

Passagereffekter af elbusser

Analyse af Rejsekort-data

Jesper Bláfoss Ingvarðson
Otto Anker Nielsen

Juni 2026

Passagereffekter af elbusser

Analyse af Rejsekortdata

Af

Jesper Bláfoss Ingvarðson

Otto Anker Nielsen

Copyright: Hel eller delvis gengivelse af denne publikation er tilladt med kildeangivelse

Udgivet af: DTU, DTU Management, Akademivej, Bygning 358,
2800 Kgs. Lyngby
www.man.dtu.dk

Forord

Dette notat er udarbejdet som del af den endelige afrapportering af projektet ”*Passagereffekter af elbusser og BRT-linjer*”, finansieret af RA's Støttefond.

Projektet er udført i perioden januar 2024 til juni 2026, ved Transportdivisionen, DTU Management.

Projektet havde som formål at undersøge effekterne af implementering af elbusser i Danmark. Igennem en årrække har en række byer i Danmark planlagt udrulning af elektriske busser, hvor konventionelle busser er blevet udskiftet, ofte i forbindelse med nye kontrakter og udbud. Hypotesen har været, at elektriske busser – udover at være mere miljø- og klimavenlige – også kan være mere komfortable for passagererne, og dermed bidrage til et mere attraktivt kollektivt transporttilbud – og dermed muligvis bidrage til en passagerfremgang. Dette undersøges i dette projekt.

DTU vil gerne takke de danske trafikselskaber for uundværlige data om busnetværkene, herunder information om, hvilke linjer, der er overgået til elbusser og i hvilke perioder. Specielt takkes Movia, Fynbus, Sydtrafik og Midttrafik, da analyserne har omhandlet byer i disse trafikselskabers områder.

Kgs. Lyngby, Juni 2026

Jesper Bláfoss Ingvardson
Lektor
DTU Management

Otto Anker Nielsen
Professor, divisionsleder
DTU Management

Indhold

Sammenfatning	5
1. Indledning.....	6
1.1 Formål og metode	6
1.2 Afgrænsning	7
2. Litteratur	8
3. Metode	9
3.1 Sammenligning af trends.....	9
3.2 Difference-in-difference analyser.....	9
4. Cases	12
5. Data	14
5.1 Datafiltrering	14
5.2 Passagertal på tværs af byer	16
5.3 Analyse af trends.....	18
6. Resultater	20
6.1 Passagerudvikling	20
6.2 Difference-in-difference	23
7. Konklusion	25
Referencer	26

Sammenfatning

En række byer i Danmark har gennem de senere år udskiftet konventionelle dieselbusser med elektriske busser. Udover at være mere miljørigtige kan denne udskiftning også føre til bedre komfort for passagererne. Da både komfort og miljøhensyn er vigtige for passagertilfredshed og valg af transportform, er det relevant at undersøge, om indførelsen af elektriske busser også påvirker passagertallet. Formålet med dette notat er derfor at analysere, om udskiftningen fra diesel- til elbusser fører til ændringer i passagerudviklingen i den kollektive bustransport.

Analysen kombinerer et mindre litteraturstudie med empiriske analyser baseret på Rejsekort-data fra perioden 2018–2024. Der indgår syv danske byer, hvor busdriften er blevet elektrificeret, samt otte sammenlignelige kontrolbyer uden ændringer i samme periode. Analysen baserer sig på dels en deskriptiv sammenligning af passagerudviklingen og dels en statistisk difference-in-difference analyse, der gør det muligt at isolere effekten af elektrificeringen ved at sammenligne passagerudviklingen på linjeniveau før og efter udskiftningen med den tilsvarende udvikling på ikke-elektrificerede ruter. Analyserne gennemføres både for en kort periode omkring implementeringen (ét år før og efter) og for en længere periode (hele den 5-6-årige analyseperiode), samtidig med at der kontrolleres for forskelle mellem byer, ruter og sæsonudsving.

Resultaterne viser et blandet billede. For analysebyerne i Østdanmark, især Roskilde og til dels Næstved, ses en relativt mere positiv udvikling i passagertallet efter indførelsen af elektriske busser sammenlignet med både øvrige linjer indenfor byen samt linjer i kontrolbyerne. I de resterende byer i analysen ses store forskelle, hvor passagerudviklingen i nogen byer endda er mere negativ for elektriske buslinjer sammenlignet med konventionelle buslinjer. De statistiske difference-in-difference analyser viser samlet set, at der ikke er en generel effekt på tværs af alle byer i Danmark. I Østdanmark findes dog samlet set en mindre, men statistisk signifikant, kortsigtet stigning i passagertallet på omkring 6–8 % i året efter elektrificeringen. Denne effekt genfindes hverken i Vestdanmark eller når alle byer analyseres samlet. Derudover forsvinder effekten i de langsigtede analyser, hvor der ikke kan påvises nogen vedvarende ændring i passagertallet.

Samlet set konkluderer notatet, at indførelsen af elektriske busser ikke generelt fører til en markant stigning i passagertallet. Eventuelle positive effekter er små, kortsigtede og varierer betydeligt mellem byer, hvilket tyder på, at andre forhold spiller en større rolle for udviklingen i brugen af kollektiv transport.

1. Indledning

Elektriske busser bliver taget i brug i stort antal over hele verden som erstatning for konventionelle dieselbusser. Dette har en række miljømæssige fordele såsom reducerede CO₂-udledninger, mindre lokal luftforurening og lavere støjniveau. Derudover kan elektriske busser have positive effekter for passagererne, da de kan opleves mere komfortable end dieselbusser på grund af mindre pludselige accelerationer og opbremsninger, færre vibrationer og mindre motorstøj. Tidligere studier har vist, at komfort er en af de vigtigste parametre for passagerer i forhold til tilfredshed – lige så vigtig som serviceniveau (van Lierop et al., 2018) – og at komfort er en nøglefaktor for brugen af elektriske busser (Kwon et al., 2020).

Derudover er miljøaspektet blevet fremhævet af passagerer som en grund til at vælge kollektiv transport generelt (Ingvardson and Nielsen, 2019), og elektriske busser i særdeleshed (Kwon et al., 2020), og det er en faktor, der øger brugertilfredsheden (Munim and Noor, 2020). Udskiftning af konventionelle busser til elektriske busser kan derfor muligvis have en positiv indflydelse på passagertallet i den kollektive transport. Der findes dog ingen studier, der fokuserer på passagerudviklingen efter at have erstattet konventionelle dieselbusser med elektriske busser. Det er derfor emnet for dette notat at undersøge, hvorvidt der også er passagereffekter ved udskiftning af konventionelle busser til dieselbusser.

I Danmark er der gennem de sidste år sket en gennemgribende udskiftning af konventionelle busser til elektriske busser. Overgangen sker gradvist i takt med genforhandling af udbudskontrakter og foregår ofte på kommunalt niveau. Derfor har nogle byområder fået implementeret elektriske busser samtidigt, mens andre fortsat anvender konventionelle, ældre busser. Dette gør det muligt at sammenligne udviklingen i passagertal i forskellige byer over tid før og efter introduktionen af elektriske busser – ligesom det er muligt at sammenligne med udviklingen i byer, hvor der ikke har været ændringer.

1.1 Formål og metode

Dette studie har til formål at analysere passagereffekterne ved implementering af elektriske busser som erstatning for dieselbusser. Dette er sket ved at undersøge eventuelle erfaringer gennem eksisterende litteratur samt via analyser af passagerudviklingen før og efter udskiftning til elektriske busser. Dette kan samtidig sammenlignes med udviklingen i byer, hvor der ikke er sket ændringer materiellet. Analysen er gennemført i to dele:

- Sammenligning af udviklingen i passagertal på tværs af byer, der har indført elektriske busser, og dem der ikke har, samt
- Estimering af en statistisk difference-in-difference model, der analyserer udviklingen i passagertal for linjer med elektriske busser sammenlignet med konventionelle busser.

Analysen af passagerudviklingen er sket ved anvendelse af et stort datasæt over passagerrejser baseret på Rejsekortdata, som dækker perioden fra 2018–2024.

1.2 Afgrænsning

Projektet havde oprindeligt som formål også at inkludere separate analyser af effekten af BRT. Det har dog vist sig ikke at være muligt indenfor rammerne af dette projekt, da der kun har været én linje med reel BRT i Danmark (linje 2 i Aalborg), og grundet omstændighederne omkring indførslen elbusser i Aalborg. BRT-linjen i Aalborg blev åbnet i september 2023, hvor der samtidig blev indsat nye elektriske busser på linjen. Indtil da havde den tidligere linje kørt med konventionelle busser. I august 2022, altså ca. et år før åbningen var der desuden planlagt udskiftning fra dieselbusser til elektriske busser for alle linjer i Aalborg. I praksis skete udskiftningen dog ikke på én gang grundet forsinkelser i leverancen af elbusser. I stedet skete en indfasning af elbusser over en periode på ca. et år, og med dieselmateriel på skiftende linjer i perioden. Derved har det ikke været muligt at inkludere Aalborg som case, og en separat analyse af indførsel af både elbusser og BRT har derfor ikke været en del af projektet.

2. Litteratur

Der er foretaget et litteraturstudie af effekterne af elektriske busser på passagertilfredshed samt anvendelse af kollektiv transport. Studiet er foretaget ved at undersøge videnskabelig litteratur, via Google Scholar og ved brug af kombinationen af søgeord for kollektiv transport ("transit", "public transport"), elektriske busser ("electric buses/busses") og hhv. tilfredshed/adfærd ("satisfaction", "mode choice", "use", "usage").

Generelt har litteratursøgningen vist, at der er meget lidt litteratur, der har undersøgt sammenhængen mellem implementering af elektriske busser og reelle oplevelser og adfærd. De fleste studier, der undersøger elektriske busser fokuserer på planlægning og optimering af selve elforsyningen omkring implementering af elektriske busser, mens kun enkelte studier har undersøgt passagerernes oplevelser og præferencer – og kun et enkelt studie har undersøgt reelle passagertal.

Flere studier har undersøgt passagerernes oplevelser ved hjælp af spørgeskema og fundet, at passagerer er mere tilfredse når den kollektive transport opleves mere miljørigtig. I Norge blev unge mellem 18 og 34 år spurgt ind til deres tilfredshed med hybrid-elektriske busser, og studiet fandt, at det at busserne er mere miljørigtige bidrager til højere passagertilfredshed (Munim and Noor, 2020). Tilsvarende resultater ses fra Korea, hvor miljøvenlighed blev vurderet som det næst-vigtigste i en undersøgelse blandt brugere af den kollektive transport om deres oplevelser med elektriske busser (Kwon et al., 2020). I en undersøgelse af brugere samt ikke-brugere af den kollektive transport på tværs af seks nordeuropæiske byer blev der ligeledes fundet en positiv korrelation mellem respondenters holdning til miljørigtig transport og deres tilfredshed med kollektiv transport (Ingvardson and Nielsen, 2019). I Salvo and Wong (2026) blev passagerer spurgt ind til deres oplevelser umiddelbart efter at have rejst med en bus, og passagerer i elbusser havde generelt højere tilfredshed med støj, lugt og luftkvalitet.

Kun enkelte studier har fokuseret på reel adfærd i forbindelse med elektriske busser. I Hanoi, Vietnam, viste resultater fra en spørgeskemaundersøgelse blandt studerende, at udsigten til elektriske busser, som erstatning for konventionelle dieselbusser, gav anledning til at flere vendte tilbage til den kollektive transport efter at have forladt den under pandemien (Nguyen and Pojani, 2023). Der sås således en positiv holdning til adfærdsændring, der dog ikke blev undersøgt på faktiske data. I Singapore viste resultaterne af en anden SP-analyse, at passagererne er villige til at betale mere for at rejse med elektriske busser (Salvo and Wong, 2026).

Et enkelt studie har undersøgt effekten af elektriske busser baseret på reelle passagerdata (Salvo and Wong, 2026). Studiet undersøgte passagerdata for 15 buslinjer i Singapore gennem en periode på to år. I perioden blev syv af linjerne helt eller delvist udskiftet til elektriske busser. Difference-in-difference analysen viste, at passagertallet i de elektriske busser steg med ca. 13-15% i forhold til udviklingen i de konventionelle busser. Stigningen koncentreredes omkring fire af de syv udskiftede linjer, da de resterende tre linjer ikke oplevede en stigning. Studiet tog eksplicit højde for linje- og sæsonvariation, ligesom der delvist blev taget højde for bussernes alder. Da studiet kun undersøgte et begrænset antal linjer i Singapore vides det ikke om stigningen skyldtes overflytning fra andre konkurrerende linjer, eller fra andre transportformer.

3. Metode

Analysen foretages i to trin, hvor den første del analyserer direkte på passagerudviklingen i byer med og uden udskiftning til elektriske busser. Her undersøges passagertal på byniveau. Dernæst estimeres difference-in-difference modeller for passagertal på ruteniveau, der statistisk undersøger, hvorvidt udviklingen i passagertal er anderledes for ruter, der elektrificeres sammenlignet med ruter, der fortsætter med konventionelle busser. Dermed kan det undersøges hvorvidt implementering af elektriske busser påvirker udviklingen i passagertal.

I begge analyser sammenlignes udviklingen i en række casestudiebyer med udviklingen i en gruppe af kontrolbyer. Dette gør det muligt at sammenligne udviklingen på tværs af byer, der oplever en intervention mod byer, der ikke gør.

3.1 Sammenligning af trends

Udviklingen i passagertal er undersøgt ved at sammenligne passagertallene for alle buslinjer indenfor kommunegrænsen på tværs af byerne i analysen. I den indledende analyse sammenlignes passagertallet for de buslinjer, der elektrificeres med dem der ikke elektrificeres. Derudover sammenlignes med udviklingen for kontrolbyerne. For lettere at kunne sammenligne udviklingen, der samtidig påvirkes af sæsonudsving, indekseres passagertallet med indeks 100 defineret som passagertallet i den første uge efter elektrificeringen i den pågældende kommune. Dette gør det muligt visuelt at sammenligne udviklingen i det indekserede passagertal for hhv. i) de elektrificerede buslinjer i kommunen, ii) de ikke-elektrificerede buslinjer i kommunen, og iii) alle linjer i kontrolbyerne.

Derudover foretages en analyse af det indekserede passagertal før og efter elektrificeringen af buslinjerne. Her normaliseres det ugentlige passagertal i forhold til et præ-interventionsniveau, hvor indekset defineres som:

$$Indeks_t = \frac{Passagertal_t}{Passagertal_{baseline}} \cdot 100$$

Her er baseline defineret som gennemsnittet af passagertallet i de 52 uger før udskiftning til elbusser, for bedre at tage højde for sæsonvariation. Analysen vil fokusere på et symmetrisk vindue på +/- 52 uger omkring interventionen (kortsigtet effekt) samt hele analyseperioden (langsigtet effekt). Efter indekseringen opdeles data i en før-periode (før intervention) og en efter-periode (fra og med intervention). For hver by beregnes det gennemsnitlige indeks i de to perioder, og forskellen kan således anvendes som mål for ændringen i passagerudvikling på tværs af analysebyerne. Da analysen både foretages for interventionsbyer samt kontrolbyer giver det mulighed for direkte sammenligning.

3.2 Difference-in-difference analyser

Der er blevet foretaget en såkaldt difference-in-difference analyse, der er en metode, der kan påvise hvorvidt der er signifikant forskel i udviklingen på tværs af hhv. en gruppe, der oplever en intervention og en gruppe, der ikke oplever en intervention. Metoden kan således anvendes til at analysere, hvorvidt udviklingen i passagertal er anderledes for buslinjer, der bliver udskiftet

fra konventionelle busser til elektriske busser efter udskiftningen ved at sammenligne med udviklingen for buslinjer, hvor der ikke sker en ændring.

Modellerne estimerer effekten af elektrificering ved at sammenligne ændringer i passagertal over tid mellem elektrificerede og ikke-elektrificerede ruter inden for samme by. Identifikationen kommer fra variationen i dels hvilke ruter der elektrificeres (behandling vs. kontrol), og hvornår elektrificeringen finder sted (før vs. efter).

For at kunne isolere effekten af elektriske busser på passagertal tages der højde for faste effekter relateret til hhv. linje, by og tid (sæson). Da analysen fokuserer på passagerudviklingen på buslinjeniveau tages der i modellen eksplicit højde for linje-specifikke effekter. Modellen inkluderer passagerdata fra forskellige byer, og det er derfor også nødvendigt at tage højde for byspecifikke forskelle. Derudover varierer antallet af passagerer meget henover året, så der tages ligeledes eksplicit højde for sæsonvariation. Derudover inkluderes også faste effekter for interaktionen mellem by og tid, der dermed sikrer, at variationen over tid kan være forskellig på tværs af byerne i studiet.

Det blev vurderet også at kontrollere for andre relevante parametre, der påvirker passagertallet, herunder udbud (f.eks. antal bustimer udbudt), aktiviteter (f.eks. befolkning, arbejdspladser, mv.) og pris. Den valgte modelspecifikation, hvor der eksplicit kontrolleres for forskelle over tid og sted samt deres interaktion, gør dog, at andre effekter, der varierer på samme aggregationsniveau (uge eller måned) ikke kan estimeres. Det har dog ikke nogen indvirkning på modelresultaternes gyldighed, da det blot betyder, at en eventuel effekt af bustimer ikke estimeres direkte – men modellen tager indirekte højde for dette via interaktionen mellem by x tid. Modellen vil således estimere den gennemsnitlige ændring i passagertal for elektrificerede ruter relativt til ikke-elektrificerede ruter inden for samme by og samme tidspunkt.

Der foretages ligeledes en analyse af den kortsigtede (12 måneder før og efter elektrificeringen) og langsigtede effekt (alle data for hele analyseperioden).

I det følgende beskrives de to typer af modeller, hhv. en simpel log-lineær OLS model og en avanceret Poisson pseudo-maximum likelihood model (PPML).

3.2.1 OLS

Den simple OLS-model er specificeret således:

$$\ln(y_{crt}) = \beta \cdot Electric_{crt} + \alpha_r + \gamma_{ct} + \varepsilon_{crt} \quad (\text{Model 1})$$

Hvor y_{crt} er antal påstigere på rute r i by c på tidspunkt t , $Electric_{crt}$ er en indikatorvariabel, der er lig 1, hvis rute r i by c er elektrificeret på tidspunkt t , og ellers 0, α_r er rute-faste effekter, γ_{ct} er by-specifikke tidsfaste effekter, og ε_{crt} er fejleddet. For denne model er β ca. den procentvise ændring når buslinjer bliver elektrificerede.

Der anvendes naturlig logaritme fordi der er stor variation i passagertallet på tværs af linjer, med mange linjer med meget få passagerer og nogle med meget store passagertal (højreskæv fordeling). En model, der estimerer det absolutte passagertal, vil i sådanne tilfælde være proble-

matisk idet den antager, at effekten af elektrificering er konstant i absolutte termer frem for proportionale. Dermed ville store ruter dominere estimerne, hvilket vil give et upræcist billede af effekten. Ved at anvende log-transformation gøres effekterne relative. Dog introduceres et nyt problem, da linjer med 0 passagerer skal håndteres med et metodemæssigt valg da logaritmen til 0 ikke er defineret. Derudover kan OLS-modellen ikke håndtere heteroskedasticitet, hvor variansen af fejleddet ikke er konstant, men afhænger af den afhængige variabels absolutte værdi. Dette er tilfældet for dette datasæt, da der er større variation blandt buslinjer med mange passagerer end dem med få passagerer. Dette er ikke et problem for selve estimerne, men vil give undervurderede standardfejl – og dermed upålidelige estimer af signifikansen.

3.2.2 PPML

Grundet begrænsningerne i den simple OLS-model, anvendes i dette studie en avanceret Poisson pseudo-maximum likelihood (PPML), estimeret som vist i Model 2:

$$E[y_{crt} | X] = \exp(\beta \cdot Electric_{crt} + \alpha_r + \gamma_{ct}) \quad (\text{Model 2})$$

Hvor y_{crt} er antal påstigere på rute r i by c på tidspunkt t , og X er sættet af forklaringsvariable, der inkluderer $Electric_{crt}$, α_r og γ_{ct} . Modellen estimerer således det forventede gennemsnitlige passagertal betinget af de inkluderede forklaringsvariable. Her er β således den forventede procentvise ændring når buslinjer bliver elektrificerede.

PPML-modellen er generelt særligt egnet til tælle-data, såsom denne analyse af antal passagerer på tværs af buslinjer da modellen naturligt håndterer de mange buslinjer med nul passagerer, uden brug af transformation af data. Derudover modelleres en ikke-lineær sammenhæng, hvor effekterne er proportionale rettere end absolutte, hvilket harmonerer med denne analyse. Sidst er modellen robust overfor heteroskedasticitet, hvor det ikke er et krav, at variansen af fejleddet er konstant. Modellen vil således give mere pålidelige estimer af standardfejl, og dermed robust estimation af resultaternes signifikansniveau.

4. Cases

Til studiet er udvalgt en række byer, hvor der er blevet implementeret elektriske busser samt en række byer uden ændringer, der anvendes som kontrolgruppe. Da analyseperioden dækker over årene 2018 til 2024, er der udvalgt syv byer, der har fået elektriske busser i perioden, som vist i Tabel 1. Byerne er kategoriseret i to grupper, hhv. byer i Østdanmark og Vestdanmark.

Udvælgelsen af kontrolbyer har været mere udfordrende da der i stort omfang sker en udskiftning til elektriske busser på tværs af hele Danmark. Dog er der fundet otte byer, der enten ikke – eller først mod slutningen af perioden – har udskiftet til elektriske busser. Disse er således inkluderet i kontrolgruppen, og der er taget højde for, at alle analyser ikke inkluderer en periode, hvor en by i kontrolgruppen har fået udskiftet til elektriske busser.

Alle byer er desuden forsøgt udvalgt således, at der ikke har fundet andre større ændringer sted i det kollektive trafiknet i den pågældende periode. Det har dog ikke været muligt at sikre dette.

Analysebyer (åbningsår)	Kontrolbyer	Landsdel
Roskilde (2019) Slagelse (2021) Næstved (2022)	Hillerød Helsingør Køge Holbæk	Østdanmark
Herning (2021) Esbjerg (2021) Kolding (2022) Vejle (2022)	Randers Silkeborg Viborg Holstebro	Vestdanmark

Tabel 1; Oversigt over de inkluderede byer i analysen.

Det bemærkes, at kontrolbyerne Randers, Holstebro og Silkeborg har udskiftet til elektriske busser i december 2023 – og Viborg i juni 2024. Derfor er der kun analyseret data for Vestdanmark for perioden januar 2019 til december 2023. For Østdanmark er der anvendt data for perioden januar 2018 til december 2023, da Hillerød og Helsingør ligeledes har udskiftet til elektriske busser i december 2023.

Fælles for byerne i analysen er, at de har planlagt udskiftet alle bybusser på én gang. En oversigt over de konkrete buslinjer, der er udskiftet for analysebyerne er vist i Tabel 2. Dog er der stadig en del busruter, der betjener casestudiebyerne, som ikke er skiftet til elektriske busser, herunder regionale ruter. Der vil i alle byer således være passagerer, der benytter konventionelle busser både før og efter, at byen har elektrificeret bybusserne.

By	Elektriske linjer	Åbningsdato
Roskilde	201A, 202A, 203-206, 208-209, 2012	14-04-2019
Slagelse	901-905, 909, 431, 460	27-06-2021
Næstved	601A, 601-605, 607, 611	10-04-2022
Herning	1-9, 13, 21, 26, 28, 29, 40, 53, 62, 72, 81, 140, 150, 160	26-09-2021
Esbjerg	1A, 2A, 3B, 4B, 5C, 6C, 7C, 12, 13, 15, 16	12-12-2021
Kolding	1-7, 252-254	26-06-2022
Vejle	1-16, 204, 207, 211, 212	16-10-2022

Tabel 2; Oversigt over elektriske buslinjer for byerne i analysen.

5. Data

Studiet er baseret på data fra Rejsekort, som er et check-ind/check-ud automatiseret billetindsamlingssystem (AFC), der dækker hele Danmark med detaljeret O-D-information (origin–destination), inklusive skift undervejs. Disse data dækker ca. 41 % af alle rejser foretaget med kollektiv transport i Danmark (2021, Movia), mens de resterende passagerer anvender periodekort eller andre billettyper. Analysen baserer sig således ikke på det totale antal rejsende, men kun de, der anvender Rejsekort som rejsehjemmel. Dog analyserer studiet passagerudviklingen for elektriske busser relativt ift. andre konventionelle busser, både internt i analysebyen samt på tværs af kontrolbyer, og anvendelse af Rejsekort til dette vil således ikke være en begrænsning såfremt der ikke sker en systematisk ændring i anvendelsen af rejsehjemmel på tværs af busser afhængig af deres drivmiddel. Dette antages ikke at være tilfældet.

Der er til studiet taget udgangspunkt i et bruttodatasæt indeholdende alle Rejsekorttransaktioner i hele Danmark fra perioden 1. januar 2018 til 31. december 2024. Da der dog findes byer i Østdanmark, der implementerede elektrificerede busser i slutningen af perioden – er der dog ikke anvendt 2024-data for Østdanmark. Derudover er der ikke anvendt data for 2018 i Vestdanmark. Dermed er data til brug for analyserne som vist i Tabel 3.

Region	Analyseperiode	
Østdanmark	01-01-2018	31-12-2023
Vestdanmark	01-01-2019	30-06-2024

Tabel 3: Analyseperiode

Til passageranalyserne er antallet af passagerer beregnet som antal påstigere, hvilket i Rejsekortdata findes med tidsstempel samt lokation.

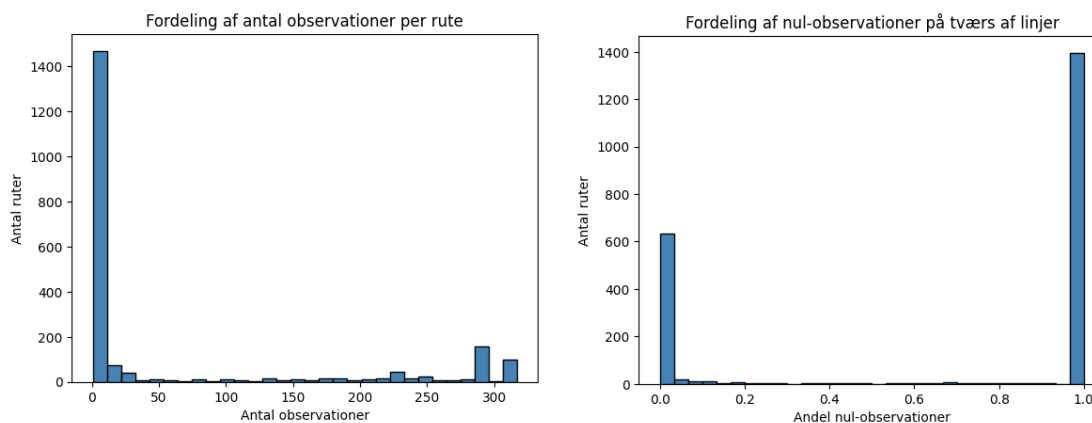
For analyserne på byniveau inkluderes udelukkende data for de specifikke kommuner, hvor byerne er beliggende. Derudover inkluderes kun passagertal for busstoppesteder. De gyldige busstoppesteder er defineret ved hjælp af stoppestedsnummeret, og togstationer filtreres således fra.

For analyserne på buslinjeniveau anvendes data direkte fra Rejsekort, der beskriver, hvilken linje, der er blevet checket ind i. Dette kan således direkte anvendes til at identificere passagerer i hhv. elektrificerede og konventionelle buslinjer.

5.1 Datafiltrering

For at kunne undersøge udviklingen i passagertal har det været nødvendigt at filtrere i data da der findes en række observationer for linjer, der ikke har passagerer, Jf. Figur 1, der viser fordelingen af observationer per buslinje. Heraf ses, at langt størstedelen af ruterne i datasættet ikke indeholder passagerer. Dette ses ligeledes i Tabel 4, at hver by indeholder mange ruter, men at mange ruter ofte ingen passagerer har (gennemsnitlig andel af buslinjerne, der har nul passagerer). Dette er for alle byer over halvdelen af ruterne. Dette kan være fejlobservationer, eller observationer for linjer, der kun eksisterer kortvarigt, eksempelvis midlertidige, lokale busser. Disse buslinjer fjernes derfor fra datasættet i den første filtrering. Derudover er der mange ruter, der kun eksisterer kortvarigt. Eksempelvis gælder det for alle byer, at ca. to ud af tre ruter kun er

repræsenteret i datasættet i under 12 uger. Der skabes således et tredje datasæt med denne yderligere filtrering, hvor kun ruter, der optræder i mere end 12 uger bibeholdes. Dette reducerer antallet af ruter yderligere, men bibeholder stort set det samme antal passagerer i alle byerne. Kun i tre byer reduceres det samlede antal passagerer, men med under 1%, jf. Tabel 5.



Figur 1: Fordelingen af antal observationer per busrute (venstre) og andel nul-observationer (højre)

By	Antal ruter	Gns. observationer	Gns. 0-andel (%)	Ruteandel <12 obs	Gns. total passagertal
Esbjerg	139	73,70	61,7%	65,5%	60.638
Helsingør	80	52,16	78,1%	77,5%	51.848
Herning	125	64,34	63,6%	64,0%	16.120
Hillerød	134	46,34	82,1%	78,4%	54.678
Holbæk	98	79,47	71,3%	71,4%	53.493
Holstebro	65	84,86	59,3%	63,1%	8.744
Køge	111	54,77	77,2%	75,7%	55.884
Kolding	211	56,92	67,2%	72,5%	39.324
Næstved	126	70,17	68,1%	66,7%	56.557
Randers	177	61,49	53,4%	63,3%	22.854
Roskilde	177	49,22	84,0%	76,8%	61.726
Silkeborg	155	70,12	58,1%	62,6%	26.214
Slagelse	144	53,81	77,5%	76,4%	49.063
Vejle	213	72,91	56,8%	63,4%	46.054
Viborg	165	65,52	61,2%	66,1%	17.235

Tabel 4: Oversigt over antal ruter og observationer (uger med data) per by i det rå Rejsekort-datasæt, antal ruter uden passagerer (0-andel), ruter med få observationer (under 12 ugers data) samt passagertal.

Der arbejdes således med et datasæt uden filtrering (rå), et lettere renset datasæt efter den første filtrering (Filter 1), og et yderligere renset datasæt efter den anden filtrering (Filter 2).

I Filter 1 indsættes et simpelt krav om, at buslinjen skal have et positivt passagertal, dvs. minimum én påstiger. Dette er gjort fordi der i data har vist sig at være mange ruter, der ikke har nogen passagerer. Disse nul-ruter vil skabe problemer for estimationen senere da de vil fjerne fokus i modellen fra de linjer, hvor der rent faktisk vil være forskellig passagerudvikling.

I Filter 2 er der også stilles krav til ruternes tidsmæssige dækning. Her er der sat krav om, at kun buslinjer der eksisterer i minimum 12 uger inkluderes.

En sammenligning af de tre datasæt er vist i Tabel 5. Det ses, at der fjernes mange ruter, specielt efter Filter 1 – og yderligere enkelte ruter efter Filter 2. Filter 1 påvirker ikke det samlede antal passagerer da der kun fjernes ruter uden passagerer – og det ses også at Filter 2 kun påvirker passagertallet marginalt. Det antages derfor ikke at ville påvirke estimationen at arbejde videre med det endelige datasæt efter Filter 2.

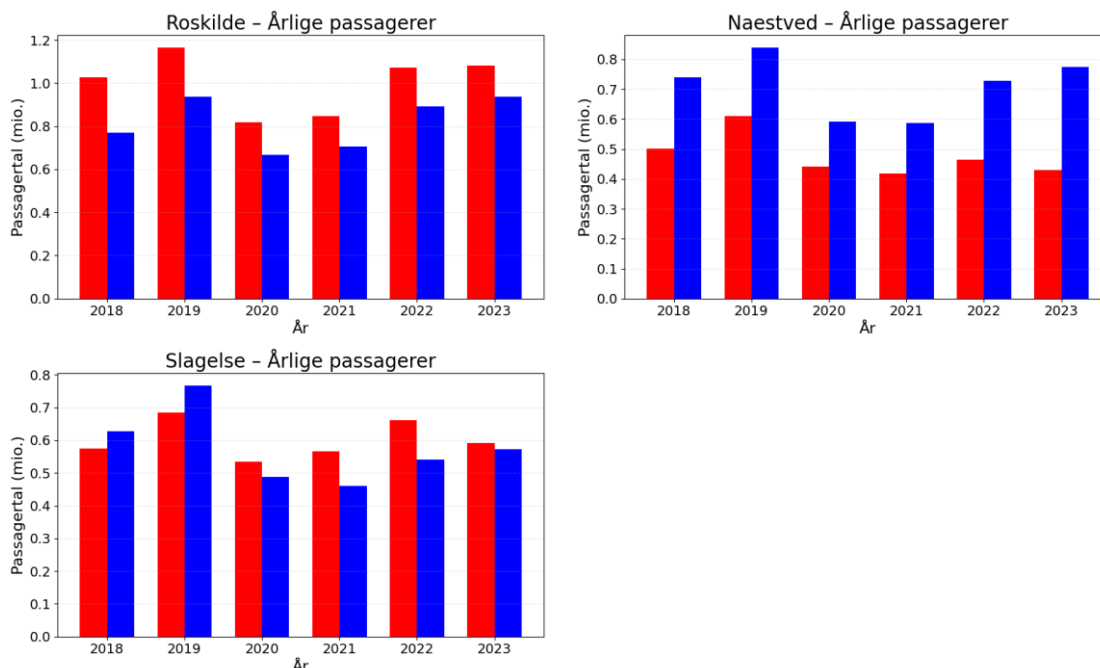
By	Antal ruter			Antal passagerer			
	Rå	Filter 1	Filter 2	Rå	Filter 1	Filter 2	Andel beholdte
Esbjerg	139	54	48	8.428.620	8.428.620	8.417.777	99,9%
Helsingør	80	18	16	4.147.804	4.147.804	4.147.621	100,0%
Herning	125	47	45	2.014.987	2.014.987	2.014.938	100,0%
Hillerød	134	26	21	7.326.916	7.326.916	7.325.622	100,0%
Holbæk	98	29	28	5.242.309	5.242.309	5.242.305	100,0%
Holstebro	65	28	24	568.346	568.346	568.300	100,0%
Koge	111	27	25	6.203.162	6.203.162	6.203.157	100,0%
Kolding	211	73	58	8.297.390	8.297.390	8.296.877	100,0%
Næstved	126	42	41	7.126.207	7.126.207	7.126.205	100,0%
Randers	177	87	59	4.045.227	4.045.227	4.007.349	99,1%
Roskilde	177	30	28	10.925.580	10.925.580	10.925.577	100,0%
Silkeborg	155	67	53	4.063.175	4.063.175	4.062.608	100,0%
Slagelse	144	34	33	7.065.029	7.065.029	7.064.992	100,0%
Vejle	213	94	76	9.809.608	9.809.608	9.797.665	99,9%
Viborg	165	68	55	2.843.772	2.843.772	2.843.536	100,0%

Tabel 5: Oversigt over antal ruter og passagerer før og efter filtrering.

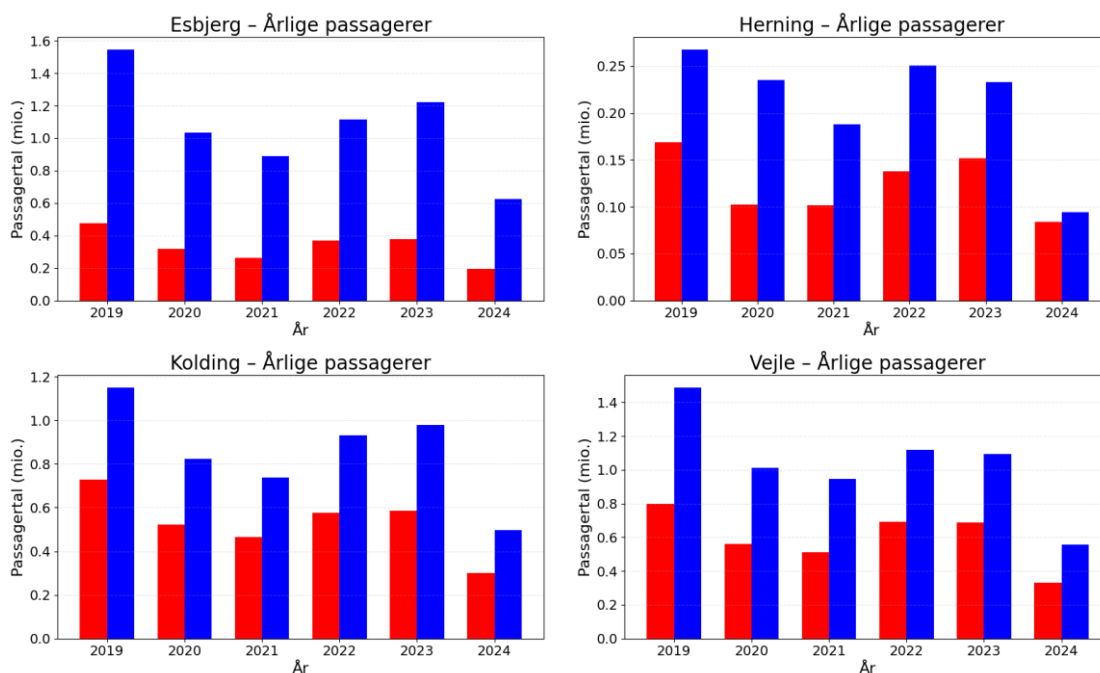
5.2 Passagertal på tværs af byer

Efter datafiltreringen er der skabt overblik over det samlede antal årlige passagerer for hhv. de linjer, der på et tidspunkt bliver elektrificerede og de linjer, der forbliver konventionelle linjer gennem hele perioden. Dette er gjort for hver af de syv analysebyer i analysen, se Figur 2 for Østdanmark og Figur 3 for Vestdanmark. I de fleste byer er det over halvdelen af passagererne i busserne indenfor kommunegrænsen, der rejser med elektrificerede linjer. Dog er der i mange byer stadig en række regionale linjer samt andre lokale busser, der ikke er blevet elektrificeret.

De elektrificerede buslinjer står for den største andel af passagererne i Esbjerg (76%) og den mindste andel i Roskilde (45%).



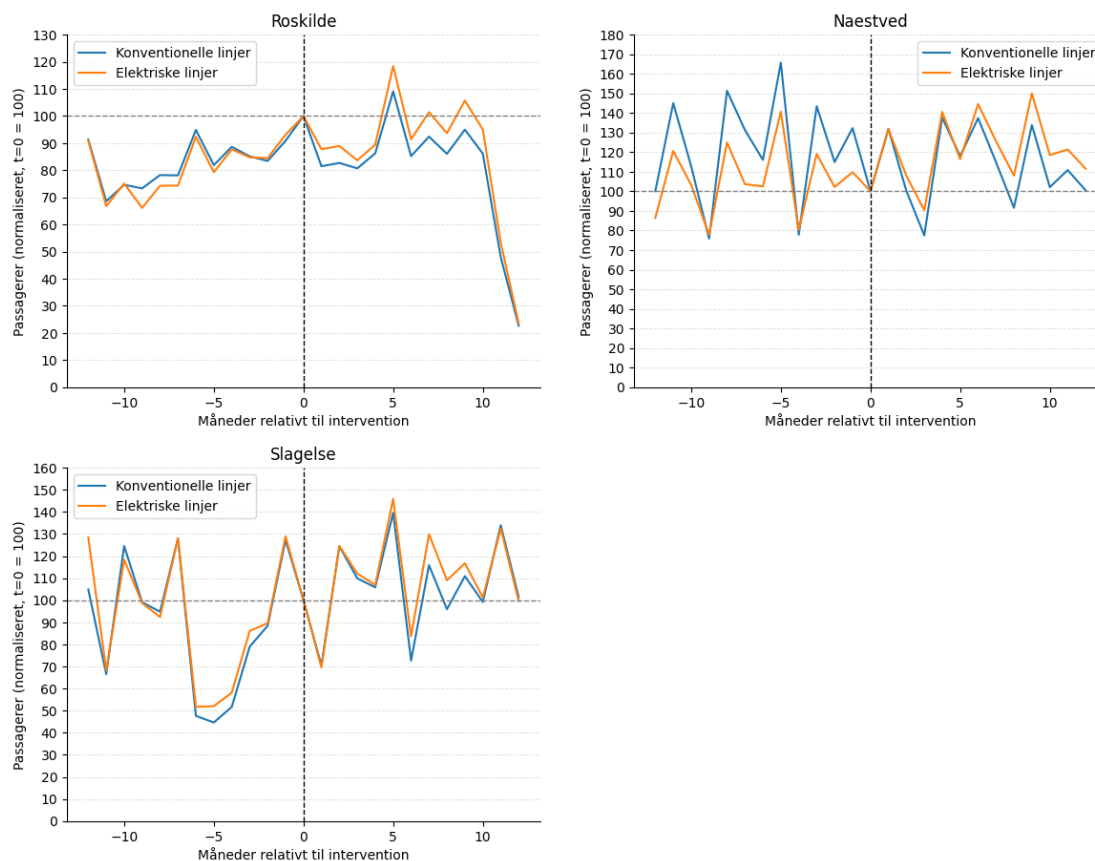
Figur 2: Årlige passagertal for buslinjerne i analysen for de tre byer i Østdanmark. Rød: elektrificerede buslinjer, Blå: konventionelle buslinjer.



Figur 3: Årlige passagertal for buslinjerne i analysen for de fire byer i Vestdanmark. Rød: elektrificerede buslinjer, Blå: konventionelle buslinjer.

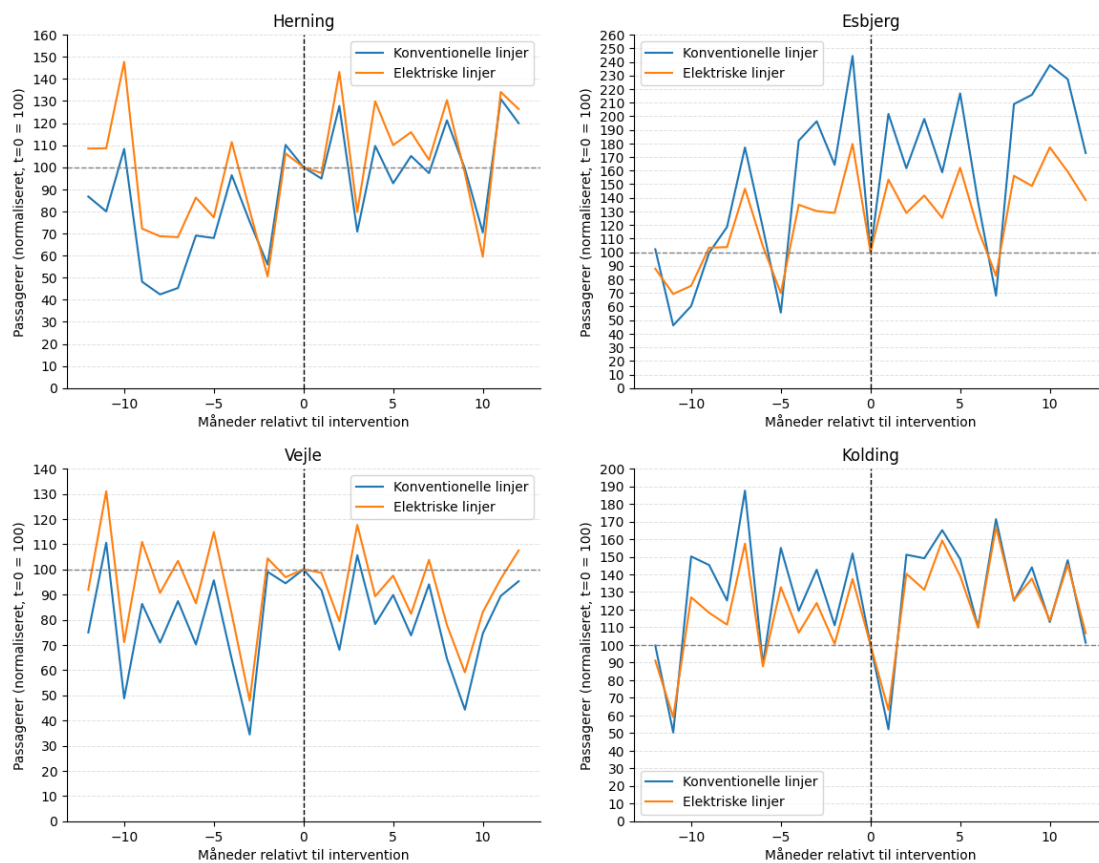
5.3 Analyse af trends

Til difference-in-difference modellerne, der undersøger udviklingen i trends for passagertallet er den centrale antagelse, at i fravær af elektrificering vil udviklingen i passagertal for elektrificerede og ikke-elektrificerede linjer være den samme, dvs. parallelle trends. Denne antagelse er man derfor nødt til at undersøge, hvilket i dette studie er sket grafisk ved at analysere udviklingen i passagertal i en periode, der dækker 12 måneder før til 12 måneder efter interventionen. Udviklingen for de syv analysebyer er vist i Figur 4 for Østdanmark og Figur 5 for Vestdanmark.



Figur 4: Sammenligning af passagerudvikling for elektrificerede buslinjer og konventionelle buslinjer for analysebyerne i Østdanmark for 12 måneder før/efter implementering.

For udviklingen i de tre byer i Østdanmark ses generelt meget varierende passagertal over året før og året efter interventionen, men der ses en ensartet trend for hhv. de elektrificerede buslinjer og de konventionelle, der bærer præg af sæsonudsving, hvor passagertallet generelt er lavere for begge typer linjer i specifikke perioder. Det samme ses at være tilfældet for byerne i Vestdanmark. Der ses således ikke en markant anderledes udvikling for de to grupper af buslinjer på tværs af de syv analysebyer. Dermed ses der ingen umiddelbare problemer i at foretage differensanalyser for disse byer.

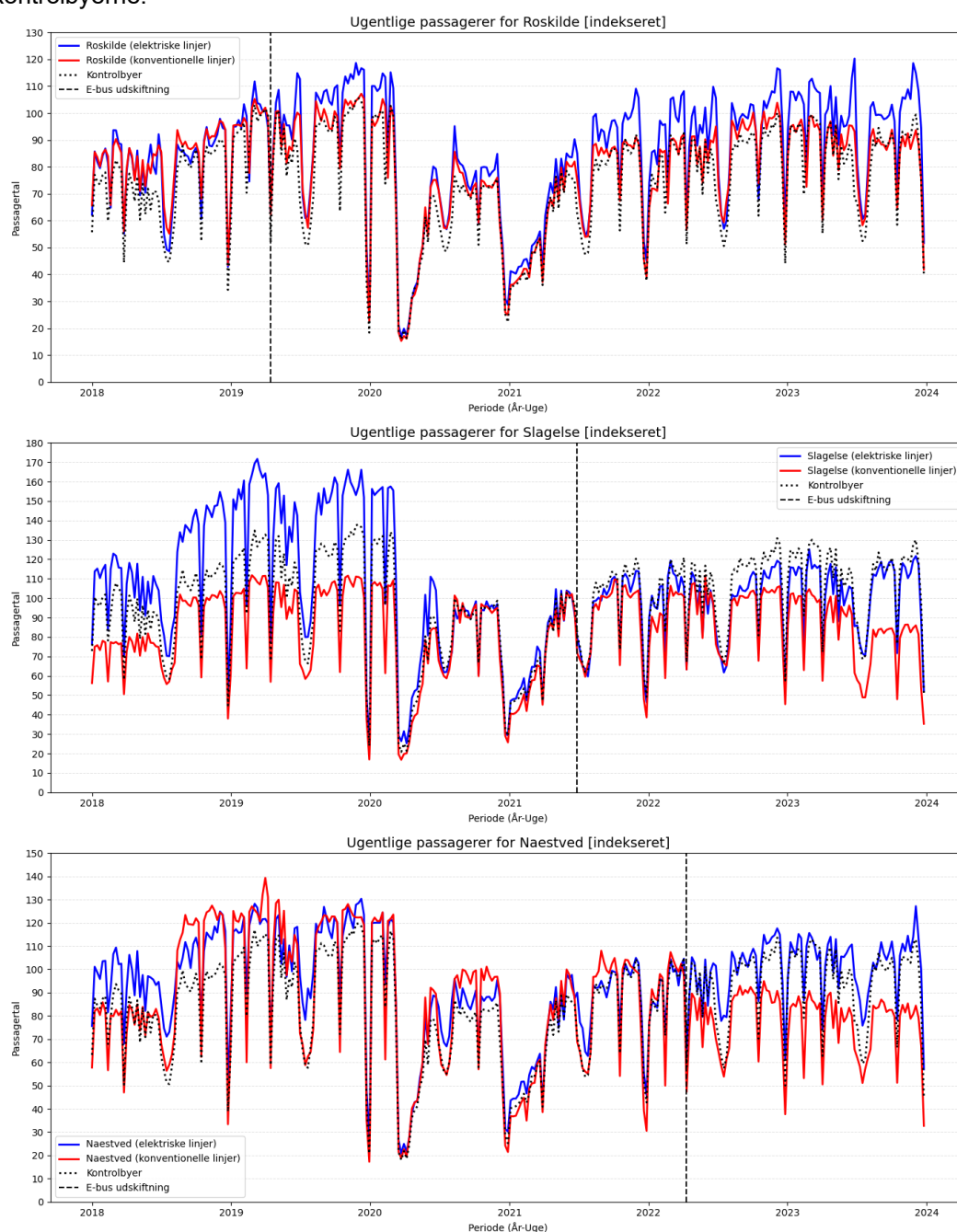


Figur 5: Sammenligning af passagerudvikling for elektrificerede buslinjer og konventionelle buslinjer for analysebyerne i Vestdanmark for 12 måneder før/efter implementering.

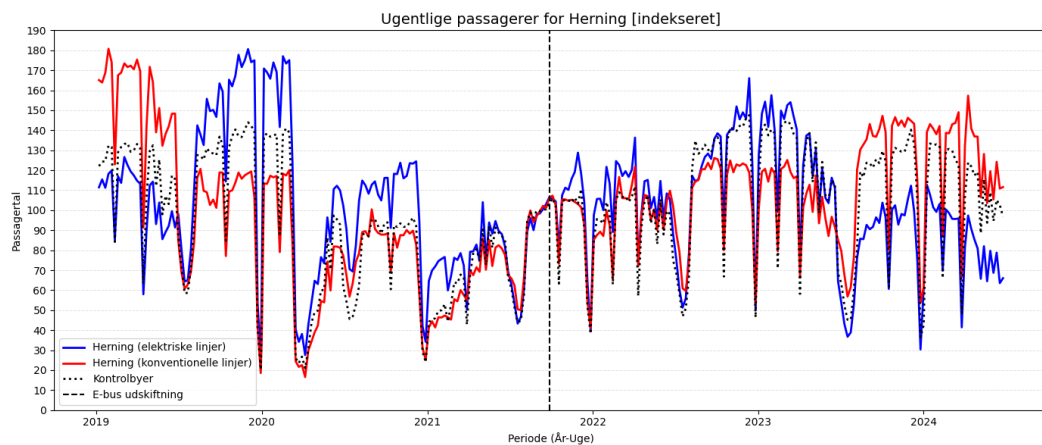
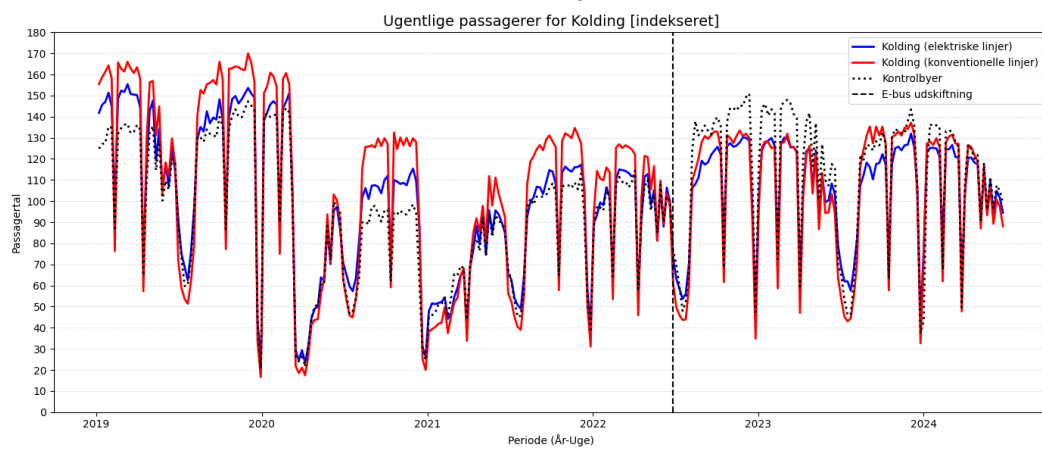
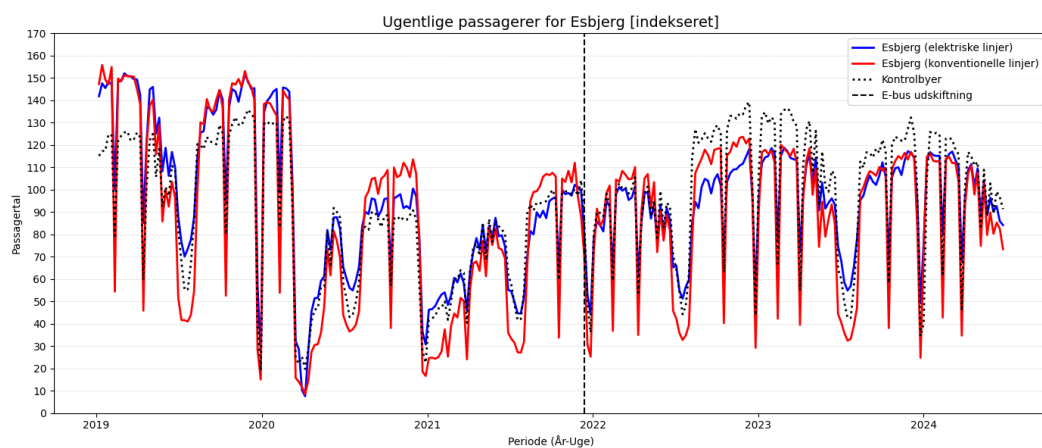
6. Resultater

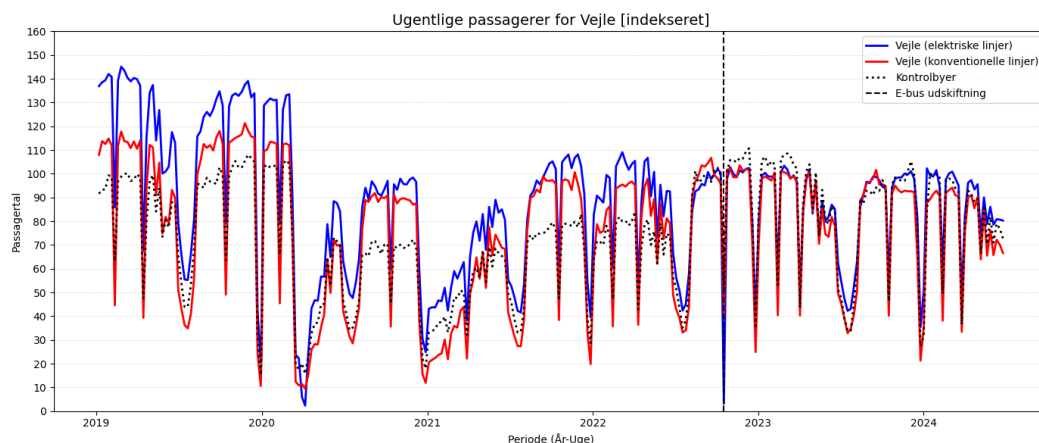
6.1 Passagerudvikling

Analysen af passagerudviklingen i byerne er vist i Figur 6 for byerne i Østdanmark og Figur 7 for byerne i Vestdanmark. Her sammenlignes udviklingen i passagertal (indekseret) mellem i) de elektrificerede og ii) de konventionelle buslinjer indenfor kommunen samt iii) alle buslinjerne i kontrolbyerne.



Figur 6: Udviklingen i indekseret passagertal for hhv. elektrificerede og konventionelle buslinjer med sammenligning til gennemsnitlig udvikling i kontrolbyer for de tre byer i Østdanmark. Rød: elektrificerede buslinjer, Blå: konventionelle buslinjer.





Figur 7: Udviklingen i indekseret passagertal for hhv. elektrificerede og konventionelle buslinjer med sammenligning til gennemsnitlig udvikling i kontrolbyer for de tre byer i Vestdanmark. Rød: elektrificerede buslinjer, Blå: konventionelle buslinjer.

For Roskilde ses en generelt ensartet udviklingen i perioden før april 2019, hvor elektrificeringen skete. I perioden efter ses der en umiddelbart mere positiv udvikling for de elektrificerede buslinjer sammenlignet med både de konventionelle buslinjer i Roskilde samt for kontrolbyerne (Hillerød, Helsingør, Køge og Holbæk). Dette kunne tyde på en positiv effekt af elektrificering på passagertallet. For Slagelse ses ligeledes en umiddelbart mere positiv udvikling i perioden efter implementeringen end i året før. Dog ses en meget mere negativ udvikling under COVID-19 pandemien for de elektrificerede linjer, hvilket dog må formodes ikke at have noget at gøre med elektrificeringen. For Næstved ses ligeledes en mere positiv udvikling i perioden efter implementering sammenlignet med specielt året før.

Sammenligningen for byerne i Vestdanmark viser et mindre klart billede. For Esbjerg er det svært at identificere en trend udelukkende baseret på grafen. For Kolding ses en marginalt mere positiv udvikling for elektrificerede buslinjer end konventionelle – dog ses en mere positiv udvikling for kontrolbyerne. Det samme er tilfældet for Herning og Vejle.

For at skabe et overblik over udviklingen i passagertallet før og efter elektrificering, er det gennemsnitlige indekserede passagertal beregnet for hver enkelt by.. Desuden sammenlignes med udviklingen i kontrolbyerne, hvor der for hver by ligeledes beregnes et gennemsnitligt indeks før og efter implementeringen i den specifikke by. Analysen er foretaget med fokus på både kortsigtet (12 måneder før/efter interventionen) og langsigtet effekt (alle data). Resultaterne er vist i Tabel 6.

By	Kortsigtet			Langsigtet		
	Elbusser	Hele byen	Kontrolbyer	Elbusser	Hele byen	Kontrolbyer
Roskilde	+6,0	+0,5	+0,8	+1,6	-3,9	-2,7
Slagelse	+23,8	+22,5	+29,6	-10,2	+0,5	+16,7
Næstved	+12,9	+3,5	+11,0	+11,3	+1,7	+14,8
Esbjerg	+25,0	+28,2	+36,9	+2,0	+3,1	+22,2
Kolding	+12,4	+8,6	+28,6	+8,6	+6,1	+22,6
Herning	+22,9	+28,2	+32,1	+0,8	+9,0	+23,3
Vejle	-4,9	-2,0	+16,7	-3,5	+0,8	+21,2

Tabel 6: Gennemsnitligt indekseret passagertal for analysebyerne før og efter implementering af elektriske busser.

For Roskilde ses en positiv udvikling i indekseret passagertal efter implementering af elektriske busser; en udvikling der er mere positiv relativt til den generelle udvikling i Roskilde generelt samt i kontrolbyerne. Der ses således umiddelbart en relativt mere positiv udvikling for de elektrificerede buslinjer. For Næstved og Kolding ses ligeledes en større stigning i passagertallet for de elektrificerede linjer sammenlignet med byerne som helhed. Men kun for Næstved er stigningen større for de elektrificerede linjer end for kontrolbyerne – og kun på den korte bane, mens for Kolding er udviklingen mindre positiv end for kontrolbyerne. For Slagelse ses en mere positiv udvikling for elbuslinjerne end de konventionelle linjer på den korte bane – men modsat på den lange bane, og generelt er udviklingen i kontrolbyerne generelt mere positiv. For Esbjerg, Herning og Vejle ses generelt en mere negativ passagerudvikling både sammenlignet med byerne som helhed samt når man sammenligner med kontrolbyerne – både på den korte og lange bane.

Generelt ses således ikke en generelt positiv effekt af implementering af elektriske busser på tværs af de syv analysebyer. Kun i Roskilde ses en klar positiv effekt baseret på disse analyser, mens analysen også kan tyde på en marginal positiv effekt i Næstved og muligvis i Slagelse. Det skal dog bemærkes, at denne analyse kun kan give et generelt overblik, hvorfor der i det følgende gennemgås en decideret effektanalyse, der bedre kan isolere effekten af en intervention.

6.2 Difference-in-difference

Der er blevet foretaget differensanalyser, estimeret både som simple OLS-modeller samt avancerede og mere robuste PPML-modeller. For at undersøge robustheden af resultaterne er der estimeret modeller baseret på både ugentlig og månedlig aggregering af passagertal, ligesom der er beregnet resultater for både det rå data inden filtrering samt de to niveauer af filtrering. De to filtreringer viste meget ensartede resultater, mens modellerne baseret på det rå data generelt viste mere markante og signifikante effekter, der dog skyldes inklusion af en række linjer uden passagerer. Det vurderes således, at inklusion af disse linjer giver en falsk overvurdering af parameter værdierne og deres signifikansniveau hvorfor det filtrerede datasæt er anvendt til modellerne.

Modellerne er ligeledes estimeret for hhv. datasættet for byerne i Vestdanmark, for byerne i Østdanmark samt en samlet model for alle byer i hele Danmark. Der er estimeret modeller for hhv. en kortsigtet (+/- 12 måneder) og langsigtet effekt (hele analyseperioden) af udskiftningen til

elektriske busser. Det vurderes dog, at den kortsigtede effekt er mere retvisende, da den netop undersøger perioden umiddelbart før og efter udskiftningen, hvilket minimerer indflydelsen fra eventuelle andre effekter.

De overordnede resultater for det filtrerede datasæt er således vist i Tabel 7 og Tabel 8 baseret på hhv. ugentlige og månedlige passagerdata.

	Østdanmark		Vestdanmark		Hele danmark	
	Koefficient	P-værdi	Koefficient	P-værdi	Koefficient	P-værdi
Kortsigtet	0,059	0,021	-0,009	0,729	0,015	0,535
Langsigtet	0,044	0,361	-0,021	0,435	-0,041	0,300

Tabel 7: Resultater af differensanalysen (ugentlige data).

	Østdanmark		Vestdanmark		Hele danmark	
	Koefficient	P-værdi	Koefficient	P-værdi	Koefficient	P-værdi
Kortsigtet	0,085	0,009	-0,008	0,756	0,028	0,283
Langsigtet	0,058	0,238	-0,008	0,766	-0,032	0,434

Tabel 8: Resultater af differensanalysen (månedlige data).

Der ses således generelt ingen markant effekt på passagertallet efter elektrificering af buslinjerne. Dog ses en mindre, men signifikant, positiv effekt for buslinjerne i Østdanmark (Roskilde, Næstved og Slagelse), hvor der ses en stigning på 5,9-8,5% for buslinjer efter de bliver elektrificerede. Dette skal tolkes som om, at passagertallet er ca. 6-8% højere i året efter implementering af elektriske busser end året før, der således kan tilskrives udskiftningen af busmateriellet. Denne effekt er efter, at der i modellerne kontrolleres for faste effekter relateret til både den lokale by, den specifikke buslinje, tid og sæson, samt interaktionen mellem by og tid. Der tages således højde for lokale forskelle. For Vestdanmark ses ingen effekt på passagertallet efter implementering af elektriske busser, og i den samlede model bliver den lille positive effekt for Østdanmark udvandet af den manglende effekt for Vestdanmark. Derudover ses effekten kun i data for året umiddelbart efter implementeringen.

7. Konklusion

Dette notat har sammenlignet passagerudviklingen på tværs af syv byer, der i perioden 2019 til 2022 har udskiftet størstedelen af buslinjerne i byen til elektriske busser med otte kontrolbyer, der ikke har skiftet busmateriel i perioden.

Resultaterne har samlet set ikke vist en markant ændring i passagerudviklingen på tværs af byerne. For byerne i Østdanmark ses dog en mindre, men signifikant kortsigtet effekt, hvor passagerudviklingen for buslinjer, hvor konventionelle dieselbusser udskiftes til elektriske busser, har en stigning i passagertallet i året efter udskiftning sammenlignet med året før. Der ses således en udvikling, hvor passagertallet for de elektriske buslinjer steg relativt mere i året efter udskiftning sammenlignet med de resterende buslinjer i byen samt buslinjer i kontrolbyerne, specielt i Roskilde, men også delvist i Næstved. Analyserne for byerne i Vestdanmark, samt analysen på tværs af alle byer i hele Danmark, viste ingen signifikante forskelle på tværs af buslinjer. Der er således tale om lokale effekter, der varierer meget på tværs af Danmark.

Resultaterne af den langsigtede analyse baseret på alle data i hele den 5-6-årige analyseperiode viste ingen signifikante forskelle, hverken i Østdanmark eller Vestdanmark. Der ses således ingen langsigtet effekt af elektriske busser.

Samlet set kan det således ikke konkluderes, at udskiftning til elektriske busser generelt giver en markant passagerstigning.

Referencer

- Ingvardson, J.B., Nielsen, O.A., 2019. The relationship between norms, satisfaction and public transport use: A comparison across six European cities using structural equation modelling. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 126, 37–57.
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.05.016>
- Kwon, Y., Kim, S., Kim, H., Byun, J., 2020. What attributes do passengers value in electrified buses? *Energies (Basel)*. 13. <https://doi.org/10.3390/en13102646>
- Munim, Z.H., Noor, T., 2020. Young people's perceived service quality and environmental performance of hybrid electric bus service. *Travel Behav. Soc.* 20, 133–143.
<https://doi.org/10.1016/j.tbs.2020.03.003>
- Nguyen, M.H., Pojani, D., 2023. Why are Hanoi students giving up on bus ridership? *Transportation (Amst)*. 50, 811–835. <https://doi.org/10.1007/s11116-021-10262-9>
- Salvo, A., Wong, T., 2026. Satisfaction, willingness to pay, and ridership when buses are electrified.
- van Lierop, D., Badami, M.G., El-Geneidy, A.M., 2018. What influences satisfaction and loyalty in public transport? A review of the literature. *Transp. Rev.* 38, 52–72.
<https://doi.org/10.1080/01441647.2017.1298683>