

Denne artikel er publiceret i det elektroniske tidsskrift

Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet

(Proceedings from the Annual Transport Conference
at Aalborg University)

ISSN 1603-9696

www.trafikdage.dk/artikelarkiv

Analyse af elbilers forbrug

Ove Andersen Benjamin B. Krogh Kristian Torp

Institut for Datalogi, Aalborg Universitet

{xcalibur, bkrogh, torp}@cs.aau.dk

Abstrakt

Det er et mål for EU at opnå en kraftig reduktion i udledningen af CO₂ fra transportsektoren. Elbiler kan være en af måderne at opnå dele af denne reduktion fordi det er muligt at oplade elbiler med strøm fra vedvarende energikilder så som vindmøller. En væsentlig udfordring med at erstatte brændstofbiler med elbiler er, at elbilerne har en betydelig kortere rækkevidde. Denne artikel anvender GPS data fra 164 elbiler og 447 brændstofbiler til at undersøge om der er forskelle på, hvordan elbiler og brændstofbiler anvendes og hvilke hastigheder de kører med. Herudover anvendes forbrugsdata (CAN bus data) fra elbiler til at vurdere på den faktiske rækkevidde for disse biler. Hovedkonklusionerne er, at ture i elbiler generelt er lidt kortere, at elbiler kører lidt stærkere i byerne, men betydeligt langsommere på motorvejene. For rækkevidden af elbiler konkluderes det, at dette er meget afhængigt af årstiden (temperaturen) og spænder fra 77 km (vinteren) til 130 km (sommeren) for den type af elbiler undersøgt i denne artikel.

Introduktion

EU har sat sig det mål at der skal være en reduktion på 80 % i CO₂ udledning og andre drivhusgasser i år 2050 (European Commission). Transportsektoren står for cirka 30 % af CO₂ udledning og EU har derfor planer om at transportbranchen skal bidrage betydeligt til at nå målet om 80 % reduktion i CO₂ udledningen (EU, 2014).

For persontransport er en af mulighederne for at reducere CO₂ udledningen at gå fra brændstofbiler (med drivmiddel som benzin/diesel) til elbiler. Dette kan give en betydelig reduktion i CO₂ udledningen specielt, hvis opladning af elbiler kan gøres intelligent så den f.eks. foregår når der er meget strøm tilgængeligt fra vindmøller. En af de store udfordringer ved at gå over til elbiler er, at rækkevidden for elbiler typisk er 150-200 km (Renault) (Mitsubishi Motors Corporation), mens rækkevidden på en brændstofbil typisk er 5-600 km (Driving Today).

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

Artiklen er opbygget som følger. Først beskrives datagrundlaget herunder, hvor meget der er modtaget af data fra de forskellige køretøjstyper. Herefter kommer et metodekapitel, der beskriver, hvordan GPS data er rensset for typiske fejl og map-matchet til et digitalt vejkort. Rensningen af CAN bus data er diskuteret i flere detaljer fordi rensningen af CAN bus data ikke er så velkendt som rensning af GPS data. Herefter listes resultaterne af analyserne, der er lavet på baggrund af det rensede datagrundlag efterfulgt af en diskussion og en konklusion.

Datagrundlag

Dette afsnit beskriver den basisdata, som er brugt i analyserne af elbilers forbrug.

GPS og CAN bus data

Der er modtaget et datasæt med GPS og CAN bus data fra år 2012. Data er opsamlet i projektet "Test en elbil" (CLEVER), hvor familier er blevet udlånt en elbil i 3-6 måneder og har brugt elbilen som det primære køretøj i husstanden. Datasættet indeholder data fra tre forskellige bilmodeller, Citroën C-Zero, Mitsubishi iMiEV og Peugeot iOn. I hvert køretøj er der installeret en data logger, der både opsamler GPS data, f.eks. bredde- og længdegrader, samt CAN bus data f.eks. mange procent batteriet er opladet.

Mærke	Antal rækker	Antal køretøjer
Citroën C-Zero	25.578.148	33
Mitsubishi iMiEV	46.700.381	56
Peugeot iOn	61.455.022	75
Total	133.733.551	164

Tabel 1 Datamængder grupperet på bilmærke/model.

Mængden af data er beskrevet i Tabel 1, hvor det kan ses, at der er 33 Citroën C-Zero, 56 Mitsubishi iMiEV og 75 Peugeot iOn. Disse tre bilmærker/modeller er i praksis identiske og derfor er alle data fra alle bilmærker/modeller slået sammen i de resultater, der præsenteres i denne artikel.

Digitalt kort

Som digitalt kort er OpenStreetMap (Open-Street Map, 2013) (Geofabrik GmbH, 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.

Metode

Dette afsnit beskriver, hvorledes datagrundlaget er rensset for velkendte fejl og map-matchet til et digitalt kort (OpenStreetMap) for at kunne lave de geografiske analyser, der præsenteres senere. Overordnet har de modtagne data gennemgået 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.

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.

	Rækker indlæst	Unikke rækker	Duplikater	% unikke rækker
Citroën 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 2 Antallet af unikke målinger.

Tabel 2 viser, at der eksisterer relativt få duplikater i datafilerne. Duplikater kan eksistere, hvis data loggerne gemmer to eller flere målinger for samme tidspunkt. Specielt Citroën C-Zero har meget få duplikater.

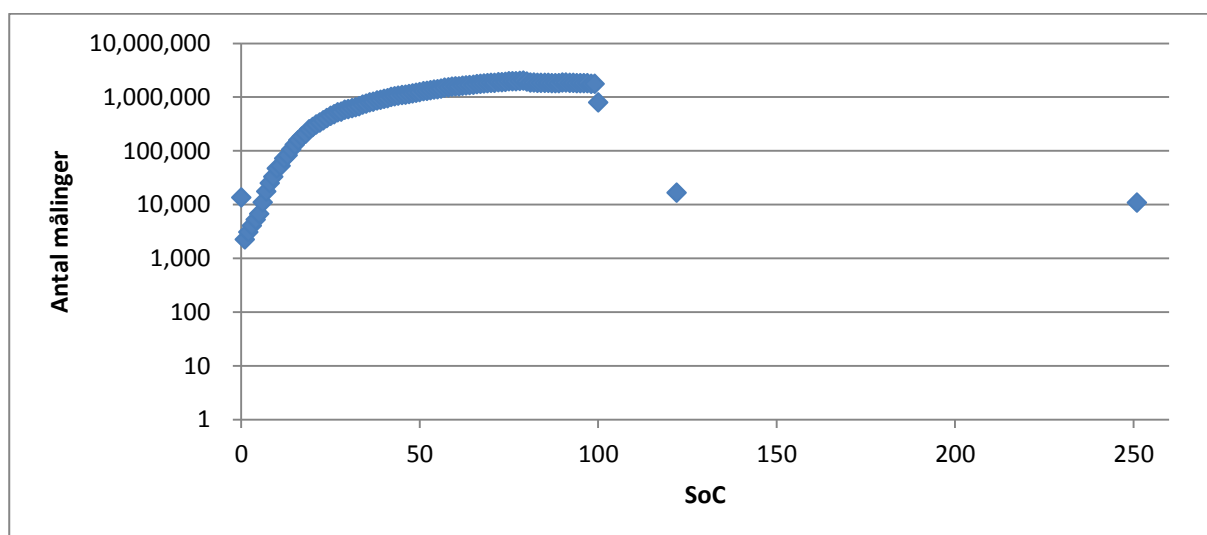
	Unikke rækker	Har hastighed	Har ikke hastighed	% har hastighed
Citroën C-Zero	24.528.573	24.526.391	2.182	100,0 %
Mitsubishi iMiEV	44.437.521	44.436.398	1.123	100,0 %
Peugeot iOn	57.562.276	57.560.064	2.212	100,0 %
Total	126.528.370	126.522.853	5.517	100,0 %

Tabel 3 Antallet af målinger der har rapporteret hastighed.

Som det kan ses i Tabel 3 er udstyret meget pålideligt, hvad angår rapporteringen af hastigheder. Meget få målinger, (mindre end 0.009%) har ikke rapporteret en hastighed. Hvorvidt hastigheden er troværdig eller ej, vurderes også under map-matching, da en GPS måling skal sammenholdes med et kort for at vurdere om en hastighed er realistisk på den specifikke strækning.

Rensning af CAN bus data

For at rense CAN bus data undersøger dette kapitel værdierne af bestemte CAN bus kolonner. Formålet med undersøgelserne er at finde urealistiske målinger (ekstremer) og sortere disse målinger fra. Som et eksempel viser Figur 1 State of Charge (SoC), der beskriver, hvor mange procent batteriet er opladet. 0 SoC betyder helt afladet og 100 SoC er helt opladet.



Figur 1 Opladningsprocent af batteri kaldet State of Charge (SoC)

Figur 1 viser fordelingen af værdier i SoC kolonnen, bemærk at y-aksen er logaritmisk. Kurven i figuren 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 har svært ved at vurdere lave opladningsprocenter. Der er 16.565 målinger med 122 % samt 10.805 målinger med 251 %. Disse målinger må antages at være fejlmålinger og er derfor sorteret fra. Der er lavet en række lignende rensninger af data for andre CAN bus data værdierne (Andersen, Krogh, & Torp, 2014).

SoC kan omregnes til det faktiske energiforbrug da 1 SoC svarer til 0,154 kWh. Dvs. at en elbil der starter en tur med 77 SoC og ender med 69 SoC har brugt $(77 - 69) \times 0,154 = 1,232$ kWh på turen.

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-matching 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 datasættene fra både elbil og brændstofbiler godt, fordi disse 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 %

Tabel 4 Map-matching af GPS data

Som det kan ses i Tabel 4 at 94,1 % af data kan bruges til at map-matche som højfrekvent data. Dette er ganske højt, sammenlignet med andre sammenlignelige datakilder (Andersen, Krogh, & Torp, 2014). Ud af de data, der er accepteret som mulige kandidater til M-GEMMA map-matching, bliver 76 % faktisk map-matched til et vejsegment og brugt. Dette er i overensstemmelse med andre sammenlignelige datakilder (Andersen, Krogh, & Torp, 2014).

Sammenligning med brændstofbiler

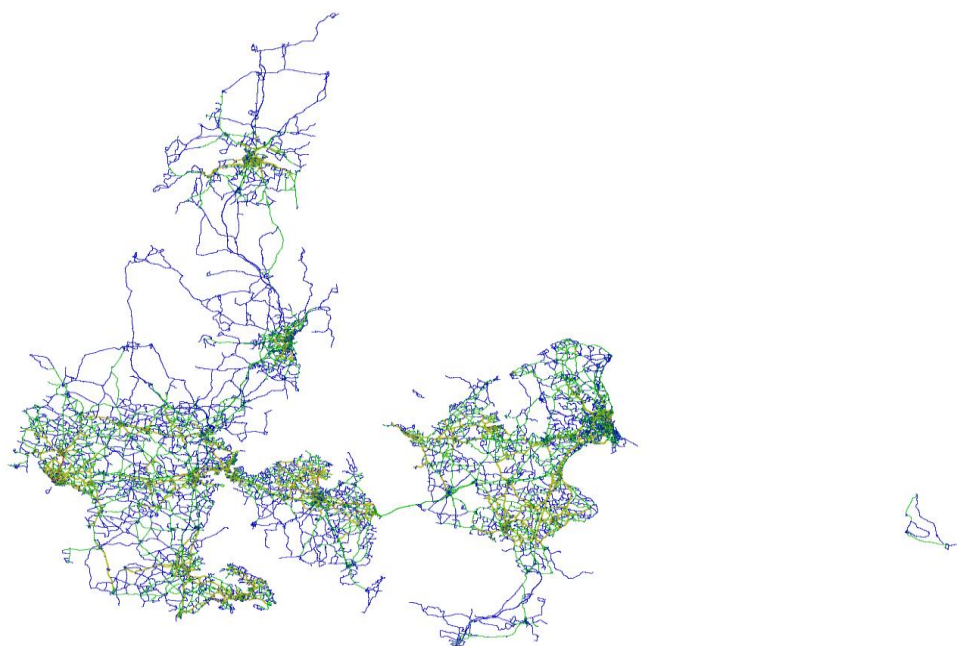
For at kunne sammenligne elbiler med brændstofbiler anvendes data fra 447 brændstofbiler, der er opsamlet i projektet "ITS Platform" (ITS Platform Project, 2012). I dette projekt er GPS data logget med 1 Hz som for elbilerne. Der er ikke opsamlet CAN bus data i ITS Platforms projektet. Data fra brændstofbilerne er rensat efter samme mønster som beskrevet for GPS data for elbilerne og map-matchet med den samme map-matching algoritme.

Resultater

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

Dækningsgrad af GPS/CAN bus data

Dækning af GPS/CAN bus data for hele Danmark er vist i Figur 2. 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 2 har blå segmenter 1-9 målinger, grønne segmenter 10-99 målinger, gule segmenter 100-999 målinger og orange 1.000-9.999 målinger.



Figur 2 Dækning med GPS/CAN bus data i Danmark.

Tabel 5 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 5 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 5 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

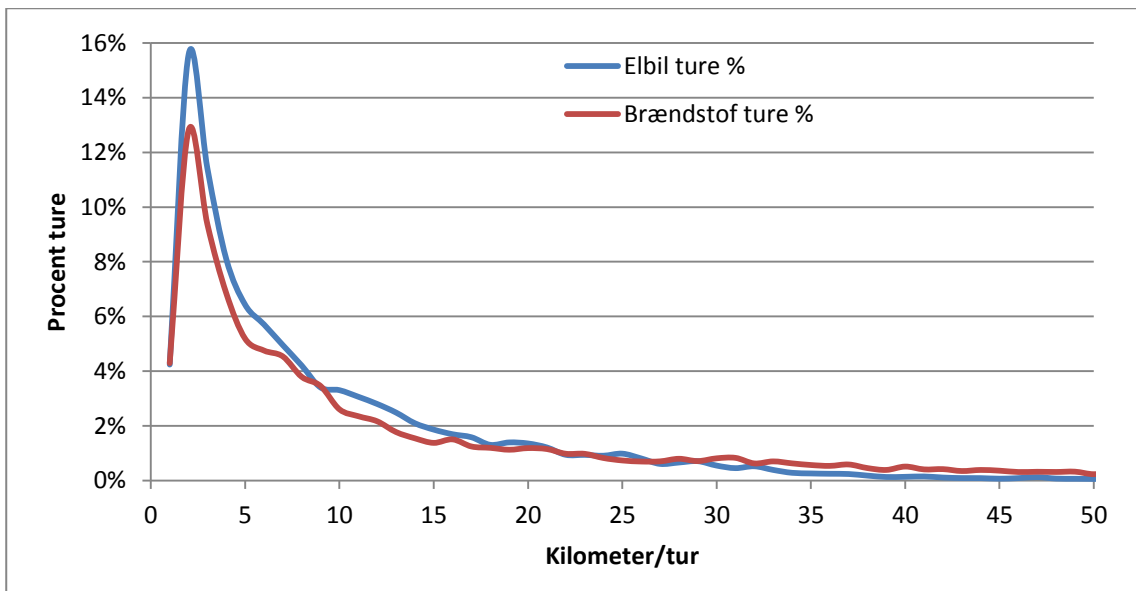
Tabel 6 viser øverst, at der er 86.688 segmenter, hvor der er mellem 1-9 målinger og næstnederst, at der er 303 segmenter, med mellem 1.000-9.999 målinger. Der er ingen segmenter med mere end 10.000 målinger. Disse oplysninger er anvendt til at farvelægge kortene. Som det kan ses af Tabel 6 er der kun 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 6 Antal målinger og antal segmenter med dette antal målinger.

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 3. 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.



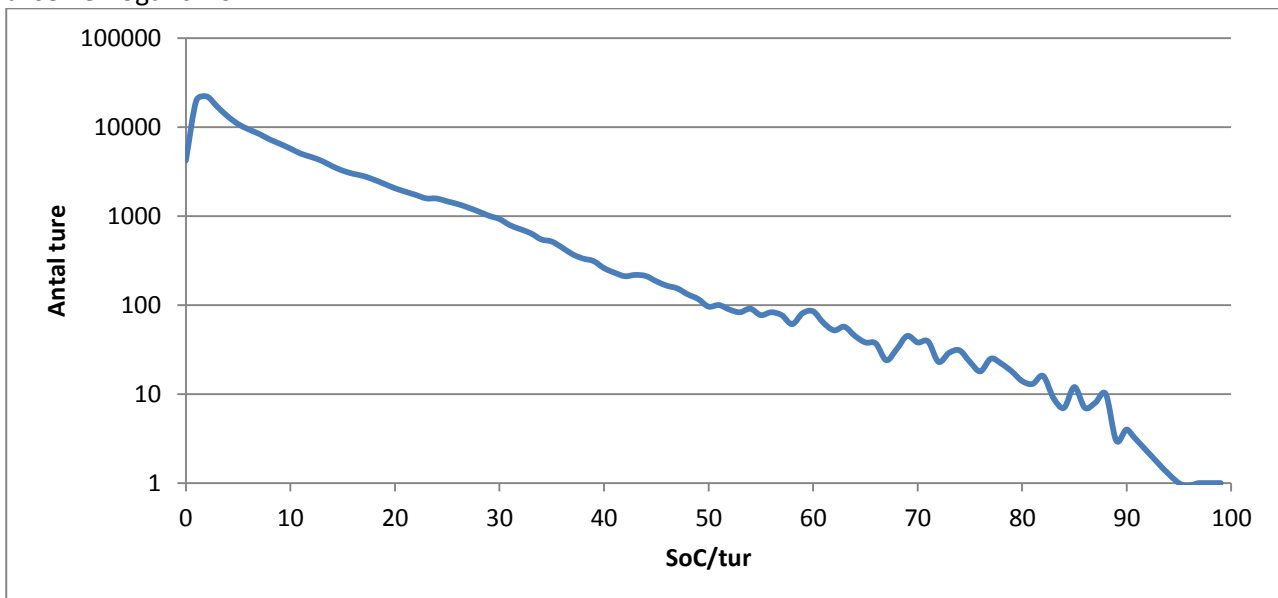
Figur 3 Fordelingen af længde af ture for el- og brændstofbiler.

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 2, mens brændstofbilerne hovedsagligt har kørt i Nord- og Midtjylland. Alle ture er fra private biler.

Som det fremgår af Figur 3 er der fleste ture omkring 2 km både for el- og brændstofbiler. Generelt ligner kurverne i Figur 3 meget hinanden. Dog er ture med elbiler generelt lidt kortere end ture med brændstofbiler. Bemærk at 90 % af turene med elbil er under 23 km og 98,1 % er under 40 km.

Energiforbrug pr. tur

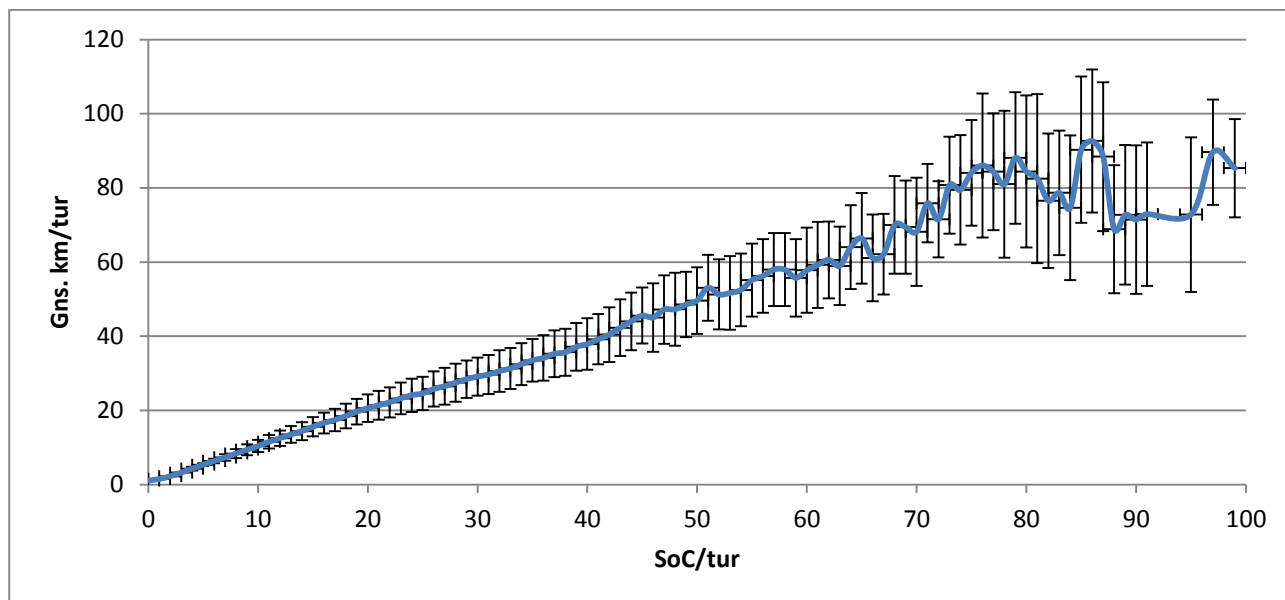
En specielt interessant analyse af de kørte ture med elbiler er at undersøge, hvor stort et forbrug der er pr. tur. Denne analyse er vist i Figur 4, hvor x-aksen er SoC pr. tur og y-aksen er antal kørte ture. Bemærk at y-aksen er logaritmisk.



Figur 4 Total SoC forbrug pr. tur.

Figur 4 viser, at cirka 22.000 ture kun anvender 2 SoC svarende til 2 % af batterikapaciteten. Bemærk at 90 % af alle ture med elbil anvender under 22 SoC og 99,1 % af turen anvender under 50 SoC. Kun 192 ture anvender mere end 75 SoC på en enkelt tur. Det vil sige, at der er meget få ture, hvor den fulde batterikapacitet udnyttes.

Figur 5 viser, hvor langt der i gennemsnit køres i kilometer som en funktion af *SoC*, der anvendes på en tur. X-aksen er *SoC/tur* og y-aksen er antal kørte kilometer i gennemsnit. Som et eksempel viser Figur 5, at for de ture, der har brugt 30 *SoC* så er der i gennemsnit kørt 29,2 km. Den blå linje i Figur 5 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 *SoC*. Dette skyldes, at der er meget få ture, med så stort et forbrug.



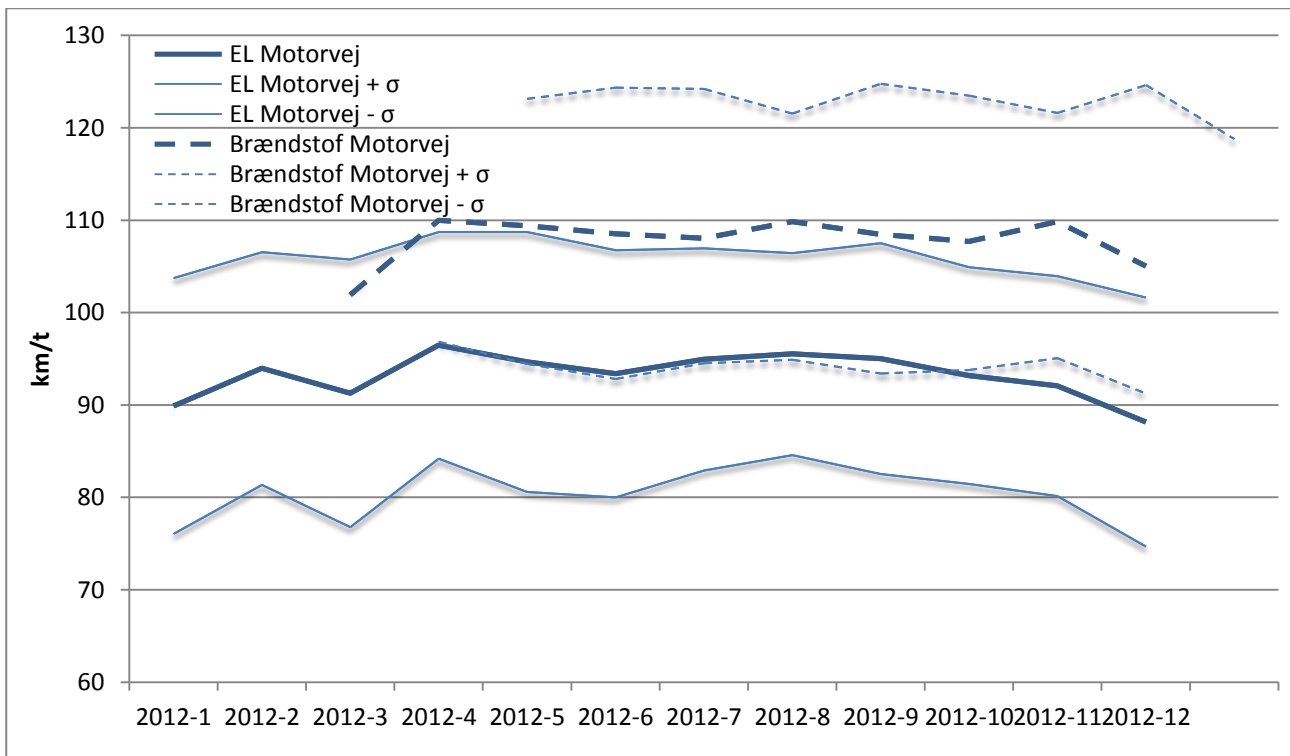
Figur 5 *SoC/tur* og gennemsnitlig turlængde +/- en standardafvigelse.

Hastigheder

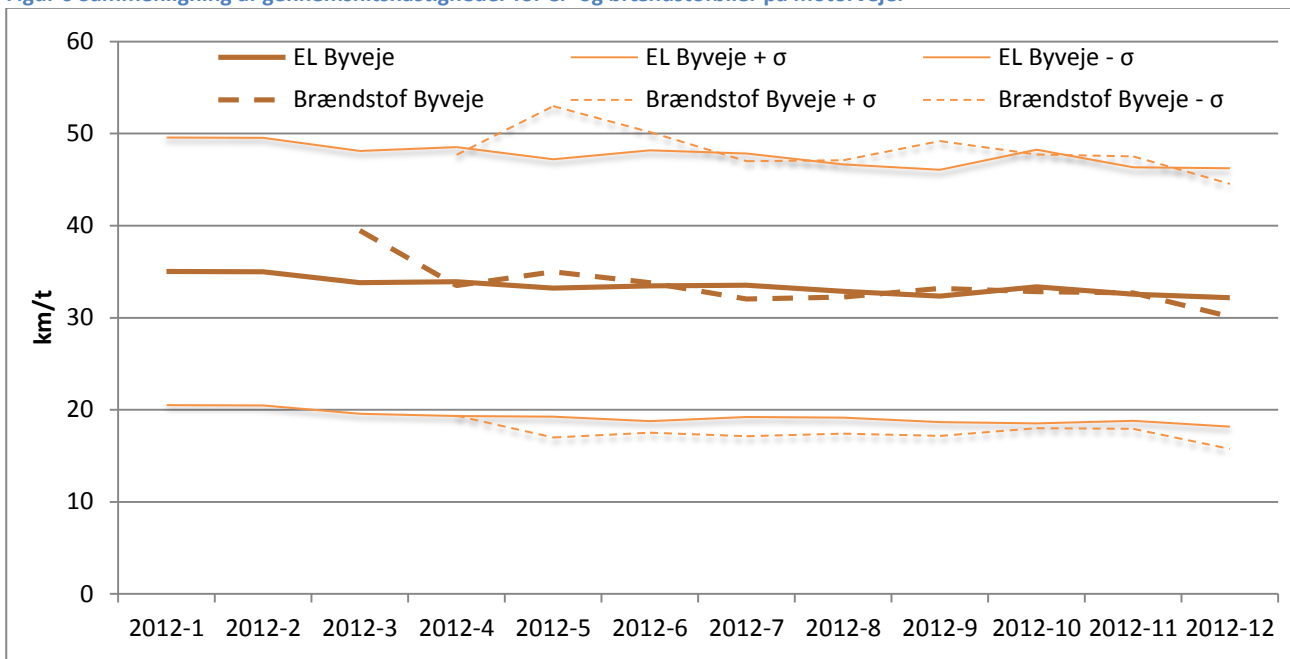
Det er interessant at sammenligne den gennemsnitlige hastighed elbiler kører med den gennemsnitlige hastighed brændstofbiler kører med i den samme tidsperiode. For at denne sammenligning så retfærdig som muligt er følgende gjort.

- 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 6 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 7 viser en graf for byveje tilsvarende det Figur 6 viser for motorveje.



Figur 6 Sammenligning af gennemsnitshastigheder for el- og brændstofbiler på motorveje.



Figur 7 Sammenligning af gennemsnitshastigheder for el- og brændstofbiler på byveje.

Som det kan ses af Figur 6 kører elbiler generelt langsommere end brændstofbiler på motorvejene. På byvejene, vist i Figur 7, er de hastigheder el- og brændstofbiler kører med praktisk taget de samme. Herudover er standardafvigelserne for el- og brændstofbiler på byveje meget ens. Figur 6 og Figur 7 indikerer, at elbiler har en lavere tophastighed som kan ses på motorvejene, men at elbilerne følger trafikken på byveje. Der skal tages forbehold for, at datagrundlaget ved disse sammenligninger bør udvides.

Strækningsanalyser

Dette afsnit præsenterer to detailanalyser af ruter, hvor der henover året er kørt mange ture med elbiler. 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 2. Navn, koordinater og længde på alle udvalgte strækninger er vist i Tabel 7.

Navn	Fra (Bredde, Længde)	Til (Bredde, Længde)	Længde i km
Esbjerg/Varde	(55,527234; 8,458269)	(55,600499; 8,502106)	8,6
Odense/Otterup	(55,423181; 10,370683)	(55,504989; 10,394733)	9,6

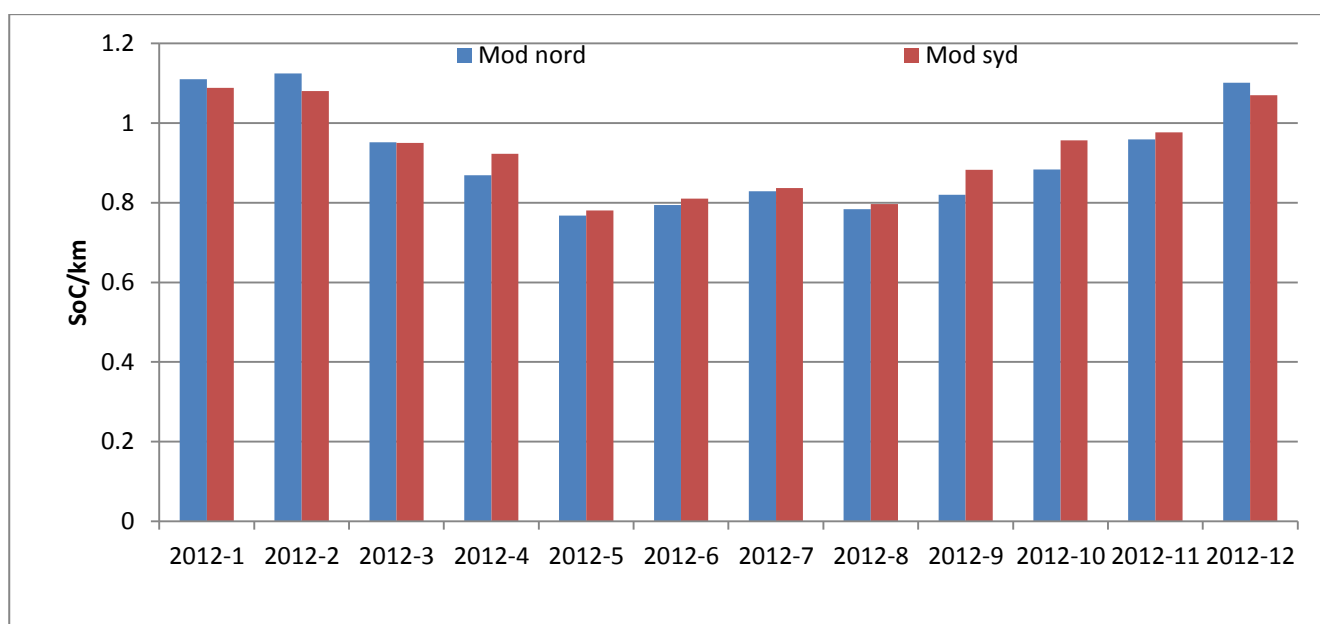
Tabel 7 Navn, koordinater og længde på strækninger anvendt i detailanalyser.

Det er nødvendigt at lave strækningsbaserede analyser af elbilers forbrug fordi dataleverandøren oplyser, at SoC er den eneste pålidelige måling af forbruget (Clever). Problem med SoC værdien er, at dette er en forholdsvis grov måleenhed. Af den årsag er de strækninger, der er udvalgt cirka 8 km eller længere. Strækninger kan ikke være for lange fordi, der så er for få ture der har kørt på strækningerne. Der er foretaget detailanalyser på i alt 11 strækninger (Andersen, Krogh, & Torp, 2014).

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, se Tabel 8. Bemærk at det ved optællingen af turene 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.

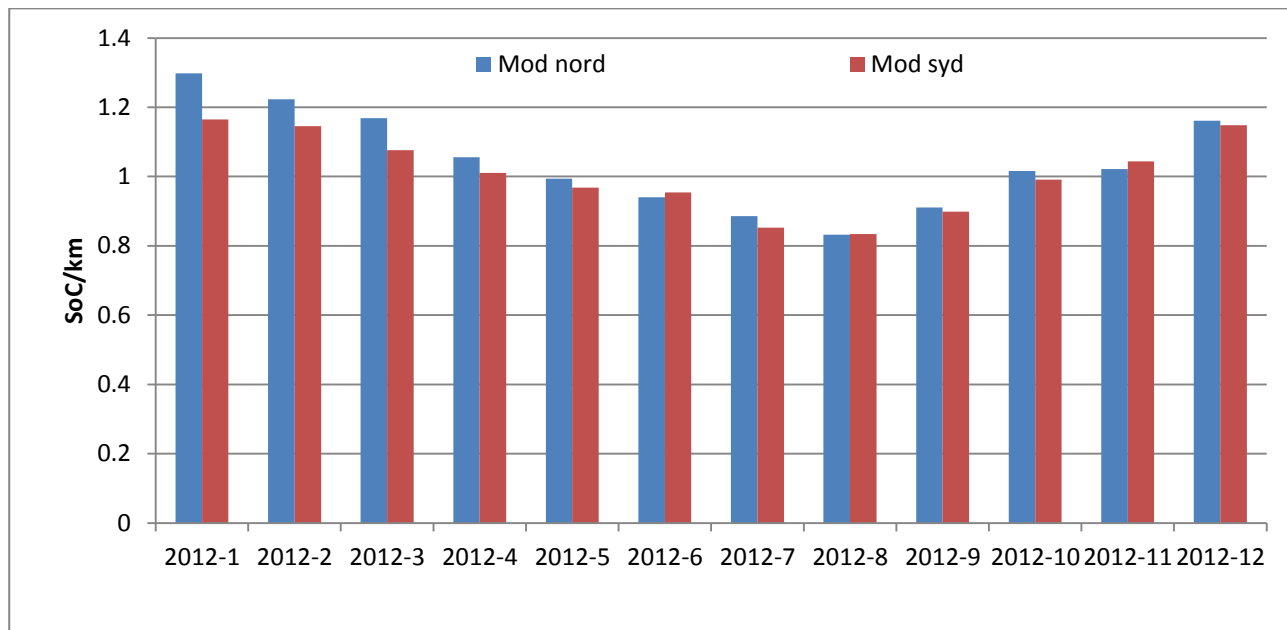
Navn	Retning	Total ture	7:00-9:00 hverdage	15:00-18:00 hverdage
Esbjerg/Varde	Nord	461	2	205
	Syd	469	141	25
Odense/Otterup	Nord	344	2	146
	Syd	355	125	43

Tabel 8 Antal ture på strækninger



Figur 8 Esbjerg/Varde forbrugt henover året.

Figur 8 viser forbruget henover året fra i alt 19 forskellige elbiler, hvoraf 7 køretøjer med mere end 20 ture. Figur 8 viser klart, at elbiler har et betydeligt lavere forbrug i perioden maj til september end i de tre vintermåneder januar, februar og december. Da denne rute har tilknyttet mange ture over hele året, vurderes denne strækning at være en af de bedste til at studerede udsvinget i forbruget henover året.



Figur 9 Odense/Otterup forbruget henover året.

Figur 9 viser, at der er ture for alle måneder i 2012 i begge retninger fra i alt 11 køretøjer hvoraf 10 køretøjer har bidraget med end 10 ture. 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 8 er forbruget lavest i perioden maj-september og højest i vintermånederne januar, februar og december.

Diskussion

Dette afsnit diskuterer de resultater, der er præsenteret i det forgående afsnit. Først 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.

Brugen af elbiler

Figur 3 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 4 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 6 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 skyldes antageligvis, at elbilers tophastighed generelt er lavere end brændstofbilers. Det skal bemærkes, at sammenligningen i Figur 6 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 7 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.

Elbilers forbrug

Figur 5 viser, hvor langt der i gennemsnit køres i kilometer som en funktion af SoC. Som omtalt er der meget få ture der anvender over 50 SoC så hvis man ser på linjen mellem 0 og 50 SoC er tendensen at turene anvender lige under 1 SoC/km. Ud fra dette estimeres det at set over hele året og for alle ture er rækkevidden for elbilerne der er analyseret i denne artikel ca. 100 km. Dette estimat er en tommefinger regel fordi energiforbruget målt i SoC/km varierer signifikant efter årstiden (temperaturen). Denne variation er undersøgt nærmere med strækningsanalyserne der som det næste diskuteres.

Esbjerg/Varde er en strækning med mange ture fordelt over hele året som vist i Figur 8. 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 forbruget i sydlig retning er lidt højere i perioden april-november. Hvis det største og det mindste forbrug udvælges er det 0,77 SoC/km i maj og 1,12 SoC/km i februar. Det vil sige, at elbilers rækkevidde baseret på denne strækning varierer mellem 130 km (maj) og 89 km (februar). Denne store variation kan til dels forklares ud fra at elbiler har et 5 kW varmeapparat, der anvendes meget mere i vintermånederne end i sommermånederne.

På strækningen Odense/Otterup som er vist i Figur 9 er der hhv. 344/355 ture i nordlig/sydlig retning. Som det kan ses af Figur 9 er der ture i alle måneder. Forbruget er generelt meget ens i begge retninger. Figur 9 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 SoC/km i august og 1,30 SoC/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 igen meget stor forskel i elbilers forbruget i de varme måneder versus i de kolde måneder.

De to strækninger Esbjerg/Varde og Odense/Otterup viser, at der er forskelle i elbilers rækkevidde henover året. 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.

Konklusion

Denne artikel har undersøgt GPS og CAN bus datagrundlaget opsamlet ved kørsel med elbiler og vurderet på elbilers forbrug generelt. Datagrundlaget er fra hele 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 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. Datagrundlaget er fra tre forskellige biltyper Citroën 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 kører elbiler lidt hurtigere end brændstofbiler. 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.

Fundamentet for at vurdere elbilers forbrug har været batteri niveauet kaldet State of Charge (SoC). Batteriniveauet er en noget grov måleenhed. Det har derfor været nødvendigt at begrænse analysen af elbiler forbrug til udvalgte strækninger. Strækningerne er udlagt fordi der har kørt mange ture med forskellige elbiler på disse strækninger. Disse detailanalyser på strækninger viser klart, at elbilers forbrug varierer kraftigt henover året, hvor der er et betydeligt højere forbrug i de kolde vintermåneder sammenlignet med de varmere sommermåneder. Detailanalyserne er anvendt til at vurdere elbilers rækkevidde. Den vurderes til at være mellem 77 km og 130 km ved kørsel på mindre veje.

Tak til

Dette arbejde er støttet af Energistyrelsen (www.ens.dk). Tak til ITS Platforms projektet (www.itsplatform.dk) for adgang til data fra brændstofbiler.

Litteraturliste

- Andersen, O., Krogh, B. B., & Torp, K. (2014). *Analyse af elbilers forbrug*.
CLEVER. (u.d.). *Projekt Test-en-elbil*. (CLEVER) Hentede 1. May 2014 fra testenelbil.dk
Clever. (u.d.). *Sådan læses filerne*.
Driving Today. (u.d.). *Hybrid Electric Vehicles*. Hentede 11. June 2014 fra www.drivingtoday.com/features/archive/hybrid_electrics/index.html
EU. (06. 03 2014). *Reducing emissions from transport*. Hentede 21.07 2014 fra http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/index_en.htm
European Commission. (u.d.). *Roadmap for moving to a low-carbon economy in 2050*. Hentede 12. June 2014 fra http://ec.europa.eu/clima/policies/roadmap/index_en.htm
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)
ITS Platform Project. (09 2012). *ITS Platform*. Hentet fra <http://www.itsplatform.dk/>
Mitsubishi Motors Corporation. (u.d.). *About i MiEV*. Hentede 5. May 2014 fra <http://www.mitsubishi-motors.com/special/ev/whatis/index.html>
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.
Renault. (u.d.). *Renault Fluence Z.E*. Hentede 12. June 2014 fra <http://www.renault.com/en/vehicules/aujourd-hui/renault-vehicules-electriques/pages/fluence-ze.aspx>
Wikipedia. (u.d.). *CAN bus*. Hentede 21.06 2014 fra en.wikipedia.org/wiki/CAN_bus