



SEAS-NVE's elpostbil

# Forsøg med elpostbil til intern post i SEAS-NVE

Et projekt under Energistyrelsens forsøgsordning for elbiler

Slutrapport udarbejdet af Eva Sass Lauritsen, juni 2015



# Indhold

---

<b>1.</b>	<b>Abstract</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Sammenfatning</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Problemstilling</b>	<b>6</b>
<b>4.</b>	<b>Metode</b>	<b>7</b>
4.1	Opstart	7
4.2	Drift og opladning	8
4.2.1	Ladeprofil	10
4.2.2	Slid på batteriet	10
4.2.3	Opvarmning via olieopvarmer	11
4.3	Afslutning af forsøget	12
	<b>Forsøgsэлемент</b>	<b>13</b>
4.4	Bilens funktion og driftssikkerhed	13
4.4.1	Økonomi og miljø af bilen	13
4.5	Opladning i forhold til el-net og spotpriser	14
<b>5.</b>	<b>Konklusion</b>	<b>16</b>

---

## 2.0 Sammenfatning

Projektet formål var at se hvorvidt SEAS-NVE kunne bruge en elpostbil til intern post mellem Haslev og Svinninge.

SEAS-NVE havde anskaffet sig en førstegenerations håndombygget elvarevogn Fiat Fiorino EV. Bilen kørte dagligt 120 km og har totalt kørt 29.000 km i projektperioden.

Ombygningsmåden med gearskifte ved en bestemt hastighed, gjorde, at bilen ikke kunne anvendes til andet end intern postkørsel med fast chauffør. Energi

Chaufføren har været glad for bilen og har især værdsat at bilen var så støjsvag.

Elbilen har rimeligt indfriet forventningerne til funktionalitet og komfort. Bilen kunne gennemføre strækningen. Batteriet har ikke vist tegn på slid, men laderen og motorkontrolleren har fejlet. Fejl på motorkontrolleren har gjort, at vi har måtte stoppe forsøget før tid.

I dette projekt skulle vi desuden undersøge, hvorvidt opladning kunne foregå uden for el-nettets kogespids (belastningsspids). Vi har påvist at dette kan lade sig gøre, da opladningen kun tog 5 timer. Desuden påviste vi, at ved at lade på bestemte tidspunkter, kunne der spares lidt på spotprisen.

Der er sket en rivende udvikling i elbiler i forsøgsperioden. Således leveres i dag seriefremstillede elbiler, som har en helt anden kvalitet end de håndombyggede modeller.

Vi har fundet, at vi rent faktisk kan bruge en el-bil til intern postkørsel under hensyn til distance og hurtighed. Grundet fejlene på den håndombyggede model har vi ikke kunne vurdere driftsøkonomien på elbilen.

# 1.0 Abstract

SEAS-NVE's aim with this project was to demonstrate the feasibility of using an electric car for the transport of their internal mail between their headquarters in Haslev and Svinninge.

The objective was to collect data that showed whether the electric car can drive 120 kilometers per. day with a small intermediate charge of 1 hour, and a full charge at night. At the time the project started, 120 km per day was the longest test run in Denmark for electric cars. Danish Energy Agency supported the purchase of a rebuilt Fiat Fiorino EV.

The car had been running for 2 years prior to purchase and had a total mileage of 29.000 km. The electric car met requirements for functionality and comfort. The car could drive the distance without problems. The battery did not show signs of wear, but the charger and motor controller failed. Therefore, the project had to stop prematurely.

The rebuilding of the car's gearbox meant that some training was required before it could be driven so it was not suitable for untrained users. Therefore, only one driver used the car. The driver was fond of the car and especially appreciated that the car was so quiet.

In this project, we also examined whether the charge could take place outside peak load periods. We have shown that this is possible because the charging only took 5 hours. Furthermore, we demonstrated that by charging at certain times, we could save a small amount of money on the spot price.

There has been a rapid development of electric vehicles in recent years. Today we see serially produced electric cars, which have a completely different quality and price than the old hand built models.

The data collected during this project demonstrated that it is feasible to replace our internal mail car with electric vehicles with regards to the distance travelled and the required recharging time, especially in view of the rapid development in electric cars.

The early close of the project was due to mechanical issues and because the car was a custom conversion, it was too expensive to repair. We therefore do not have an accurate picture of the total costs of operating electric cars by our internal postal service.



## 3.0 Problemstilling

Projektet sigtede imod at indsamle data, der kan belyse om bilen kan køre strækningen på 120 km pr. dag med en mindre mellem-opladning på 1 time samt en hovedopladning om natten. 120 km daglig kørsel skulle dengang have været den længste testkørsel i Danmark for el-biler. Energistyrelsen har støttet købet af en ombygget Fiat Fiorino EV.

Til projektet var knyttet et forsøgsэлемент. Formålet med forsøgsэлементet var at gennemføre forsøg med opladningens virkning på bilens ydeevne. Forskellige former for opladning blev afprøvet med henblik på at undersøge, hvor fleksibelt opladningen kan tilrettelægges i forhold til fast opladningstidspunkt, opladning efter spot-priser på el markedet og belastning i elnettet.



## I dette metodeafsnit har vi beskrevet valg af bil, samt erfaringer med at gennemføre forsøget

brug, ikke skyldtes, at man sad dårligt, frøs eller at der ikke var gode adgangsmuligheder. Denne bestilling gav store problemer for FIAT, da det ikke var en standard Fiorino, og den blev meget forsinket. De ting som var bestilt som ekstraudstyr var på listen over fast ekstraudstyr, så der blev ikke bestilt noget, som billeverandøren ikke selv foreslog, som en mulighed. Da bilen så endelig var færdigproduceret (som benzin bil)

på FIATs tyrkiske fabrik, så kom den til Italien for at blive bygget om til en elbil. Det vil sige at bilen blev skilt ad og motoren ud og en elmotor ind i stedet. Det gik dog relativt hurtigt (2-4 uger).

Den håndombyggede bil har kostet 483.347 DKK. Bilen blev købt den 8.11.2010. Vi har fået ca. 166.866 DKK hjem i tilskud til købet i 2012, da vi var med i Energistyrelsen pulje til test af el-biler.

---

Rækkevidde: bilen kan på en fuld opladning køre 70-150 km alt efter kørselsmønster.  
 Automatgear med ekstra gear  
 Topfart: ca. 110 km/t. Motoren: AC asynkron 30 kW / 82 HK  
 Opladning (400 V): 5 timer  
 Elforbrug : 0,22 kWh/km  
 Batteri: litium batteripakker 31 kWh Batteripakken sidder placeret bagved bilen.  
 Sikkerhed: bilen har samme køresikkerhed som en almindelig Fiat af samme klasse  
 Opvarmning: indbygget en særlig benzinopvarmer, som er uafhængig af elmoteren

---

Elbilen blev allerførst prøvekørt i et par uger.

Prøvekørslen havde til formål, at teste om bilen kunne køre strækningen - også uden en mellemopladning. Vi prøvekørte den til den kørte tør for strøm. Bilen viste dengang, at den kunne køre 130 km. Altså ikke meget over strækningen, som reelt viste sig at være 120 km. Ved tørkørslen blev hastighederne overholdt og der var ellers tale om en normal kørsel. Herefter overgik bilen i april 2011

til daglig drift med postkørsel cirka 2-3 dage om ugen med en fast chauffør.

Køreefaringerne har været gode. Bilen har en gang gået i stå, og måtte hentes af ladvogn. Ligeledes var der en permanent komplikation, hvor bilen gik i stå, hvis man træder på speederen samtidig med gearskift. Nedgearing var heller ikke uden problemer, hvor hastigheden skal tilpasses, før gearskifte kan foretages. Da bilens gearskifte

voldte problemer, vurderede SEAS-NVE, at det ikke var sikkert at anvende bilen som mødebil, da den kræver en instruktion, som ikke alene kunne gives via tekst.

Chaufførens overordnede konklusion var, at når man lige har lært tips og tricks om bilen, så fik man tillid til bilen. Chaufføren var tilfreds med bilen, og var særlig glad for, at den var så lydløs.

#### 4.2 Drift og opladning

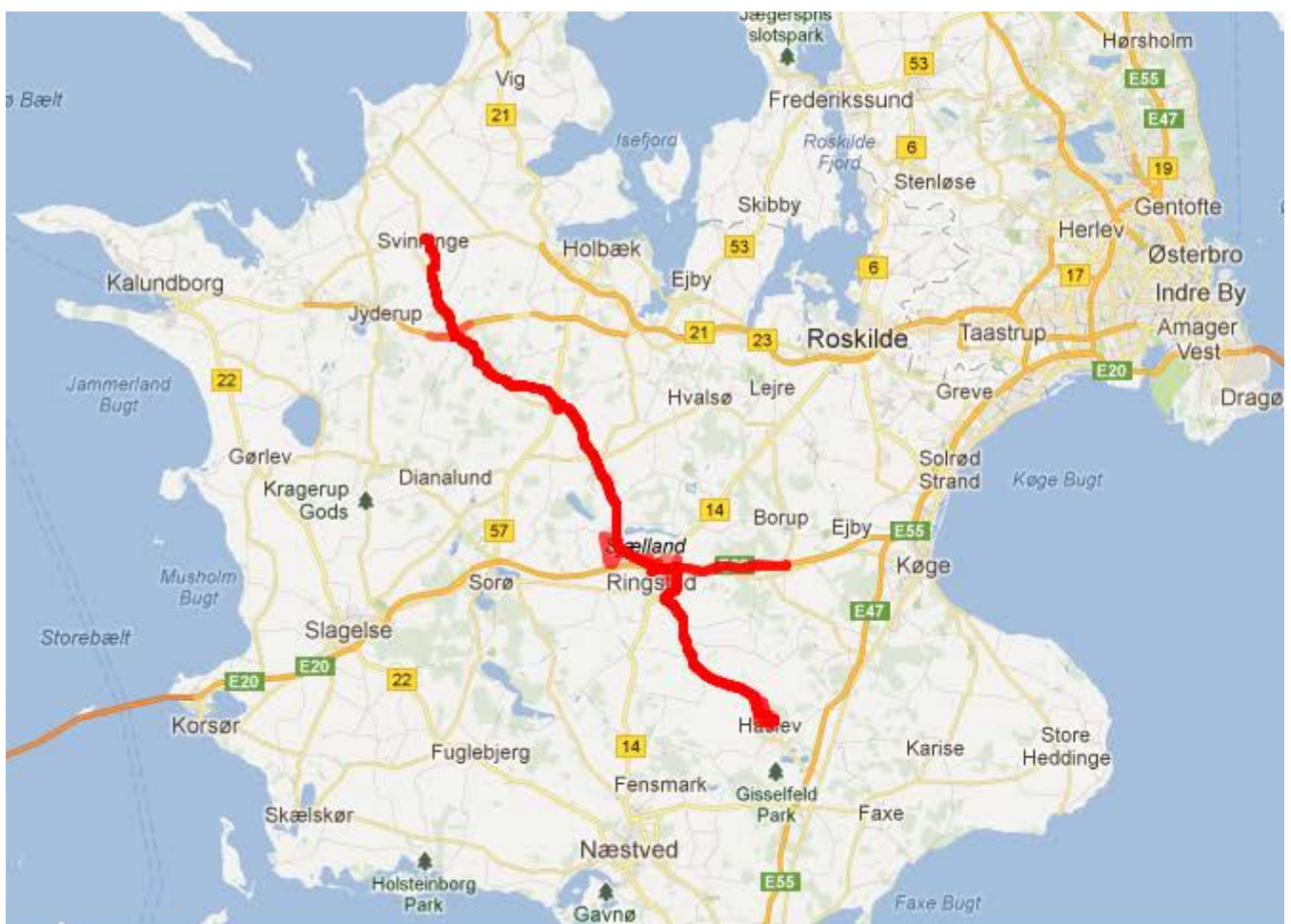
Elbilen benyttedes i det daglige arbejde på lige fod med konventionelle biler til intern post. Der kørtes 2-3 dage om ugen med bilen. Chaufføren var tilfreds med køretøjet, idet den havde en god accelerationskraft, en tilstrækkelig batterikapacitet og en rimelig lasteevne. Der har dog været situationer, hvor bilen har haft manglende plads, da der af

og til køres reservedele mellem hovedsæderne, hvilket fylder forholdsvis meget.

Postbilen har kørt 29.000 km i perioden april 2011 til maj 2013. Elbilen har indfriet en del af forventningerne til funktionalitet og komfort.

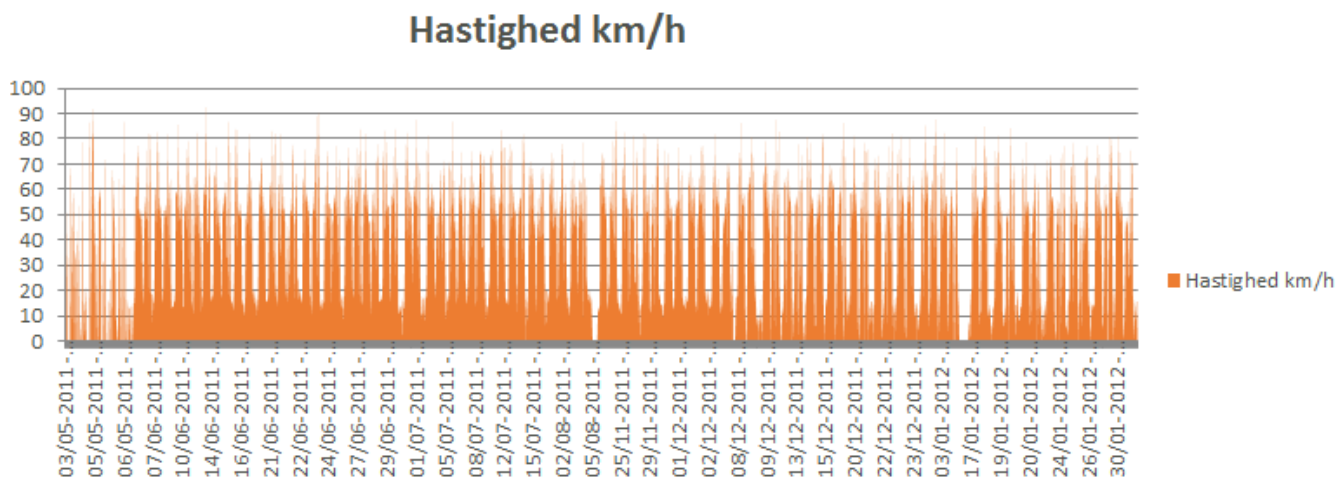
Elbilens hovedopladning foregik permanent i tidsrummet mellem

kl. 21-06, da der var monteret timer på laderen for at sikre, at der ikke blev ladet uden for perioden. Bilen opladedes desuden 1 time dagligt midt på dagen. Bilen oplades ved 400V, 3 faser og 13-16A. Sammenlagt tog det 5 timer, at oplade bilen. Nedenfor er vist samtlige ture i perioden 2011-2013. Kortet viser en meget ens rute.





Den gennemsnitlige hastighed på ruten var 44 km/h målt over 1 år, med en gennemsnitlig tophastighed på omkring de 83 km/h, som vist på nedenstående graf:



Vi har sammenholdt data fra manuelle logninger med GPS-logningerne. Konklusionen blev, at der ikke var overensstemmelse med GPS-måler, speedometer eller km-tæller.

Speedometeret i bilen viste mod 20 km/t afvigelse i forhold til de registrerede GPS målinger. (dvs. hvis f.eks. GPS viste målinger på 60 km/t, viste måleren 90 km/t). Makshastighed på GPS-måleren viste 109,4 km/t (målt på 5 min. intervaller), hvor chaufføren selv rapporterede at havde set speedometeret være oppe på 130 km/t.

Ligesom Speedometeret, afvigede

km-standen permanent +5% mere end GPS-måleren pr. tur (data målt over 6 mdr.). Denne sidste tendens ses dog også i traditionelle biler.

Opladningen har for det meste foregået problemfrit. Der har dog været en situation, hvor bilen, pga. sommerferie, havde stået stille i længere tid og herefter ikke kunne startes.

Erfaringer har således været, at hvis bilen ikke bruges i en periode på over en uge, så var der noget, som gjorde, at bilen ikke startede. Vi har ikke identificeret problemet nærmere.

Erfaringer fra "Test-en-elbil" projektet had dog vist lignende

hændelse. Her var det GPS loggeren der var problemet. Loggeren tog strømmen fra det lille 12V batteri, og kunne bruge det i løbet af en uge. Når det så var løbet tør for energi, var det ikke muligt at starte bilen - heller ikke selvom det store elbils batteri var fyldt med strøm.

Dertil har der i to omgange været problemer med laderen. Laderen gik i stykker, så hovedbatteriet ikke var opladet efter natten. Første gang gik reparationen over garantien. Næste gang var det en udgift på 50.000 DKK. Værkstedet i SEAS-NVE har været mindre tilfreds med servicen og prisen på servicen.

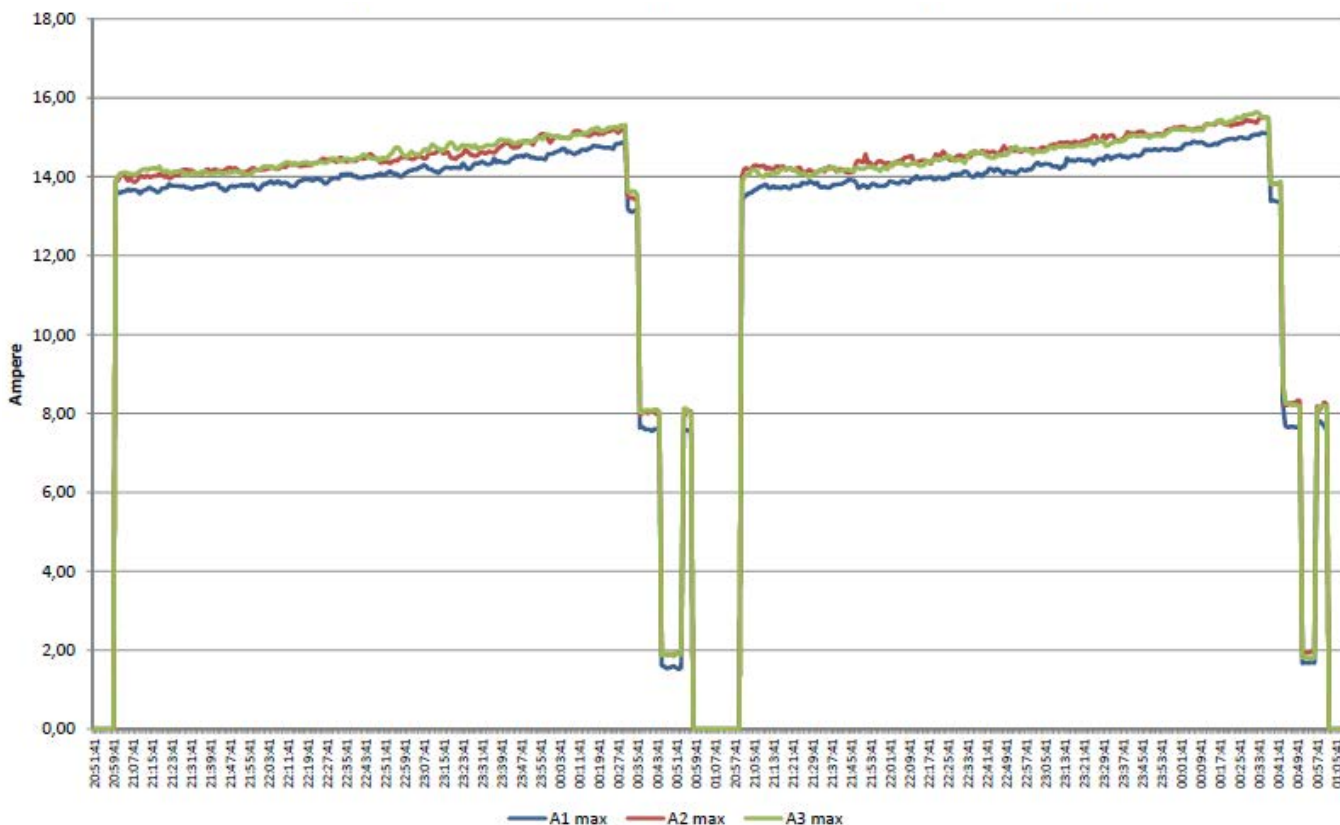
### 4.2.1 Ladprofil

Indledningsvise målinger af ladningsprofil viste også, at installationen muligvis var under-dimensioneret. Elforbruget, som i måleperioden udgjorde 6,58 kWh/med et gennemsnit på 6,17 kW i timen. Ampereforbruget er vist for de 3 faser (se ovenstående graf). Fase A1 har været oppe på 13,9 Ampere. Årsagen til, at der er forskel mellem faserne, ligger i at laderen skal bruge strøm til ventilator og enheder til at lade. Dette foregår på en af faserne.

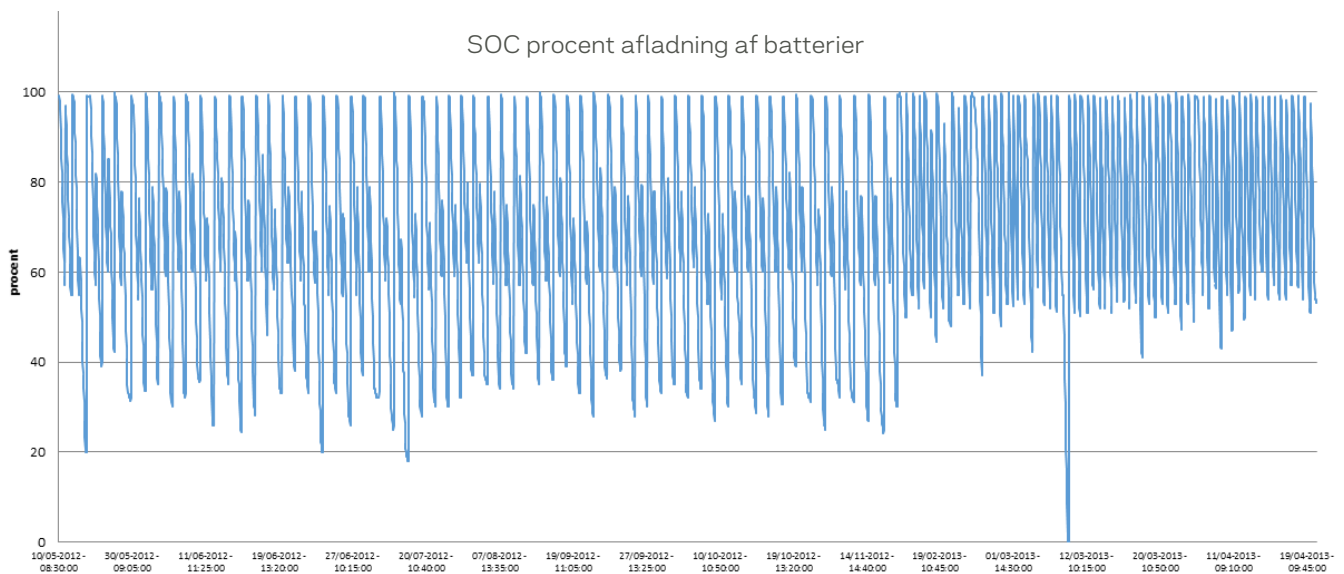
### 4.2.2 Slid på batteriet

Da bilen havde et meget ens kørselsmønster, var det interessant at se på batteriets kapacitet over tid, da der er ens slid. Grafen nedenfor viser SOC (state of charge) i procent i 5 min. intervaller. Efter endt tur var der i 2012 i gennemsnit 30 % slutkapacitet. Slutkapaciteten var nu ved endt kørsel til 50 %, med 4 timers ekstra ladning. Dette gav anledning til at se på afladningsprofilen. Bilens maksimale rækkevidde var 150 km, men efter

145 km var der 30% reservekapacitet. Chaufførens erfaring var, at batterimålerens afladningsvisning ikke var linær. Dvs. de sidste 50% afladninger sker hurtigere end de første 50 % på måleren. Grafen på SOC viser ikke tegn på, at batteriets effekt er afhængig af udetemperatur. Vi kan heller ikke se, at der er tendens til slid ved at batteriet aflader hurtigere eller mere over tid. Dette underbygger også chaufførens erfaring. Normalt er der en forringelse af batteriets ydeevne ved lavere udetemperatur og lang tids brug. Så resultatet er overraskende.

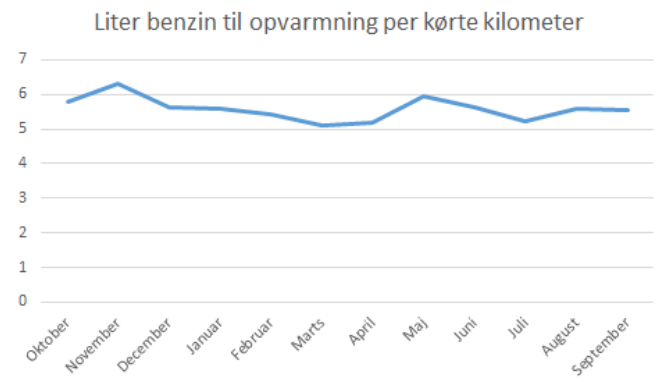


Logning af kWh-forbruget i forhold til kørsel har vist, at bilen i gennemsnit kørte 4,2 km/kWh (målt over 1 år med månedlige målinger) – dette er en beregning uden el til opvarmning.



#### 4.2.3 Opvarmning via olieopvarmer

Opvarmning i bilen skete via en benzinbrænder. Vi har løbende foretaget målinger på forbruget af benzin. Grafen viser ikke overraskende, at der bruges mere benzin, når udetemperaturen er lav. Der blev årligt brugt 67 liter benzin til opvarmning





### 4.3 Afslutning af forsøget

I starten af juni måned 2013 kom elbilen til reparation igen, da den ikke ville starte. Her eksploderede motorkontrolleren under reparationen.

Motorkontrolleren er den enhed som overfører strømmen fra batteriet til motoren.

Ved eksplosionen var der heldigvis ingen som kom til skade. Se billedet.

Prisen på reservedelen lå på et prisleje på 35.000 DKK, da det var den dyreste enkelt -ud over batteriet.

I forbindelse med hændelsen foretog vi en vurdering af alternativer. Tilbage i 2012 undersøgte vi hvad alternativerne var. CLEVER foreslog Peugeot iOn, fabriksfremstillet. Den kostede 139.000 DKK.

Værkstedet var ikke interesseret i at købe ny el-bil, da det skulle trækkes over deres normale budgetter og udviklingsafdelingen havde ikke budget til en ny bil. Derfor indgav vi en indstilling til Energistyrelsen om ophør af forsøget.

Erfaringen fra forsøget viser med al tydelighed, at en ombygget elbil ikke er nær så driftssikker som en serieproduceret elbil.



# Forsøgselement

I projektet gennemførtes følgende analyser vedrørende elbilens funktionalitet og driftssikkerhed:

Bilens funktion og driftssikkerhed ved brug i frostvejr

**Forsøg med fleksibel opladning af elbilen omfattende opladning i forhold til fast opladningstidspunkt, opladning efter spot-priser og belastning i elnettet. Målet var at teste bilens rækkevidde ved forskellige opladningsstrategier**

#### 4.4 Bilens funktion og driftssikkerhed

Elbilen havde opfyldt kravet om rækkevidde og komfort. Vi har i kapitel 4 Metode gennemgået de fordele og ulemper, som elbilen havde. Kort opridset drejer det sig om, at en håndombygget elbil ikke havde samme kvalitet, hvorfor der var flere ting som gik i stykker, og vi måtte stoppe forsøget

##### 4.4.1 Økonomi og miljøaf bilen

Vi har beregnet økonomi og CO<sub>2</sub> udledning af elbilen i forhold til en konventionel.

Udgangspunkt tages i at 1 kWh koster 2,03 kr. inkl. moms, hvilket blev  $120/24 = 5$  km/kWh og er altså 0,20 kWh/km. Så er prisen pr. km  $0,20 * 2,03$  kr/kWh (Q4 2012 priser for SEAS-NVE) = 0,41 kr/km.

Til sammenligning kører en almindelig Fiat Fiorino ved landvej 26,3 km/l og blandet kørsel 22,7 km/l på diesel. Dvs. at udgiften ved blandet kørsel for dieselbilen vil ligge på 0,48 kr./km.

Med hensyn til CO<sub>2</sub>-udledning er der flere måder at regne på. Når opstrømsraffinering og distribution på dansk grund indregnes (svarer til 7,5%) er CO<sub>2</sub>-udledning pr. liter diesel: 2,85 kg CO<sub>2</sub>/l. I forhold til CO<sub>2</sub>-udledning fra el benyttes CO<sub>2</sub>-udledningen for gennemsnitstrøm på 391 g CO<sub>2</sub>/kWh. Dette svarer til at en ombygget Fiat Fiorino har en CO<sub>2</sub>-udledning på 78 g CO<sub>2</sub>/km, hvor den tilsvarende dieseldrevne Fiat Fiorino har en CO<sub>2</sub>-udledning på 125,5 g CO<sub>2</sub>/km.

**Beregningerne viser samlet set at:**

Bil	Pris pr. km	CO2 pr. g/km
Ombygget Fiat Fiorino	0,41	78,2
Original diesel Fiat Fiorino (blandet kørsel)	0,48	125,5

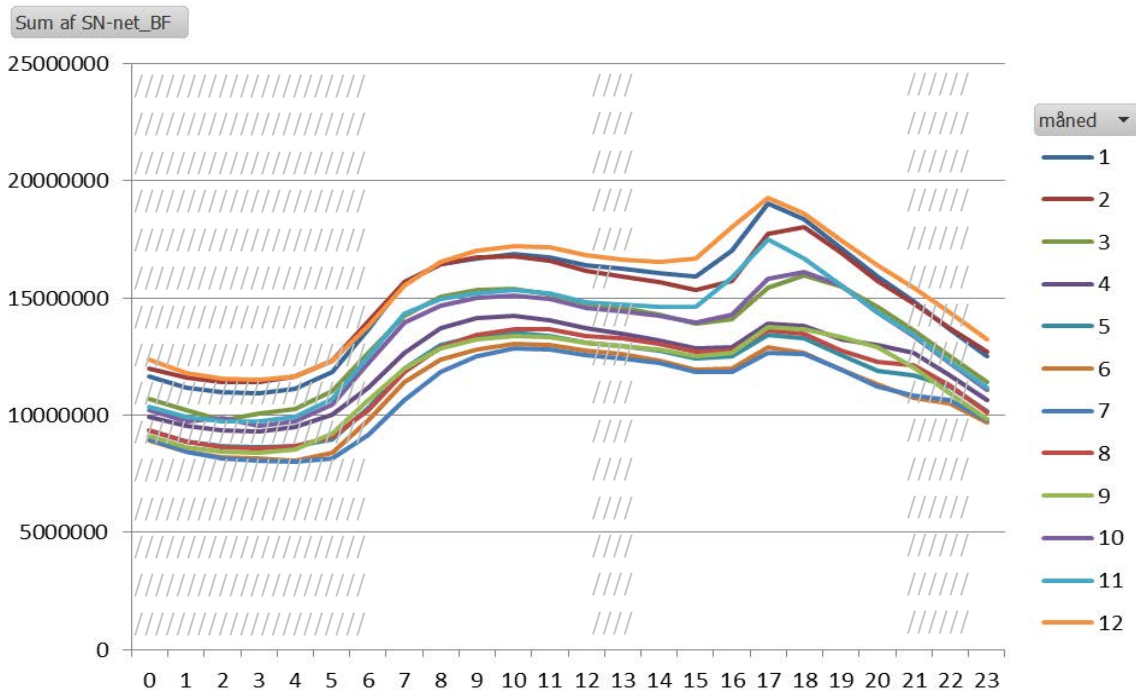
Der var dengang ikke et stort økonomisk incitament til stede, hvis der kun vurderes på driftsmidler. Potentialet vil ligge i fremtidens prisudvikling på elpriserne samt færre reservedele for elbilen i forhold til konventionelle biler. Af de faktiske målinger i de fem måneder eller 924 timer, viser resultatet, at løsningen sparer hele 74 procent af LED-belysningen, som i forvejen har et lavt elforbrug. Se det midterste skema.

**4.5 Opladning i forhold til el-net og spotpriser**

Med hensyn til ladetidspunkter har SEAS-NVE foretaget en række analyser. Analyser af spotpriser m.v. viser, at det optimale tidspunkt for opladning var afhængigt af, om SEAS-NVE fokuserer på den laveste belastning i nettet eller spotprisen fra Nordpool.

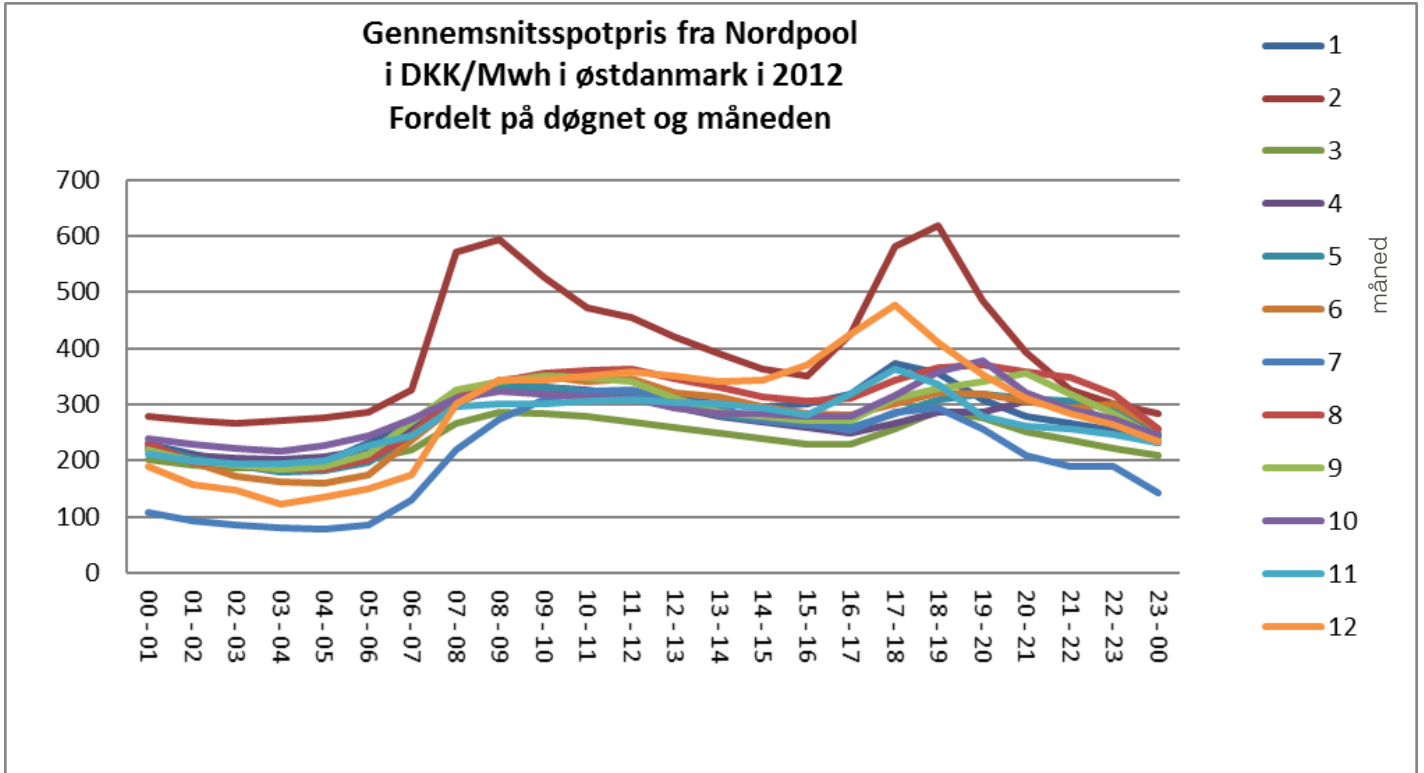
Elnettets belastning i 2012 i kWh i hele SEAS-NVE 's område, fordelt på døgnets timer og månederne, er vist nedenfor. Her ses tydeligt, at elpostbilens opladning med fordel kan lægges fra kl. 11-12 samt kl. 21-06, da kogespidsen i nettet ligger fra kl. 17-20. Det betyder også at elpostbilen ikke belaster elnettet.

Netbelastning for hele SEAS-NVE net fordelt på måneder of kWh



**Kilde: Egne data, 2013**

Mht. spotpriserne - som er vist nedenfor som funktion af timer og måneder-, så er opladningstidspunkterne generelt overlappende nettets belastning.



Kilde: Nordpoolspot, 2013

Hvis vi skulle undersøge om der var en mere optimal situation, så skulle mellemopladningen i Svinninge foregå fra kl. 15-16. Det ville give en besparelse på 28 DKK/år (udregnet efter 35 DKK/MWh og et forbrug på 790 kWh).

Et andet beregningseksempel vi har gjort, var at undersøge hvorvidt flytning af opladningstidspunktet om natten i Haslev giver en besparelse. En opladning tager kun tager 5 timer. Vi har 9 timer til rådighed til opladning, som starter kl. 21. Hvis vi udskød opladningen til kl. 24 ville besparelsen pr. år være 207 DKK/ år (68 DKK/MWh med et forbrug på 3038 kWh/år). Priserne viser, at der er begrænset økonomisk potentiale i at flytte forbruget til andre tidspunkter ved den rene spot-pris. Dog kan indvendes, at hvis komforten ved ændring af opladningsmønsteret ikke ændres, er det jo værd at tage med.

Når alt dette er sagt, må vi også sige, at vi ikke kender udviklingen af spotpriserne i takt med at der kommer mere vedvarende energi i el-nettet. Spotprisens udvikling og ikke mindst variation er en af de store jokere i en økonomisk beregning.



**FLEKSIBILITET**



## 5.0 Konklusion

Den håndombyggede Fiat Fiorino EV har været testkørt i perioden april 2011 til juni 2013, som intern elpostbil mellem Haslev og Svinninge. Bilen kørte sammenlagt 29.000 km.

Forsøget stoppede fordi den blev for dyr at reparere i forsøgsperioden

Da Elpostbilen var en håndombygget bil var der en funktionalitet omkring gearet, så SEAS-NVE vurderede at den kun kunne bruge med fast chauffør. Chaufføren, som kørte i perioden var dog generelt glad for bilen. Den opfyldte komfort og pladsbehovene.

Bilen viste også at den kunne køre 120 km pr. dag i 2 år med en times opladning i mellem og således opfylde funktionen som elpostbil på lige fod med en konventionel bil.

Endelig viste batteriet ikke tegn på slid. Vi så ikke de

store økonomiske besparelser i kørslen; Til gengæld var der store CO2 besparelser ved at bruge elbilen. Med hensyn til opladningstidspunktet fandt vi, at bilen med fordel kunne oplades senere på natten, for derved at få en gennemsnitlig mindre besparelse på spotprisen.

I de 2 år bilen kørte, kom der mange serieproducerede elbiler på markedet, som havde en højere kvalitet end den håndombyggede. Ligeså er prisen på elbilen faldet. Elpostbilen kostede 483.000 DKK og få år senere kunne man få en lignende bil til 139.000 DKK. Så udviklingen er gået stærkt og viser samtidig dermed hvor stor en fremtid elbiler har, hvis denne udvikling fortsætter.

Der er for øjeblikket drøftelser i SEAS-NVE om hvorvidt vi skal have en ny postbil, da vores chauffør var tilfreds med bilen og bilen indfrie de forventningerne til komfort, hastighed og rækkevidde.







**SEAS-NVE**  
Hovedgaden 36  
DK-4520 Svinninge

**Kontaktperson**  
Projektleder Eva Sass Lauritsen  
Telefon 70 29 29 00  
esl@seas-nve.dk