



Analyse af elbilers forbrug

Ove Andersen, Benjamin B. Krogh, and Kristian Torp

March 2014

TR-34

A DB Technical Report

Title Analyse af elbilers forbrug (Report is in Danish)
Copyright © 2014 Ove Andersen, Benjamin B. Krogh and Kristian Torp. All rights reserved

Author(s) Ove Andersen, Benjamin B. Krogh, and Kristian Torp

Publication History March 2014. A DB Technical Report

For additional information, see the DB TECH REPORTS homepage: <www.cs.auc.dk/DBTR>

Any software made available via DB TECH REPORTS is provided “as is” and without any express or implied warranties, including, without limitation, the implied warranty of merchantability and fitness for a particular purpose.

The DB TECH REPORTS icon is made from two letters in an early version of the Rune alphabet, which was used by the Vikings, among others. Runes have angular shapes and lack horizontal lines because the primary storage medium was wood, although they may also be found on jewelry, tools, and weapons. Runes were perceived as having magic, hidden powers. The first letter in the logo is “Dagaz,” the rune for day or daylight and the phonetic equivalent of “d.” Its meanings include happiness, activity, and satisfaction. The second letter is “Berkano,” which is associated with the birch tree. Its divinatory meanings include health, new beginnings, growth, plenty, and clearance. It is associated with Idun, goddess of Spring, and with fertility. It is the phonetic equivalent of “b.”

Analyse af elbilers forbrug

Daisy, Institut for Datalogi

Aalborg Universitet

Teknisk rapport

Marts 2014

Dokument titel:	Analyse af elbilers forbrug
Bevillingsmyndighed	Energistyrelsen
Version:	1.0
Publiceringsdato:	2014.03.10
Type af dokument:	Rapport
Synlighed:	Offentlig
Forfattere:	Ove Andersen, Benjamin B. Krogh, Kristian Torp
Ansvarlig for rapport	Kristian Torp torp@cs.aau.dk
Organisation	Daisy, Institut for Datalogi, Aalborg Universitet

Resumé

Denne rapport undersøger GPS og CAN bus datagrundlaget opsamlet ved kørsel med elbiler og analysere på elbilers forbrug. Analyserne er baseret på godt 133 millioner GPS og CAN bus målinger opsamlet fra 164 elbiler (Citroen C-Zero, Mitsubishi iMiev og Peugeot Ion) i kalenderåret 2012.

For datagrundlaget kan det konstateres, at der er behov for væsentlige, men simple opstramninger for fremadrettet at gøre det nemmere at anvende GPS/CAN bus data fra elbiler i andre analyser.

Brugen af elbiler er sammenlignet med brændstofbiler og konklusionen er, at elbiler generelt kører 10-15 km/t langsommere på motorveje end brændstofbiler. I byerne kan der ikke ses forskel på den hastighed el- og brændstofbiler kører med.

Længden af ture kørt med elbil er sammenlignet med brændstofbiler. Ture i elbiler er generelt lidt kortere end ture med brændstofbiler. 90 % af turene med elbil er under 23 km og 98,1 % er under 40 km. Det er derfor sjældent, at den maksimale batterikapacitet for elbiler udnyttes. Således anvender 99,1 % af turene i elbil under halvdelen af batterikapaciteten.

Detailanalysen af de 11 udvalgte strækninger viser klart, at elbilers forbrug varierer kraftigt henover året. Rækkevidden for elbiler vurderes til at være 125 km ved *ren* motorvejskørsel og mellem 77 km og 130 km ved kørsel på mindre veje. Der kan lokale være store udsving f.eks. pga. bakker.

Summary

This report is an analysis of the energy consumption of electrical vehicles (EVs). The analysis is based on approximately 133 million GPS and CAN bus measurements from 164 EVs (Citroen C-Zero, Mitsubishi iMiev and Peugeot Ion). All data is collected in 2012.

A first step in the report is to analyze the quality of the GPS and CAN bus data. In conclusion it is necessary to make a number of adjustments in the data collection process to improve the quality of the data. These improvements will ensure that it will be simpler to use the GPS and CAN bus data in new analyses.

The driving speed of EVs is compared to the driving speed of vehicles with combustion engines. The conclusion is that EVs drive with at 10 – 15 km/h lower speed than combustion-engine vehicles on motorways. In cities it is not possible to see any differences in the speed driven by EVs and combustion-engine vehicles.

The length of trips driven in EVs is compared to the length of trips from combustion-engine vehicles. Overall the trips with EVs are a bit shorter. For EVs 90 % of the trips are below 23 km and 98.1 % of trips are below 40 km. Due to the many short trips 99.1 % of all trips use less than half the battery capacity.

A detailed analysis of the energy consumption on 11 road stretches leads to the conclusion that the range of EVs is approximately 125 km on motorways and between 77 and 130 km on minor roads. The range is highly affected by the temperature. In the winter months the range is approximately 80 km and in the summer months the range is approximately 120 km.

Indholdsfortegnelse

Resumé	3
Summary.....	3
Termer	8
1. Introduktion.....	9
2. Datagrundlag	10
2.1. GPS og CAN bus data	10
2.2. Datatyper.....	10
2.3. Analyse af datafiler.....	12
2.3.1. Skiftende CSV kolonneformat.....	12
2.3.2. Ingen headere.....	13
2.3.3. Skiftende <i>SysTime</i> data type.....	14
2.3.4. Ugyldige data forekomster i <i>SysTime</i>	14
2.3.5. Manglende data.....	15
2.3.6. Binære data	16
2.4. Læsning af datafiler	16
2.5. Digitalt kort.....	17
2.6. Opsummering datagrundlag.....	17
3. Metode	18
3.1. Rensning af GPS data.....	18
3.2. Rensning af CAN bus data.....	20
3.2.1. Analyse af CAN bus værdier	21
3.2.2. Metoder til rensning af CAN bus data	23
3.3. Map-matching af data	24
4. Resultater	26
4.1. Dækningsgrad af GPS/CAN bus data	26
4.1.1. Dækning i byerne.....	28
4.2. Fordelingen af længden af ture	29
4.3. Energiforbrug pr. tur.....	31
4.4. Hastigheder	33
4.5. Kørte kilometer pr. dag og antal ture pr. dag.....	35
4.6. Strækingsanalyser	37

4.6.1.	Køgebugt Motorvejen.....	39
4.6.2.	Limfjordstunnelen	40
4.6.3.	Storebæltsbroen.....	41
4.6.4.	Vest Motorvejen.....	42
4.6.5.	Esbjerg/Varde	43
4.6.6.	Høvejen.....	44
4.6.7.	Ny Nibevej.....	45
4.6.8.	Karrebæk/Næstved	46
4.6.9.	Odense/Otterup	47
4.6.10.	Næstved/Køgevej	48
4.6.11.	Universitetsboulevarden, Aalborg.....	49
5.	Diskussion	50
5.1.	Datagrundlaget.....	50
5.1.1.	Datagrundlags format.....	50
5.1.2.	Ikke anvendelige datafelter	51
5.1.3.	Vurderingen af rensset data	51
5.2.	Brugen af elbiler	52
5.3.	Elbilers forbrug	52
5.3.1.	Motorvejskørsel.....	52
5.3.2.	Mindre veje.....	53
6.	Konklusion	55
	Litteraturliste.....	56

Liste af figurer

Figur 1 Analyse af antal målinger ved givne <i>Voltage</i> værdier.	21
Figur 2 Analyse af aktuelt forbrug, <i>EVPower</i> , værdier i skidt af 100W.	21
Figur 3 Analyse af opladningsprocenten <i>EVSoC</i>	22
Figur 4 Analyse af kørte kilometer, <i>Odo</i> , i skridt af 100 km.	22
Figur 5 Analyse af temperaturmålinger, <i>Temperature</i>	23
Figur 6 Dækning med GPS/CAN Bus data i Danmark.	26
Figur 7 Fordelingen af længde af ture for el- og brændstofbiler.	29
Figur 8 Kumulativ fordeling af længden af ture for el- og brændstofbiler.	29
Figur 9 Total <i>EVSoC</i> forbrug pr. tur.	31
Figur 10 Kumulativ fordeling af <i>EVSoC</i> pr. tur.	31
Figur 11 <i>EVSoC</i> og gennemsnitlig turlængde +/- en standardafvigelse.	32
Figur 12 Gennemsnitlige hastigheder på forskellige vejtyper for elbiler.	33
Figur 13 Sammenligning af gennemsnitshastigheder for el- og brændstofbiler på motorveje.	34
Figur 14 Sammenligning af gennemsnitshastigheder for el- og brændstofbiler på byveje.	34
Figur 15 Antal kørte kilometer pr. køredag.	35
Figur 16 Antal ture pr. køredag.	36
Figur 17 Køgebugt Motorvej antal køretøjer og ture.	39
Figur 18 Køgebugt Motorvej forbrug henover året.	39
Figur 19 Limfjordstunnelen antal køretøjer og ture.	40
Figur 20 Limfjordstunnelen forbrug henover året.	40
Figur 21 Storebæltsbroen antal køretøjer og ture.	41
Figur 22 Storebæltsbroen forbruget henover året.	41
Figur 23 Vest motorvejen antal køretøjer og ture.	42
Figur 24 Vest Motorvejen forbruget henover året.	42
Figur 25 Esbjerg/Varde antal køretøjer og ture.	43
Figur 26 Esbjerg/Varde forbruget henover året.	43
Figur 27 Høvejen antal køretøjer og ture.	44
Figur 28 Høvejen forbruget henover året.	44
Figur 29 Ny Nibevej antal køretøjer og ture.	45
Figur 30 Ny Nibevej forbruget henover året.	45
Figur 31 Karrebæk/Næstved antal køretøjer og ture.	46
Figur 32 Karrebæk/Næstved forbruget henover året.	46
Figur 33 Odense/Otterup antal køretøjer og ture.	47
Figur 34 Odense/Otterup forbruget henover året.	47
Figur 35 Næstved/Køgevej antal køretøjer og ture.	48
Figur 36 Næstved/Køgevej forbruget henover året.	48
Figur 37 Universitetsboulevarden antal køretøjer og ture.	49
Figur 38 Universitetsboulevarden forbruget henover året.	49

Liste af tabeller

Tabel 1 Ofte brugte termer.	8
Tabel 2 Datamængde modtaget, grupperet på bilmærke/model.....	10
Tabel 3 Beskrivelse af kolonner leveret i datafiler.	11
Tabel 4 Eksempel på skiftende antal af kolonner i samme fil.	12
Tabel 5 Eksempel på manglende headere i datafiler.	13
Tabel 6 Antal datafiler med og uden headere.....	13
Tabel 7 Eksempler på forskellige <i>SysTime</i> tidsformater.....	14
Tabel 8 Indskudte data i <i>SysTime</i> kolonnen for filen <i>VF31NZKZZBU801160/DATA/raw_20120904.log</i>	14
Tabel 9 Tom række og indskudte data i <i>SysTime</i> kolonnen.	15
Tabel 10 Eksempel på datafil med manglende GPS og CAN bus data.....	15
Tabel 11 Binære NUL data i første datarække.	16
Tabel 12 Beskrivelse af, hvor meget data der kan, og ikke kan, indlæses fra datafiler.	17
Tabel 13 Antallet af unikke målinger.....	18
Tabel 14 Antallet af målinger der har rapporteret hastighed.	18
Tabel 15 Antallet af målinger der vurderes til at have et korrekt tidspunkt.....	19
Tabel 16 Antallet af målinger der er vurderet til at være parkeret.....	19
Tabel 17 <i>EVMode</i> kolonnen sammenholdt med om et køretøj er parkeret.	19
Tabel 18 Analyse af, hvor meget data der sorteres fra i hver rensningsmetode.....	20
Tabel 19 Antal accepterede CAN bus værdier for hver regel, ud af 126.528.370 målinger i alt.....	24
Tabel 20 Sammenligning af datakvalitet med andre datakilder	25
Tabel 21 Antal vejsegmenter med data for de forskellige vejtyper.	27
Tabel 22 Antal målinger og antal segmenter med dette antal målinger.	27
Tabel 23 GPS/CAN bus dækning for udvalgte områder.	28
Tabel 24: Navn, koordinater og længde på strækninger anvendt i detailanalyser.	37
Tabel 25 Antal ture på strækning total samt antal ture i myldretid på hverdage.....	38

Termer

Term	Beskrivelse
Beskidt data	Data der indeholder overraskende værdier så som en bil, der kører med en meget høje hastigheder f.eks. 300 km/t eller meget lave temperaturer f.eks. – 50 grader celsius. Beskidt data forefindes i praksis altid i større datasæt og kan skyldes f.eks. midlertidig apparatfejl eller fejl under kommunikation.
Brændstofbil	Køretøj der udelukkende anvender benzin eller diesel som drivmiddel.
CAN bus data	Controller Area Network (CAN) bus måling, der indeholder værdier for elforbrug, batterikapacitet tilbage, motortemperatur, pedalpositioner og andre relevante værdier.
CSV	Comma-Separated Values (CSV) et tekstfilformat, hvor kolonnerne/felterne er adskilt med et special tegn som ; eller #. Som et eksempel hvor der er fire kolonner køretøjs ID, dato, tid og hastighed: 1234#2014-02-16#12:00:01#80 1234#2014-02-16#12:00:02#82 4444#2014-02-16#12:00:02#45
Elbil	Køretøj der udelukkende anvender el som drivmiddel.
EVPower	CAN bus data værdi, der udtrykker elforbruget pr. sekund.
EVSoc	CAN bus data værdi State of Charge (Soc) batteriniveau i procenter f.eks. 25 EVSoc er lige 25 procent af batterikapaciteten er brugt.
GPS data	Måling der indeholder breddegrad, længdegrad, kompasretning og andre relevant spatielle værdier.
Header	Den første linje i en CSV fil der angiver kolonne/felt navnene. Som et eksempel viser data herunder kolonnenavnene for data vist for termen CSV. Køretøjsid#dato#tid#hastighed 1234#2014-02-16#12:00:01#80 1234#2014-02-16#12:00:02#82 4444#2014-02-16#12:00:02#45
Køredag	En køredag er fra 00:00 til 23.59 på den samme dato og bruges f.eks. til at finde, hvor mange ture en typisk bilist kører pr. dag. Hvis en bilist kører 1 eller 5 ture på én dag tæller det som én køredag. Hvis en bilist ikke anvender et køretøj på en dag tæller det ikke som en køredag.
Map-matching	Tilpasning af (breddegrad, længdegrad) fra GPS data til et digitalt vejkort. Nødvendigt pga. indbygget unøjagtighed ved GPS modtagere.
Metadata	Data der beskriver grunddata, f.eks. headeren for CSV filer. Se termen <i>header</i> .
Måling	En række fra en CSV fil med kolonner indeholdende GPS og CAN bus data værdier. Se eksempel for termen <i>header</i> .
Parkeret	Et køretøj er parkeret, hvis det har flyttet sig mindre end 50 meter i løbet af 2 minutter.
Privat bil	Køretøj (elbil eller brændstofbil) der udelukkende anvendes til privat kørsel. Det modsat er en taxi eller en varevogn, der anvendes kommercielt.
SOC	State of Charge (SOC) se EVSoc.
Tur	En sammenhængende liste af GPS data, der viser den rute et enkelt køretøj har tilbagelagt i en given tidsperiode. I rapporten skal en tur bestå af mindst 10 målinger med maksimum 5 sekunder mellem hver måling. Alle målinger skal naturligvis være fra det samme køretøj. Hvis et køretøj har holdt stille i 2 minutter start en ny tur.

Tabel 1 Ofte brugte termer.

1. Introduktion

Denne rapport er en detaljeret analyse af elbilers forbrug baseret på GPS og CAN bus data logget direkte fra kørsel. Analysen er baseret på data fra i alt 164 forskellige elbiler, der totalt har logget knap 134 millioner GPS/CAN bus målinger i perioden 1.1.2012 til 31.12.2012.

Rapporten er opbygget som følger. Kapitel 2 beskriver datagrundlaget i detaljer og er et teknisk orienteret kapitel. Kapitel 2.1 beskriver formatet af den data, der er modtaget. Kapitel 2.2 beskriver datatyperne af de enkelte kolonner i den modtagne data. Der listet en række felter som dataleverandøren oplyser ikke kan anvendes i analyser. Kapitel 2.3 er en detaljeret analyse af de modtagne datafiler. Her listet eksempler på en række uoverensstemmelser mellem det forventede format på data (som beskrevet i kapitel 2.1) og formatet data, er leveret i. Der gives konkrete eksempler på alle uoverensstemmelserne. Kapitel 2.4 lister, hvor meget af den modtagne data, der kan indlæses. Kapitel 2.5 omhandler det digitale kort, der er anvendt til både map-matchingen (beskrevet i kapitel 3.3) og analyserne gennemført i kapitel 4. Kapitel 2.6 samler op på muligheder og problemstillinger med det modtagne datagrundlag.

Kapitel 3 er et metodekapitel, som er teknisk orienteret. Kapitel 3.1 beskriver, hvordan GPS data er rensed for velkendte og typiske fejl. Kapitel 3.2 beskriver rensning af CAN bus data. Rensning af CAN bus data er ikke så velkendt som rensning af GPS data. Derfor indeholder dette kapitel en række grafer, der finder ekstreme værdier i de forskellige CAN bus data felter. Disse ekstremere danner grundlaget for rensningen af CAN bus data. Kapitel 3.3 beskriver, hvordan GPS data (og CAN bus data) er map-matchet til et digitalt vejkort. Når GPS data map-matches splittes data samtidigt op i ture. Kapitel 3.3 sammenligner også kvaliteten af datagrundlaget brugt i dette projekt med anden tilsvarende data.

Kapitel 4 lister resultaterne af analyserne, der er lavet på baggrund af det rensede datagrundlag. Kapitel 4.1 ser på dækningen med GPS/CAN bus data for hele Danmark. Kapitel 4.2 analyserer på længden af de enkelte ture og sammenligner elbiler med brændstofbiler. Kapitel 4.3 viser energiforbruget (elforbruget) pr. tur. Kapitel 4.4 sammenligner den hastighed elbiler kører med på motorveje og i byer med den hastighed som brændstofbiler kører med på de tilsvarende veje. Kapitel 4.5 viser, hvor mange kilometer der køres pr. dag i elbil og hvor mange ture dette er fordelt over. Endelig indeholder kapitel 4.6 i alt 11 detailanalyser af ture kørt på strækninger, hvor der er mange ture fra forskellige bilister.

Kapitel 5 er en diskussion af resultaterne, der er fundet i kapitel 4. Først diskuterer og vurderer kapitel 5.1 på datagrundlaget. Kapitel 5.2 vurderer på, hvordan elbiler anvendes dvs. hvor lange ture og hvor ofte der køres en tur. Kapitel 5.3 er en vurdering af rækkevidden af elbiler baseret på detailanalyserne af de 11 udvalgte strækninger, der er beskrevet i kapitel 4.6.

Kapitel 6 konkluderer rapporten.

2. Datagrundlag

Dette kapitel beskriver den basis data, der er til rådighed for projektet.

2.1.GPS og CAN bus data

Der er modtaget et datasæt med GPS og CAN bus data fra år 2012. Datasættet indeholder data fra tre forskellige bilmodeller, Citroen C-Zero, Mitsubishi iMiev og Peugeot Ion.

Mærke	Antal filer	Bytes	Antal rækker	Antal køretøjer
Citroen C-Zero	7.363	2.287.274.983	25.578.148	33
Mitsubishi iMiev	14.314	4.158.384.213	46.700.381	56
Peugeot Ion	18.617	5.480.331.638	61.455.022	75
Total	40.294	11.925.990.834	133.733.551	164

Tabel 2 Datamængde modtaget, grupperet på bilmærke/model.

Mængden af data er beskrevet i Tabel 2, hvor det kan ses, at der er 75 Peugeot Ion, 56 Mitsubishi iMiev og 33 Citroen C-Zero. Disse forhold mellem bilmodellerne kan også genfindes i mængden af data. Bemærk, at rækker af data er inklusiv headere (den første række i filerne der beskriver kolonnerne).

I alt er der data fra 164 køretøjer med godt 133 millioner rækker. Data fylder ca. 12 GB. Data er modtaget i 40.294 filer med følgende format for filnavnene.

```
<køretøjs id>\DATA\raw<år måned dag>.log
```

Som et eksempel JMBLDHA3WBU001153\DATA\raw_20120103.log. Datafilerne beskrives i flere detaljer i et senere kapitel. I det efterfølgende vil ordet *måling* blive anvendt for en række med GPS/CAN bus data. Datasættet indeholder altså godt 133 millioner *målinger*.

2.2.Datatyper

Hver række med data indeholder en række kolonner, som hver beskriver en parameter ved køretøjet. I Tabel 3 er hver kolonne kort beskrevet, samt eventuelle kommentarer modtaget fra dataleverandøren (Clever) er viderebragt. Antallet af kolonner er varierende fra datafil til datafil. Antallet af kolonner i filerne stemmer ikke med den modtagne beskrivelse af filerne (Clever):

"Følgende er en gennemgang af de datatyper, der bliver registreret. Det skal dog bemærkes, at det ikke er alle datatyper, der er registreret for alle elbiler. Antallet af datatyper der registreres er ligeledes udvidet i løbet af perioden. I starten af hver fil beskriver de datatyper, der findes i den enkelte fil." (Clever)

Kolonne	Beskrivelse	Kommentar fra Clever
SysTime	UTC tidspunkt	
GpsLogTime	UTC tidspunkt fra GPS	Benyt ikke, bruges til Systemtime check
Time	UTC tidspunkt brugt ved udvikling	Benyt ikke, brugt ved udvikling
GotFix	1 betyder GPS fix med mindst 3 satellitter	
Latitude	GPS breddegrad	
Longitude	GPS længdegrad	
Distance	Distance mellem to GPS målinger	Upræcis, kan være meget stor
CcmLogTime	UTC tidspunkt brugt ved udvikling	Benyt ikke, brugt ved udvikling
EVMode	Viser information om gear og opladning	

EVPower	Energimængde fra batteri i Ws eller Joule	Benyt ikke, denne er upræcis
EVsoc	Batteriladningsprocent fra 0 til 100	
EVSpeed	Hastigheden målt fra CAN bus i km/t	
EVStatus	Angiver elektrisk udstyr aktiveret	
Odo	Bilens samlede kørte strækning	
Voltage	Spændingen over bilens 12 volt batteri	Ikke implementeret i alle biler
Temperature	Temperaturen inde i bilen	Kan ikke bruges, for tæt på varme komponenter
Sog	Hastighed målt ved GPS i km/t	
Altitude	Bilens højde over havet i meter	
Cog	Kompasretning fra GPS i 0 til 359 grader fra nord	

Tabel 3 Beskrivelse af kolonner leveret i datafiler.

Som det kan ses ud fra beskrivelsen af kolonnerne i Tabel 3, så har hver række fire forskellige tidspunkter, nemlig *SysTime*, *GPSLogTime*, *Time* og *CcmLogTime*. Det er *SysTime* kolonne, der bør benyttes, da resten af disse kolonner er til udvikling og check af tidspunkt. Dette virker fornuftigt, da det er svært at garantere, hvorvidt et tidspunkt er gyldigt i en logging enhed. Datoen er ikke listet i en datarække, men kan læses ud fra filnavnet.

Kolonnen *EVMode* indeholder et bogstav, som beskriver enten opladning (*O* betyder opladning fra stikkontakt og *Q* betyder lynopladning) eller hvilket gear køretøjet er i (*P* for parkeret, *R* for bakgear eller *D*, *B* eller *C* for et fremad gear).

Kolonnen *EVStatus* beskriver om elektrisk tilbehør er aktiveret, og er et decimaltal, som er konverteret til et binært format. Kolonnen beskriver om hhv. højre/venstre blinklys er aktiveret, om bremselys og forlygter er aktiveret og om aircondition er aktiveret (Clever).

Nogle kolonner er beskrevet som havende upræcise værdier (Clever). Dette gælder kolonnen *Distance*, som kan give afstanden mellem to positioner og kolonnen *Temperature*, som er påvirket af nærliggende varmeafgivende elementer. Desværre gælder dette også for *EVPower*, som beskriver det aktuelle strømforbrug. Fra dataleverandøren (Clever) er det beskrevet som følgende:

"Energimængde overført fra batteri pr sekund. Informationen kommer på CAN bus 60 gange i sekundet, men pga data overload blev det valgt kun at sample hvert sekund. Det har desværre givet nogle forkerte værdier. Enhed: Ws eller Joule. Se bort fra denne." (Clever)

Andre kendte fejl er i dataopsamlingen er beskrevet i (Clever):

"Kendte fejl

- *Software i dataopsamlingsenheden er blevet opdateret flere gange i projektperioden. Dette er sket automatisk, når der har været kontakt med backend, og kan være sket midt i en køretur. Derved kan der være sket en udvidelse af datatyper, og data kommer derfor til at stå forkert i de enkelte søjler.*
- *Nogle dataopsamlingsenheder har haft svært ved at blive på den seneste version af softwaren, og nedgraderet sig selv. Dette har givet huller i datastrømmen.*

- *Nogle af dataopsamlingsenhederne har mistet kontakten med serveren, og er holdt op med at give data fra sig. Derfor kan nogle af data være ukomplette for nogle af elbilerne.”*

2.3. Analyse af datafiler

Data er tilgængelig i CSV tekstfiler, og er opdelt i mapper, hvor hvert køretøj har sin egen mappe. Mappenavnet beskriver hvilken type køretøj, der er tale om, hvor mapper, der starter med VF71 beskriver Citroen C-Zero, mappe der starter med JMBL beskriver Mitsubishi iMiev og mapper der starter med VF31 beskriver Peugeot Ion. I hver mappe ligger en række tekstfiler med navnene "raw_YYYYMMDD", som beskriver datoen for målingerne i den enkelte fil.

Filerne er specificeret til at være lagret i CSV format, altså en tekstfil, hvor hver række repræsenterer en måling, adskilt af en separator. Der findes ikke nogen endegyldig specifikation for CSV filer, men nogle generelle guidelines (Shafranovich, 2005). Disse guidelines siger, at en CSV fil bør være i ren tekst format, at hver måling er placeret i hver sin række, at der kan være en første række i filen som specificerer en header og at hver række skal indeholde det samme antal kolonner gennem hele filen.

Der har været en stor udfordring at læse de modtagne datafiler. De efterfølgende afsnit beskriver i tekniske detaljer, hvorfor det har været en udfordring.

2.3.1. Skiftende CSV kolonneformat

Ved en CSV fil er det forventet, at antallet af kolonner i hver række er konstant for hele filen. Dette er ofte ikke tilfældet i de modtagne filer. Et eksempel på dette er vist fra filen *VF31NZKZZBU801076/DATA/raw_20120113.log*, hvor formatet skifter flere gange. Dette kan ses i Tabel 4, hvor kolonnen *Række* angiver række nummeret i filen og kolonnen *Data* indeholder selve data fra dette række nummer. Semikolon (;) er anvendt som separator.

Række	Data
1	SysTime;GpsLogTime;Time;Latitude;Longitude;Distance;CcmLogTime;EVMode;EVPower;EVSoC;EVSpeed;EVStatus;Odo;Voltage;Temperature
4420	120608;120608;120608;55.656748;11.208603;0;120603;P;0;30;0;00;11479;0.0;0.0
4421	120609;120609;120609;55.656748;11.208600;0;120603;P;0;30;0;00;11479;0.0;0.0
4422	181813;181813;181814;1;55.656782;11.208548;14;
4423	181820;181819;181820;1;55.656782;11.208548;0;181820;P;0;30;0;03;11479;0.0;0.0
4424	182114;;182114;P;0;30;0;00;11479;0.0;0.0
..	
4771	190812;;190812;D;1670;37;78;08;11485;0.0;0.0
4772	190813;;190813;D;-15620;37;75;09;11485;0.0;0.0
4773	190814;;190814;D;-16560;37;70;09;11485;0.0;0.0
..	
4848	190936;;190936;P;0;37;0;00;11485;0.0;0.0
4849	230514;230513;230514;1;55.661670;11.267253;0;230513;R;530;37;0;0C;11485;0.0;0.0

Tabel 4 Eksempel på skiftende antal af kolonner i samme fil.

Tabel 4 viser, at rækkerne 4424 til 4848 indeholder 11 kolonner. Dette stemmer ikke overens med headeren (række 1) og hovedparten af de øvrige rækker i filen, som indeholder 15 kolonner.

Generelt for filerne med et reduceret antal kolonner, ser det ud til, at det er GPS data kolonnerne, der mangler f.eks. kolonnerne latitude og longitude. For andre rækker er det kolonnerne for CAN bus data, der mangler.

At én file indeholder et varierende antal kolonner er et generelt problem i hele det modtagne datasæt. Der er fundet 6.681.457 rækker på tværs af filer og køretøjer, hvor dette problem eksisterer. Der er fundet et varierende antal kolonner i 36.506 filer ud af i alt 40.294 filer med data. Det vil sige at cirka 90 % af filerne er i et varierende format.

2.3.2. Ingen headere

Der er specificeret, at starten af hver datafil indeholder en header i række 1, der beskriver kolonnerne i filen (Clever):

"I starten af hver fil beskriver de datatyper, der findes i den enkelte fil." (Clever)

Dette er desværre ikke altid tilfældet. Et eksempel på problemet med manglende header er filen *JMBLDHA3WBU002034/DATA/raw_20120711.log*. Her indeholder første række et sæt målinger og ingen header. Dette kan ses i Tabel 5, hvor de første tre rækker af filen er vist.

Række	Data
1	19:20:16.930;192015;192015;1;55.707603;12.572303;0;192015;D;3420;35;0;04;14449;14.8;32.0;0;60;194
2	19:20:17.932;192016;192016;1;55.707605;12.572305;37;192016;D;3700;34;0;04;14449;14.8;32.0;0;60;237
3	19:20:18.934;192017;192017;1;55.707607;12.572310;76;192017;N;2780;34;0;04;14449;14.8;32.0;0;60;121

Tabel 5 Eksempel på manglende headere i datafiler.

At der ikke er nogen headere i en datafil gør det besværligere at læse filen, ikke mindst når der også er et varierende antallet af kolonner i 90 % af filerne.

	Filer i alt	Filer med headere	Manglende headere	% med header
Citroen C-Zero	7.363	7.200	163	98 %
Mitsubishi iMiev	14.314	13.879	435	97 %
Peugeot Ion	18.617	18.118	499	97 %
Total	40.294	39.197	1.097	97 %

Tabel 6 Antal datafiler med og uden headere.

I alt er der 1.097 filer, som ikke starter med en header, men i stedet har data i den første række. Et overblik og antal af filer med manglende header kan se i Tabel 6. Tabellen viser, at ca. 97 % af filerne har en header, mens ca. 3 % mangler headere. Dette er næsten ens på tværs af bilmærke/model.

Der er i specifikationen af data skrevet, at hvis en køretur foregår hen over midnat, da vil datafilen blive opdelt i to filer (Clever):

"Bemærk: Foretages en køretur eller en opladning hen over midnat opdeles den i to filer, en for den dag turen/opladning startes, og en for næste dag, hvor turen/opladningen stoppes." (Clever)

Det ser dog ikke ud til at være dét der forårsager de manglende headere. Som eksemplet i Tabel 5 viser, så starter denne fil kl. 19:20:16 og altså er der ikke umiddelbart nogen forbindelse til skiftning af fil pga. det er midnat.

2.3.3. Skiftende *SysTime* data type

Kolonnen *SysTime* beskriver i følge specifikationen (Clever) UTC tid, men formatet på kolonnen er ikke defineret i specifikationen. Det er ved analyser alle filerne erfaret, at der generelt eksisterer to forskellige formater for kolonnen *SysTime*. Dette kan ses i Tabel 7, hvor formatet af *SysTime* kolonnen er forskellig. I den første datafil er formatet "time:minut:sekund.millisecond" anvendt, mens der i den anden datafil er anvendt formatet "timeminutsekund". Dette er vist i kolonnen *SysTime værdi* i Tabel 7.

Datafil	<i>SysTime</i> værdi
JMBLDHA3WBU002034/DATA/raw_20120711.log	19:20:16.930
VF31NZKZZBU801076/DATA/raw_20120113.log	072532

Tabel 7 Eksempler på forskellige *SysTime* tidsformater.

Det er taget højde for disse varierende formater, for at undgå problemer med forkerte tider.

2.3.4. Ugyldige data forekomster i *SysTime*

I nogle rækker er der problemer med, at kolonneværdierne for en række er i et uventet format eller rækken slet giver mening. I filen *VF31NZKZZBU801160/DATA/raw_20120904.log* er der et problem med tidspunktet i *SysTime*, som kan ses af udsnittet af data i Tabel 8.

Række	Værdi <i>SysTime</i>	Værdi <i>GpsLogTime</i>
606	13:34:06.285	133405
607	2012-09-04T13:34:07 <warn> 13:34:07.292	133406
608	13:34:08.294	133407

Tabel 8 Indskudte data i *SysTime* kolonnen for filen *VF31NZKZZBU801160/DATA/raw_20120904.log*.

Her kan det ses, at værdien for *SysTime* kolonnen i række 607 er betydeligt anderledes end værdierne i række 606 og 608. Det ser ud som om, at et ekstra tidspunkt og tekst er blevet indskudt i rækken, som gør tidspunktet svært at læse automatisk. Kolonnerne efter *SysTime* indeholder data som forventet.

I filen *VF31NZKZZBU801076/DATA/raw_20120113.log* er der også uventet data, hvor *SysTime* var forventet. Dette kan ses i Tabel 9.

Række	Værdi SysTime	Værdi GpsLogTime
2613	115042	115042
2614		
2615	file 'trip_2016072115043	115043
2616	115043	115043

Tabel 9 Tom række og indskudte data i SysTime kolonnen.

Hvor data i række 2613 beskriver et gyldigt SysTime tidspunkt, er række 2614 tom og række 2615 er der indskudt "file 'trip_2016072115043" før SysTime tidspunktet. Række 2616 indeholder igen et gyldigt SysTime tidspunkt som første værdi. Kolonnerne efter SysTime indeholder data som forventet, undtagen for række 2614, som er tom.

Problemet med indskudt data findes i 6 tilfælde, hvor der er indskudt tekst eller andet i SysTime kolonnen, som er den første kolonne i hver datarække.

2.3.5. Manglende data

Hver række data forventes at have et sæt tidspunkter, GPS positions data samt CAN bus målinger. Dette er desværre ikke altid tilfældet, som kan ses ved eksemplet i Tabel 10. Her er et udtræk fra filen JMBLDHA3WBU001427/DATA/raw_20121024.log.

Række	Data
1	SysTime;GpsLogTime;Time;GotFix;Latitude;Longitude;Distance;CcmLogTime;EVMode;EVPower;EVSoC;EVSpeed;EVStatus;Odo;Voltage;Temperature;Sog;Altitude;Cog
35	04:31:25.921;043125;043126;1;55.798140;8.695290;13;043125;C;6880;99;5;0C;19400;14.8;26.0;4;30;80
36	04:31:26.923;;;;;;;;;043126;C;6600;99;3;0C;19400;14.8;26.0;;;
37	04:31:27.925;043126;043127;1;55.798140;8.695307;148;043127;C;6540;99;0;0C;19400;14.8;26.0;4;30;86
38	04:31:28.927;043127;043128;1;55.798138;8.695315;137;043128;C;6460;99;0;0C;19400;14.8;26.0;3;30;93
39	04:31:29.928;043128;043129;1;55.798138;8.695315;0;;;;;;;;;;0;30;97

Tabel 10 Eksempel på datafil med manglende GPS og CAN bus data.

Ud fra Tabel 10 kan det ses, at række 36 mangler en del af GPS data kolonnerne og der kun er CAN bus data kolonnerne tilgængelig. Række 37 og 38 indeholder igen alle kolonner, mens række 39 har alle GPS kolonnerne, men mangler alle CAN bus kolonnerne.

I denne konkrete fil, er det 301 rækker, der ikke har nogen CAN bus data kolonner, mens 32 rækker ikke har GPS data kolonner. Der er i alt 3.657 rækker med data i filen, eksklusiv række 1 (headeren).

Manglende GPS eller CAN bus kolonner i rækker er et problem, der går igen på tværs af køretøjer og tidspunkter. I alt mangler der GPS data kolonner i 6.285.610 rækker, mens der mangler CAN bus data kolonner i 15.929.948 rækker.

	Rækker data fra filer	Data minus headere	Rækker data indlæst	Ikke læsbare rækker	% genkendeligt
Citroen C-Zero	25.570.948	25.563.748	24.528.895	1.034.853	95,9 %
Mitsubishi iMiev	46.686.502	46.668.384	44.650.596	2.017.788	95,7 %
Peugeot Ion	61.436.904	61.423.025	57.833.400	3.589.625	94,2 %
Total	133.694.354	133.655.157	127.012.891	6.642.266	95,0 %

Tabel 12 Beskrivelse af, hvor meget data der kan, og ikke kan, indlæses fra datafiler.

Tabel 12 beskriver, hvor mange rækker med data, der er læst for hver køretøjstype. Da der ikke er headere i alle filer er headere talt med i antallet af rækker læst. Dette er trukket fra, så den procentvise mængde af læsbare rækker kun sammenholdes med, hvor mange rækker der faktisk indeholder data. Det kan ses, at i gennemsnit kan 95 % af data læses, hvilket betyder, at 5 % af alle rækker ikke kan genkendes og læses. Vi har GPS/CAN bus data fra 9 andre datakilder her er den tilsvarende fejlprocenten for alle datakilder under 0,1 %.

2.5.Digitalt kort

Som digitalt kort er OpenStreetMap (Open-Street Map, 2013) anvendt. Dette er et digitalt kort, der kan anvendes vederlagsfrit dvs. at information kan tilknyttes kort og publiceres uden, at der skal betales licenser. OSM kortet er generelt af en lavere kvalitet end de kommercielle kort, men kvaliteten af OSM kortet er godt til analyserne, der foretages i denne rapport.

OpenStreetMap kortet, downloadet 2013-09-13 fra (Geofabrik GmbH, 2013), er anvendt til at udføre analyser på. OpenStreetMap er i løbende udvikling, og hver dag kan man hente en ny version af kortet.

2.6.Opsummering datagrundlag

Dataformatet indeholder de forventede kolonner, desværre kan det øjeblikkelige forbrug (*EVPower*) ikke anvendes da det, i henhold til specifikationen er upræcist (*Clever*). I stedet anvendes batteriniveauet (*EVSoC*) Ved analyse af datafilerne er der observeret flere uventede elementer, som har besværliggjort læsningen og forståelsen af datafilerne. Eksempler på hvor der har været udfordringer med læsning af data er givet.

Et specialværktøj er blevet designet og udviklet for at kunne genkende og indlæse cirka 95 % af rækkerne fra datafilerne. Udviklingen af dette værktøj har været en større opgave specielt pga. variation i antallet af kolonner både indenfor den samme datafil og i mellem datafilerne.

3. Metode

Dette kapitel beskriver, hvorledes datagrundlaget er rensset for velkendt fejl og map-matchet til et digitalt kort for at kunne lave de geografiske analyser, der præsenteres i kapitel 4. Overordnet er de data, der modtages gået igennem følgende rensnings trin.

1. Rensning af GPS data for fejl.
2. Rensning af CAN bus data for fejl.
3. Map-matching af GPS data (og hermed også CAN bus data) til et digitalt vejkort.
4. Analyser på rensede og map-matched data.

3.1.Rensning af GPS data

Når der modtages GPS data fra køretøjer er der en række velkendte fejlkilder f.eks. kan GPSen have udfald når der køres i tunneler eller i skove. Det er derfor nødvendigt at checke/rense GPS data før den anvendes i analyser. Disse check er f.eks. er GPS målingen unik og har GPS målingen en hastighed. Med termen *GPS måling*, menes i det efterfølgende den data, der opsamles for et enkelt køretøj hvert sekund (eller med en anden frekvens).

	Rækker indlæst	Unikke rækker	Duplikater	% unikke rækker
Citroen C-Zero	24.528.895	24.528.573	322	100,0 %
Mitsubishi iMiev	44.650.596	44.437.521	213.075	99,5 %
Peugeot Ion	57.833.400	57.562.276	271.124	99,5 %
Total	127.012.891	126.528.370	484.521	99,6 %

Tabel 13 Antallet af unikke målinger.

Tabel 13 viser, at der eksisterer relativt få duplikater i datafilerne. Duplikater kan eksistere, hvis data loggerne gemmer to eller flere målinger for samme tidspunkt. Specielt Citroen C-Zero har meget få duplikater.

	Unikke rækker	Har hastighed	Har ikke hastighed	% har hastighed
Citroen C-Zero	24.528.573	24.526.391	2.182	100,0 %
Mitsubishi iMiev	44.437.521	44.436.398	1.123	100,0 %
Peugeot Ion	57.562.276	57.560.064	2.212	100,0 %
Total	126.528.370	126.522.853	5.517	100,0 %

Tabel 14 Antallet af målinger der har rapporteret hastighed.

Som det kan ses i Tabel 14 er udstyret meget pålideligt, når det angår rapporteringen af hastigheder. Meget få målinger, helt ned i tusindedele procenter har ikke rapporteret en hastighed.

Hvorvidt hastigheden er troværdig eller ej, vurderes under map-matching senere, da en GPS måling skal sammenholdes med et kort for at vurdere på specifikke strækninger om en hastighed er realistisk. Dette uddybes i kapitel 3.3

	Unikke rækker	Korrekt tidspunkt	Ikke korrekt tidspunkt	% korrekt tidspunkt
Citroen C-Zero	24.528.573	24.528.573	0	100,0 %
Mitsubishi iMiev	44.437.521	44.437.521	0	100,0 %
Peugeot Ion	57.562.276	57.562.276	0	100,0 %
Total	126.528.370	126.528.370	0	100,0 %

Tabel 15 Antallet af målinger der vurderes til at have et korrekt tidspunkt.

Tabel 15 viser, at der ikke er genkendt problemer med tidspunkter i data formatet for nogle af biltyperne.

	Unikke rækker	Rækker kørende	Rækker parkeret	% kørende
Citroen C-Zero	24.528.573	23.141.917	1.386.656	94,3 %
Mitsubishi iMiev	44.437.521	42.105.036	2.332.485	94,8 %
Peugeot Ion	57.562.276	53.989.719	3.572.557	93,8 %
Total	126.528.370	119.236.672	7.291.698	94,2 %

Tabel 16 Antallet af målinger der er vurderet til at være parkeret.

I Tabel 16 kan det ses, at generelt er godt 94 % af alle målingerne er vurderet til at være opsamlet, mens bilerne er kørende, mens ca. 6 % er vurderet til at være opsamlet mens bilerne er parkeret. Dette er ganske fornuftige tal, og antallet af parkerede målinger er relativt lavt. En bil skal have flyttet sig mindre end 50 meter i mindst 2 minutter, førend målingerne bliver markeret som værende fra en parkeret bil.

For at vurdere på hvornår et køretøj er parkeret og kørende, er denne rensning sammenholdt med kolonnen *EVMMode*, som er en del af data (se Tabel 3). Denne sammenligning kan ses i Tabel 17.

Gear	Målinger	Kører	% kører	Parkeret	% parkeret
D (drive)	90.050.327	89.594.134	99,5 %	456.193	0,5 %
B (brake)	8.115.632	8.084.261	99,6 %	31.371	0,4 %
C (comfort)	1.667.681	1.662.724	99,7 %	4.957	0,3 %
R (reverse)	2.911.399	2.601.199	89,3 %	310.200	10,7 %
P (park)	5.483.581	3.790.867	69,1 %	1.692.714	30,9 %
O (onboard charger)	1.430.213	24.505	1,7 %	1.405.708	98,3 %
Q (quick charger)	99.409	6.403	6,4 %	93.006	93,6 %
N (unknown)	926.034	701.560	75,8 %	224.474	24,2 %
X (unknown)	9.212	7.245	78,6 %	1.967	21,4 %
< (unknown)	5	4	80,0 %	1	20,0 %
Ingen CAN bus data	15.834.877	12.763.770	80,6 %	3.071.107	19,4 %
Total	126.528.370	119.236.672	94,2 %	7.291.698	5,8 %

Tabel 17 *EVMMode* kolonnen sammenholdt med om et køretøj er parkeret.

Det er beskrevet i specifikation af data, at D,B og C er forskellige fremadgående gear, hvor B og C kun eksisterer på Mitsubishi iMiev. R er bagegear og P er Park. Opladning foregår ved O og Q, mens *EVMMode* N, X, < og "tom" ikke er beskrevet. (Clever)

Det interessante ved Tabel 17 er, at når bilen er i et fremadgående gear dvs. D, B eller C, så er 99,7 % af målingerne detekteret som værende i kørende tilstand. Dette er et rigtigt højt tal og vidner om, at *EVMode* er meget sikker og passer ganske godt overens med vores vurdering af, hvornår et køretøj er kørende. At 69,1 % er bestemt til at være kørende i tilstanden P skyldes sandsynligvis, at P benyttes ved stop for rødt eller meget korte stop ved af- og pålæsninger. At der ved opladning er mellem 94 og 98 %, der er parkeret et tilfredsstillende, da et køretøj muligvis vil blive detekteret som kørende i et kort stykke tid efter, at køretøjet er stoppet og tilsluttet en oplader.

Der er fire ubeskrevne *EVMode* tilstande, N, X, < og "tom", som ikke er med i specifikationen (Clever). Her udgør "tom" over 40 % af alle parkerede målinger og 10 % af alle kørende målinger. Ved nærmere undersøgelser viser det sig, at *EVMode* < forekommer kun ved Peugeot Ion, mens N, R, X og forekommer hos alle tre biltyper.

Regel	Udgangspunkt	Accepterede data	Afviste data	% accepteret
Er unik	127.012.891	126.528.370	484.521	99,6 %
Har hastighed	126.528.370	126.522.853	5.517	100,0 %
Har korrekt tidspunkt	126.528.370	126.528.370	-	100,0 %
Er kørende	126.528.370	119.236.672	7.291.698	94,2 %
Alle filtre	126.528.370	119.234.215	7.294.155	94,2 %

Tabel 18 Analyse af, hvor meget data der sorteres fra i hver rensningsmetode.

For at sammenholde metoderne til rensning af data, viser Tabel 18, hvor meget data der bliver accepteret af hver regel, samt hvor meget der bliver sorteret fra. Bemærk venligst, at når der vurderes, hvor meget data der er unikt tages der udgangspunkt i hele datasættet, mens når der vurderes på hastighed, tidspunkt og om køretøjet er kørende tages der udgangspunkt i antallet af unikke rækker.

Det kan ses, at 94 % af data går gennem rensningsreglerne, hvilket vidner om få problemer med data. Det er primært i rensningsfasen, at der sorteres parkerede målinger fra. Dette er ganske forventet, da elbiler også opsamler målinger, mens disse er under opladning.

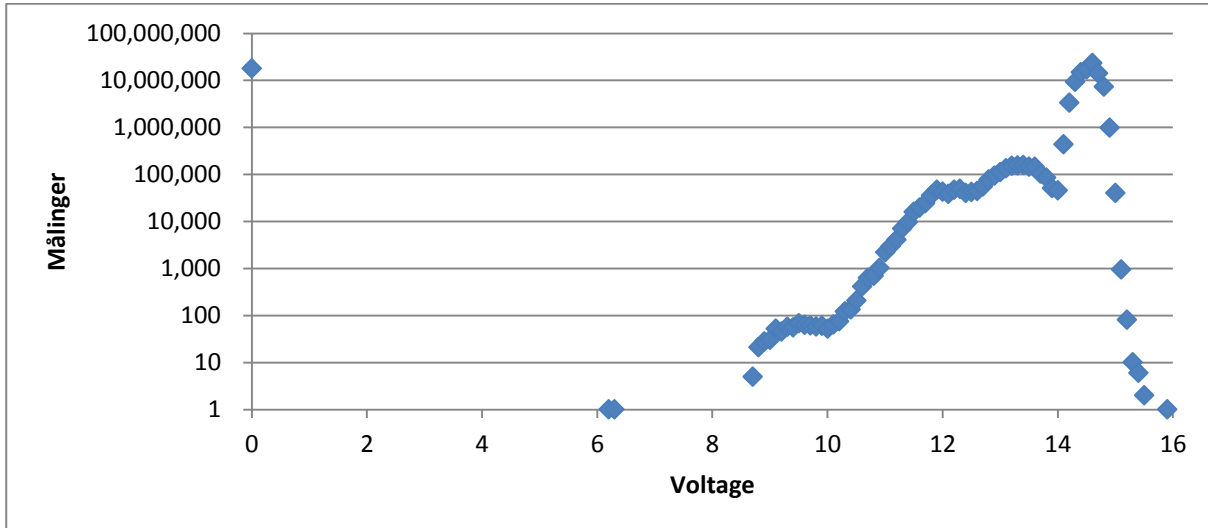
3.2.Rensning af CAN bus data

For at rense CAN bus data undersøger dette kapitel værdierne af bestemte CAN bus kolonner, som er beskrevet i Tabel 3. Formålet med undersøgelserne er at finde urealistiske målinger (ekstremer) og sortere disse målinger fra.

Oprindeligt var det meningen, at CAN bus data skulle renses efter et specificeret antal regler, men da det senere er blevet oplyst (Clever), at data i *EVPower* kolonnen ikke er pålidelig og temperatur føleren sidder for tæt på varmeafgivende komponenter (*temperature* kolonnen) og derved ikke kan bruges, er reglerne blevet revurderet vha. analyser af de faktiske værdier gemt for de enkelte kolonner.

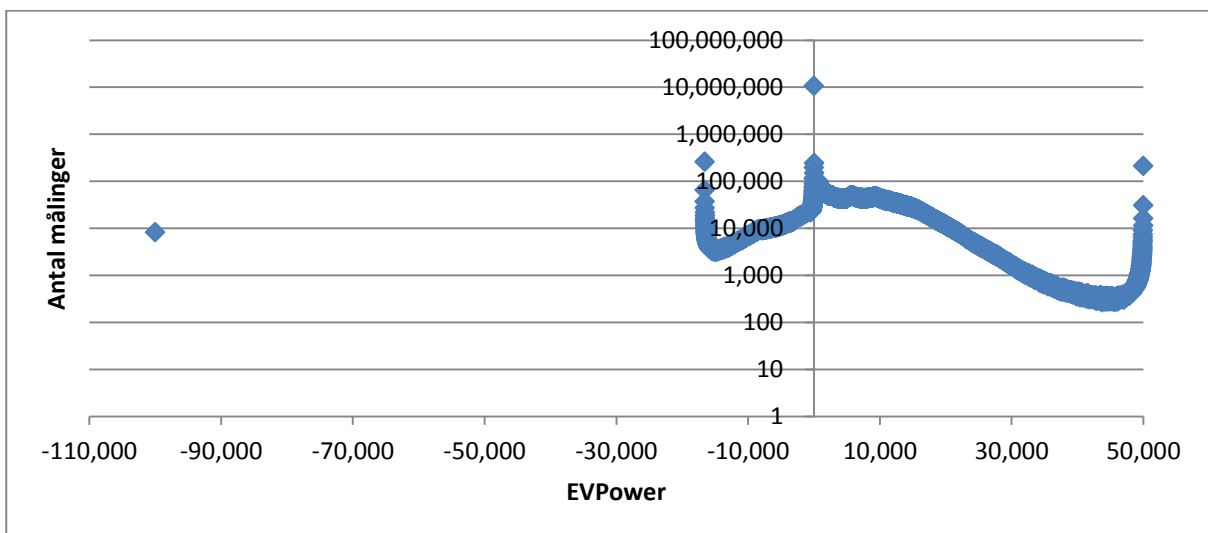
3.2.1. Analyse af CAN bus værdier

I det følgende vil en række CAN bus værdier blive analyseret, for at kunne vælge korrekte rensningsmetoder af disse. Der tages kun udgangspunkt i unikke data, dvs. duplikater er sorteret fra. Bemærk at y-akserne er logaritmiske i de følgende figurer.



Figur 1 Analyse af antal målinger ved givne Voltage værdier.

Figur 1 viser, hvor mange målinger der er tilgængelige for hver forskellig Voltage værdi fra CAN bussen. Det kan ses, at langt størstedelen af målingerne ligger fra ca. 11 volt og op til 15,9 volt, som er den højeste målte værdi. Der er få værdier mellem 6 og 11 volt, mens langt størstedelen af målingerne ligger mellem 14,4 og 14,9 volt, ca. 90,2 millioner målinger. Ved 0 volt er der 17,7 millioner målinger, hvilket formentligt skyldes, at Voltage ikke er implementeret i alle biler (Clever).

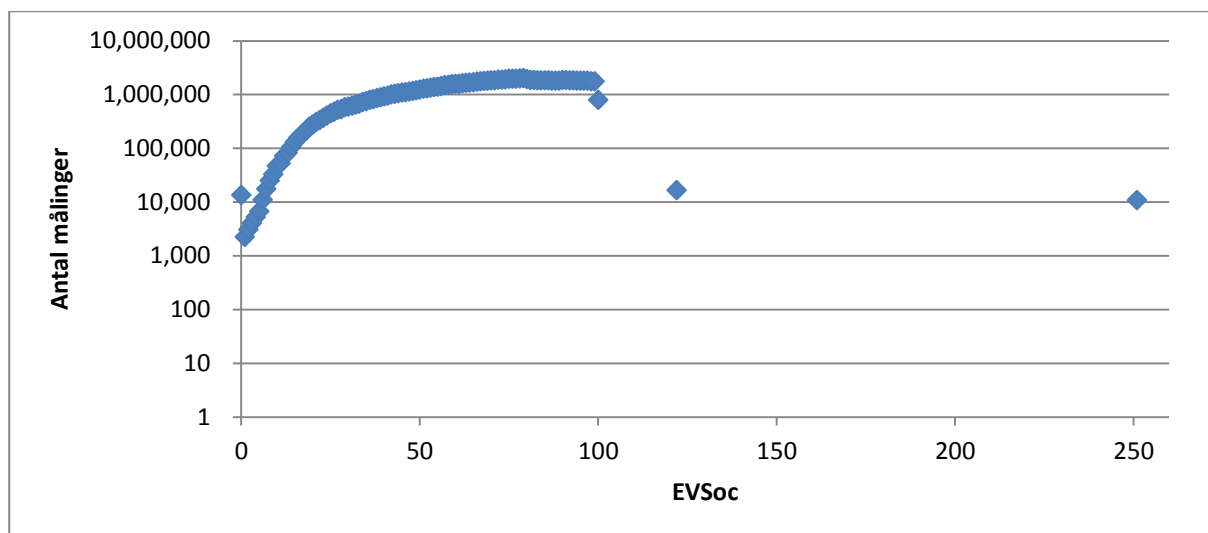


Figur 2 Analyse af aktuelt forbrug, EVPower, værdier i skidt af 100W.

Antallet af målinger ved et aktuelt forbrug er vist på Figur 2. Her kan det ses, at stort set alle målinger ligger mellem -20.000W og 50.000W. Der er en ekstra høj repræsentation af målinger ved -16.600 (257.449

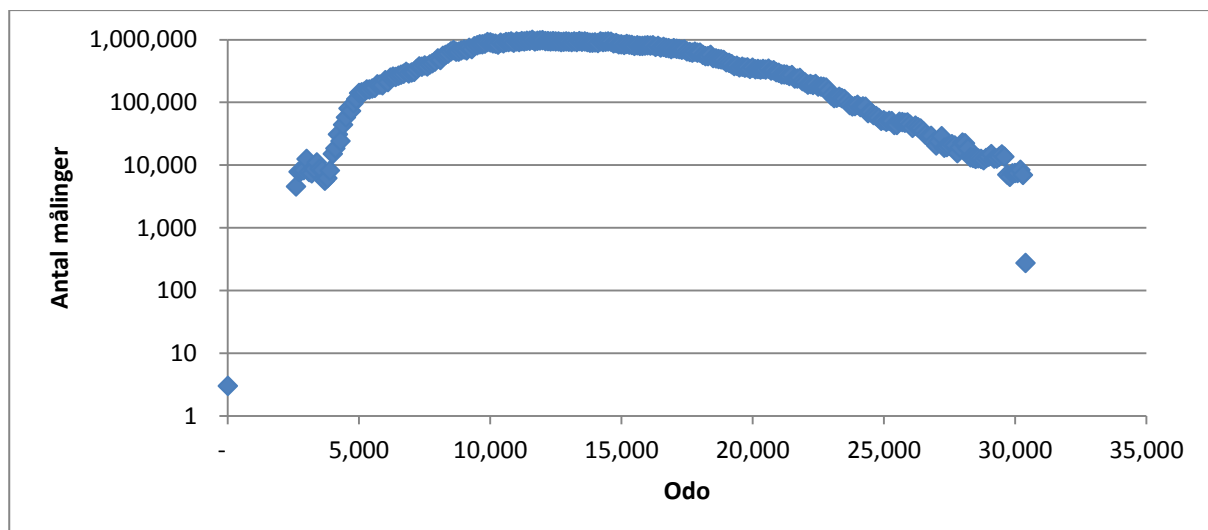
målinger), 0 (10.617.812 målinger) og 50.000 (212.477 målinger). Dette kan tyde på, at -16.600 og 50.000 er yderværdier, som beskriver maksimal bremse opladning og maksimal fremaddrift.

Der ligger 8.309 målinger ved -100.010W, hvilket ikke umiddelbart kan forklares. Ligeledes er der 21.616 målinger, der ligger mellem 429.487×10^9 og 429.497×10^9 . Disse ekstreme værdier er der ikke umiddelbart nogle forklaringer på.



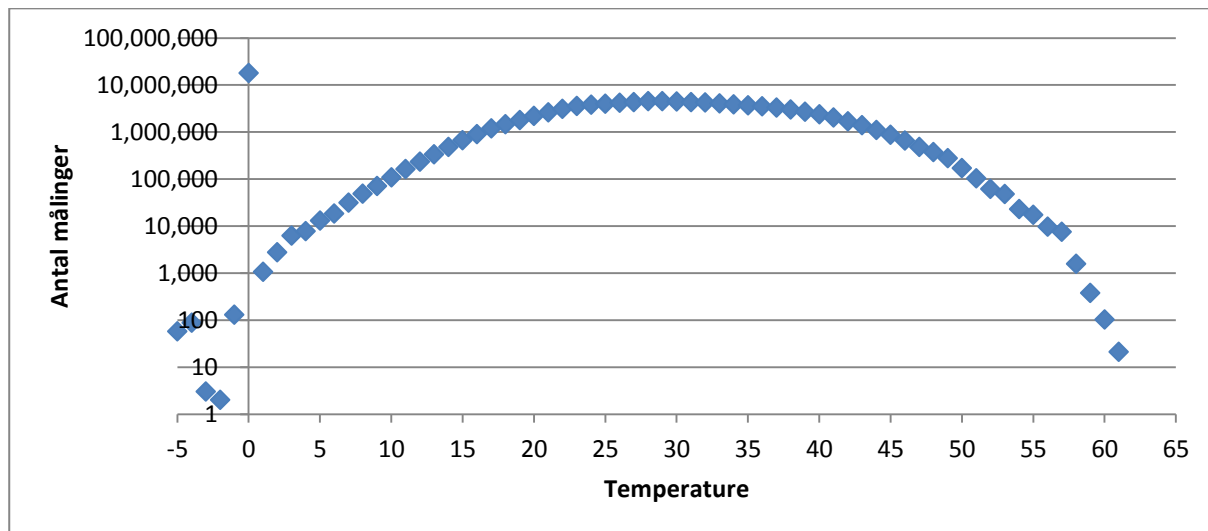
Figur 3 Analyse af opladningsprocenten EVSoC.

State of charge, EVSoC, beskriver, hvor mange procent batteriet er opladet. En graf over antallet af målinger for hver opladningsprocent kan ses i Figur 3. Her kan det ses, at kurven er ganske pæn, dog er der en del flere målinger ved 0 % (13.524 målinger) end ved 1-4 % (2-5.000 målinger). Dette virker unaturligt og kan skyldes batterihåndteringssystemets evne til at vurdere lave opladningsprocenter. Der er 16.565 målinger med 122 % samt 10.805 målinger med 251 %. Disse målinger må antages at være fejlmålinger.



Figur 4 Analyse af kørte kilometer, Odo, i skridt af 100 km.

Ved at kigge på antal kørte kilometer i kolonnen *Odo*, kan det ses om kørecomputeren rapporterer fornuftige kilometer værdier. Figur 4 viser værdierne *Odo* kolonnen i skridt af 100 km samt antal målinger for hvert skridt. Her kan det ses, at *Odo* målingerne ser korrekte ud. Der er kun 3 målinger ved 0 km, mens resten af målingerne ligger pænt mellem 2.600 og 30.400 kørte kilometer.



Figur 5 Analyse af temperaturmålinger, *Temperature*.

Temperaturmålingerne fra køretøjerne er vist i Figur 5 og viser temperaturen inde i bilen. Her kan det ses, at temperaturen svinger fra -5 til 61 grader. Den høje maksimale temperatur skyldes sandsynligvis, at temperaturføleren sidder for tæt på varmeafgivende apparater (Clever). Det kan dog ses, at uforholdsmæssigt mange målinger er rapporteret ved 0 grader (17,7 millioner målinger), hvor den næsthøjeste værdi er 29 grader med 4,5 millioner målinger. Dette må antages at være en fejlkilde.

3.2.2. Metoder til rensning af CAN bus data

Fire oprindelige kriterier blev opstillet på forhånd, og hvert kriterier er her genovervejet

- Er State of Charge (kolonne *EVSoc*) indenfor det forventede område (0-100)?
 - State Of Charge mellem 0 og 100 er bibeholdt som en renseregul, da *EVSoc* virker troværdig, og lade procenter på over 100 må være fejlbehæftede data.
- Er forbruget (kolonnen *EVPower*) indenfor det forventede område (-20.000-50.000)?
 - *EVPower* er blevet oplyst til ikke at være pålidelig, men da værdien alligevel ligger pænt indenfor et interval på -20.000-50.000 for de fleste målinger, er denne renseregul bibeholdt.
- Er batterispændingen (kolonnen *Voltage*) som forventet (12-16 Volt)?
 - Her er det ud fra analysen erfaret, at 11-16 volt er et mere korrekt billede af hvornår batterispændingen virker korrekt. Desværre er *Voltage* ikke implementeret i alle biler, så dette kan ikke bruges som en generel regel, og derfor bliver denne regel ikke brugt.

- Er temperaturen (kolonnen *Temperature*) som forventet (0-40 grader celsius)?
 - Der er blevet gjort opmærksom på, at temperatur føleren sidder for tæt på varmeafgivende apparater. Dette kan også ses af de forholdsvis høje temperaturer, så derfor er denne regel ikke anvendt i rensningen af CAN bus data.

En anden regel er blevet tilføjet, nemlig vurderingen af kilometertælleren, *Odo*. Denne værdi kan antages at have en lineær udvikling. Det er derfor er forholdsvis lette at afgøre om værdierne er troværdige.

Så reglen for, hvornår CAN bus data er gyldig er (værdier er inklusive):

- Kolonnen *EVsoc* skal være sat og denne skal være mellem 0 og 100.
- Kolonnen *EVpower* skal være sat og denne skal være mellem -20.000 og 50.000
- Kolonnen *Odo* skal være sat og denne skal være over 0

Regel	Accepterede data	Afviste data	% accepteret
EVsoc er sat	110.693.493	15.834.877	87,49 %
EVsoc mellem 0-100	110.663.568	15.864.802	87,46 %
EVpower er sat	110.693.493	15.834.877	87,49 %
EVpower mellem -20.000-50.000	110.666.123	15.862.247	87,46 %
Odo er sat	110.693.493	15.834.877	87,49 %
Odo over 0	110.693.490	15.834.880	87,49 %
EVsoc, EVpower og Odo er sat	110.693.493	15.834.877	87,49 %
Alle filtre	110.636.218	15.892.152	87,44 %

Tabel 19 Antal accepterede CAN bus værdier for hver regel, ud af 126.528.370 målinger i alt.

Effekten af de enkelte renseregler kan ses i Tabel 19, hvor det er vist, hvor mange rækker der bliver accepteret og hvor meget der bliver frasortet af de tre regler opstillet for rensningen af CAN bus data. I alt er 126.528.370 rækker tilgængelige, og det kan ses, at de tre regler sortere cirka lige meget data fra. For hver regel, er det først testet om der er en CAN bus værdi tilgængelig for målingen, og dernæst er det testet om værdien er indenfor det accepterede interval. Bemærk at når første en værdi i en måling er forkert er der typiske flere andre værdier, der også er forkerte.

Heraf kan det ses, at for 110.693.493 målinger er der CAN bus målinger inkluderet, både for hver regel samt de tre regler samlet, og her ud af kan 110.636.218 målinger benyttes. Dvs. ud af de data, hvor der er CAN målinger tilgængelige, der bliver tilgængelige, da kan 99,95 % accepteret som valide CAN bus data og kun 57.275 målinger bliver afvist pga. krav til værdier.

3.3.Map-matching af data

Før målinger så som hastighed og elforbrug fra et køretøj kan tilknyttes til et kort skal de geografiske koordinater i form af længde- og breddegrader anvendes til at map-matche hver enkelt måling til det digitale kort (F. Marchal, 2006) (Pereira, Costa, & Pereira, 2009). Denne proces er nødvendig fordi de længde- og breddegrader alle GPS enheder rapporterer, har en vis unøjagtighed. Til denne map-matchning anvendes i projektet M-GEMMA (Pereira, Costa, & Pereira, 2009).

For at data kan map-matches med M-GEMMA er der krav til, at data skal være højfrekvent og der skal være en serie data tilgængelig, der kan sammensættes en tur. Det er fastsat, at der skal være mindst 10

sammenhængende målinger tilgængelig med højst 5 sekunder mellem hver måling, for at data kan benyttes til M-GEMMA map-matching. Derved passer dette datasæt godt, fordi data er opsamlet med 1 sekund logs.

Datasæt	Unik rækker	M-GEMMA brugbar	Punkter map-matched	% brugbar	% map-matched
Clever	126.528.370	119.111.126	90.354.662	94,1 %	75,9 %
Sæt 1	3.225.288	2.625.677	2.027.811	81,4 %	77,2 %
Sæt 2	27.642.447	24.290.158	18.060.716	87,9 %	74,4 %
Sæt 3	274.537.375	220.083.877	163.966.037	80,2 %	74,5 %
Sæt 4	308.053.604	302.540.261	236.383.732	98,2 %	78,1 %

Tabel 20 Sammenligning af datakvalitet med andre datakilder

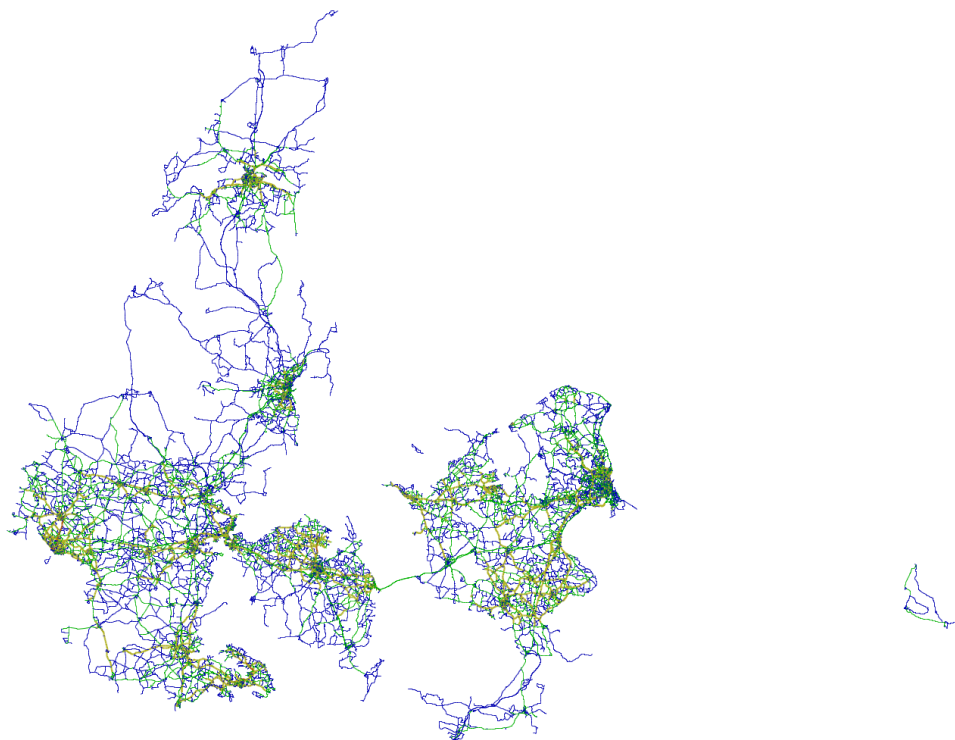
I alt overholder 119.111.126 GPS målinger disse krav, og det kan ses i Tabel 20 at 94,1 % af data kan bruges til at map-matche som højfrekvent data. Dette er ganske højt, sammenlignet med fire andre sammenlignelige datakilder, hvor kun en af datakilderne overgår dette med 98 %. Ud af de data, der er accepteret som mulige kandidater til M-GEMMA map-matching, da bliver 76 % faktisk map-matched til et vejsegment og brugt. Dette er helt i overensstemmelse med fire andre sammenlignelige datakilder og viser at kvaliteten af GPS målingerne er på højde med andre datakilder, der er adgang til i projektet.

4. Resultater

Dette kapitel beskriver resultaterne af de analyser, der er foretaget på den rensede og map-matched data.

4.1. Dækningsgrad af GPS/CAN bus data

Dækning af GPS/CAN bus data for hele Danmark er vist i Figur 6. Som det kan ses af figuren er der data for alle regioner i Danmark inklusiv Bornholm. Der er mest data i følgende områder Esbjerg, København Odense, Sønderborg, Aalborg og Aarhus. I Figur 6 har blå segmenter 1-9 målinger, grønne segmenter 10-99 målinger, gule segmenter 100-999 målinger og orange 1.000-9.999 målinger.



Figur 6 Dækning med GPS/CAN Bus data i Danmark.

Tabel 21 viser antallet af vejsegmenter pr. kategori (Open-Street Map, 2013) i alt (kolonnen *Total antal segment*) og hvor mange segmenter, der har GPS/CAN bus data fra elbiler (kolonnen *Segmenter med data*). Den sidste kolonne viser procentsatsen af dækningen. Som det kan ses af Tabel 21 dækker data 95 % af motorvejsnettet, 73 % af det primære vejnet og 76 % af det sekundære vejnet. Det kan konkluderes, at der er kørt på langt de fleste større veje i Danmark.

Tabel 21 Antal vejsegmenter med data for de forskellige vejtyper.

Type	Total antal segmenter	Segmenter med data	% dækket
Motorvej	2.248	2.137	95
Primære	12.291	8.911	73
Sekundær	27.191	20.649	76
Tertiær	52.938	35.693	67
Bebyggelse	296.590	51.778	17
Service	143.266	9.347	7
Ikke klassificeret	122.516	32.410	26

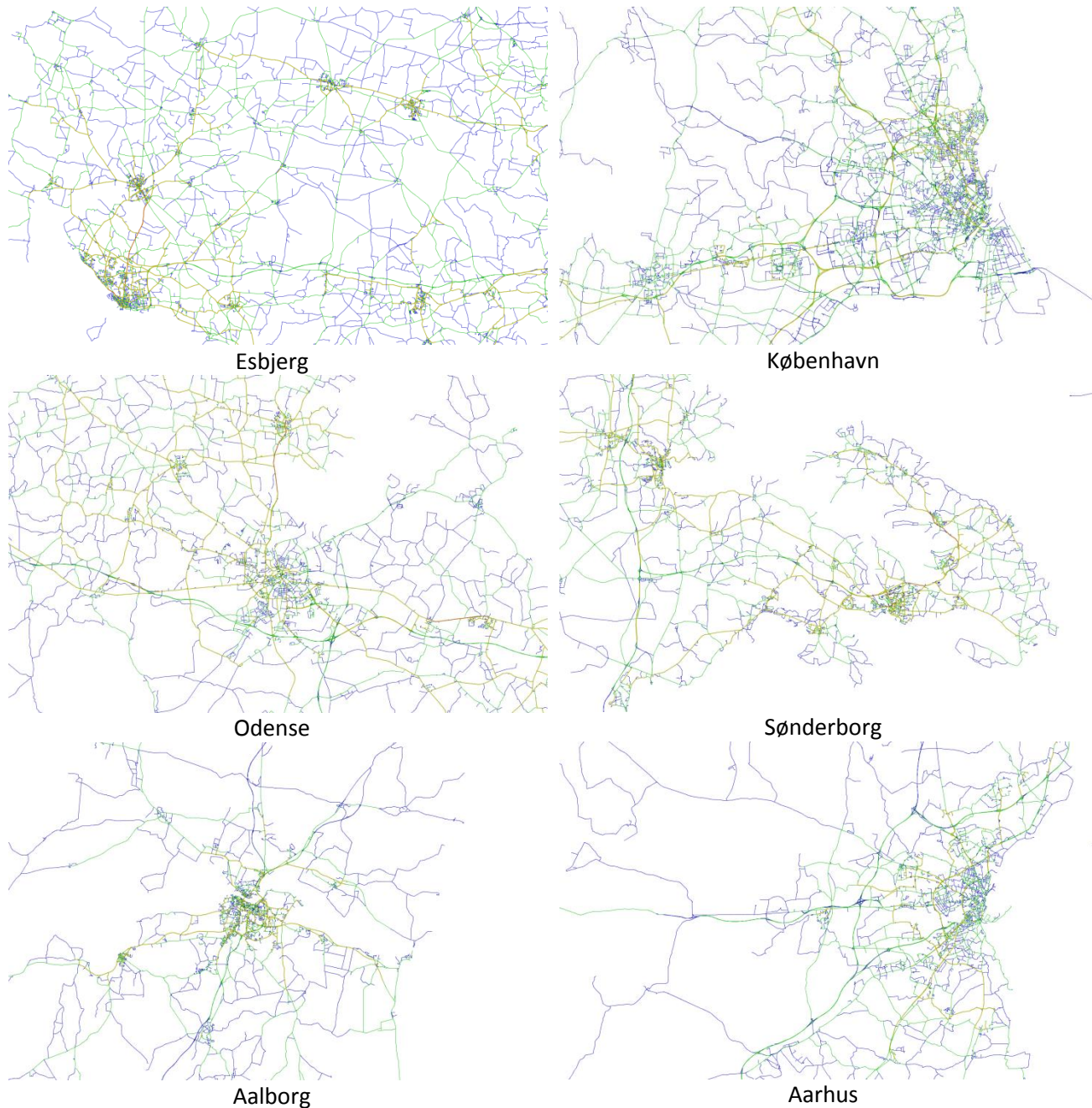
Tabel 22 viser øverst, at der er 86.688 segmenter, hvor der er mellem 1-9 målinger og næstnederst, at der er 303 segmenter, med mellem 1.000-9.999 målinger. Der er ingen segmenter med mere end 10.000 målinger. Disse oplysninger er anvendt til at farvelægge kortene, der er vist i Figur 6 og Tabel 23. Som det kan ses af Tabel 22 er der kun få steder i landet, hvor der er meget GPS/CAN bus data.

Antal målinger	Antal segmenter
1 - 9	86.688
10 - 99	54.667
100 - 999	21.978
1.000 - 9.999	303
10.000 -	0

Tabel 22 Antal målinger og antal segmenter med dette antal målinger.

4.1.1. Dækning i byerne

Dækning med GPS/CAN bus data for områderne med mest data er vist i Tabel 23. Blå segmenter svarer til 1-9 målinger, grønne segmenter til 10-99 målinger, gule segmenter til 100-999 målinger og orange 1.000-9.999 målinger.

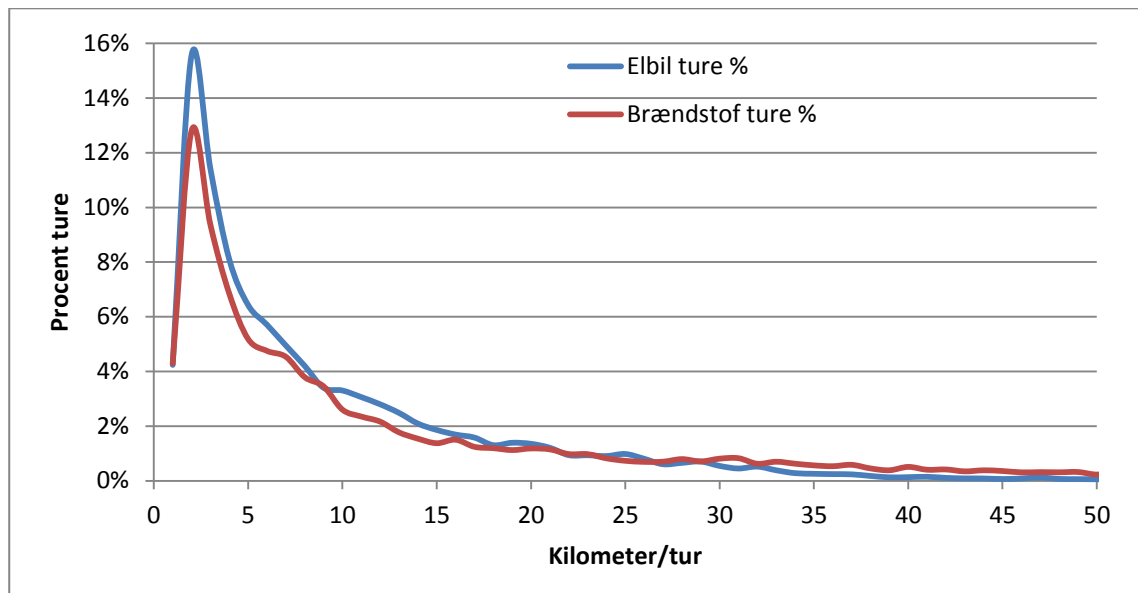


Tabel 23 GPS/CAN bus dækning for udvalgte områder.

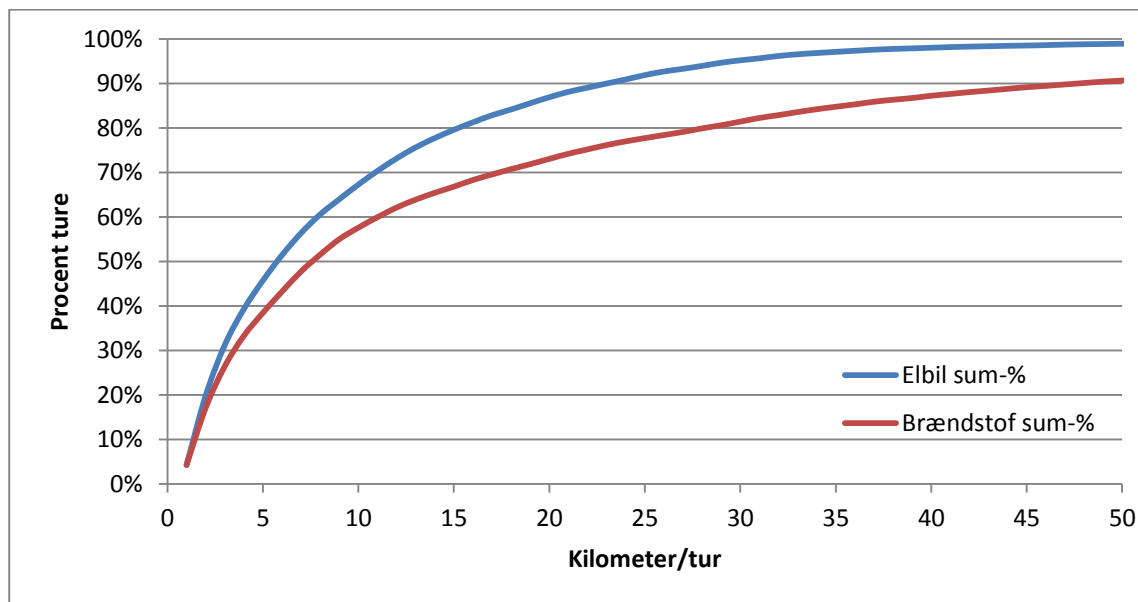
Som det kan ses af Tabel 23 er der strækninger ved Esbjerg og Odense, hvor der er mere end 1.000 målinger pr. segment (de orange segmenter). Generelt er der for de seks områder vist i Tabel 23 god dækning af det overordnede vejnet.

4.2. Fordelingen af længden af ture

Elbiler har generelt en mindre rækkevidde end brændstofbiler. Det er derfor interessant at se på, hvor lange ture der køres i el- og brændstofbiler. Fordelingen af længden af ture, der køres med el- og brændstofbiler er vist i Figur 7. X-aksen er turens længde i kilometer og y-aksen er frekvensen i procent. I alt viser figuren 145.180 ture for elbiler og 273.331 ture for brændstofbiler. Den kumulative fordeling af længden af ture er vist i Figur 8.



Figur 7 Fordelingen af længde af ture for el- og brændstofbiler.



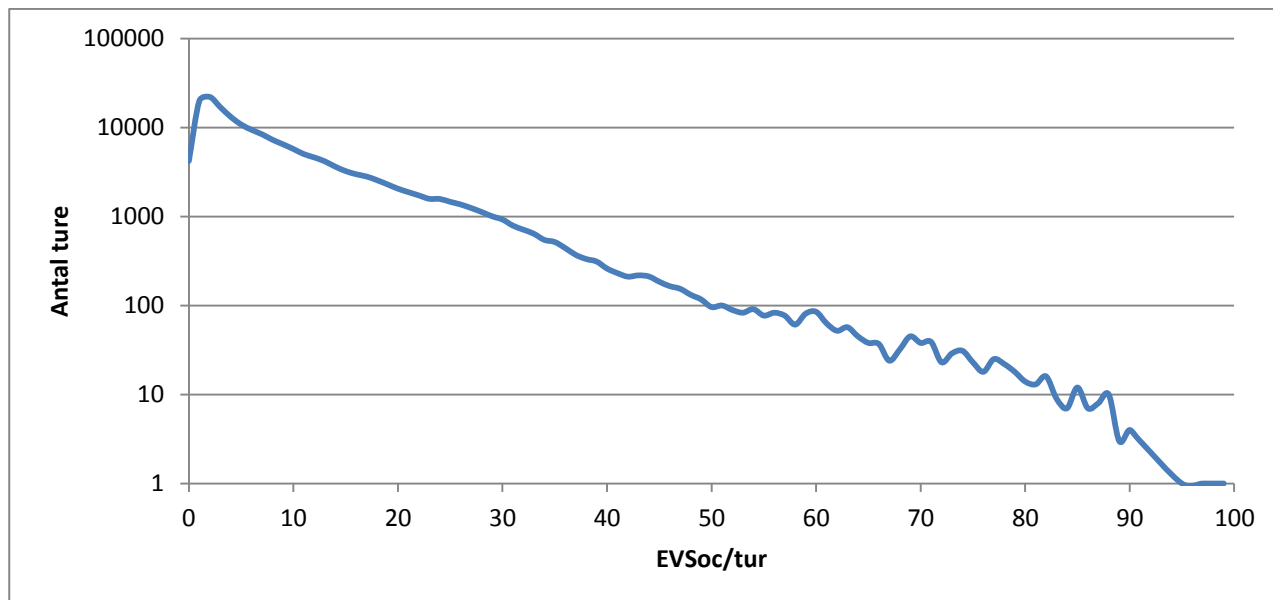
Figur 8 Kumulativ fordeling af længden af ture for el- og brændstofbiler.

Bemærk at både for el- og brændstofbiler er der kun medtaget ture, der er kørt i 2012. Generelt har elbilerne kørt over hele landet som vist i Figur 6, mens brændstofbilerne hovedsagligt har kørt i Nord- og Midtjylland. Alle ture er fra private biler.

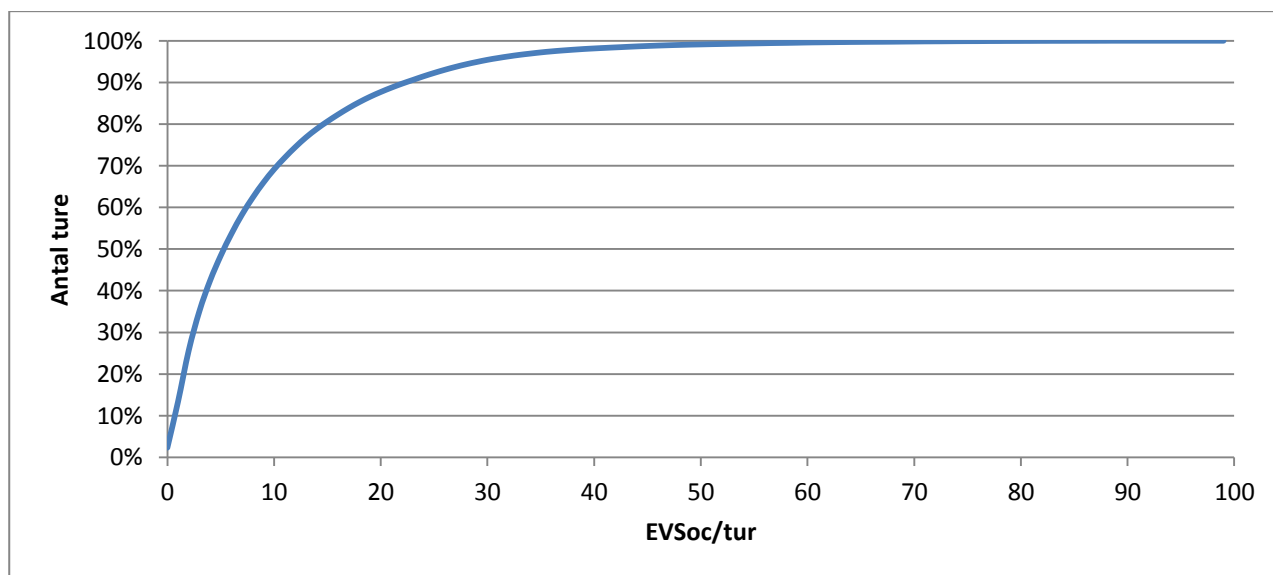
Som det fremgår af Figur 7 er der fleste ture omkring 2 km både for el- og brændstofbiler. Generelt ligner kurverne i Figur 7 meget hinanden. Dog er ture med elbiler generelt lidt kortere end ture med brændstofbiler. Denne forskel mellem el- og brændstofbiler træder klarere frem i Figur 8. Bemærk at 90 % af turene med elbil er under 23 km og 98,1 % er under 40 km.

4.3. Energiforbrug pr. tur

En specielt interessant analyse af de kørte ture med elbiler er at undersøge, hvor stort et forbrug der er pr. tur. Denne analyse er vist i Figur 9, hvor x-aksen er *EVSoC* pr. tur og y-aksen er antal kørte ture. Bemærk at y-aksen er logaritmisk. Den kumulative fordeling er vist i Figur 10.



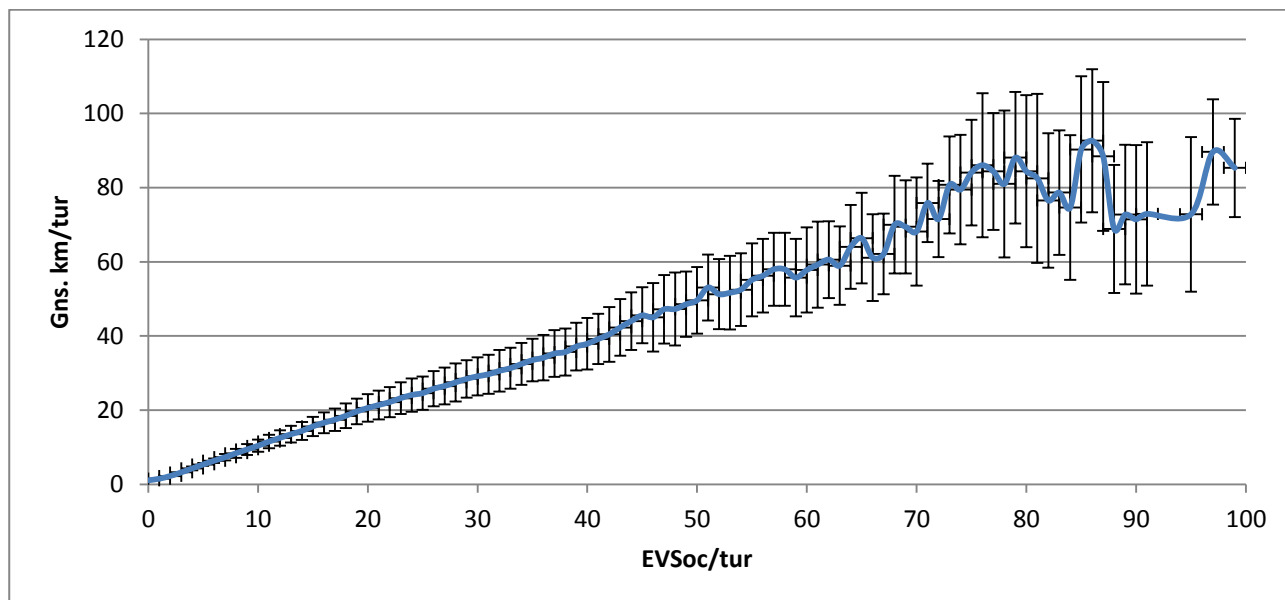
Figur 9 Total EVSoC forbrug pr. tur.



Figur 10 Kumulativ fordeling af EVSoC pr. tur.

Figur 9 viser, at cirka 22.000 ture kun anvender 2 *EVSoC* svarende til 2 % af batterikapaciteten. Figur 10 viser, at 90 % af alle ture anvender under 22 *EVSoC* og 99,1 % af turen anvender under 50 *EVSoC*. Kun 192 ture anvender mere end 75 *EVSoC* på en enkelt tur. Det vil sige, at der er meget få ture, hvor den fulde batterikapacitet udnyttes.

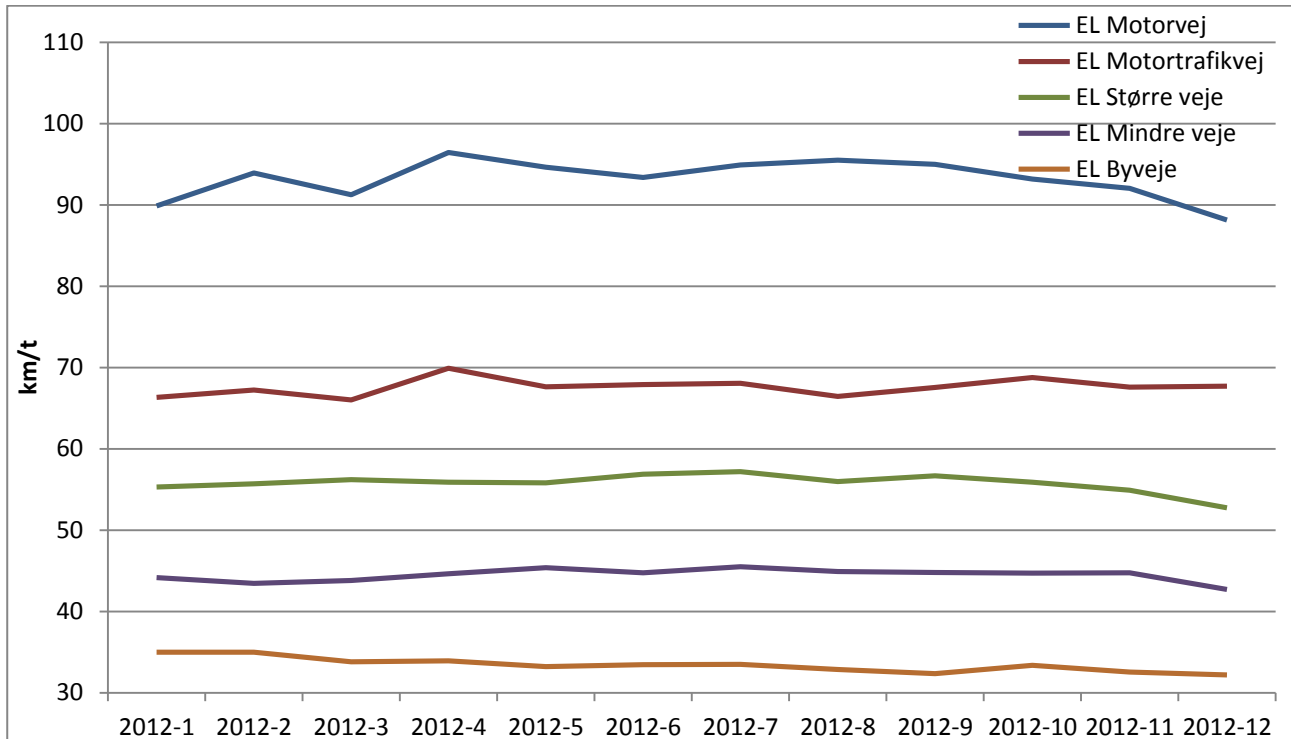
Figur 11 viser, hvor langt der i gennemsnit køres i kilometer som en funktion af *EVSoC*, der anvendes på en tur. X-aksen er *EVSoC/tur* og y-aksen er antal kørte kilometer i gennemsnit. Som et eksempel viser Figur 11, at for de ture, der har brugt 30 *EVSoC* så er der i gennemsnit kørt 29,2 km. Den blå linje i Figur 11 viser den gennemsnitlige turlængde og båndene viser +/- en standardafvigelse (σ) for turlængden. Der er meget store afvigelser på turlængden når forbruget pr. tur er over 80 *EVSoC*. Dette skyldes, at der er meget få ture, med så stor et forbrug.



Figur 11 *EVSoC* og gennemsnitlig turlængde +/- en standardafvigelse.

4.4.Hastigheder

Den gennemsnitlige hastighed med hvilken elbiler kører på forskellige vejtyper er vist i Figur 12. X-aksen er måned i år 2012 og y-aksen er km/t.

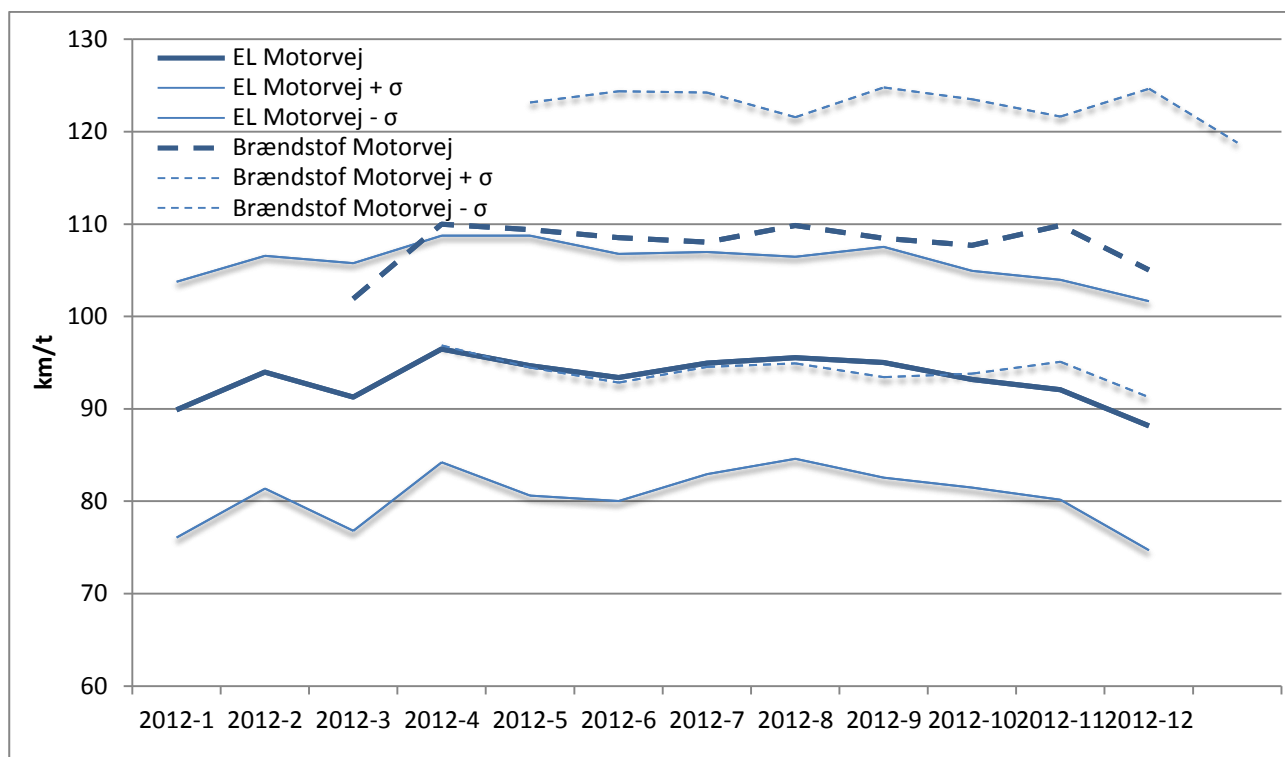


Figur 12 Gennemsnitlige hastigheder på forskellige vejtyper for elbiler.

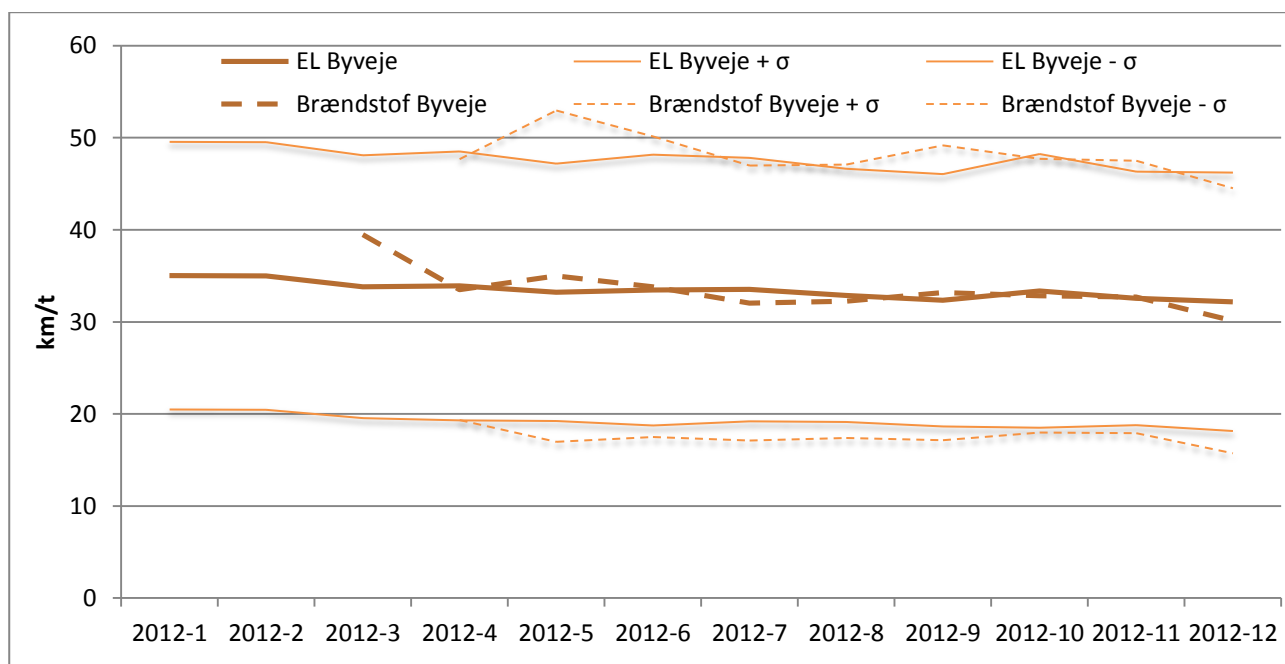
Figur 12 viser, hvor stærkt elbiler køre i gennemsnit i hele landet og der kan lokalt være store udsving pga. vejr/vind, trængsel og kvaliteten af vejene. Specielt interessant er det, hvis den gennemsnitlige hastighed elbiler kører med kan sammenlignes med den gennemsnitlige hastighed brændstofbiler kører med i den samme tidsperiode. Desværre er sådanne data ikke tilgængeligt i større mængder. For at kunne lave en initial undersøgelse af forskelle i hastigheder med elbiler versus brændstofbiler er følgende gjort.

- Motorveje og byveje er udvalgt fordi her det største antal målinger for både el- og brændstofbiler.
- Der anvendes kun vejsegmenter, hvor der både er kørt el- og brændstofbiler.
- Alle vejsegmenter vægtes ens uafhængigt af, hvor mange målinger der er på de enkelte segmenter.

Med disse begrænsninger viser Figur 13 den gennemsnitlige hastighed, der køres med på motorveje for elbiler og for brændstofbiler. X-aksen er måned i år 2012 og y-aksen er km/t. Bemærk at y-aksen starter ved 60 km/t. Den mørkeblå fuldt optrukne linje er gennemsnittet for elbiler og de to lyseblå fuldt optrukne linjer er +/- en standardafvigelse (σ) for elbiler. Den mørkeblå stiplede linje er gennemsnitlige hastighed for brændstofbiler og de lyseblå stiplede linjer +/- en standardafvigelse (σ) for brændstofbiler. Figur 14 viser en graf for byveje tilsvarende det Figur 13 viser for motorveje.



Figur 13 Sammenligning af gennemsnitshastigheder for el- og brændstofbiler på motorveje.



Figur 14 Sammenligning af gennemsnitshastigheder for el- og brændstofbiler på byveje.

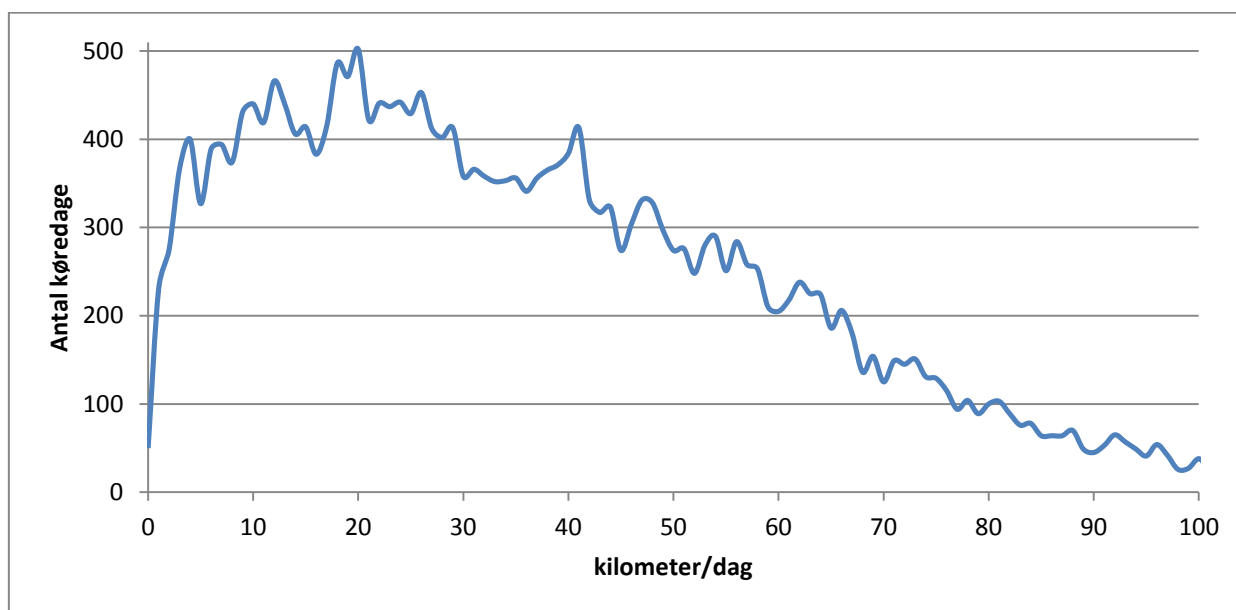
Som det kan ses af Figur 13 kører elbiler generelt langsommere end brændstofbiler på motorvejene. På byvejene, vist i Figur 14, er de hastigheder el- og brændstofbiler kører med praktisk taget de samme. Herudover er standardafvigelseerne for el- og brændstofbiler på byveje meget ens. Figur 13 og Figur 14

indikerer, at elbiler har en lavere tophastighed som kan ses på motorvejene, men at elbiler følger trafikken på byveje. Der skal tages forbehold for, at datagrundlaget ved disse sammenligninger bør udvides.

4.5. Kørte kilometer pr. dag og antal ture pr. dag.

Et interessant emne er, hvor meget en elbil dagligt anvendes. Dette opgøres i dette afsnit på to måder

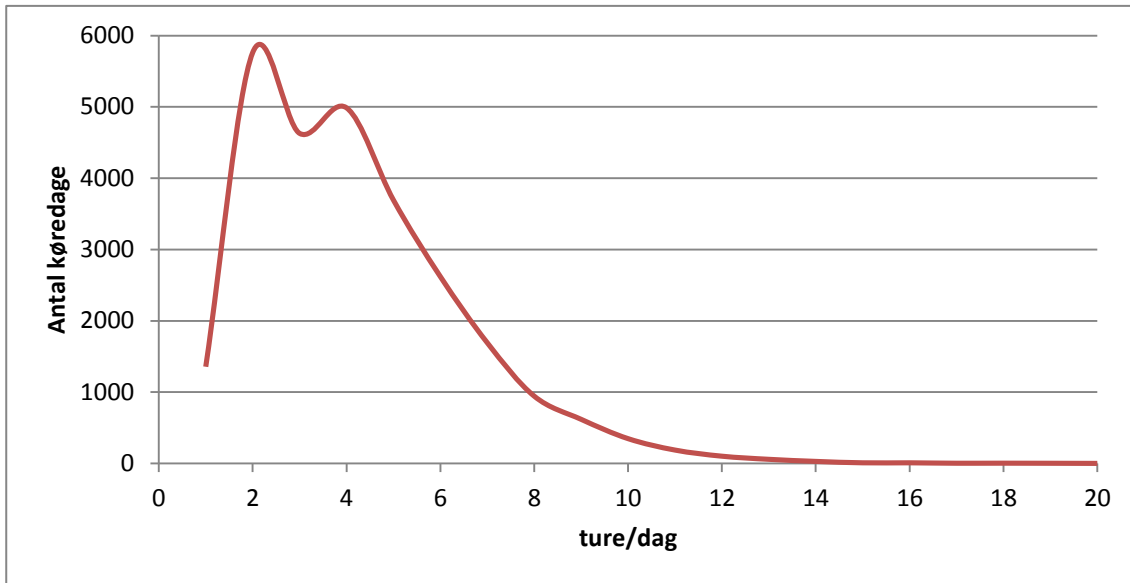
1. Hvor mange kilometer der køres pr. dag?
2. Hvor mange ture der køres pr. dag?



Figur 15 Antal kørte kilometer pr. køredag.

Figur 15 viser, hvor mange kilometer der køres pr. dag i de enkelte elbiler. X-aksen er antal kørte kilometer pr. dag og y-aksen er antal dage kørt benævnt *køredage*. En køredag er fra 00:00 til 23.59 på samme dato. Som et eksempel viser Figur 15, at der er cirka 100 køredage, hvor elbiler har kørt 80 km. Som et kuriosum kan det nævnes, at det maksimale kørte antal kilometer for en elbil på en dag er 729 km. Der er i alt 27.052 køredage. Af disse 1.162 kørt over 100 km på en dag. Disse 1.162 køredage er ikke vist i Figur 15.

Hvis der i stedet for antal kørte kilometer pr. dag ses på antal ture pr. dag er dette vist i Figur 16. X-aksen er antal ture pr. dag og y-aksen er antal køredage. Som det kan se af Figur 16 er der knap 6.000 køredage, hvor der er to ture. Af de 27.052 køredage er der kun 1.370 køredage, hvor der er mere end 8 ture på en dag. Det maksimale antal ture observeret på en dag er 20. Det vil sige, at alle 27.052 køredage er vist i Figur 16.



Figur 16 Antal ture pr. køredag.

4.6.Strækningsanalyser

Dette afsnit præsenterer en række detailanalyser af strækninger, hvor der henover året er kørt mange ture med elbiler. Bemærk at antal af ture i hver retning ikke nødvendigvis er den samme fordi ruten en bilist vælge ud og hjem kan være forskellige.

Ruterne er valgt ud fra, hvor der er mange målinger tilgængeligt fra forskellige biler. Antallet af forskellige køretøjer er medtaget for at sikre, at en enkelt bilist, der enten kører langsommere eller hurtigere end gennemsnittet ikke påvirker resultatet kraftigt i en bestemt retning. Ruterne er udvalgt ved at studere dækningsgraden i Danmark som vist i Figur 6 og dækningskortene for de større byområder, der er vist i Tabel 23. Navn, koordinater og længde på alle udvalgte strækninger er vist i Tabel 24.

Det har været nødvendigt at lave strækningsbaserede analyser af elbilers forbrug fordi den værdi der oprindeligt har været tiltænkt til dette formål (*EVPower*) ikke kan anvendes i hht. dataleverandøren (*Clever*). I stedet for har dataleverandøren oplyst, at *EVSoc* er en pålidelig måde at måle forbruget på. Problem med *EVSoc* er, at dette er en forholdsvis grov måleenhed. Af den årsag er de strækninger, der er udvalgt cirka 3 km. eller længere (se Tabel 24). Strækninger kan ikke være for lange fordi, der så er for få ture der har kørt på strækningerne. Af denne årsag er den længste strækning på knap 12 km.

Navn	Fra (Bredde, Længde)	Til (Bredde, Længde)	Længde i km
Esbjerg/Varde	(55.527234, 8.458269)	(55.600499,8.502106)	8,6
Høvejen	(57.101722,9.887704)	(57.08844,9.956347)	4,7
Karrebæk/Næstved	(55.21141,11.583256)	(55.216686,11.725477)	9,4
Køgebugt Motorvejen	(55.49117,12.169887)	(55.557737,12.228178)	8,5
Limfjordstunnelen	(57.071641,9.953374)	(57.042646,9.972123)	3,8
Ny Nibevej	(57.000638,9.716891)	(57.015436,9.887284)	10,9
Næstved/Køgevej	(55.255153,11.804955)	(55.259482,11.985262)	11,7
Odense/Otterup	(55.423181,10.370683)	(55.504989,10.394733)	9,6
Storebæltsbroen	(55.299704,10.853266)	(55.325128,10.945705)	6,5
Universitetsboulevarden	(57.020175,10.003829)	(57.020131,9.958352)	2,8
Vest Motorvejen	(55.366442,11.278922)	(55.389167,11.361042)	5,8

Tabel 24: Navn, koordinater og længde på strækninger anvendt i detailanalyser.

Ingen af strækningerne listet i Tabel 24 er decideret bykørsel. Dette skyldes kravet til en minimums længde på strækningerne før, at der kan laves en detailanalyse. Der er i datasættet ikke en længere strækning i byer, hvor der er kørt et større antal ture af forskellige køretøjer.

De ture der er fundet er for alle dage i ugen og for alle tidspunkter. Ideelt bør hverdage (mandag-fredag) behandles forskelligt fra weekend (lørdag-søndag) og myldretid (7:00-9:00 samt 15:00-18:00) behandles forskellige fra ikke-myldretid. Desværre er der ikke med data fra 2012 et stort nok datagrundlag til, at der kan foretages en sådan opsplitning af data. Antal ture på strækningerne total, i morgenmyldretid og eftermiddagstid i begge retninger er vist i Tabel 25.

Bemærk at det ved optællingen af turene i Tabel 25 er sikret, at alle ture har kørt den nøjagtig samme rute (den samme liste af vejsegmenter er passeret i den samme rækkefølge). Yderligere har ingen af turene kørt om- eller genveje for f.eks. at hente/afsætte passagerer eller været parkeret. Disse restriktioner

kaldes i litteraturen for *strenge strækninger* (på engelsk strict paths) dvs. ture uden ikke-trafikrelaterede stop eller omveje/genveje.

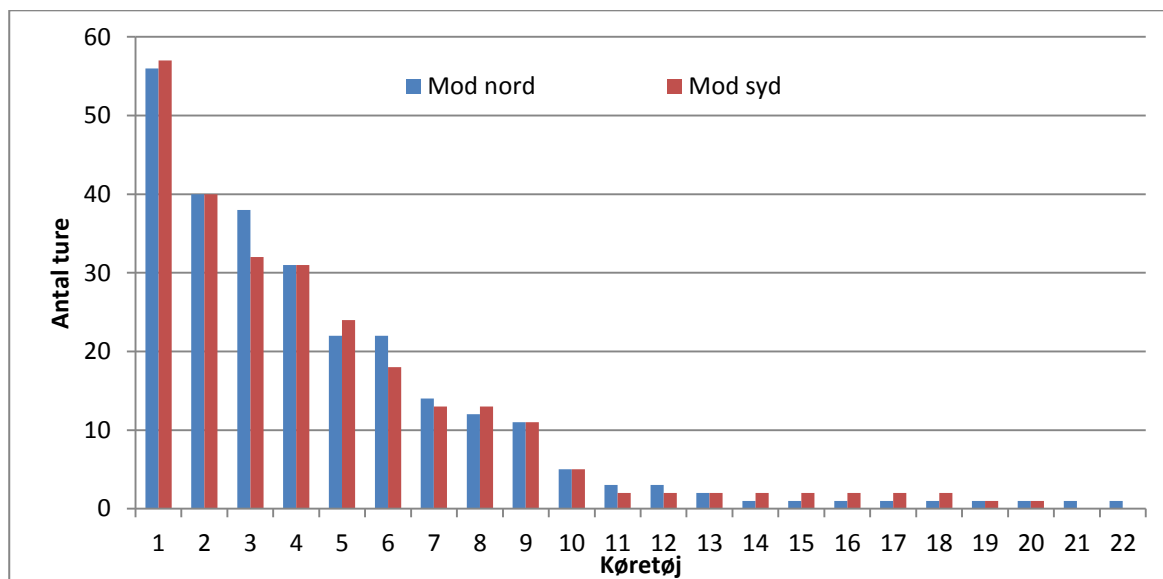
Navn	Retning	Total ture	7:00-9:00 hverdage	15:00-18:00 hverdage
Esbjerg/Varde	Nord	461	2	205
	Syd	469	141	25
Høvejen	Øst	79	48	3
	Vest	78	1	55
Karrebæk/Næstved	Vest	114	2	60
	Øst	94	33	8
Køgebugt Motorvejen	Nord	268	41	103
	Syd	261	21	28
Limfjordstunnelen	Nord	155	81	26
	Syd	166	50	74
Ny Nibevej	Vest	38	0	9
	Øst	71	45	4
Næstved/Køgevej	Vest	125	42	15
	Øst	122	2	55
Odense/Otterup	Nord	344	2	146
	Syd	355	125	43
Storebæltsbroen	Vest	19	1	5
	Øst	19	1	5
Universitetsboulevarden	Vest	72	5	11
	Øst	56	4	11
Vest Motorvejen	Vest	9	1	1
	Øst	11	0	3

Tablet 25 Antal ture på strækning total samt antal ture i myldretid på hverdage.

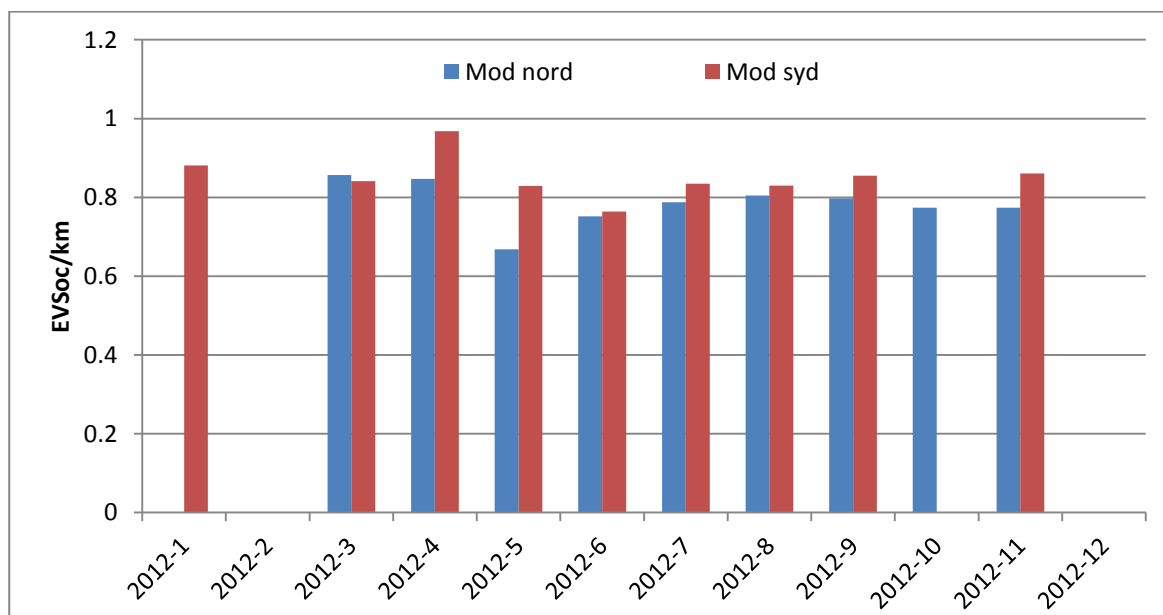
Der vil i det efterfølgende først være en kort præsentation af hver enkelt strækning. Det følges op ad en sammenligning af de forskellige strækninger og en generel diskussion af elbilers forbrug. De enkelte strækninger præsenteres grupperet; først præsenteres motorvejstrækninger og herefter stækninger på mindre veje.

4.6.1. Køgebugt Motorvejen

Antal ture pr. køretøj og fordelingen af ture henover året er vist i hhv. Figur 17 og Figur 18.



Figur 17 Køgebugt Motorvej antal køretøjer og ture.

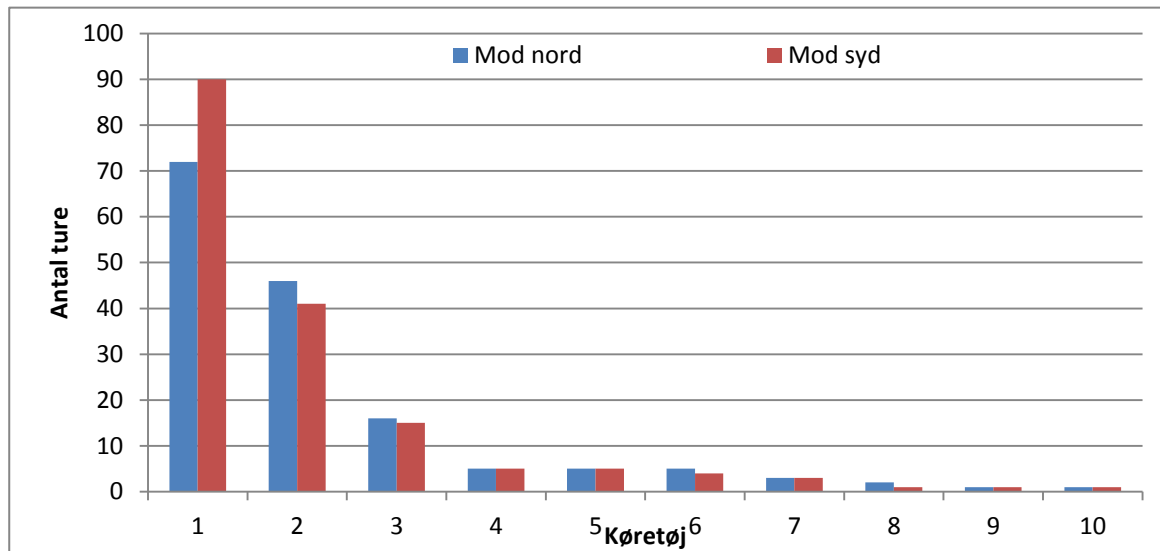


Figur 18 Køgebugt Motorvej forbrug henover året.

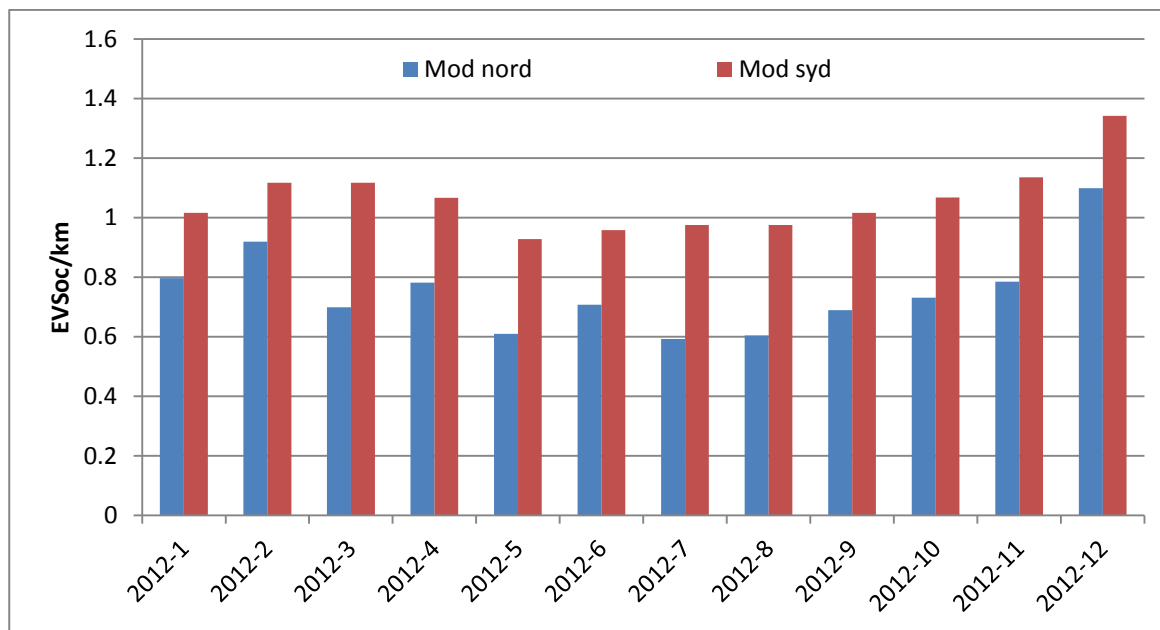
Figur 17 viser, at i alt 22 forskellige køretøjer har tilbagelagt den pågældende strækning på Køgebugt Motorvejen. Et køretøj har bidraget med cirka 25 % af turen, benævnt køretøj 1 i Figur 17. Figur 18 viser forbruget i EVSoc/km for at køre strækningen. Der er ingen værdier for februar måned fordi her har ingen køretøjer tilbagelagt denne strækning. Figur 18 viser, at forbruget generelt er lidt højere når der køres mod syd. Forbruget henover året er rimeligt ens dog lidt lavere i maj til juli måned.

4.6.2. Limfjordstunnelen

Antal ture pr. køretøj og fordelingen af ture henover året er vist i hhv. Figur 19 og Figur 20.



Figur 19 Limfjordstunnelen antal køretøjer og ture.

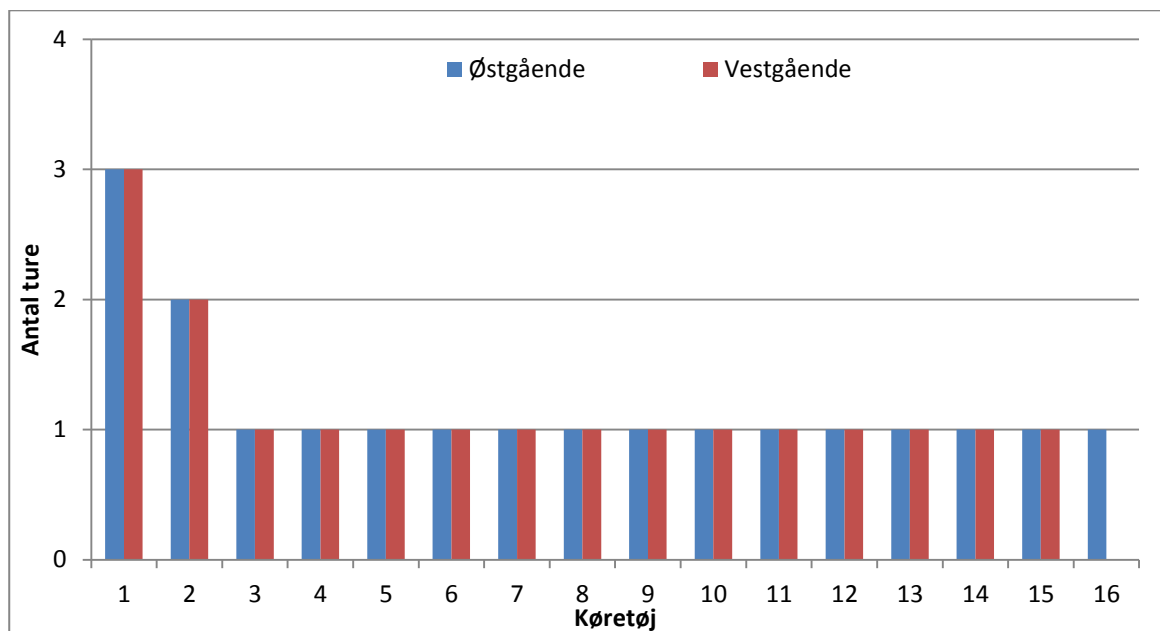


Figur 20 Limfjordstunnelen forbrug henover året.

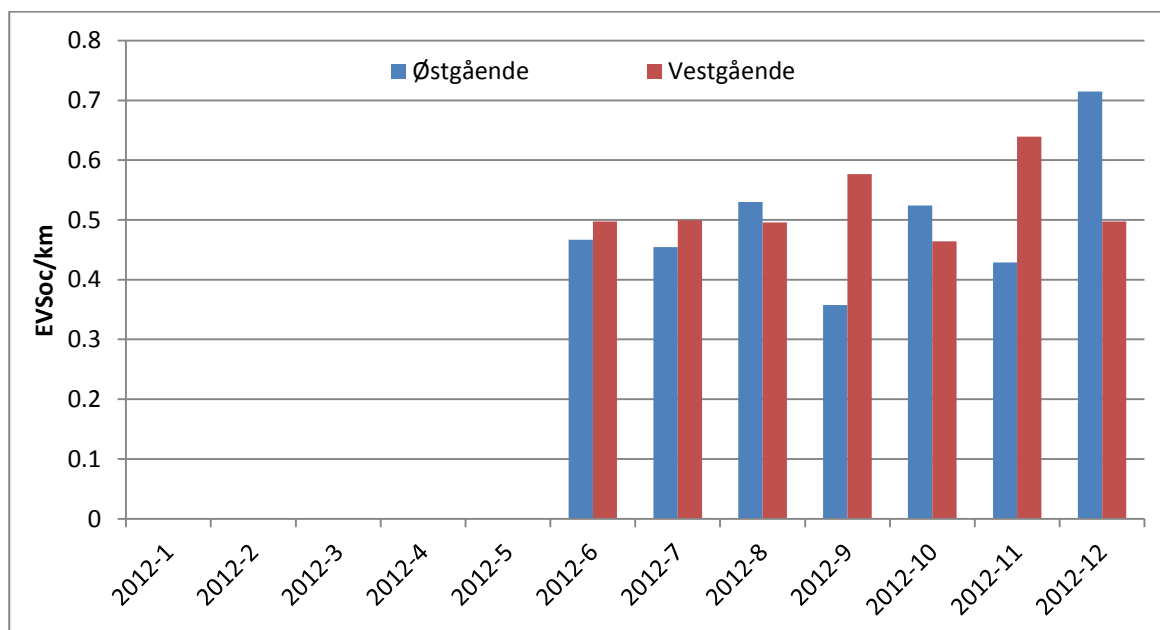
I alt har 10 forskellige køretøjer bidraget med ture for strækningen henover Limfjorden. Bemærk at køretøjet med ID 1 i Figur 19 ikke er det samme som køretøjet med ID 1 i Figur 17. Køretøjs ID'erne er kun unikke for hver strækning. Figur 20 viser, at forbruget er betydeligt højere når der køres mod syd. Dette skyldes, at der er en større stigning umiddelbart syd for Limfjordstunnelen. Forbruget varierer betydeligt henover året fra ca. 0,6 EVSoc/km i maj måned til over ca. 1,1 EVSoc/km i december (i nordlig retning)

4.6.3. Storebæltsbroen

Antal ture pr. køretøj og fordelingen af ture henover året er vist i hhv. Figur 21 og Figur 22.



Figur 21 Storebæltsbroen antal køretøjer og ture.

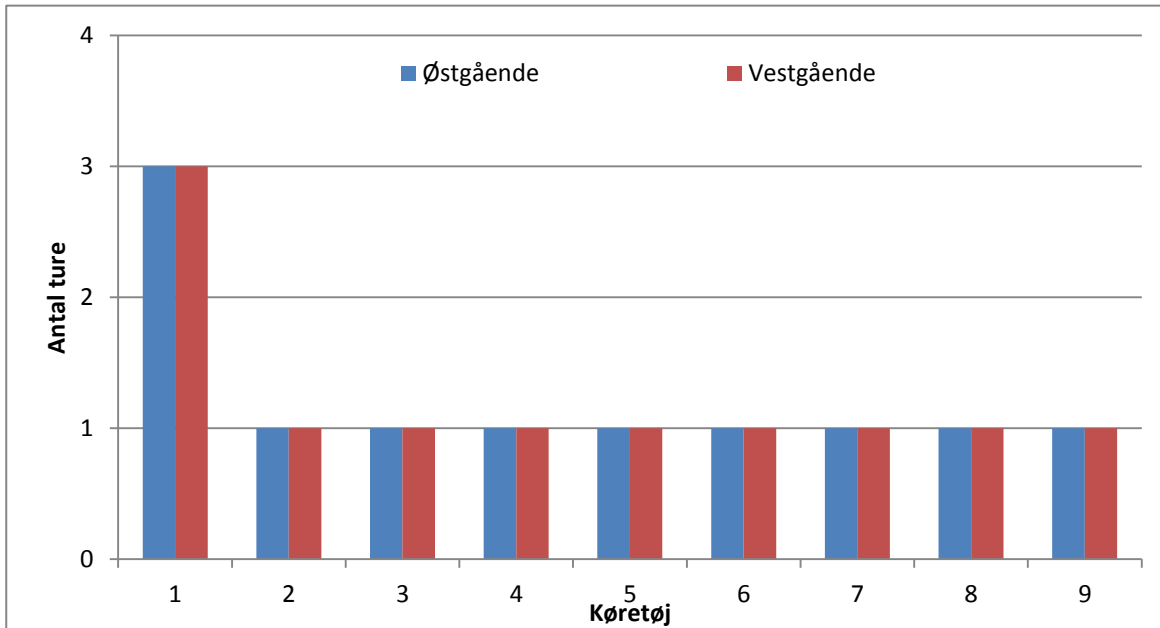


Figur 22 Storebæltsbroen forbruget henover året.

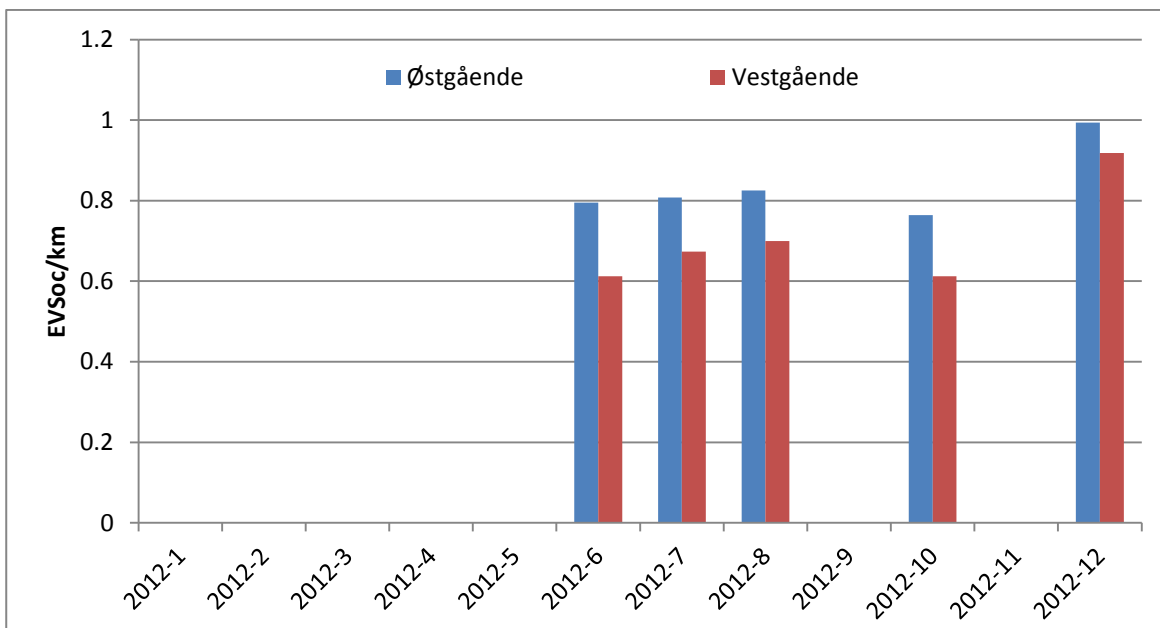
Der er i alt 15/16 køretøjer, der har kørt denne strækning i østgående/vestgående retning. Langt de fleste køretøjer har kun kørt en tur. Figur 22 viser, at der kun har kørt ture over Storebælt i perioden juni til december. Storebæltstrækningen er interessant fordi den er helt flad. Desværre er der for få ture til at kunne konkludere på elbilers forbrug alene baseret på denne strækning.

4.6.4. Vest Motorvejen

Antal ture pr. køretøj og fordelingen af ture henover året er vist i hhv. Figur 23 og Figur 24.



Figur 23 Vest motorvejen antal køretøjer og ture.

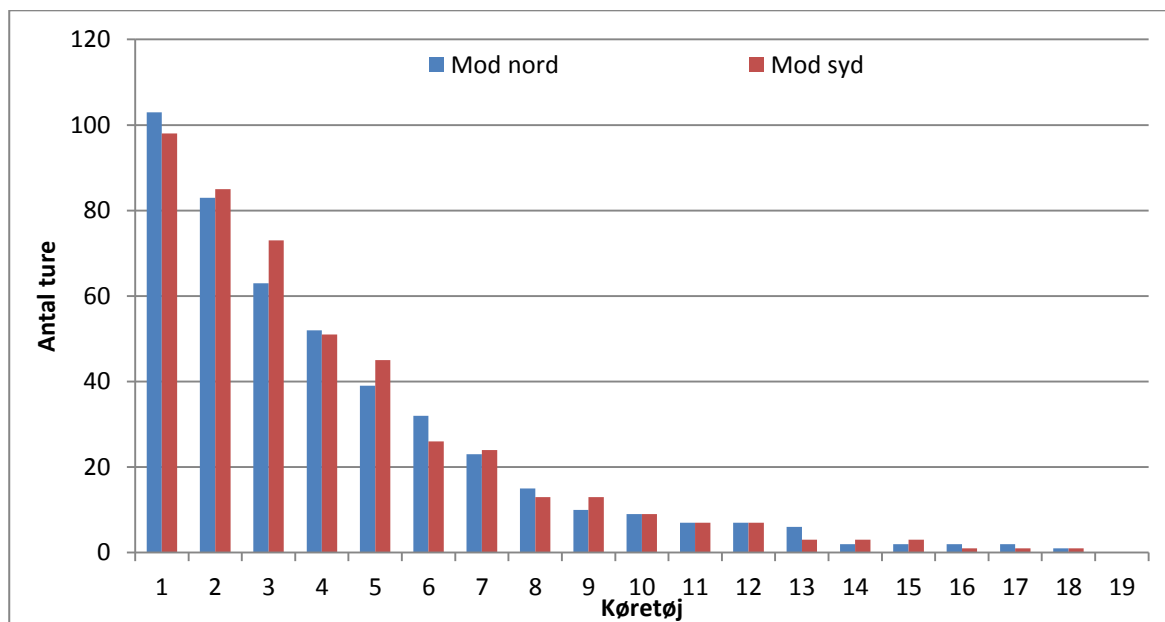


Figur 24 Vest Motorvejen forbruget henover året.

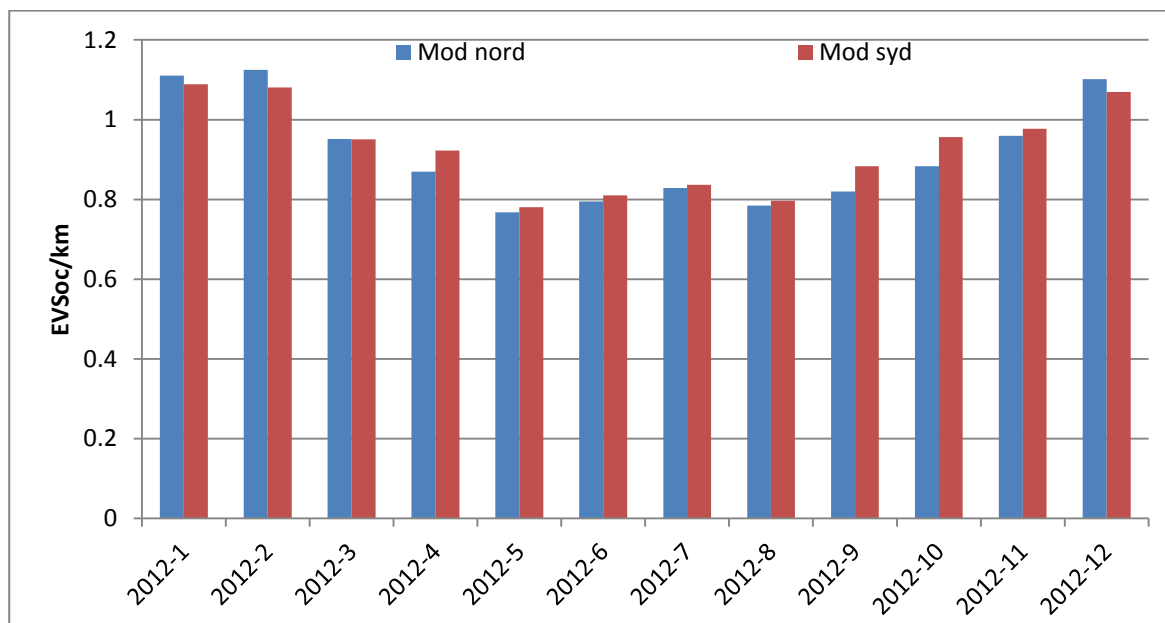
Figur 23 viser, at 9 køretøjer har bidraget med ture på denne strækning. Figur 24 viser, at disse ture er kørt i perioden juni til december. Vest Motorvejen er interessant fordi det er en sjællandsk motorvej uden de helt store problemer med trængsel. Der er i alt kun 11 ture, dette er for lidt data at kunne konkludere noget om elbilers forbrug på denne strækning.

4.6.5. Esbjerg/Varde

Antal ture pr. køretøj og fordelingen af ture henover året er vist i hhv. Figur 25 og Figur 26.



Figur 25 Esbjerg/Varde antal køretøjer og ture.

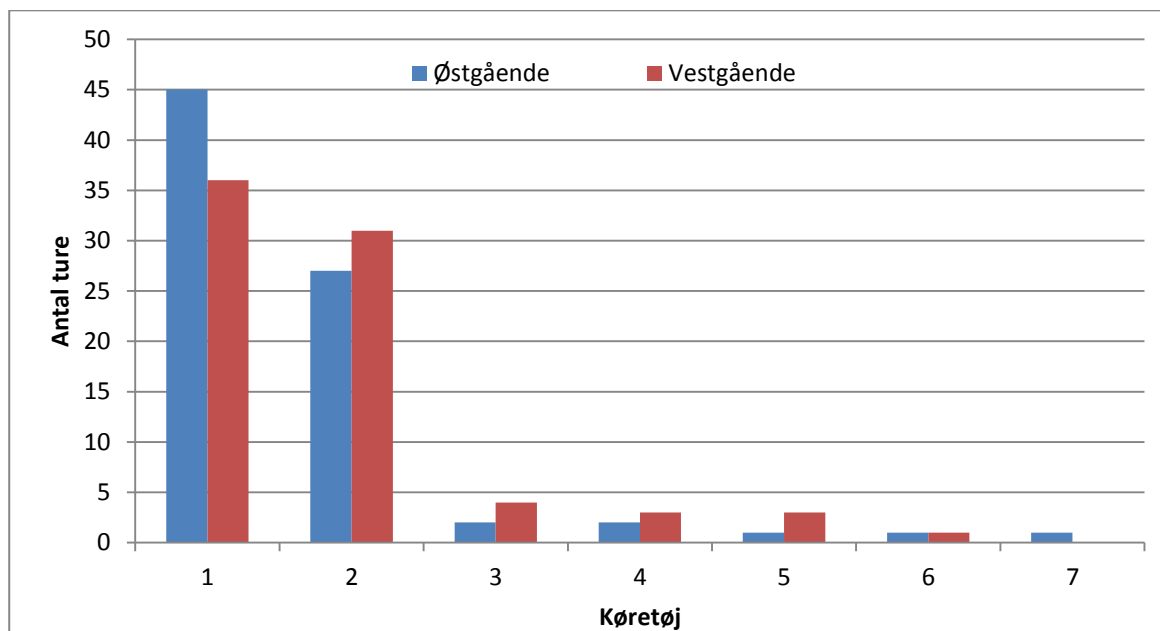


Figur 26 Esbjerg/Varde forbruget henover året.

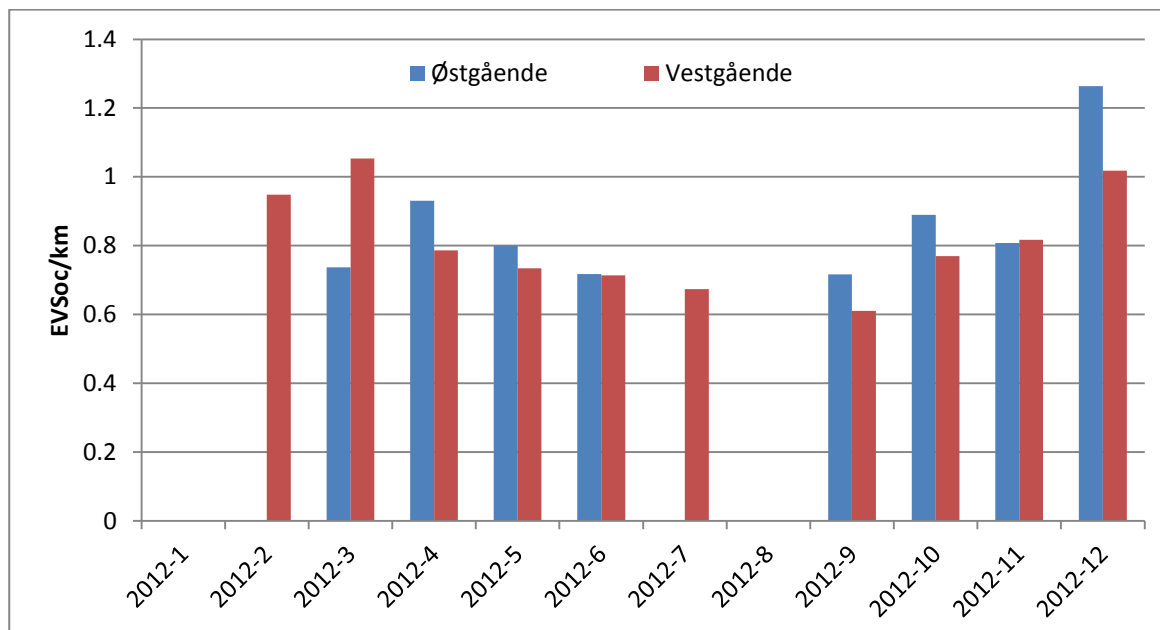
Figur 25 viser, at i alt 19 køretøjer har bidraget med data. Heraf 7 køretøjer med mere end 20 ture. Denne strækning har flest kørte ture med elbiler og er derfor interessant at undersøge nærmere. Figur 26 viser forbruget henover året og viser klart, at elbiler har et betydeligt lavere forbrug i perioden maj til september end i de tre vintermåneder januar, februar og december. Da der på denne strækning er mange ture over hele året vurderes denne strækning at være en af de bedste til at studerede udsvinget i forbruget over året.

4.6.6. Høvejen

Antal ture pr. køretøj og fordelingen af ture henover året er vist i hhv. Figur 27 og Figur 28.



Figur 27 Høvejen antal køretøjer og ture.

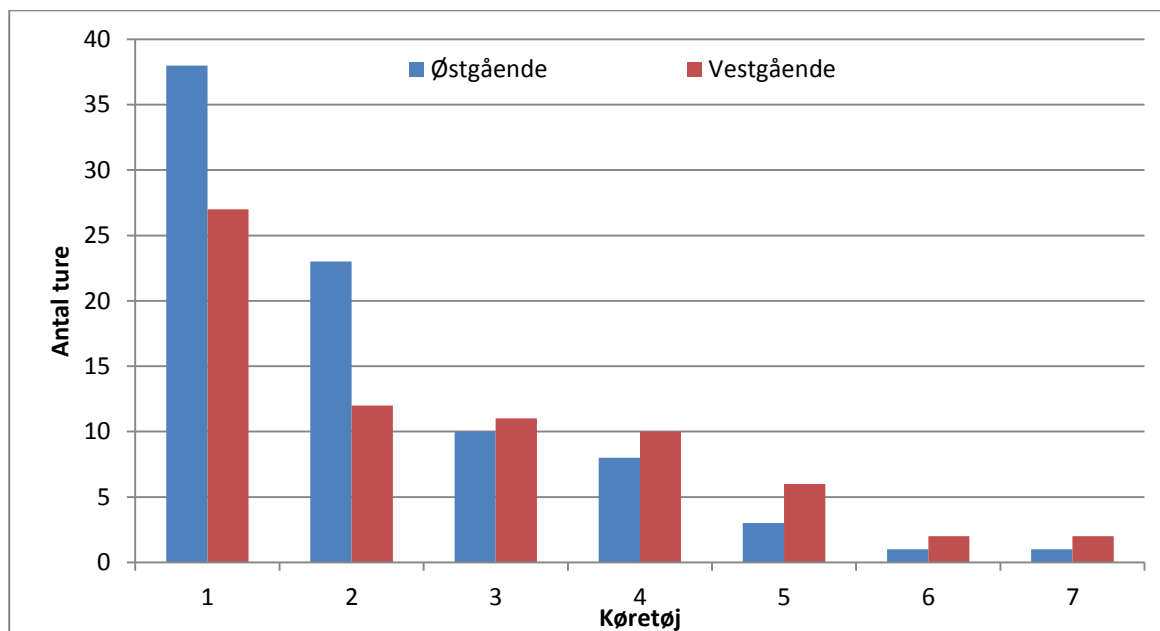


Figur 28 Høvejen forbruget henover året.

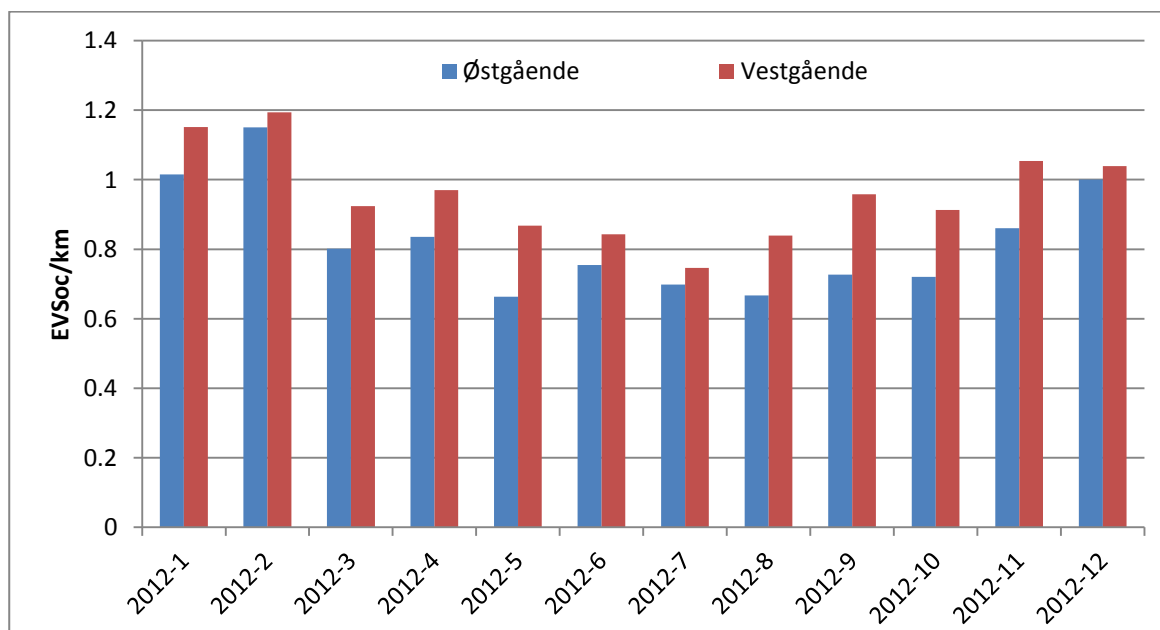
Figur 27 viser, at 7 biler har bidraget med ture heraf har 2 køretøjer leveret næsten 90 % af disse ture. Figur 28 viser forbruget henover året. Desværre er der flere måneder, hvor der ingen ture er. Månederne uden ture og at turene kommer hovedsagligt fra to køretøjer gør, at konklusioner baseret på denne strækning bør foretages med forbehold.

4.6.7. Ny Nibevej

Antal ture pr. køretøj og fordelingen af ture henover året er vist i hhv. Figur 29 og Figur 30.



Figur 29 Ny Nibevej antal køretøjer og ture.

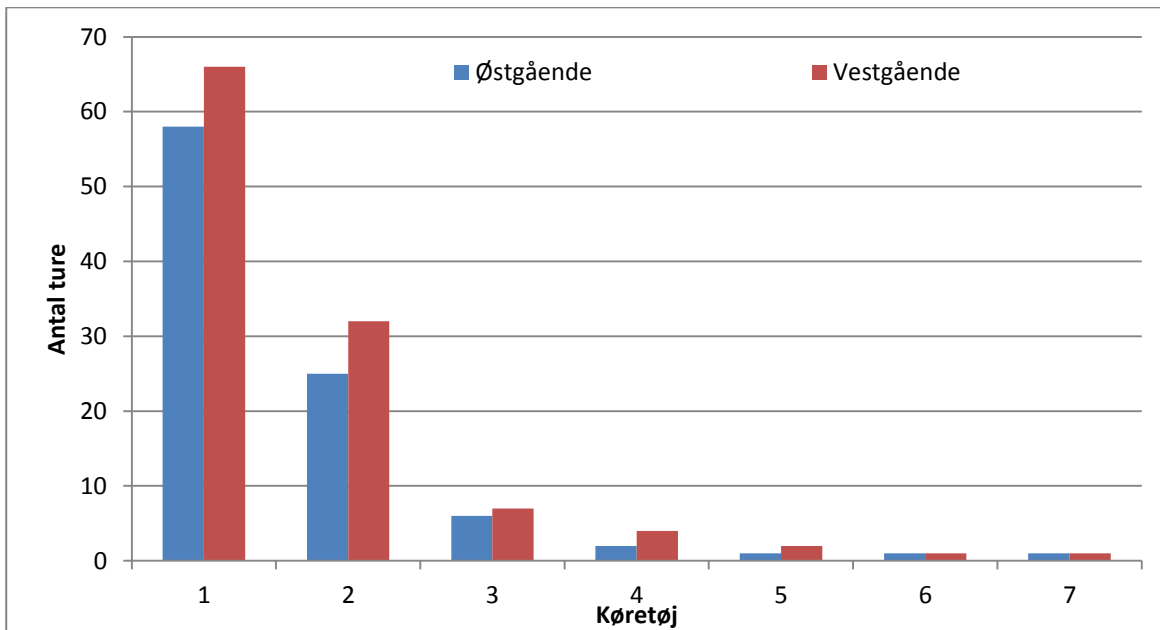


Figur 30 Ny Nibevej forbruget henover året.

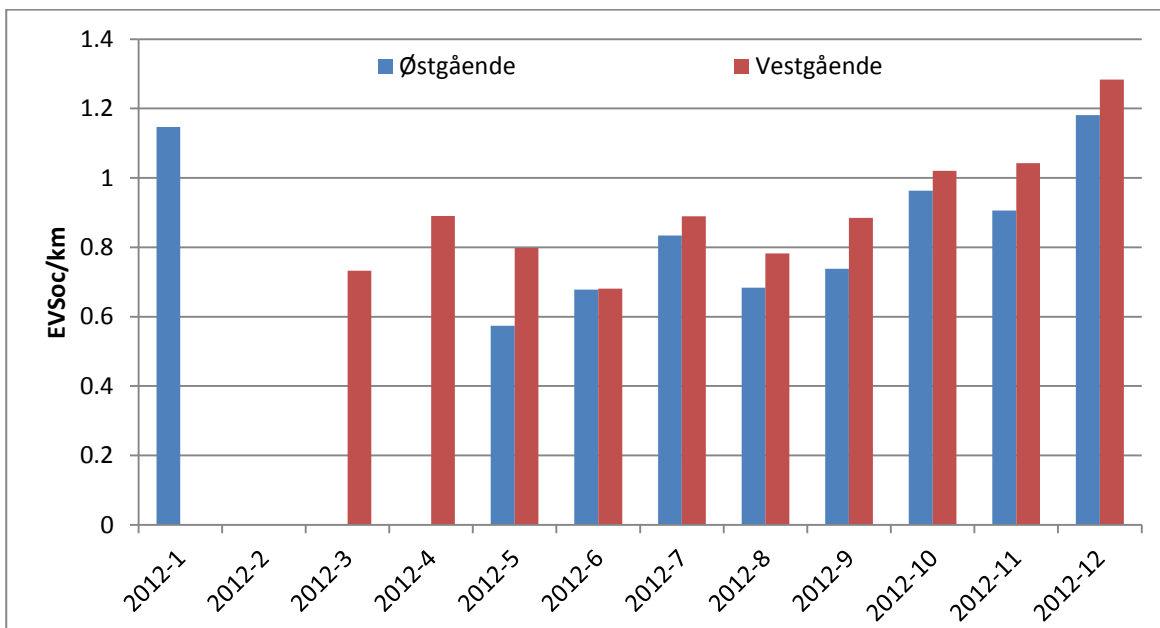
Figur 29 viser, at i alt 7 køretøjer har bidraget med data heraf 3-4 med mere end 10 ture. Figur 30 viser forbruget henover året. Denne strækning er den næst længste, der er detailanalyseret og at der er data tilgængeligt for hele året gør strækningen interessant. Desværre er der forholdsvis få køretøjer, der har bidraget med data, men Figur 30 viser tilsvarende Figur 26 at forbruget er lavest i perioden maj til oktober og at det højeste forbrug er i vintermånederne (januar, februar og december).

4.6.8. Karrebæk/Næstved

Antal ture pr. køretøj og fordelingen af ture henover året er vist i hhv. Figur 31 og Figur 32.



Figur 31 Karrebæk/Næstved antal køretøjer og ture.

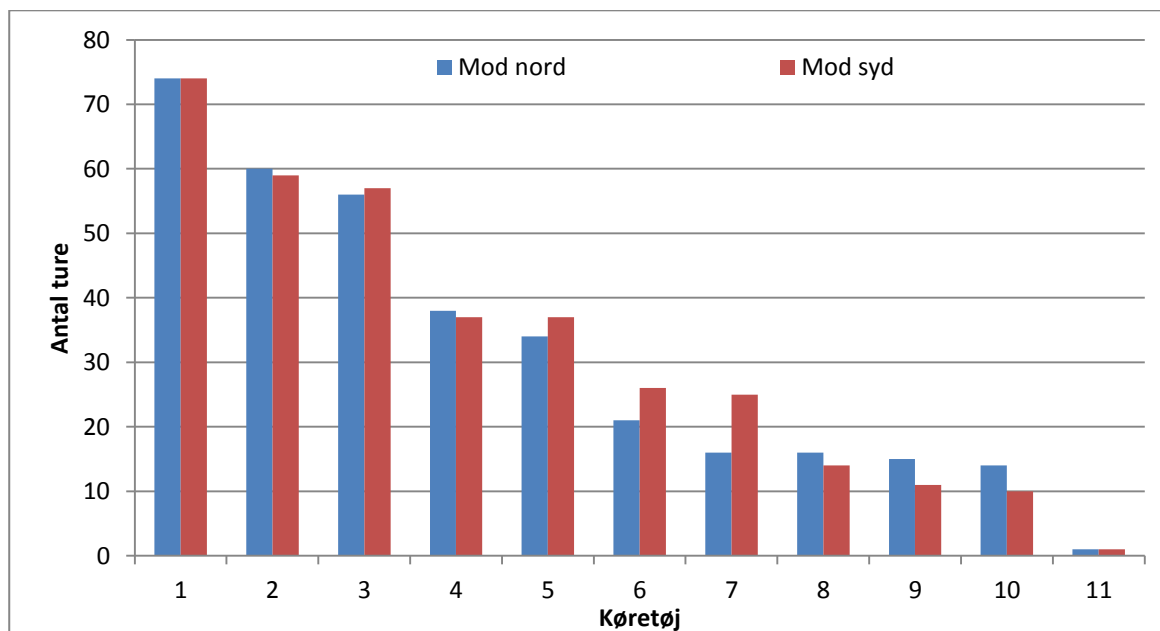


Figur 32 Karrebæk/Næstved forbruget henover året.

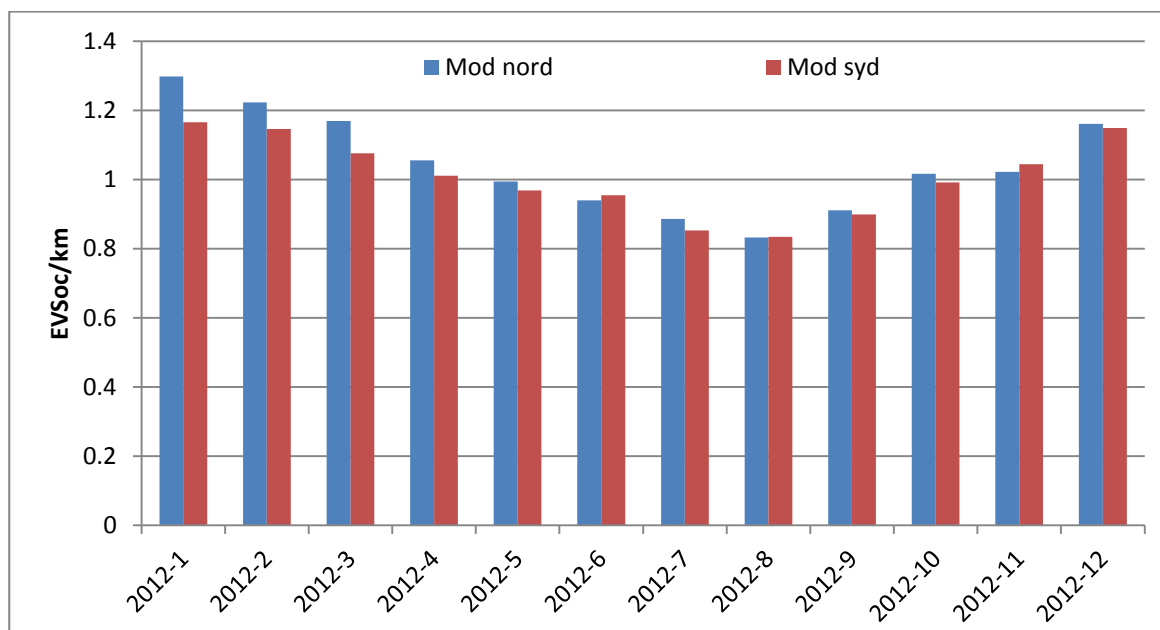
Figur 31 viser, at 7 køretøjer har bidraget med ture. Et køretøj har leveret mere end 50 % af turene. Forbruget henover året er vist i Figur 32. Der er ingen ture i vestgående retning i februar, marts og april. Tilsvarende er der ingen ture i østgående i januar og februar måned. At der i nogle vintermånederne ikke er ture i begge retninger gør, at konklusioner baseret på denne strækning bør tages med forbehold.

4.6.9. Odense/Otterup

Antal ture pr. køretøj og fordelingen af ture henover året er vist i hhv. Figur 33 og Figur 34.



Figur 33 Odense/Otterup antal køretøjer og ture.

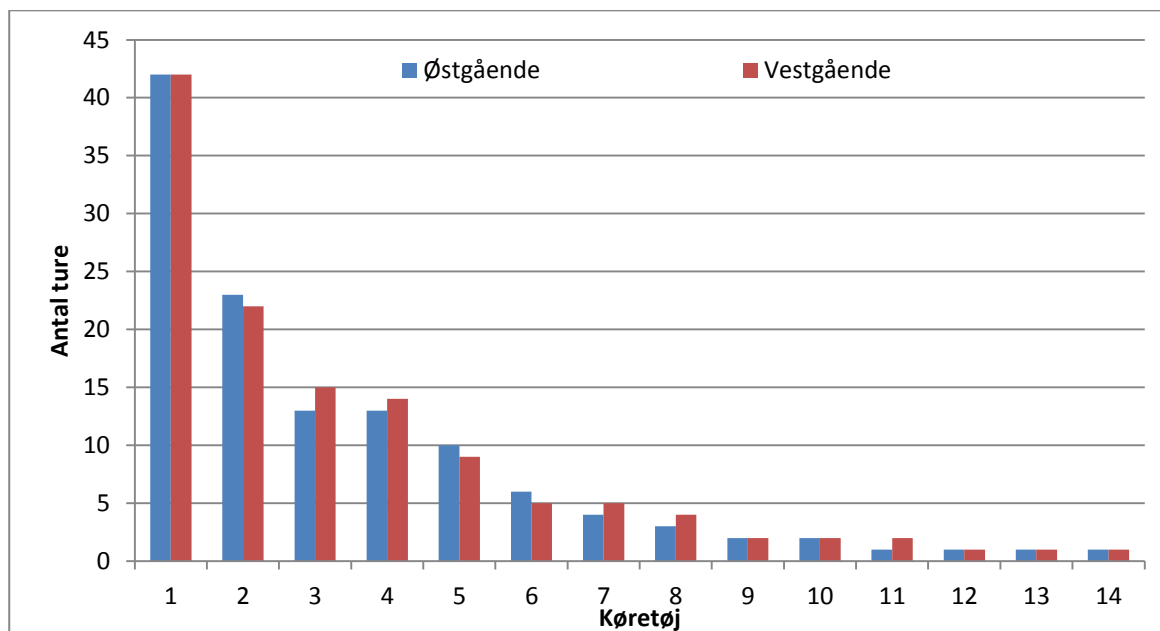


Figur 34 Odense/Otterup forbruget henover året.

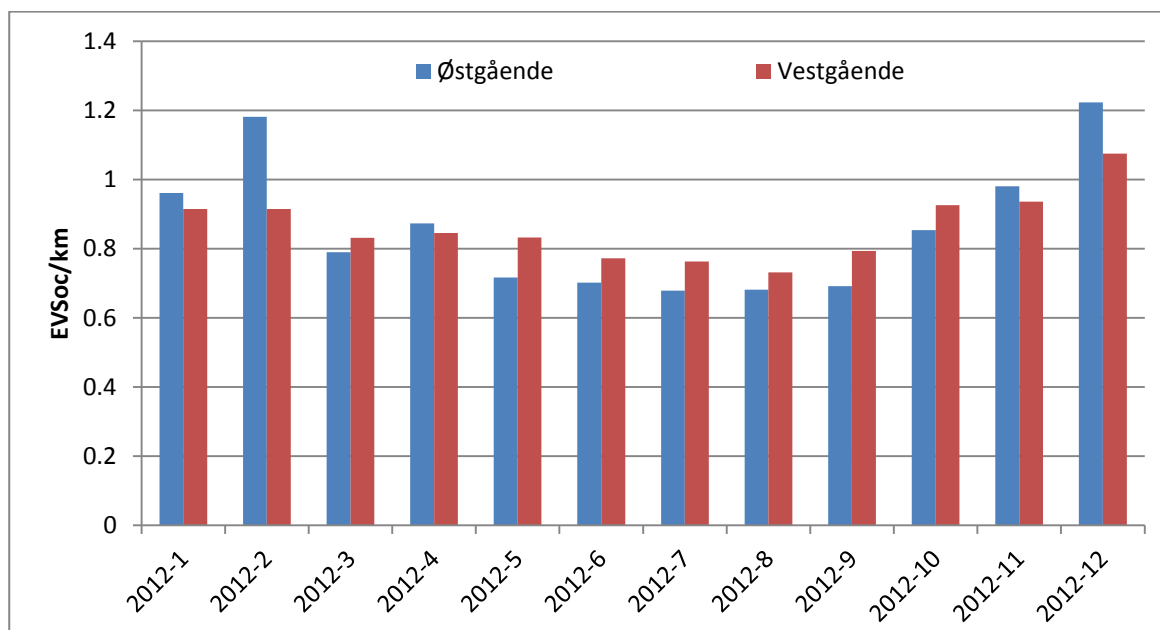
Figur 33 viser, at 11 køretøjer har bidraget med ture heraf har 10 køretøjer bidraget med mere end 10 ture. Figur 34 viser, at der er ture for alle måneder i 2012 i begge retninger. At der er mange køretøjer, der har bidraget med mange ture og disse ture er fordelt over hele året gør, at denne strækning er meget god til at vurdere på hvordan forbruget ændres henover året. Som for Figur 26 er forbruget lavest i perioden maj-september og højest i vintermånederne januar, februar og december.

4.6.10. Næstved/Køgevej

Antal ture pr. køretøj og fordelingen af ture henover året er vist i hhv. Figur 35 og Figur 36.



Figur 35 Næstved/Køgevej antal køretøjer og ture.

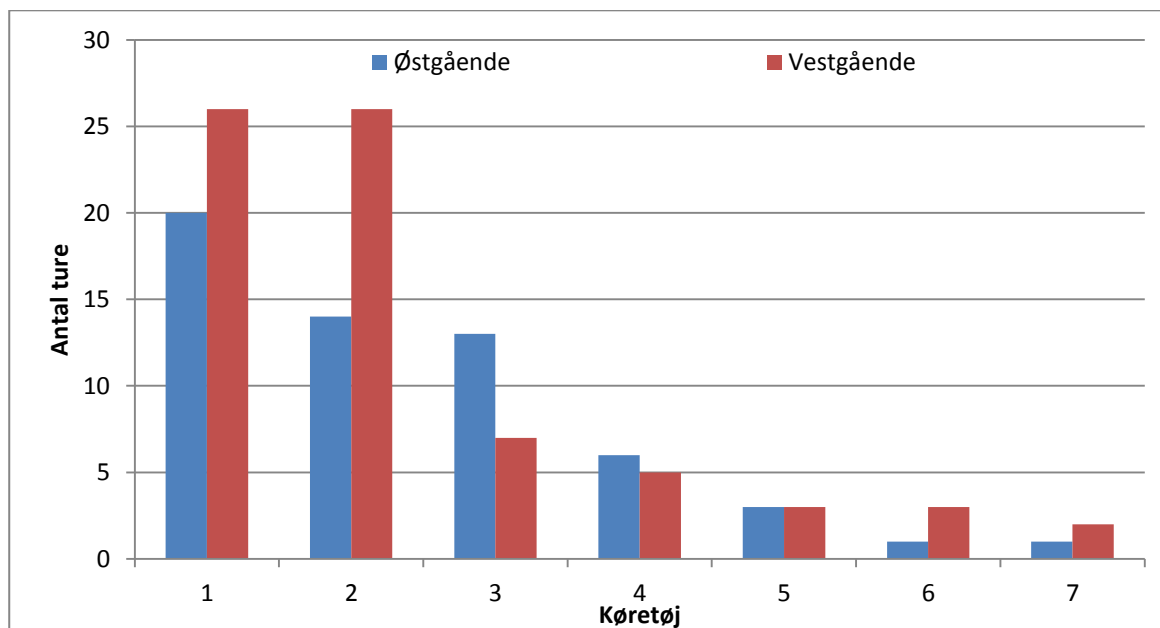


Figur 36 Næstved/Køgevej forbruget henover året.

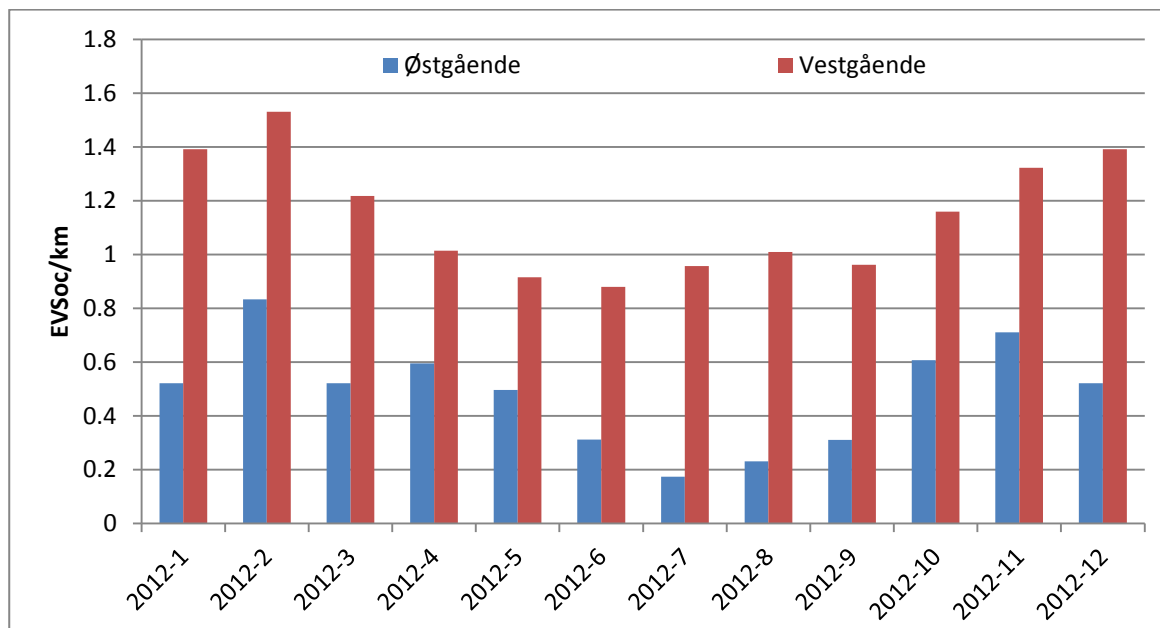
Figur 35 viser, at 14 køretøjer har bidraget med data heraf har 4-5 køretøjer kørt mere end 10 ture. Figur 36 viser, at turene er fordelt udover hele året. Der er forholdsvis mange ture på denne længste strækning udvalgt til detailanalyse. Den lange strækning, ture fra en del køretøjer og ture over hele året gør, at denne strækning er interessant at kigge nærmere på. Bemærk at forbruget igen er lavest i maj-september og at forbruget er højest i januar, februar, november og december.

4.6.11. Universitetsboulevarden, Aalborg

Antal ture pr. køretøj og fordelingen af ture henover året er vist i hhv. Figur 37 og Figur 38.



Figur 37 Universitetsboulevarden antal køretøjer og ture.



Figur 38 Universitetsboulevarden forbruget henover året.

Figur 37 viser, at 7 køretøjer har bidraget med ture. 2 køretøjer har bidraget med langt de fleste ture i vestlig retning, hvorimod antallet af ture er mere jævnt fordelt i østlig retning. Figur 38 viser, at der er ture for alle måneder. Figuren viser også at forbruget er meget højere i vestgående retning end i østgående retning. Dette formodes at skyldes at strækningen stiger betydeligt mod vest. Bemærk at forbruget er lavest i maj-september og forbruget er højest i vintermånederne.

5. Diskussion

Dette kapitel diskuterer de resultater, der er præsenteret i det forgående kapitel 4 og datagrundlaget, der er præsenteret i kapitel 2 og 3. Først diskuteres datagrundlaget. Herefter er der en diskussion af brugen af elbiler. Hvor datagrundlaget tillader det er elbiler sammenlignet med brændstofbiler. Sluttelig er der en diskussion af elbilers forbrug med et fokus på at vurdere elbilers rækkevidde.

5.1. Datagrundlaget

5.1.1. Datagrundlags format

Data til projektet er leveret i et meget uens CSV format, som ikke har passeret med de beskrivelser af metadata, der ligeledes er blevet leveret. Hovedproblemerne er følgende.

- Antallet af kolonner varierer både indenfor den samme fil og i mellem filer. Dette sker i ca. 90 % af filerne.
- De enkelte felter i en række indeholder overraskende værdier.

Problemet med det varierende antal kolonner har betydet, at det har været nødvendigt at bygge specialsoftware til at indlæse data fordi standard løsninger ikke har kunnet anvendes. Dette har været en meget tidskrævende opgave. Det er fagligt set trivielt at sikre, at et sæt af filer er i det samme format både indenfor den enkelte fil og i mellem filer. Det anbefales derfor, at der opstilles strengere krav til det filformat, der leveres fremadrettet. Dette kan eventuelt gøres ved at gå over til et XML format, hvor hver enkelt fil skal valideres op i mod et såkaldt skema i form af en DTD eller en XMLSchema fil. At skabe et XML filformat med tilhørende validering vurderes til at tage 2-4 arbejdsdage for en fagkyndig, hvis formatet ligger tæt op ad, hvad der anvendes i øjeblikket. Der kan anvendes gode kommercielle og open-source værktøjer til opgaven.

I store datamængder er al data aldrig perfekt fordi der kan opstå udfald under transmissionen af data eller selve udstyret kan producere meget uventede værdier. Det er derfor forventeligt, at der er såkaldt *beskidt data* i et datasæt af den størrelse analyserne i denne rapport bygger på. Der er i datagrundlaget et antal ting, der er uventet, det drejer sig f.eks. om følgende.

- Dato formatet er forskelligt.
- Tidsstempler er ugyldige.
- Binære data i tekstfiler.
- Der er manglende værdier (tomme strenge).

Datagrundlaget for projektet har fejl på de enkelte felter på et fornuftigt niveau svarende til niveauet for andre tilsvarende datakilder. Det vil være teknisk simpelt at sikre sig mod meget uventede værdier i de enkelte felter ved enten at anvende en DTD eller XMLSchema validering. Alternativt kan der anvendes såkaldte *integritetsbegrænsninger* på et relationelt database skema. At sikre sig mod de mest gængse fejl i felterne vurderes til at tage 3-4 arbejdsdage for en fagkyndig. Der er gode kommercielle og open-source værktøjer til opgaven.

Det skal bemærkes, at et ens formateret datagrundlag ikke er en teoretisk og akademisk opgave, men fundamentet for at kunne anvende data til detailanalyser f.eks. i data warehousing eller i business

intelligence løsninger. Herudover er et ensartet dataformat fundamentalt for f.eks. at kunne læse dele af data ind i programmer som regnearket Microsoft Excel.

Den store forskel i datagrundlagets format gør, at 5,0 % af data må sorteres fra i det leverede datasæt. Dette tal ligger for andre sammenlignelige datakilder under 0,1 %.

5.1.2. Ikke anvendelige datafelter

Der har i datagrundlaget været et antal felter, hvor dataleverandøren har skrevet i dokumentationen af disse felter ikke kan anvendes til analyser. Det drejer sig f.eks. om felterne (se også Tabel 3).

- *EVPower*
- *Temperature*

Det klart største problem er, at *EVPower* ikke kan anvendes til at analysere elforbruget for en tur. Det er i anden dokumentation fra dataleverandøren beskrevet, at *EVSoC* kan anvendes i stedet. Problemet er, at *EVPower* giver elforbruget med en meget fin granularitet, mens *EVSoC* er en meget mere grovkornet måleenhed for elforbruget. Da *EVPower* ikke kan anvendes er det nødvendigt at bruge *EVSoC* i denne rapport.

Brugen af *EVSoC* i stedet for *EVPower* betyder konkret, at elforbruget kun med fornuft kan beregnes på strækninger af en vis længde, hvor der har kørt et vist antal ture med forskellige køretøjer (forskellige bilister). Yderligere tillader *EVSoC* ikke muligheder for at analysere eller estimere forbruget på ruter generelt.

At anvende *EVSoC* i stedet for *EVPower* er derfor kraftigt begrænsende for, hvad der kan udledes af information om forbruget fra elbiler ved konkret kørsel i Danmark. Som et eksempel kan den faktiske rækkevidde af en elbil ikke bestemmes generelt. Det anbefales, at det fremadrettet bliver muligt at anvende *EVPower* som læst fra CAN bussen. Dette vil give en række helt nye analysemuligheder f.eks. konkrete beregninger af elbiler forbrug på en rute herunder udsving i forbruget som følge af bilisters forskellige kørselsmønstre.

5.1.3. Vurderingen af rensede data

Når datagrundlaget først er læst ind kan der efterfølgende foretages en rensning for velkendte fejl mht. GPS. Her er der generelt få fejl i data mht. duplikater, manglende hastighed og forkert tidspunkt (se Tabel 18). Det konkluderes, at GPS'en er velplaceret og producerer fornuftige værdier.

Ved rensningen for fejl mht. CAN bus data er der problemer med *EVSoC*, *EVPower* samt *Odo* felterne. I alt er der ikke værdier fra CAN bussen for disse felter i cirka 12,5 % af målingerne (se Tabel 19). Vi er kun i besiddelse af et sammenligneligt datasæt med CAN bus data fra køretøjer med forbrændingsmotor. Her er fejlprocenten betydeligt lavere. Det konkluderes, at der er gode muligheder for at forbedre CAN bus data opsamlingen.

Når datagrundlaget er rensede for formatfejl samt GPS og CAN bus mangler så er den resterende data af generel god kvalitet. Denne kvalitet er vurderet ud fra om data kan hhv. punkt og tur map-matches. Det kan ses af Tabel 20, at datagrundlaget brugt i denne rapport ligger nummer 2 af 5 i general brugbarhed og

nummer 3 af 5 mht. om data kan map-matches. Det konkluderes, at det rensede datasæt kvalitetsmæssigt er godt.

Det rensede datagrundlag har GPS/CAN bus data fra det mest af landet som vist i Figur 6 og generelt er de større byer godt dækket af data som det kan ses af kortudsnittene i Tabel 23. Tabel 21 viser, at det overordnede vejnetværk er godt dækket af data med hhv. 95 %, 73 % og 76 % af vejsegmenterne dækket på motorveje, primære og sekundære veje.

Data kommer fra tre meget ens elbiler (se Tabel 12). Det er valgt at slå data fra alle elbiler sammen, da datagrundlaget ikke er stort nok til f.eks. at kunne lave en sammenligning af forbruget for en Citroen C-Zero med en Peugeot Ion.

5.2.Brugen af elbiler

Figur 7 og Figur 8 viser længden af ture, der køres med elbil versus med brændstofbil. Generelt er fordelingen af længden på turene meget ens, dog med generelt lidt kortere ture for elbiler. Dette er som forventet, da elbiler har en mindre rækkevidde end brændstofbiler og dermed må forventes at anvendes mere til kortere ture i byerne. Det skal her bemærkes, at brændstofbilerne hovedsageligt har kørt i Nord- og Midtjylland sammenlignet med, at elbilerne har kørt i hele landet. Der har ikke været et tilstrækkeligt stort datagrundlag af el- og brændstofbil data til at kunne lave en sammenligning f.eks. pr. region i Danmark.

Figur 9 og Figur 10 viser, hvor meget af batterikapaciteten, der benyttes pr. tur. 99,1 % af turene anvender under 50 % af batterikapaciteten. Der køres generelt meget få længere ture med elbil. Dette er som forventet.

Figur 13 viser hastighederne el- og brændstofbiler kører med på motorveje. Generelt kører elbiler 10-15 km/t langsommere end brændstofbiler på motorveje. Dette gør sig gældende henover hele året. Denne betydelige forskel antages at skyldes, at elbilers tophastighed generelt er lavere end brændstofbilers. Det skal bemærkes, at sammenligningen i Figur 13 udelukkende sker på vejsegmenter, hvor der både har kørt el- og brændstofbiler. Der er altså tale om en direkte sammenligning på de samme vejsegmenter. Figur 14 viser hastigheden el- og brændstofbiler kører med i byerne. Figuren viser, at der i praksis i byerne ikke er nogen forskel på el- og brændstofbiler. Det har ikke været muligt at sammenligne de samme chaufførers kørsel i hhv. elbil versus brændstofbil, da dette datagrundlag ikke er tilgængeligt.

Figur 15 viser, hvor mange kilometer, der tilsammen køres på et døgn i elbil. Det ses, at meget få bilister kører mere end 80 km om dagen. Det er kun i cirka 4 % af dagene, at der er kørt mere end 100 km på en dag i elbil. Figur 16 viser, hvor mange ture, der køres pr. dag. De fleste kører fire eller færre ture om dagen. Mange kører to ture om dagen, hvilket kan være til og fra arbejde.

5.3.Elbilers forbrug

Figur 17 til Figur 38 viser elbilers forbrug for 11 strækninger. Strækningerne er udvalgte fordi der er forholdsvis mange ture fra flere forskellige elbiler på disse strækninger.

5.3.1. Motorvejskørsel

Der er fire strækninger på motorveje. Dette er Køgebugt Motorvejen, Limfjordstunnelen, Storebæltsbroen og Vest Motorvejen ved Slagelse. For Storebæltsbroen og Vest Motorvejen er der ikke ture nok til, at disse

strækninger alene kan anvendes i yderligere diskussioner. Forbruget henover året på Køgebugt Motorvejen er vist i Figur 18. Figuren viser, at når der køres mod nord anvendes ca. 0,8 *EVSoc/km*. Der er på Køgebugt Motorvejen betydelige trængselsproblemer og der har ikke været ture nok på denne strækning til at kunne lave en opdeling i myldretid versus ikke-myldretid. Generelt er forbruget på Køgebugt Motorvejen lidt højere når der køres mod syd. Desværre er der ikke ture for alle måneder, derfor kan Figur 18 ikke alene bruges til at sige noget om hvordan forbruget ændrer sig hen over året. Det skal dog bemærkes, at forbruget er lavest i maj og juni.

Forbruget henover året for Limfjordstunnellen er vist i Figur 20. Antallet af ture er generelt højt og fordelt over hele året. For turene i nordgående retning er forbruget lavest i maj-august måned og højest i januar, februar, april og december. Forbruget i sydlig retning er betydeligt højere, hvilket skyldes bakker. Igen er forbruget lavest i de varmere forår- og sommermåneder og højest i efterår- og vintermånederne.

Det er ikke muligt at sammenligne *EVSoc/km* for Køgebugt Motorvejen og Limfjordstunnelen fordi Køgebugt Motorvejen har mere trængsel og Limfjordstunnelen har større højdeforskel. Drages Vest Motorvejen ind i billedet (Figur 24) er en god tommelfingerregel, at der bruges 0,8 *EVSoc/km* på motorveje. Det vil sige, at elbilerne rækkevidde ved *ren* motorvejskørsel vurderes til at være cirka 125 km. Der er dog en betydelig variation i rækkevidden henover året.

5.3.2. Mindre veje

Forbruget ved kørsel på mindre veje er bedst belyst med i alt 7 strækninger. På strækningen Odense/Otterup som er vist i Figur 34 er der hhv. 344/355 ture i nordlig/sydlig retning. Som det kan ses af Figur 34 er der ture i alle måneder. Forbruget er generelt meget ens i begge retninger. Figur 34 viser klart, at det laveste forbrug er i de varme måneder maj-september og det højeste forbrug er januar, februar, marts og december. Hvis det største og det mindste forbrug udvælges så er det 0,83 *EVSoc/km* i august og 1,30 *EVSoc/km* i januar. Det vil sige, at rækkevidden for en elbil baseret på data fra denne strækning svinger fra 120 km (august) til 77 km (januar). Der er altså meget stor forskel i elbilers forbruget i de varme måneder versus i de kolde måneder.

Esbjerg/Varde er en anden strækning med mange ture fordelt over hele året som vist i Figur 26. Her er der hhv. 461/469 ture i nordlig/sydlig retning. Forbruget er meget ens i begge retninger. Bemærk at der er et lidt højere forbrug i nordlig retning i månederne januar, februar og december, mens at forbruget i sydlig retning er lidt højere i perioden april-november. Hvis det største og det mindste forbrug udvælges er det 0,77 *EVSoc/km* i maj og 1,12 *EVSoc/km* i februar. Det vil sige, at elbilers rækkevidde baseret på denne strækning varierer mellem 130 km (maj) og 89 km (februar). Der er som for Odense/Otterup strækningen store forskelle i elbilers rækkevidde henover året.

Højdeforskelle er nævnt for strækningerne Limfjordstunnelen og Universitetsboulevarden, hvor forbruget er vist i hhv. Figur 20 og Figur 38. For den sidste strækning er der en meget stor forskel i forbruget i østlige versus i vestlig retning. Dette skyldes, at der er ca. 41 meters højdeforskel mellem det vestlige og det østlige punkt (Google Inc.). Denne forskel betyder, at der er et 2-5 gange højere forbrug ved at køre mod vest (op ad bakke) sammenlignet med mod øst (ned af bakke). Som et ekstrem er forbruget 0,17 *EVSoc/km* mod øst i februar og 0,96 *EVSoc/km* mod vest i juli måned. Dette skal udelukkende ses som et eksempel på, at der lokalt kan være store udsving i elbilers forbrug.

De to strækninger Odense/Otterup og Esbjerg/Varde viser, at der er forskelle i elbilers rækkevidde henover året. Det viser Figur 28 også for Høvejen, Figur 30 for Ny Nibevej, Figur 32 for Karrebæk/Næstved, Figur 36 for Næstved/Køgevej og Figur 38 Universitetsboulevarden. Baseret på dette kan det konkluderes, at elbilers rækkevidde på mindre veje varierer fra under 80 km op til ca. 130 km for kørsel i Danmark med de elbilmærker, der er til rådighed for dette projekt.

6. Konklusion

Denne rapport har undersøgt GPS og CAN bus datagrundlaget opsamlet ved kørsel med elbiler og vurderet på elbilers forbrug generelt.

For datagrundlaget kan det konstateres, at der er behov for væsentlige, men simple opstramninger for fremadrettet at gøre det nemmere at anvende GPS/CAN bus data fra elbiler i andre analyser. Det leverede datagrundlag har været meget tidskrævende at rense for typiske fejl fordi det har været i stærkt varierende formater i 90 % af filerne. Her er det leverede datagrundlag kvalitetsmæssigt langt under sammenlignelige datagrundlag. Den rensede data er generelt af god kvalitet og på niveau med sammenlignelige datasæt, en række tekniske undersøgelser påviser dette.

Datagrundlaget er udelukkende fra 2012, er opsamlet fra 164 forskellige køretøjer og består af i alt knap 134 millioner målinger. Datagrundlaget dækker det mest af Danmark med en koncentration af data på de større veje og nær de større byer. Således er der data på 95 % af motorvejsnet, 73 % af det primære vejnet og 76 % af det sekundære vejnet. Det kan konkluderes, at der er kørt på langt de fleste større veje i Danmark. Datagrundlaget er fra tre forskellige biltyper Citroen C-Zero, Mitsubishi iMiev og Peugeot Ion. Disse biler er i praksis ens og data fra alle tre biltyper er derfor slået sammen i alle analyserne fordi datagrundlaget ikke er stort nok til, at der kan analyseres på de enkelte biltyper.

Brugen af elbiler er sammenlignet med brændstofbiler og konklusionen er, at elbiler generelt kører 10-15 km/t langsommere på motorveje end brændstofbiler. I byerne kan der ikke ses forskel på den hastighed el- og brændstofbiler kører med. Denne sammenligning er udelukkende foretaget på veje hvor, der både har kørt el- og brændstofbiler og vurderes derfor som en retfærdig sammenligning.

Længden af ture kørt med elbil er sammenlignet med brændstofbiler. Ture i elbiler er generelt lidt kortere end ture med brændstofbiler. 90 % af turene med elbil er under 23 km og 98,1 % er under 40 km. Det er derfor sjældent, at den maksimale batterikapacitet for elbiler udnyttes. Således anvender 99,1 % af turene i elbil under halvdelen af batterikapaciteten. Cirka 25 % af bilisterne kører 1-2 ture om dagen i elbil. Cirka 75 % af bilisterne kører under 5 ture om dage i elbil.

Fundamentet for at vurdere elbilers forbrug (*EVPower*) kan iht. dataleverandøren ikke anvendes til analyser. I stedet har dataleverandøren oplyst, at batteriniveauet (*EVSoc*) kan anvendes. Batteriniveauet er en meget grovere måleenhed. Det har derfor været nødvendigt at begrænse analysen af elbiler forbrug til 11 udvalgte strækninger af ca. 3 til 12 km længde. Strækningerne er udlagt fordi der har kørt mange ture med forskellige elbiler på disse strækninger. Brugen af den grove måleenhed batteriniveauet (*EVSoc*) forhindrer en langt række interessante analyser, der er mulige, hvis elbilers forbrug (*EVPower*) er tilgængeligt.

Detailanalysen af de 11 udvalgte strækninger viser klart, at elbilers forbrug varierer kraftigt henover året, hvor der er et betydeligt højere forbrug i de kolde vintermåneder sammenlignet med i de varmere sommermåneder. Detailanalyserne er anvendt til at vurdere elbilers rækkevidde. Den vurderes til at være 125 km ved *ren* motorvejskørsel og mellem 77 km og 130 km ved kørsel på mindre veje. Der kan lokale være store udsving f.eks. pga. bakker.

Litteraturliste

Andesen, O., & Torp, K. (2012). *An Open-source ITS platform*. Aalborg University.

Clever. (u.d.). *Sådan læses filerne*.

Environmental Systems Research Institute, Inc. (1998). *ESRI Shapefile Technical Description*. Hentet fra <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>

F. Marchal, J. H. (2006). Efficient Map Matching of Large Global Positioning System Data Sets: Tests on Speed-Monitoring Experiment in Zürich.

Geofabrik GmbH. (13. September 2013). *GEOFABRIK downloads*. Hentede 26. September 2013 fra [Download OpenStreetMap data for this region: Denmark: http://download.geofabrik.de/europe/denmark.html](http://download.geofabrik.de/europe/denmark.html)

Google Inc. (u.d.). *Google Maps*. Hentet fra maps.google.com

NAVTEQ. (09 2012). *NAVTEQ*. Hentet fra <http://www.navteq.com/>

OGC. (14. 4 2008). *OGC KML Version 2.2.0*. Hentede 28. 2 2012 fra <http://www.opengeospatial.org/standards/kml>

Open-Street Map. (12 2013). *Open-Street Map*. Hentet fra <http://www.openstreetmap.org/>

Pereira, F., Costa, H., & Pereira, N. (2009). An off-line map-matching algorithm for incomplete map databases. *European Transport Research Review*(3), s. 107-124.

Shafranovich, Y. (Oktober 2005). Hentede 26. September 2013 fra RFC 4180: Common Format and MIME Type for Comma-Separated Values (CSV) Files: <http://tools.ietf.org/html/rfc4180>

Wikipedia. (u.d.). *Null character*. Hentede 1. november 2013 fra Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Null_character