



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Energieffektiv e- scooter til professionelle transportopgaver

Miljøprojekt nr. 1570, 2014

Titel:

Energieeffektiv e-scooter til professionelle transportopgaver
Energieffektiv e-scooter til professionelle transportopgaver

Redaktion:

Ivan Loncarevic

Udgiver:

Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K
www.mst.dk

Foto:

Ivan Loncarevic

Illustration:

Ivan Loncarevic

År:

2014

ISBN nr.

978-87-93178-47-2

Ansvarsfraskrivelse:

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Forord	4
Konklusion og Sammenfatning	5
Summary and Conclusion	6
1. Projektets Opstart	7
2. Integration af Prototypen	8
3. Intelligent Speedometer	9
4. Udvikling af universel DC/DC converter	10
5. Integrationen af IEV Cargo	12
6. Field test af IEV Cargo	15

Forord

Industrial Electric Vehicle ApS startede d. 1.1.2013 som projektholder sammen med det rådgivende ingeniørfirma CUVA Aps og DTU udviklingen af en e-scooter til professionelle transportopgaver. Projektet fik økonomisk støtte/tilskud fra Miljøstyrelsens Program for Grøn Teknologi. Køretøjet var påtænkt som en meget robust scooter, med en meget høj bæreevne på omkring 250 kg, dvs. 70 kg mere end en klassisk benzinscooter, og med en stærk in-wheel motor på 4 kW, inkl. litiumbatterier med en kapacitet på omkring 4kWh, som ville give køretøjet en meget høj kørerækkevidde på omkring 160 km per opladning, samme rækkevidde som en klassisk benzinscooter med en fem liter benzintank. Det overordnede mål var at udvikle et køretøj, der er fire-fem gange mere energieffektivt end en benzinscooter, som derefter kunne tilbydes til selskaber, der beskæftiger sig med distribution af aviser, post, reklamer, catering og andet, og som i dag bruger benzinscootere til distribution af disse varer.

Konklusion og sammenfatning

Industrial Electric Vehicle ApS startede d. 1.1.2013 som projektholder sammen med det rådgivende ingeniørfirma CUVA Aps og DTU udviklingen af en e-scooter til professionelle transportopgaver. Køretøjet var påtænkt som en meget robust scooter, med en meget høj bæreevne på omkring 250 kg, dvs. 70 kg mere end en klassisk benzinscooter, og med en stærk in-wheel motor på 4 kW, inkl. litiumbatterier med en kapacitet på omkring 4kWh, som ville give køretøjet en meget høj kørerækkevidde på omkring 160 km per opladning, samme rækkevidde som en klassisk benzinscooter med en fem liter benzintank. Det overordnede mål var at udvikle et køretøj, der er fire-fem gange mere energieffektivt end en benzinscooter, som derefter kunne tilbydes til selskaber, der beskæftiger sig med distribution af aviser, post, reklamer, catering og andet, og som i dag bruger benzinscootere til distribution af disse varer.

Integrationen af to stk. komplette IEV Cargo e-scootere blev påbegyndt i juni 2013 og færdiggjort i November 2013. IEV Cargo kører 45km/t og accelererer fra 0-45km/t på fem sekunder. Range tests viser 154 km per opladning. Slope tests viser, at det enkelte køretøj kan trække sin egen vægt på 105 kg inkl. køreren (80 kg) og 160 kg last på en rampe med en vinkel på 28% fra 0 km/t. Maks. forbrug er 87Ampere (ved 60V) og maks. omdrejningsmoment er 143 NM.

Nordtrans testede IEV-Cargo scooteren i løbet af november 2013, og IEV-Cargo kunne til fulde køre 60 km på blot én opladning trods de mange stop&go (600-700 stk). Dermed har scooteren opfyldt det væsentligste krav. Tilbage meldingen fra Nordtrans efter testen er, at scooteren har tilstrækkelige kræfter, en god acceleration og en robusthed samt opbygning, der gør det nemt at placere de forskellige kasser og tasker rundt omkring.

IEV vil i Januar 2014 starte EU-certifikationsproces og forventer at lancere produktet på markedet i April 2014.

Summary and Conclusion

Industrial Electric Vehicle ApS started 1. January 2013, together with partners Cuva ApS and Danish Technical University – DTU development of electric scooter for professional distribution of goods “last mile” distribution. The idea was to develop a very robust vehicle able to carry load of 250 kg or 70 kg more than an ordinary driven gasoline scooter, and with 4kW brushless in-wheel motor and range of around 160 km per charge, the same as a gasoline scooter with 5 l gas tank.

The aim of the project was to develop an electric driven scooter that is 4-5 times more energy effective than gasoline scooter and afterwards offer this scooter to delivery companies which today use gasoline scooter for distribution of goods.

Integration of 2 scooters started in June 2013 and finished in November 2013. The scooter was named IEV-Cargo and was able to reach speed of 45 km/h in 5 seconds, had a range of 154 km per charge and could manage slopes of 28% with payload of 260 kg. During the test we have measured max current of 87 Amps at 60V and torque of 143 NM.

The Danish company Nordtrans has tested the scooter in November 2013 and has reported back to the development team that the scooter was able to manage 60 km per charge with more than 700 stop&goes, which proved that the scooter is able to fulfill Nordtrans daily needs during distribution of newspapers in Hillerød and Frederiksvær area. Furthermore Nordtrans has been very satisfied with IEV Cargo's acceleration and speed as well as construction of the scooter itself which very easily enables the user to install cargo bags and boxes on the vehicle.

IEV will in January 2014 start EU certification process and will launch the vehicle on the market in April 2014.

1. Projektets opstart

Arbejdsgruppen fra IEV og CUVA udarbejdede som det første en detaljeret plan for, hvordan scooteren skulle udvikles. Det blev besluttet, at gruppen i den første fase skulle opspore allerede eksisterende komponenter, som kunne bruges til udvikling af køretøjet, for at undgå unødige ressourceforbrug på udvikling af specialiserede dele til køretøjet. Således har man opsporet og bedt om tekniske specifikationer og priser fra producenter af chassis, hjul, bremsesystemer, dæk, motorer, litiumbatterier, motor controllere, opladere og BMS'er.

Arbejdsgruppen valgte en "overdimensioneringsstrategi" for at sikre, at køretøjet kan opnå en industriel levetid på fem til syv år. Dette indebærer, at alle komponenter i det elektriske system isoleret skulle kunne yde omkring 50% mere, end de skulle kunne yde integreret i selve køretøjet. Strategien har resulteret i a) at motorkraften blev 4kW, b) at batteriet blev til 72V/60Ah, fordi højere spænding giver komponent-venlig lavere strøm, c) en motor controller med 200Ah styrke. Med et sådant system forhindrer man en belastning af motoren på over 35% af dens kapacitet, og af batteriet på mere end 50% af dets kapacitet, og af motor controlleren på mere end 60% af dens kapacitet. Køretøjets maksimale hastighed er defineret i kraft af den danske lovgivning til 45km/t. Arbejdsgruppen besluttede endvidere, at batterierne skulle placeres i bunden og midten af køretøjet, både af hensyn til stabilitet og sikkerhed.

Efter at producenterne havde indsendt tekniske specifikationer på de respektive dele samt priser, analyserede gruppen materialet og udvalgte de komponenter, som umiddelbart var de bedste komponenter ift opgavens målsætning. Derefter besøgte projektlederen Ivan Loncarevic, udvalgte leverandører for at inspicere produktionen af de komponenter, som var de afgørende for opfyldelsen af projektets målsætning, her i blandt motorproducenten og batteriproducenten. Efter godkendelse bestilte IEV de forskellige komponenter.



BILLEDE 1
PROJEKTLEDEREN IVAN LONCAREVIC PÅ BESØG HOS BATTERIPRODUCENTEN GBS CO. I APRIL 2013

2. Integration af prototypen

Formålet med at lave en såkaldt make-up eller en o-prototype var at afprøve de forskellige komponenter: Motor, motor controller, BMS, batterier og lader. Til dette formål indkøbte IEV en scooter (et chassis), som passede bedst til opgaven således, at gruppen nemt kunne integrere den ønskede motor, motor controller, batterier, BMS samt lader og afprøve, hvordan systemet fungerer, samt afgøre systemets maksimale ydeevne og potentielle svagheder.

Under udviklingen af o-prototypen var integrationen af motor controlleren med motoren den vanskeligste opgave, som tog meget længere tid end forventet. Den valgte franske Sevcon controller viste sig at være meget avanceret og kompliceret at arbejde med, og IEV var til sidst nødsaget til at bede Sevcon om at sende en af sine eksperter til København for at bistå med ekspertise til løsning af integreringsopgaven.

En anden tidskrævende opgave var at afprøve/teste BMS-systemet. Gruppen endte med at afprøve tre forskellige BMS-systemer fra hhv. danske Lithium Balance A/S, amerikanske Elithion og kinesiske Elite Power. Selvom Lithium Balance's system utvivlsomt var af den bedste kvalitet, fylder systemet meget, og gruppen havde derfor reelle problemer med at finde plads til det i scooteren. Gruppen valgte derfor at teste to andre systemer, der både var billigere og meget mindre. Til sidst valgte gruppen Elite Power-systemet, som fyldte 50% mindre end de to andre systemer, og desuden var ca. 35% billigere.

Testen af make-up'en med Quanshan 5kw super power motor, 4,2kWh GBS litiumbatteri, Elite Power BMS og Sevcon motor controller, overgik alle forventninger. Køretøjet kunne køre omkring 95 km/t, udvikle et drejningsmoment på omkring 140 NM, og havde en radius på omkring 140 km. De tests gruppen udførte viste, at det kraftige system kunne trække vægt op til 250 kg op ad en stejl rampe på næsten 30 grader fra 0 km/t.



BILLEDE 2

MOKE-UP PROTOTYPE MED 5KW MOTOR, SEVCON CONTROLLER, GBS LITIUMBATTERIER OG ELITE POWER BMS

3. Intelligent speedometer

Sideløbende med at gruppen arbejdede med integration af hele scooteren, arbejdede en medarbejder tilknyttet CUVA med udviklingen af et intelligent speedometer. Målet var at integrere en mindre computer i selve speedometeret således, at scooteren via trådløs forbindelse ville kunne kobles til internettet og muliggøre fjern-diagnosticering og tilkobling af GPS. Apparatet skulle yderligere integreres med BMS'en, således at man ville kunne aflæse alle batteriets værdier, log-fejl og antal op- og afladninger samt antal kørte kilometer.

Udviklingen af speedometeret foregik i to faser: Først blev designet udarbejdet, og derefter blev PCBs skematisk tegning samt designet af kassen sendt til en særlig virksomhed i Kina, som har specialiseret sig i at udvikle instrumenter til køretøjer. Den kinesiske partner producerede derefter en prototype, som efterfølgende blev sendt retur til Danmark og testet. Der blev i test fundet fire mindre fejl i PCB-en, som blev udbedret, og derefter blev den rettede PCB sendt til Kina igen. Gruppen modtog den første fejlfrie prototype af intelligente speedometre i slutningen af august 2014.



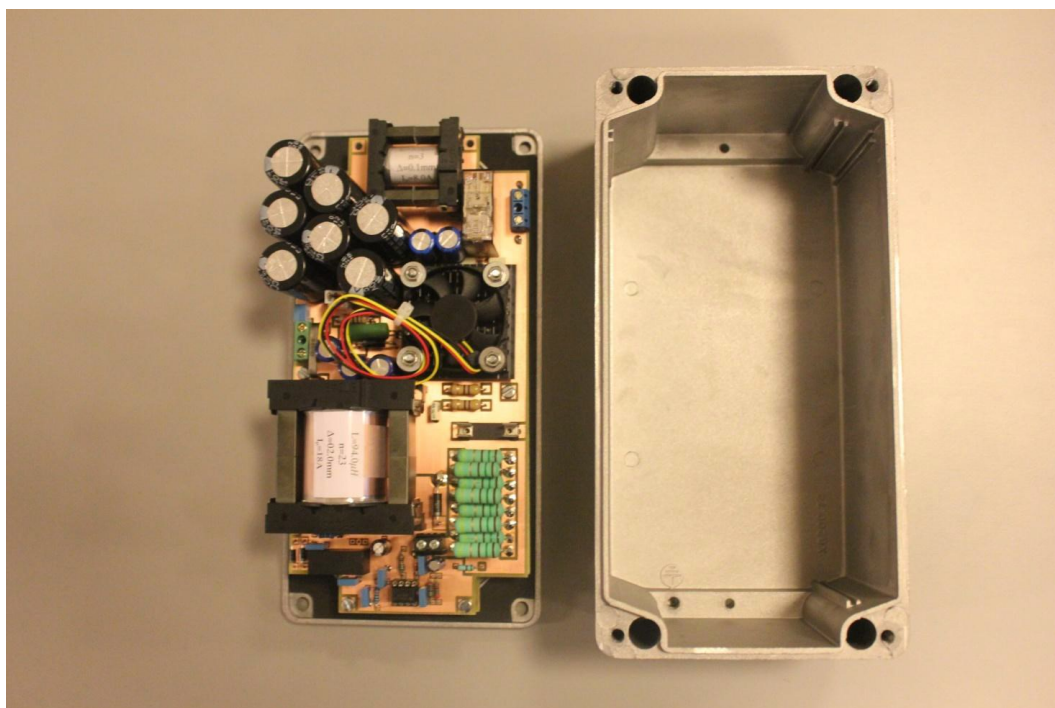
BILLEDE 3

INTELLIGENT SPEEDOMETER MED INDBYGGET KOMMUNIKATION TIL TRÅDLØS DIAGNOSTICERING OG LOG-FUNKTIONEN MED HUKOMMELSE (ANTAL KØRTE KM, ANTAL OP- OG AFLADNINGER, REGISTRERING AF SYSTEMFEJL MED REAL-TIME CLOCK FUNCTION). SPEEDOMETERET VISER HASTIGHED, ENERGIKAPACITET, SYSTEMFEJL, OG OM KØRETØJET ER I OPLADNINGSMODE, SAMT KLASSISKE FUNKTIONER INKL. BLINK- OG KØRELYS.

4. Udvikling af universal DC/DC converter

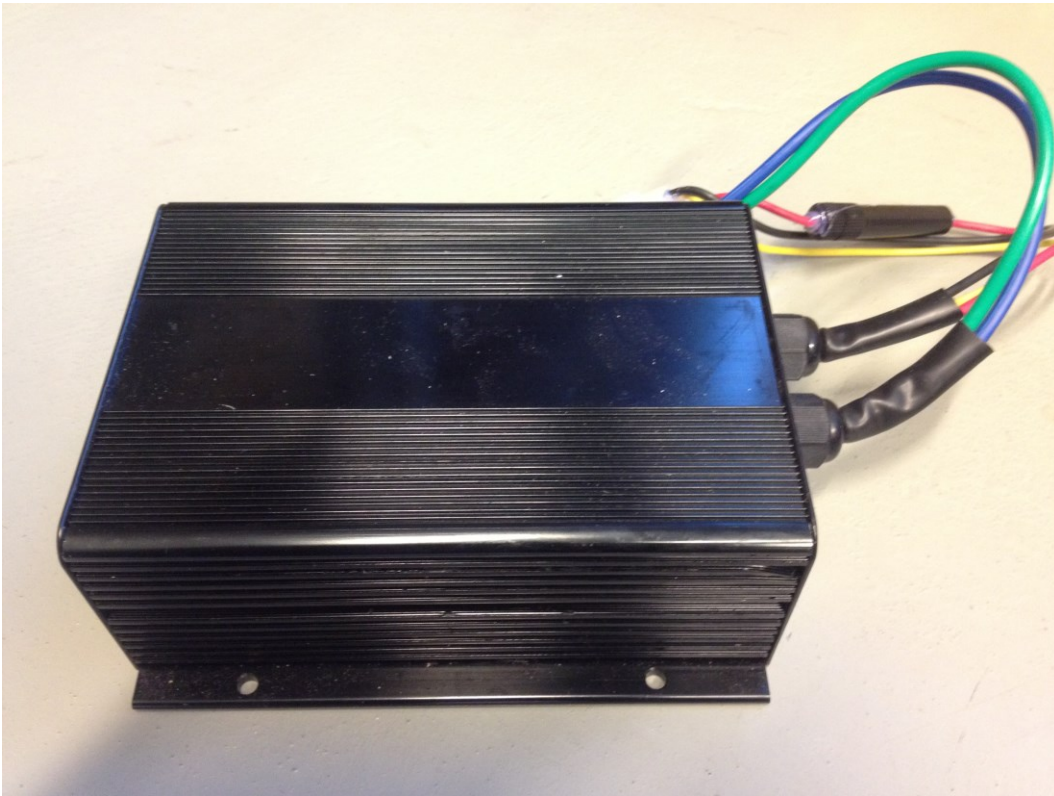
Udviklingen af en universal DC/DC converter, som konverterer batteriets høje spænding til 12V, som skal bruges til lys og andre funktioner i køretøjet, blev foretaget af DTU. Målet var at lave en "intelligent"/universal DC/DC converter, som selv kan udlede, hvilken spænding som føres i converteren, men som altid afgiver 12 V.

Ivan Loncarevic (IEV) har holdt møde med DTU i februar 2013, hvor det blev besluttet og aftalt, at universal DC/DC converteren skulle kunne klare alle spændinger mellem 24V og 87V. På den måde sikres det, at universal DC/DC converteren altid vil afgive præcis 12V, uanset om batteriet er fuldt ladet eller fuldt afladet.



BILLEDE 4
DEN FØRSTE PROTOTYPE UDARBEJDET AF TONNY W.RASMUSSEN, DTU, SEPTEMBER 2013

Converteren var færdigudviklet af DTU i slutningen af september 2013, og efterfølgende har IEV i perioden september til december 2013 videreudviklet converteren til optimalt brug i scooteren, d.v.s. redesignet den og placeret den i en water-proof kasse.



BILLEDE 5
87V-24V/12V UNIVERSEL DC/DC CONVERTEREN REDESIGNET OG KLAR TIL BRUG, IEV DECEMBER 2013

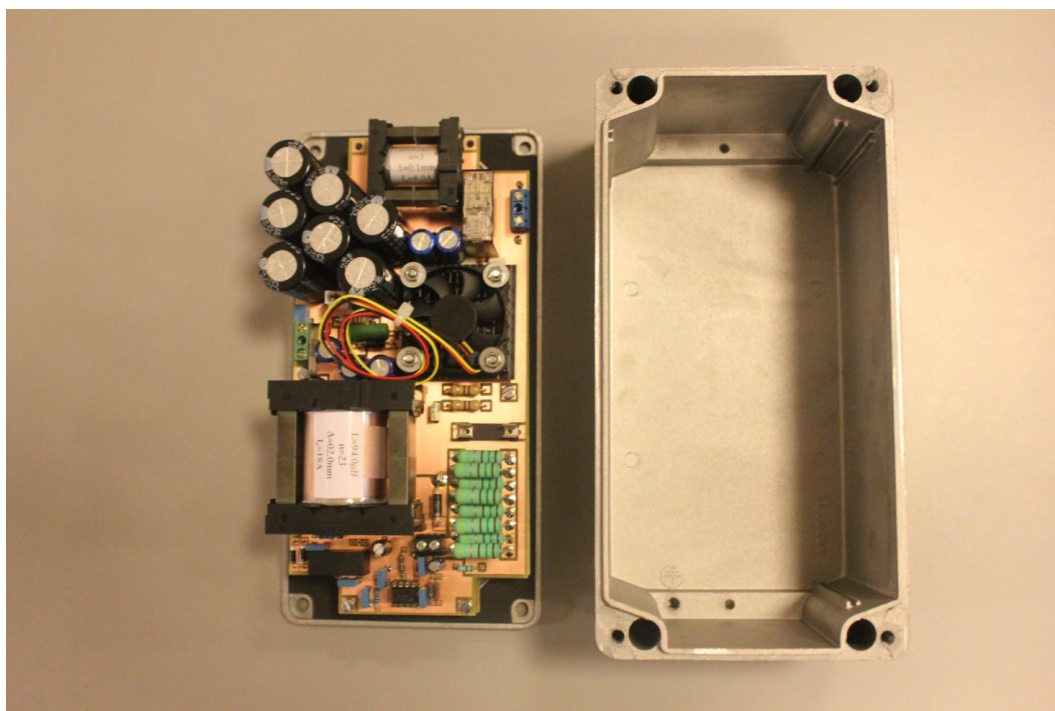
5. Integrationen af IEV Cargo

Integrationen af to stk. komplette IEV Cargo e-scootere blev påbegyndt i juni 2013.

En gruppe foretog integreringen af de mekaniske dele med hjul og bremsesystemer, mens en anden gruppe foretog integreringen af litiumbatteriet, BMS'en, motor controleren og laderen i køretøjet.

En specialist fra Sevcon var hos IEV i dagene 1.-3. juli 2013, hvor den endelig justering af motor controleren blev udført. Derefter testede IEV køretøjerne ved hjælp af almindelig kørsel, range tests og slope tests. Test viste, at begge køretøjer fungerer tilfredsstillende.

Køretøjerne kører 45km/t og accelerer fra 0-45km/t på fem sekunder. Range tests viser 154 km per opladning. Slope tests viser, at det enkelte køretøj kan trække sin egen vægt på 105 kg inkl. køreren (80 kg) og 160 kg last på en rampe med en vinkel på 28% fra 0 km/t. Maks. forbrug var 87Ampere (ved 60V) og maks. omdrejningsmoment var 143 NM.



BILLEDE 6

SLOPE TESTS BLEV FORETAGET PÅ EN 28% RAMPE HOS IEV



BILLEDE 7

IEV DISTRIBUTION SCOOTER - RAMMEN: SOM DET FREMGÅR, ER DER TALE OM EN EKSTRA STÆRK RAMME MED 35% TYKKERE RØR END HOS KLASSISKE SCOOTERE OG EN KONSTRUKTION MED TO PARALLEL RØR I BUNDEN OG TRE I MIDTEN FOR AT SIKRE EKSTRAORDINÆR HØJ BÆREEVNE.



BILLEDE 8

PLACERING AF BATTERIER: 2 STK. BATTERY BOXES



BILLEDE 9
IEV CARGO , 4KW BRUSHLESS IN-WHEEL MOTOR, 60V/100AH LI-ION BATTERI

6. Field test af IEV Cargo

IEV-Cargo scooter, som køretøjet nu er blevet døbt, blev testet i november måned 2013 af distributionsselskabet Nordtrans i Hillerød. Nordtrans beskæftiger sig med distribution af aviser og reklamer i Hillerød og Frederiksværk. Aktiviteterne foregår om natten. Nordtrans er som så mange lignende distributionsselskaber i Danmark især interesseret i elektriske scootere, da de får mange klager fra beboere på grund af benzinscooternes larm om natten, fordi distributionen typisk foregår i beboelseskvarterer.

Nordtrans har tidligere testet forskellige elektriske scootere, men har oplyst, at ingen af dem hidtil har kunnet opfylde firmaets behov, som er en el-scooter, der kan køre hele natten på blot én opladning, det vil sige ca. 60 km, med 80 kg aviser og reklamer (+ køreren) og med ca. 700-800 stop&go.

Nordtrans testede IEV-Cargo scooteren i løbet af november 2013, og IEV-Cargo kunne til fulde køre 60 km på blot én opladning trods de mange stop&go. Dermed har scooteren opfyldt det væsentligste krav. Tilbage meldingen fra Nordtrans efter testen er, at scooteren har tilstrækkelige kræfter, en god acceleration og en robusthed og opbygning, der gør det nemt at placere de forskellige kasser og tasker rundt omkring.

Nordtrans har endvidere rapporteret følgende:

- Firmaet ønsker bakgear på scooteren, så det er nemmere at styre scooteren på smalle villaveje. IEV kan meget nemt opfylde dette ønske ved at tilføje funktionen på styrerettet.
- Firmaet ønsker en lys-diode på styrerettet, så føreren kan aflæse adresser og lignende om natten. IEV kan opfylde dette ønske.
- Firmaet ønsker en finansieringsmodel over tre år således, at besparelser på benzin kan bruges til at finansiere køb af el-køretøjer. IEV har bedt Nordtrans om nøje at følge og registrere udgifter til benzin i en måned og efterfølgende at sende disse oplysninger til IEV. IEV vil på den baggrund udarbejde en finansieringsmodel.

Nedenstående er et eksempel på, hvordan en udregning kan se ud:

Number of working days annually: 300 Average km per day: 60 km

Energy Cost	Gasoline Scooter	Electric Scooter	Savings
Unit cost/energy	13 dkr/l	2dkr/kWh	
Annual Cost Energy	11.700 dkr	1.800 dkr	9.900 dkr
Maintainance cost	3.000 dkr	1.700 dkr	1.300 dkr
Total Cost 3 years	44.100 dkr	11.500 dkr	32.600 dkr

IEVs kvalificerede formodning er, at besparelserne ved at skifte fra benzinscootere til el-scootere er i størrelsesordenen af indkøbsprisen af selve el-scooteren, d.v.s., at el-scooterne så at sige vil betale sig selv over en periode på tre år.

IEV vil i løbet af januar 2014 udarbejde et konkret finansieringsforslag til Nordtrans baseret på de præcise beregninger af omkostninger ifm. firmaets nuværende benzinforbrug, når distribution foregår vha. scootere med forbrændingsmotorer.



BILLEDE 10
IEV CARGO MED NORDTRANS MEDARBEJDER PÅ

Energieffektiv e-scooter til professionelle transportopgaver

Projekt om udvikling af en scooter med en høj bæreevne på omkring 250 kg, dvs. 70 kg mere end en klassisk benzinscooter, og med en stærk in-wheel motor på 4 kW, inkl. litiumbatterier med en kapacitet på omkring 4kWh med henblik på at opnå en kørerækkevidde på omkring 160 km per opladning. Samme rækkevidde som en klassisk benzinscooter med en fem liter benzintank. Det overordnede mål var at udvikle et køretøj, der er fire-fem gange mere energieffektivt end en benzinscooter. Projektet er kørt af Industrial Electric Vehicle ApS og startede i 2013. Det rådgivende ingeniørfirma CUVA Aps og DTU udviklingen har indgået i projektet som har fået tilskud fra Miljøstyrelsens Program for Grøn Teknologi.



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Strandgade 29
1401 København K
Tlf.: (+45) 72 54 40 00

www.mst.dk