur 7 viser at endringen i trafikkmønster fra september til januar har vært marginal, og at bilistene på Nord-Jæren reverserer tilpasningene vi observerte i hypotese 2. Dette tyder på at bilistene er prissensitive og ikke har tilegnet seg nye vaner.

Analysen av hypotese 3.1 ga en F-verdi på 0,211591 og p-verdi på 0,988533. Det betyr at H_0 må beholdes på 5% signifikansnivå. Resultatet ble at avviklingen av rushtidsavgiften har ført til samme trafikkmønster som september.

6.3.2 Resultater fra hypotese 3.2¹⁸

Betakoeffisientene i "restricted" viser at i morgenrushet kjørte det i snitt 25,32%, mens i ettermiddagsrushet 30,3% i oktober, november og januar. Betakoeffisientene i "unrestricted" viser at i oktober og november kjørte det i snitt 24,68% i morgenrushet og 29,76% i ettermiddagsrushet av total døgnetrafikk i oktober og november. I januar ble trafikken økt til 26,59% i morgenrushet og til 31,39% i ettermiddagsrushet. Videre viser betakoeffisientene en nedgang fra oktober og november til januar for timene før og etter rushtid.

Figur 8 illustrerer trafikkmønsteret i oktober og november og januar. X-aksen viser dummyvariabler for de ulike klokkeslett, mens Y-aksen viser de tilhørende β -verdiene, altså koeffisientene foran variablene i regresjonsligningen.



Figur 8: Resultat fra hypotese 3.2 - Trafikkmønster i oktober og november og januar

¹⁸ Resultatene fra hypotese 3.2 er vedlagt i vedlegg 9.

Ved å betrakte figur 8 ser vi at trafikkmønsteret for de to månedene er ulikt. Avviklingen av rushtidsavgiften har ført til at flere velger å kjøre i rushtid, og færre i timene før og etter rushtid.

Analysen av hypotese 3.2 ga en F-verdi på 1,80861 og p-verdi på 0,0759337, hvilket innebærer at H_0 må beholdes på 5% signifikansnivå. Dermed ble resultatet at trafikkmønsteret ikke er endret fra oktober og november til januar. H_0 kan derimot forkastes på 10% signifikansnivå, da det kun er 7,59% sjanse for å feilaktig forkaste H_0 .

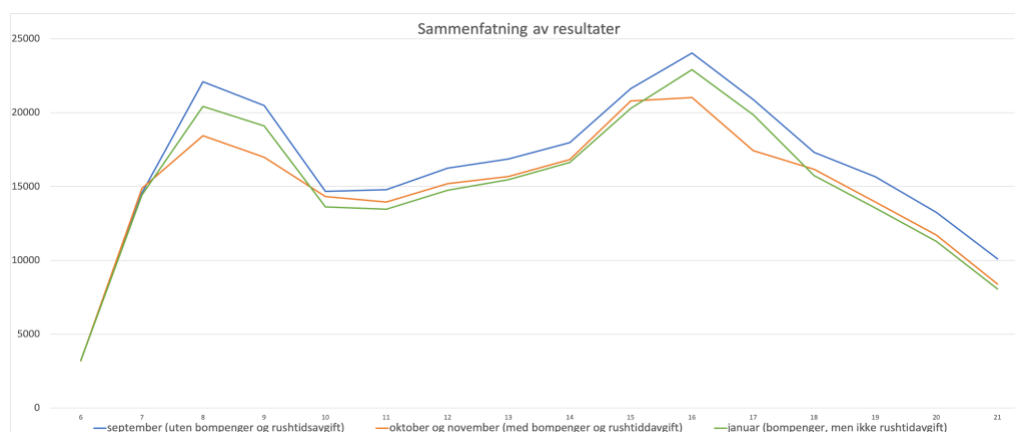
6.4 Sammenfatning av resultater

Alle tester der H_0 forkastes er markert med **V**, mens alle tester der H_0 beholdes er markert med **X**.

Hypotese 1	V
Hypotese 2	V
Hypotese 3.1	X
Hypotese 3.2	X (V på 10% signifikansnivå)

Tabell 5: Sammenfatning av resultater

Videre har vi fremstilt resultatene i figur 9, som både viser volumnedgangen og endringene i trafikkmønsteret. X-aksen viser klokkeslett fra 06.00 til 21.00, og Y-aksen viser gjennomsnittlig antall passeringer på alle trafikkregistreringspunkt.¹⁹



Figur 9: Sammenfatning av resultater

¹⁹ Summerer sammen eksempelvis kl.06 i september for alle stasjoner, og dividerer på antall dager i den aktuelle måneden. Står da igjen med gjennomsnittstall for det klokkeslettet den aktuelle måned. For oktober og november dividerer vi på 2 for å få de månedene sammen.

Dersom man betrakter linjen for september og linjen for oktober og november kan man se en nedgang i trafikkvolumet, hvilket samsvarer med resultatene fra hypotese 1. Vi ser også at denne volumnedgangen er størst i timene med rushtidsavgift. Dette tyder på at bilister tilpasser seg rushtidsavgiften, hvilket samsvarer med resultatet fra hypotese 2. Linjen for januar har samme mønster som linjen for september, noe som samsvarer med resultatene fra hypotese 3.1. Resultatene fra hypotese 3.2 sier at det ikke har vært en endring i trafikkmønsteret fra oktober og november til januar, noe som motstrider med hypotese 2 og 3.1 sett under ett. P-verdien i hypotese 3.1 og 3.2 var på henholdsvis 98% og 7,59% og det er dermed vesentlig større sannsynlighet for at vi feilaktig har beholdt H_0 i hypotese 3.2. I tillegg ville et forhåndsbestemt signifikansnivå på 10% gjort at vi kunne forkastet nullhypotesen i hypotese 3.2. Det betyr at det kan ha vært en endring i trafikkmønsteret fra oktober og november til januar. Dette underbygges av figur 9 som viser at trafikkmønsteret i oktober og november er ulikt trafikkmønsteret i januar.

7 Konklusjon og diskusjon

7.1 Konklusjon

Formålet med denne oppgaven har vært å besvare problemstillingen:

“Har innføringen av bompenger og rushtidsavgift på Nord-Jæren redusert trafikkvolumet og/eller endret trafikkmønsteret?”

Våre resultater viser at to måneder med bompenger og rushtidsavgift har ført til en reduksjon i trafikkvolumet. Analysen viser en volumnedgang på samtlige tidspunkt, men med en vesentlig større reduksjon i rushtidsperiodene (jf. figur 4). Rushtidsavgiften har vist å ha god virkning, da trafikken er jevnere fordelt rundt toppene. Trafikkmønsteret etter innføringen viser at flere kjører i timen før og etter rushtid for å unngå avgiften (jf. figur 6). Samtidig har avviklingen av rushtidsavgiften ført til at trafikkmønsteret ble endret tilbake til utgangspunktet (jf. figur 7). På bakgrunn av dette konkluderte vi med at bompenger og rushtidsavgift på Nord-Jæren har redusert trafikkvolumet samt endret trafikkmønsteret.

7.2 Diskusjon

7.2.1 Diskusjon av negative eksternaliteter

Innføringen av bompenger og rushtidsavgift på Nord-Jæren har virket med sin hensikt da det har ført til en nedgang i trafikkvolumet og endring i trafikkmønsteret. På bakgrunn av dette er det grunn til å tro at endringene har ført til lokale miljøgevinster og reisetidsbesparelser. Dette begrunnes med at luftforurensing og kø har sammenheng med trafikkvolum og trafikkmønster. En bedre bruk av samfunnets ressurser vil føre til at samfunnsøkonomiske kostnader og bilistenes privatøkonomiske kostnader er mer sammenfallende.

Dette gir rom for en diskusjon av elbilene. Andelen elbiler på Nord-Jæren har økt (jf. figur 3), noe som sannsynligvis henger sammen med innføringen av bompenger og rushtidsavgift. Dersom økningen kommer av at bilister har byttet sin fossilbil til elbil, er dette med på å redusere lokal luftforurensing, som jo er en av de viktigste hensiktene med bompenger. Dermed er det grunn til å tro at miljøgevinstene er større enn den målte reduksjonen i trafikkvolum. Samtidig vil en økt andel elbiler bidra til at færre tilpasser seg rushtiden, og det er grunn til å tro at reisetidsbesparelsene er

mindre enn de kunne vært dersom elbilene ble ilagt rushtidsavgift. Dersom elbilsalget på Nord-Jæren fortsetter å øke samtidig som elbilene ikke blir ilagt avgift, vil trolig effekten av bompenger og rushtidsavgift svekkes over tid.

Det ble i september 2018 vedtatt av fylkestinget i Rogaland at elbilene skal begynne å betale halv takst ved alle bomstasjoner når elbilandelen på Nord-Jæren når en viss proSENTSATS. Denne proSENTSATS er imidlertid enda ikke satt (Fosse, 2018a). Ved å pålegge bilister og betale bompenger blir de stilt overfor forurensning som de påfører lokalsamfunnet. Da elbilene ikke bidrar til lokal luftforurensning vil halv bompengetakst trolig være for høyt. Imidlertid bidrar elbilene, på lik linje som fossibiler, til trengsel på veiene. Halv rushtidsavgift vil føre til at kostnader forbundet med kjøp og trengsel som elbilene bidrar til, ikke er internalisert i de privatøkonomiske kostnadene til elbilistene. De bør dermed trolig ilegges full rushtidsavgift.

7.2.2 Sammenligning med andre byer og diskusjon²⁰

Illustrasjon av bompenger og rushtidsavgiftene i de ulike byene, samt effektene av de er vedlagt i vedlegg 9. Nedenfor er effektene i de ulike byene oppsummert.

	Oslo	Bergen	Kristiansand	Nord-Jæren
Bompengetakst	Bensin- og hybridbiler/ dieslbiler: 44/49 Tunge kjøretøy: 132 og 193	Lette kjøretøy: 19 Tunge kjøretøy: 38	Lette kjøretøy: 14 Tunge kjøretøy: 28	Lette kjøretøy: 22 Tunge kjøretøy: 55
Rushtidsavgift	Bensin- og hybridbiler /dieslbiler: 54/59 Tunge kjøretøy: 102 og 163	Lette kjøretøy: 45 Tunge kjøretøy: 90	Lette kjøretøy: 21 Tunge kjøretøy: 42	Lette kjøretøy: 44 Tunge kjøretøy: 110
Reduksjon	5% totalt 5,4 % rushtid 4,8 % utenom rushtid	5,4 % totalt 14 % i rushtid 0,4 % utenom rushtid	ingen effekt	13,35 % totalt 19,97% i rushtiden 9,87% utenom rushtid

Tabell 6: Konsekvenser av bompenger og rushtidsavgift i norske byer

²⁰ Vedlegg 10 viser volumnedgang i og utenom rushtid i de ulike byene.

Resultatene fra analysen av Nord-Jæren samsvarer med resultatene funnet både i Oslo og Bergen, hvor samtlige byer har hatt effekt av innføring av bompenger og rushtidsavgift. Dette tyder på at alle tre byer har hatt en bompeng- og rushtidsavgift som er høy nok til å gi effekter.

Bergen og Nord-Jæren har omtrent like bompeng- og rushtidsavgifter, samt lik prisdifferanse mellom rushtid og utenom rushtid. Oslo har vesentlig høyere priser, men samtidig mindre prisdifferanse i og utenom rushtid. Dette kan forklare hvorfor Bergen og Nord-Jæren har hatt større reduksjon i rushtid, mens Oslo har hatt jevn reduksjon over døgnet. Reduksjonen utenom rushtid var imidlertid betraktelig høyere på Nord-Jæren. Dette kan trolig skyldes at flertallet av bilistene i Bergen og Oslo var vant til å betale bompenger da rushtidsavgiften ble innført. Bompengetakstene utenom rushtid ble justert opp med 30% i Oslo (Presterud, 2018, s. 13) og ned 24 % i Bergen (Presterud, 2016, s. 3), noe som kan forklare volumnedgangen på henholdsvis 4,8% og 0,4%.

I Kristiansand er rushtidsavgiften vesentlig lavere enn på Nord-Jæren, Bergen og Oslo, noe som trolig er årsaken til at rushtidsavgiften ikke har hatt tilsvarende effekt på trafikken. Rushtidsavgiften i Kristiansand ble satt til samme sats som bompengavgiften byen hadde før. Årsaken til at rushtidsavgiften ikke ga effekt i Kristiansand er dermed trolig fordi konsumentene allerede hadde tilpasset seg prisen.

Dette gir også rom for en diskusjon av byenes kollektivtilbud, ettersom dette spiller inn på bilistenes villighet til å redusere bilbruken. Respons Analyse har utført en spørreundersøkelse som måler velgernes tilfredshet med egen by. Med hensyn til kollektivtilbud viser undersøkelsen store forskjeller mellom byene. Ifølge analysen er Stavanger byen hvor færrest er fornøyde, med bare 35%. Dette til tross for å tilby lavest priser. I Oslo er 81 % fornøyde med kollektivtilbudet, og er dermed den byen i Norge hvor flest er fornøyd. I Bergen og Kristiansand er henholdsvis 56% og 49% fornøyde (Yousefi, 2015). Tilfredsheten av byenes kollektivtilbud vil følgelig ha konsekvenser for villigheten til å gå over til å reise kollektivt. Det kan dermed tenkes at en forbedring i Stavangers kollektivtilbud kunne ført til en større reduksjon i trafikkvolum. Imidlertid spiller også trafikkflyten en viktig rolle på bilistenes villighet til å gå over til å reise kollektivt. Det kan tenkes at trafikkflyten i Stavanger er bedre enn i hovedstaden, da Oslo er en større og mer tettbefolket by. Det vil også være lettere å lage gode kollektivløsninger i en større by, da det vil være flere som kan være med på å finansiere løsningene. Gode kollektivløsninger vil kunne være for dyrt for mindre byer. Dette kan gjøre at bilistene i Stavanger har en høyere terskel for å gå over til å reise kollektivt.

7.2.3 Diskusjon av trafikkdataene

Våre funn danner grunnlag for en diskusjon av egenskapene ved våre data som diskutert i delkapittel 4.5, og hvordan de kan ha påvirket våre konklusjoner.

Effekten av at trafikkregistreringspunktene teller elbiler vil i våre hypotesetester dra i retning av ikke-signifikante resultater. I både hypotese 3.1 og 3.2 ble resultatet ikke-signifikant. Hypotese 3.1 ga en p-verdi på 98%, noe som betyr at dersom trafikkregistreringspunktene ikke telte elbiler, ville sannsynligvis heller ikke konklusjonen vår blitt endret i denne hypotesen. Elbilene kan imidlertid ha påvirket konklusjonen av hypotese 3.2 da denne ga en p-verdi på 7,59%, som er på grensen til vårt forhåndsbestemte signifikansnivå. Dersom trafikkregistreringspunktene ikke telte elbiler kan det tenkes at vi hadde måtte endre konklusjon i denne hypotesen til at avviklingen av rushtidsavgift har ført til endret trafikkmønster fra oktober og november til januar. Hypotese 1 og 2 viste signifikante resultater, og det er derfor grunn til å tro at de målte effektene her er mindre enn de virkelige.

Trafikkregistreringspunktene teller også kjøretøy i begge retninger. Dermed vil våre data inneholde tellinger av kjøretøy også på veier som ikke er påvirket av bompenger og rushtidsavgift. Effekten av dette vil også dra i retning av ikke-signifikante resultater og vil ha samme virkning på hypotesetestingen som diskutert over. Den faktiske effekten på strekningene med bompenger og rushtidsavgift kan derfor tenkes å være enda større enn våre funn viser.

På bakgrunn av diskusjonen av trafikkdataene, i tillegg til at store deler av våre data er av veldig god kvalitet (jf. kap. 4.5), kan vi si at våre resultater er troverdige.

8 Avslutning

Avslutningsvis håper vi at denne oppgaven vil bidra til økt kunnskap og refleksjon rundt bompenger og rushtidsavgift. Dette er et dagsaktuelt tema som engasjerer mange og som har preget nyhetsbildet den siste tiden. I denne oppgaven har vi belyst den samfunnsøkonomiske siden av temaet, samt fått frem konsekvensene innføringen har hatt på Nord-Jæren. Dette vil forhåpentligvis være til inspirasjon for videre utbedring av bompengesystemet.

Ytterligere analyser av effektene ved innføring av Bymiljøpakken på Nord-Jæren kan være tema for fremtidige studier. Rushtidsavgiften ble gjeninnført 25. mars 2019, og det ville vært interessant å se om bilistene tilpasser seg på samme måte som vi har observert i denne analysen (Ferde, 2019). Dersom det er tilfelle vil trafikkmønsteret gå i retning av funnene i oktober og november. Videre ville det vært interessant å studere effekten av Bymiljøpakken over tid, for å se om våre funn var et resultat av en umiddelbar effekt eller om det er en langsiktig virkning.

Referanser

Bymiljøpakken. (u.å.a). *Kart*. Hentet fra: <https://bymiljopakken.no/kart>

Bymiljøpakken. (u.å.b.). *Spørsmål og svar*. Hentet fra: <https://bymiljopakken.no/sporsmal-og-svar>

Bymiljøpakken. (2019, 21.mars). *Rushtidsavgift fra mandag*. Hentet fra:
<https://bymiljopakken.no/rushtidsavgift-fra-mandag/>

Cottrell, A., Lucchetti, R. (2019). *Gretl*. Hentet fra:
<http://gretl.sourceforge.net>

Det kongelige samferdselsdepartementet. (16.desember 2016). Proposisjon til Stortinget.
Finansiering av Bypakke Nord-Jæren i Randaberg, Sandnes, Sola og Stavanger kommunar i Rogaland. Hentet fra:
<https://www.regjeringen.no/contentassets/29ce969f574d4487b85df592e69894a5/nn-no/pdfs/prp201620170047000dddpdfs.pdf>

Eliasson, J., Hultkrantz, L., Nerhagen, L., & Rosqvist, L. S. (2009,u.d.). *Transportation Research Part A: The Stockholm congestion - charging trial 2006: Overview of effects*.
(doi:10.1016/j.tra.2008.09.007). Elsevier.

Ferde. (u.å.). *Om Ferde*. Hentet fra: <https://ferde.no/om-oss/>

Ferde. (2018, 20.september) *Hvor finner jeg en oversikt over bomringene og bomstasjonene til Bymiljøpakken Nord-Jæren?* Hentet fra: <https://ferde.no/ufaqs/hvor-finner-jeg-en-oversikt-over-bomsnitt-og-bomstasjonene-til-bymiljopakken-nord-jaeren/>

Ferde (2019, 22. mars) *Rushtidsavgift fra mandag 25. mars*. Hentet fra:
<https://ferde.no/2019/03/rushtidsavgift-fra-mandag-25-mars/>

Fjellinjen. (u.å). *Tids- og miljødifferensierte takster i Oslo*. Hentet fra:
<https://www.fjellinjen.no/privat/nyhetsarkiv/tids-og-miljodifferensierte-takster-i-oslo-article912-966.html>

Forusvisjonen. (2019, u.d.). *Forus - Fakta og informasjon*. Hentet fra:

<http://forusvisjonen.no/forus-fakta/>

Fosse, D. H. (2018a, 5. september). *Når skal elbilene betale i bomringene?* *Stavanger Aftenblad*.

Hentet fra: <https://www.aftenbladet.no/lokalt/i/Qlboxj/Nar-skal-elbilene-betale-i-bomringene>

Fosse, D. H. (2018b, 27.november). *Hver åttende bil gjennom bomringen er en elbil*. *Stavanger Aftenblad*. Hentet fra:

<https://www.aftenbladet.no/lokalt/i/OE8x02/Hver-attende-bil-gjennom-bomringen-er-en-elbil>

Fossmo, S. R. (2018, 1 oktober). *Dette er "smutthullene" i bomringen*. *Rogalands Avis*. Hentet fra:

<https://www.dagsavisen.no/rogalandsavis/dette-er-smutthullene-i-bomringen-1.1210580>

Høyres kommunikasjonsavdeling. (2018, 7.september). *Fakta om bompenger i Rogaland*. Hentet fra:

<https://hoyre.no/aktuelt/nyheter/2018/fakta-om-bompenger-i-rogaland/>

Nye Kristiansand Bompengeselskap AS. (u.å.). *Takster fra 16. september 2013 kl 1200*. Hentet fra:

<http://www.nyekrsbom.no/takster>

Pindyck, R.S. ,Rubinfeld , D,L. (2013). *Introduksjon til mikroøkonomi* (7.utg). (T. Synnestvedt, overs.). England: Pearson Education Ltd.

Presterud, E. L. (2016, 16.august). *Tidsdifferensierte takster i Bergen*. (Statens vegvesens rapport 642). Statens Vegvesen.

Presterud, E.L. (2018,26.januar). *Rushtidsavgift i Oslo*. (Statens vegvesens rapport.567). Statens Vegvesen.

Statens vegvesen. (u.å.a). *Eksporter data*. Hentet fra:

<https://www.vegvesen.no/trafikkdata/start/eksport>

Statens Vegvesen. (u.å.b). *Veileder i trafikkdata*. Hentet fra:

https://www.vegvesen.no/attachment/112138/binary/198957?fast_title=Veileder+trafikdata

Wooldridge, J. M. (2016). *Introductory Econometrics: A modern approach* (6th ed.) Boston: South-Western Cengage Learning.

Yousefi, S. (2015, 28 juli). *Godt buss- og togtilbud, men i Stavanger er færrest fornøyd*. Hentet fra:

<https://www.aftenbladet.no/lokalt/i/5Lx21/Godt-buss--og-togtilbud-men-i-Stavanger-er-farrest-fornoyd>

Vedlegg

Vedlegg 1: Oversikt over gamle bomstasjoner



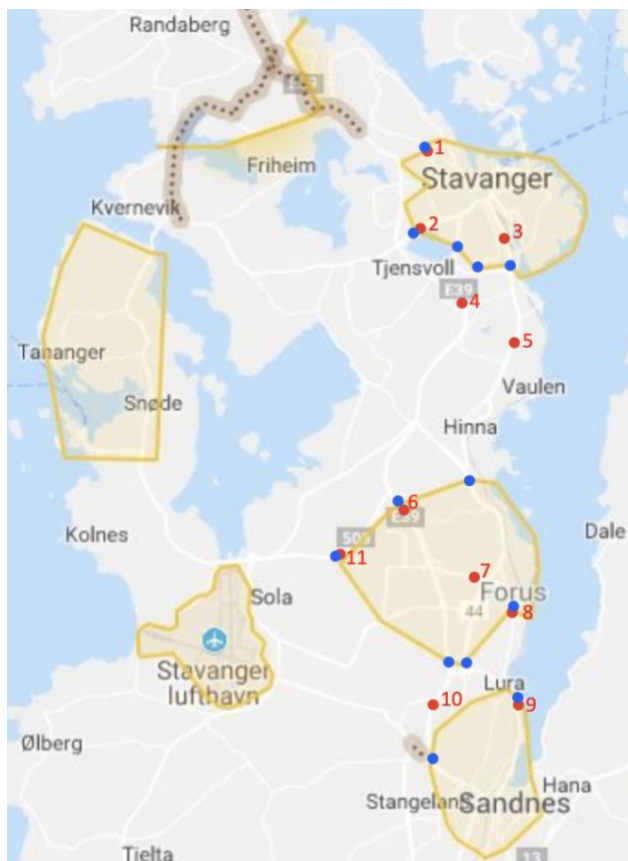
Bildet ovenfor fikk vi tilsendt av Kristian Bauge, seniorrådgiver i Statens Vegvesen. Røde prikker er gamle bomstasjoner som fulgte kommunegrensene. Blå ringer er de nye bomringene. Oransje linjer markerer kommunegrensene. De nye bomringene er tegnet inn selv.

Med den gamle bompengestrukturen som fulgte kommunegrensene ville en bilist med bosted, arbeidsplass, skole, fritidsaktiviteter osv. innenfor én og samme kommune trolig ikke bli særlig berørt av bomstasjonene. De nye bomstasjonene med Bymiljøpakken ligger mer strategisk med bomringer rundt sentrale områder som svært mange ferdes til daglig uavhengig av hvilken kommune man bor i. Med de nye bomringene vil flere bilister nå måtte betale bompenger på vei til eller fra jobb og andre aktiviteter. Dette medfører at mange flere blir berørt av bompengene nå enn tidligere.

Av våre utvalgte trafikkregistreringspunkt ligger nr 1, 7, 8 og 11 i nærheten av gamle bomstasjoner. Bilister som daglig kjører på disse veiene eksempelvis til jobb kan tenkes å allerede ha tilpasset seg bompengene. Imidlertid har prisen i rushtidsperiodene økt betydelig og det er derfor grunn til å tro at ytterligere bilister vil endre sine reisevaner med den nye bompengestrukturen.

Vedlegg 2: En nærmere beskrivelse av de valgte trafikkregistreringspunktene

Røde prikker er våre trafikkregistreringspunkt. Blå prikker er bomstasjoner som ligger i nærheten av våre trafikkregistreringspunkt. Resterende bomstasjoner er ikke tegnet inn i kartet. Gule ringer er bomringer.



1 = Randabergveien - Dette trafikkregistreringspunktet teller bilister som skal inn eller ut av Stavanger bomring. Som illustrert i figuren er trafikkregistreringspunktet plassert like ved bomstasjonen på Randabergveien. I området mellom Randaberg- og Stavanger bomring er det store boligområder, og de vil nå påvirkes av bompenger på vei inn til Stavanger sentrum.

2 = Madlaveien - Dette trafikkregistreringspunktet teller bilister som skal inn eller ut av Stavanger bomring. Trafikkregistreringspunktet er sterkt korrelert med en bomstasjon. Vest for dette trafikkregistreringspunktet er det store boligområder som tidligere ikke ble påvirket av bompenger på vei til Stavanger sentrum.

3 = Lagårdsveien - Dette trafikkregistreringspunktet fanger opp bilister som skal inn eller ut av Stavanger bomring. Hinna bydel inkluderer flere store boligområder som tidligere ikke ble berørt av bompenger hvis de skulle inn til Stavanger sentrum. Trafikkregistreringspunktet ligger litt etter bomstasjonen, men registrerer de som har kjørt inn i Stavanger bomring og dermed betalt bompenger.

4= Oscar Wistings gate - Dette trafikkregistreringspunktet teller bilister som kjører på E39. Dersom du skal inn til Stavanger sentrum vil du være nødt til å kjøre gjennom en bomstasjon kort tid etter dette punktet, noe som gjør at også dette punktet er korrelert med en bomstasjon.

5= Hillevåg - Dette trafikkregistreringspunktet teller opp bilister som ferdes mellom Forus- og Stavanger bomring. Trafikkregistreringspunktet vil mest sannsynlig inneholde tellinger også av bilister som ikke påvirkes av en bomstasjon. Likevel befinner punktet seg i et sentralt område hvor mange ferdes, da dette området også er et større arbeidsområde. Vi antar at flere av bilistene som arbeider i dette området dermed vil bli berørt av bompenger på vei til eller fra jobb. Vi valgte derfor å inkludere dette punktet for å få et bedre bilde av trafikkutviklingen.

6= Jåtten - Dette trafikkregistreringspunktet teller bilister som ferdes inn eller ut av Forus bomring på E39. Trafikkregistreringspunktet er sterkt korrelert med en bomstasjon, slik at dersom du passerer her vil du også måtte passere bomstasjonen. De som er bosatt i Stavanger kommune og jobber på Stavanger-siden av Forus (hvor største delen av næringsvirksomhet er lokalisert) må nå betale bompenger på vei til jobb, hvilket de ikke gjorde med den gamle strukturen.

7 = Forusbeen - Dette trafikkregistreringspunktet ligger inne i Forus bomring, og fanger opp trafikkutviklingen på Forus. Trafikkregistreringspunktet ligger et stykke fra bomstasjoner i Forus bomring, men er likevel inkludert i analysen ettersom trafikkregistreringspunktet vil fange opp bilister som ferdes i det sentrale Forus. Dette er interessant fordi Forus er et område preget av næringsliv, da særlig oljenæringen. I tillegg ligger trafikkregistreringspunktet ved større varehus, eksempelvis IKEA, bilforretninger og et av Norges største kjøpesenter, og man kan da se om det har vært noe nedgang i trafikken i

området. Antakeligvis vil flere av de som ferdes hit passere en bomring enten på vei til eller fra jobb og andre ærend.

8 = Forus Gamleveien - Dette trafikkregistreringspunktet teller bilister som ferdes til og fra Forus. Trafikkregistreringspunktet ligger like ved en bomstasjon, slik at det ikke er mulig å passere dette uten å passere bomstasjonen. Dersom du bor i Sandnes og jobber på Sandnes-siden av Forus må du nå betale bompenger, hvilket du ikke måtte med den gamle strukturen.

9 = Strandgata Nord - Dette trafikkregistreringspunktet teller bilister som ferdes til og fra Sandnes sentrum. Nærmeste bomstasjon ligger like ved dette trafikkregistreringspunktet, og de er dermed sterkt korrelerte med hverandre. Dersom du bor i Sandnes sentrum og jobber på Sandnes-siden av Forus må du nå betale bompenger, hvilket du ikke måtte ved den gamle strukturen. Nå kan du risikere å betale både til jobb (inn til Forus bomring) og hjem fra jobb (inn til Sandnes bomring).

10 = E39 ved Soma - Dette trafikkregistreringspunktet ligger på E39, og teller bilister som skal inn til Forus bomring, eller motsatt til Sandnes bomring. Trafikkregistreringspunktet ligger midt imellom to bomstasjoner, slik at de som ferdes her vil mest sannsynlig måtte betale bompenger inn til Forus bomring eller motsatt til Sandnes bomring.

11 = Solasplitten - Dette trafikkregistreringspunktet fanger opp bilister som ferdes til og fra Sola lufthavn ettersom dette er hovedveien til flyplassen. I tillegg vil trafikkregistreringspunktet telle bilister som ferdes mellom Sola- og Forus bomring. Trafikkregistreringspunktet ligger like i nærheten av en bomstasjon, og de er dermed sterkt korrelert med hverandre.

Vedlegg 3: Nye- og bruktbilimporterte person- og varebiler på Nord-Jæren

Nye og bruktimporterte person- og vare-biler på Nord-Jæren i perioden 01.08.2017 til 31.03.2018

Ny/Bruktimport	Type	Merke	Antall
Ny	Personbiler	Tesla	312
Ny	Personbiler	Volkswagen	312
Ny	Personbiler	BMW	199
Ny	Personbiler	Hyundai	105
Ny	Personbiler	Renault	93
Ny	Personbiler	Nissan	86
Ny	Personbiler	Kia	48
Ny	Personbiler	Mercedes-Benz	42
Ny	Personbiler	Opel	27
Ny	Personbiler	Smart	18
Ny	Personbiler	Mitsubishi	17
Ny	Personbiler	Peugeot	11
Ny	Personbiler	Ford	6
Ny	Personbiler	Citroën	1
Ny	Varebiler	Peugeot	7
Ny	Varebiler	Renault	6
Ny	Varebiler	Citroën	3
Ny	Varebiler	Goupil	2
Ny	Varebiler	Nissan	1
Bruktimport	Personbiler	Nissan	270
Bruktimport	Personbiler	Kia	147
Bruktimport	Personbiler	Volkswagen	142
Bruktimport	Personbiler	BMW	55
Bruktimport	Personbiler	Fiat	46
Bruktimport	Personbiler	Mercedes-Benz	43
Bruktimport	Personbiler	Smart	13
Bruktimport	Personbiler	Hyundai	8
Bruktimport	Personbiler	Toyota	7
Bruktimport	Personbiler	Chevrolet	4
Bruktimport	Personbiler	Peugeot	4
Bruktimport	Personbiler	Opel	3
Bruktimport	Personbiler	Mitsubishi	1
Bruktimport	Varebiler	Nissan	8

Nye og bruktimporterte person- og vare-biler på Nord-Jæren i perioden 01.08.2017 til 31.03.2018

Ny/Bruktimport	Type	Merke	Antall
Ny	Personbiler	Tesla	312
Ny	Personbiler	Volkswagen	312
Ny	Personbiler	BMW	199
Ny	Personbiler	Hyundai	105
Ny	Personbiler	Renault	93
Ny	Personbiler	Nissan	86
Ny	Personbiler	Kia	48
Ny	Personbiler	Mercedes-Benz	42
Ny	Personbiler	Opel	27
Ny	Personbiler	Smart	18
Ny	Personbiler	Mitsubishi	17
Ny	Personbiler	Peugeot	11
Ny	Personbiler	Ford	6
Ny	Personbiler	Citroën	1
Ny	Varebiler	Peugeot	7
Ny	Varebiler	Renault	6
Ny	Varebiler	Citroën	3
Ny	Varebiler	Goupil	2
Ny	Varebiler	Nissan	1
Bruktimport	Personbiler	Nissan	270
Bruktimport	Personbiler	Kia	147
Bruktimport	Personbiler	Volkswagen	142
Bruktimport	Personbiler	BMW	55
Bruktimport	Personbiler	Fiat	46
Bruktimport	Personbiler	Mercedes-Benz	43
Bruktimport	Personbiler	Smart	13
Bruktimport	Personbiler	Hyundai	8
Bruktimport	Personbiler	Toyota	7
Bruktimport	Personbiler	Chevrolet	4
Bruktimport	Personbiler	Peugeot	4
Bruktimport	Personbiler	Opel	3
Bruktimport	Personbiler	Mitsubishi	1
Bruktimport	Varebiler	Nissan	8

Vedlegg 4: Regneeksempel til hypotesene

Regneeksempel hypotese 1:

Regneeksempel for a_{isk} - For trafikkregistreringspunktet Madlaveien mellom kl.06.00-07.00:

September:

Vi summerte alle passeringer mellom kl.06.00-07.00 i september på stasjonen Madlaveien (11 130 passeringer) og dividerte dette på 20 da vi har 20 dager med tellinger i september.

Nevner i brøken utgjør totalt antall passeringer på Madlaveien i alle månedene september til november (919 292 passeringer), dividert med 65 da vi har 65 dager med tellinger totalt i alle månedene.

Da blir regnestykket følgende:

$$\frac{\sum_j X_{ijks} / \text{antall dager i måned}}{\sum_i \sum_j \sum_k X_{ijks} / \text{antall dager totalt}} * 100 = \frac{556,5}{14\,142,95} * 100 = 3,9348$$

Av gjennomsnittlig døgntrafikk alle tre måneder er det 3,9348% som har passert Madlaveien i september mellom kl.06.00-07.00.

Oktober:

13 199 passeringer på Madlaveien mellom kl. 06.00-07.00 i oktober dividert på 23 dager da vi har 23 dager med tellinger i oktober.

$$\frac{\sum_j X_{ijks} / \text{antall dager i måned}}{\sum_i \sum_j \sum_k X_{ijks} / \text{antall dager totalt}} * 100 = \frac{573,86}{14\,142,95} * 100 = 4,05756$$

November:

12 762 bilpasseringer på Madlaveien mellom kl.06.00-07.00 i november dividert på 22 dager da vi har 22 dager med tellinger i november.

$$\frac{\sum_j X_{ijks} / \text{antall dager i måned}}{\sum_i \sum_j \sum_k X_{ijks} / \text{antall dager totalt}} * 100 = \frac{580}{14\,142,95} * 100 = 4,1016$$

I det utvalgte eksempelet er a_{isk} mindre for september enn oktober og november. Dette viser at for de aktuelle tidspunktene på den aktuelle stasjonen var det flere bilpasseringer i perioden uten bompenger og rushtidsavgift. Dette har trolig sammenheng med rushtidsavgiften, da den aktuelle timen er timen før rushtiden som tyder på at trafikkmønsteret har flyttet seg.

Regneeksempel hypotese 2 og 3:

Regneeksempel b_{isk} - For trafikkregistreringspunktet Madlaveien mellom kl.06.00-07.00:

September:

Vi summerte alle passeringer kl. 06.00-07.00 i september på trafikkregistreringspunktet Madlaveien (11 130 passeringer), og dividerte dette på summen av alle passeringer i klokkeslettene 06.00-10.00 og 14.00-18 på stasjonen Madlaveien i september (170 469 passeringer).

Da ble regnestykket følgende:

$$\frac{\sum_j X_{ijks}}{\sum_i \sum_j X_{ijks}} * 100 = \frac{11\ 130}{170\ 469} * 100 = 6,529$$

Av total trafikk i september på Madlaveien i klokkeslettene 06.00-10.00 og 14.00-18.00 kjørte 6,529% mellom kl. 06.00-07.00.

Oktober:

Totalt mellom kl.06.00-07.00 i oktober på Madlaveien var 13 199 passeringer. Totalt mellom kl. 06.00-10.00 og kl. 14.00-18.00 i oktober var 170 439 passeringer.

Regnestykket ble følgende:

$$\frac{\sum_j X_{ijks}}{\sum_i \sum_j X_{ijks}} * 100 = \frac{13\ 199}{170\ 439} * 100 = 7,744$$

November:

Totalt mellom kl. 06.00-07.00 i november på Madlaveien var 12 762 passeringer. Totalt mellom kl. 06.00-10.00 og kl. 14.00-18.00 i november var 171 123 passeringer.

Regnestykket ble følgende:

$$\frac{\sum_j X_{ijks}}{\sum_i \sum_j X_{ijks}} * 100 = \frac{12\,762}{171\,123} * 100 = 7,457$$

Januar:

Totalt mellom kl. 06.00-07.00 i januar på Madlaveien var 11 490 passeringer. Totalt mellom kl. 06.00-10.00 og kl. 14.00-18.00 i januar var 172 525 passeringer.

Regnestykket ble følgende:

$$\frac{\sum_j X_{ijks}}{\sum_i \sum_j X_{ijks}} * 100 = \frac{11\,490}{172\,525} * 100 = 6,659$$

Vedlegg 5: Forutsetninger for MKM

Heteroskedastisitet

Resultater fra Breusch-Pagan test:

Hypotese 1:

Test statistic: LM = 188.908605,
with p-value = P(Chi-square(31) > 188.908605) = 0.000000

Hypotese 2:

Test statistic: LM = 83.071766,
with p-value = P(Chi-square(15) > 83.071766) = 0.000000

Hypotese 3.1:

Test statistic: LM = 51.114383,
with p-value = P(Chi-square(15) > 51.114383) = 0.000008

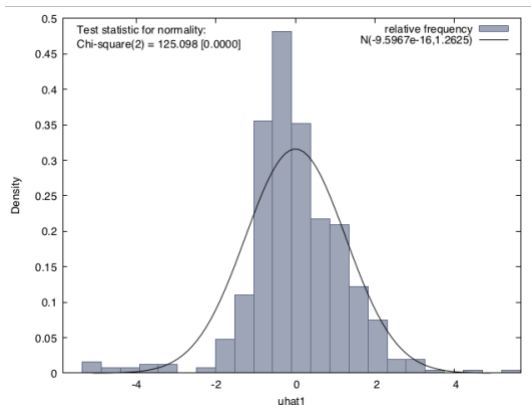
Hypotese 3.2:

Test statistic: LM = 100.141598,
with p-value = P(Chi-square(15) > 100.141598) = 0.000000

Normalitet

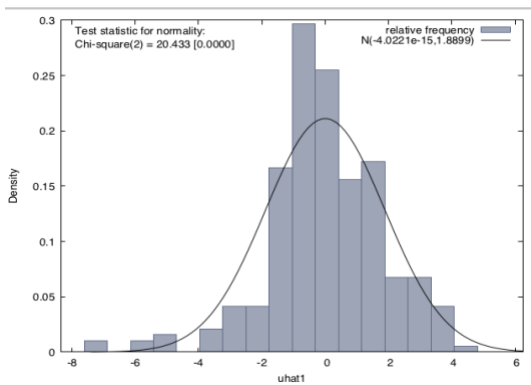
Resultater fra Normality of residual test:

Hypotese 1:



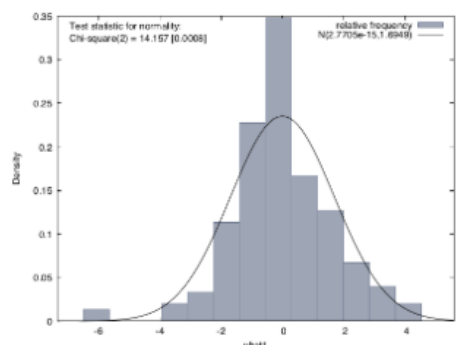
Test for null hypothesis of normal distribution:
Chi-square(2) = 125.098 with p-value 0.00000

Hypotese 2:



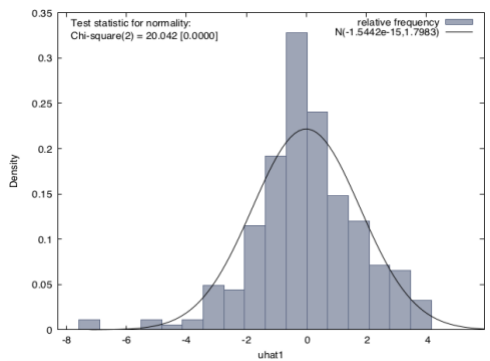
Test for null hypothesis of normal distribution:
Chi-square(2) = 20.433 with p-value 0.00004

Hypotese 3.1:



Test for null hypothesis of normal distribution:
Chi-square(2) = 14.157 with p-value 0.00084

Hypotese 3.2:



Test for null hypothesis of normal distribution:
Chi-square(2) = 20.042 with p-value 0.00004

Vedlegg 6: Resultatene fra hypotese 1 - Trafikkreduksjon fra september til oktober og november

	Restricted	Robust standardavvik	Unrestricted Sept	Robust standardavvik	Unrestricted Okt/Nov	Robust standardavvik
β6	0,976224	0,0804214	0,99315	0,134285	0,967761	0,168924
β7	4,76198	0,355408	4,77662	0,589497	4,7546607	0,744311
β8	7,53279	0,39756	9,04423	0,706466	6,77707	0,811486
β9	7,33824	0,287946	8,70278	0,368205	6,65597	0,476111
β10	5,72138	0,154072	6,07803	0,142347	5,543058	0,256349
β11	5,82677	0,175086	6,26526	0,188029	5,607523	0,301227
β12	6,40108	0,207601	6,93876	0,235197	6,132238	0,362071
β13	6,64076	0,222851	7,18486	0,245382	6,368709	0,38699
β14	7,03974	0,227597	7,6218	0,236772	6,748705	0,387378
β15	8,686	0,144939	8,92589	0,211954	8,566055	0,285341
β16	9,86668	0,35293	10,8982	0,704368	9,35093	0,789168
β17	8,09753	0,222714	9,23527	0,362424	7,52866	0,408339
β18	6,79379	0,139718	7,19377	0,265183	6,59379	0,303767
β19	5,9879	0,188896	6,55023	0,321297	5,706745	0,385774
β20	5,03942	0,194325	5,56988	0,322584	4,77419	0,394385
β21	3,72514	0,162031	4,26717	0,273525	3,454118	0,326232
SSRr	936,7676					
SSRur	790,6148					
R2r	0,695165					
R2ur	0,742725					

Vedlegg 7: Resultatene fra hypotese 2 - Trafikkmønster september og oktober og november

	Restricted	Robust standardavvik	Unrestricted Sept	Robust standardavvik	Unrestricted Okt/Nov	Robust standardavvik
β_7	8,16318	0,576018	6,93042	0,874444	8,72353	1,13259
β_8	12,8802	0,376147	13,737	0,706133	12,45178	0,822177
β_9	12,6333	0,210846	13,4359	0,33288	12,232	0,40372
β_{10}	9,96536	0,164643	9,45799	0,295392	10,219042	0,345058
β_{15}	14,521	0,276502	13,8798	0,412926	14,841636	0,543137
β_{16}	16,5126	0,307102	16,6849	0,525796	16,426419	0,652183
β_{17}	13,6507	0,276502	14,2853	0,394325	13,333384	0,528764
β_{18}	11,6058	0,350365	11,2731	0,629176	11,772205	0,760279
SSRr	947,0474					
SSRur	882,2073					
R2r	0,621552					
R2ur	0,647462					

Vedlegg 8: Resultatene fra hypotese 3.1 - Trafikkmønster september og januar

	Restricted	Robust standardavvik	Unrestricted September	Robust standardavvik	Unrestricted Januar	Robust standardavvik
β_7	7,5877	0,567482	7,24601	0,867434	7,925538	1,15302
β_8	13,6054	0,391065	13,737	0,717718	13,473783	0,799281
β_9	13,2785	0,208979	13,4359	0,338342	13,121053	0,422453
β_{10}	9,35581	0,191987	9,45799	0,300238	9,253622	0,390608
β_{15}	13,8703	0,257848	13,8798	0,419701	13,8609008	0,528415
β_{16}	16,8623	0,385779	16,6849	0,534422	17,039551	0,786625
β_{17}	14,3165	0,263158	14,2853	0,400794	14,3477382	0,539132
β_{18}	11,1255	0,41364	11,2731	0,639498	10,977814	0,845134
SSRr	467,1398					
SSRur	462,2494					
R2r	0,744768					
R2ur	0,74744					

Vedlegg 9: Resultatene fra hypotese 3.2 - Trafikkmønster oktober og november og januar

	Restricted	Robust standardavvik	Unrestricted Okt og Nov	Robust standardavvik	Unrestricted Januar	Robust standardavvik
β_7	8,45753	0,536233	8,72353	0,719706	7,925537	1,03749
β_8	12,7925	0,310617	12,4518	0,421079	13,4738	0,54502
β_9	12,5284	0,186053	12,232	0,228402	13,121055	0,337779
β_{10}	9,89724	0,163303	10,219	0,178328	9,253579	0,303675
β_{15}	14,5147	0,266463	14,8416	0,352787	13,860865	0,473505
β_{16}	16,6308	0,318436	16,4265	0,385803	17,039632	0,68649
β_{17}	13,6715	0,272228	13,3333	0,352234	14,34765	0,499902
β_{18}	11,5074	0,338519	11,7722	0,426752	10,977809	0,691059
SSRr	851,5707					
SSRur	804,6356					
R2r	0,644005					
R2ur	0,663629					

Vedlegg 10: Volumnedgang i og utenom rush i de ulike byene

