

MobileI

En demonstration av laddhybrider i Stockholm

December 2009



Dokumentinformation

Titel: MobilEI – En demonstration av laddhybrider i Stockholm

Projektledare: Björn Hugosson, Miljöförvaltningen i Stockholm, , 08-508 28 940,
bjorn.hugosson@miljo.stockholm.se samt Joachim Skoogberg, Fortum, 08 671 70 32
joachim.skoogberg@fortum.com

Huvudförfattare: Vesna Lucassi, WSP Analys & Strategi, 08-688 77 86,
vesna.lucassi@wspgroup.se

Datum: 2009-12-15

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Projektet MobilEl	1
1.2 Varför ett fältförsök?	1
2 En utblick.....	3
2.1 Oljeberoende, transporter och klimat	3
2.2 Elmotorn jämfört med förbränningsmotorn	4
2.3 Begrepp	4
3 Försöket i korthet.....	6
3.1 Försöksområdet	6
3.2 Testförarna	6
3.3 Fordonen	6
3.4 Projektupplägg	7
4 Utvärderingspaketet	8
4.1 Om utvärderingen	8
4.2 Datainsamling	8
5 Tekniken	10
5.1 Fordonen	10
5.2 Laddstationerna	11
5.3 Utveckling, verifikationer och tester	12
6 Resultat.....	14
6.1 Attityder, acceptans, användarreaktioner	14
6.2 Fordonseffekter	28
6.3 Miljöeffekter.....	38
6.4 Etablering av laddplatser – lagar, regler och policyfrågor	40
6.5 Behov av laddinfrastruktur.....	43
6.6 Guide för installation av laddstolpar	47
7 Slutsatser och reflektioner	48
7.1 Slutsatser	48
7.2 Reflektioner och rekommendationer	49

Bilaga 1: Utvärderingsmetodik och centrala frågeställningar

Bilaga 2: Lista över mätindikatorer

Bilaga 3: Datatillgång

■ Förord

Under 2008-2009 genomförde Stockholms stad och Fortum, med finansiellt stöd av Energimyndigheten, ett gemensamt kunskapsuppbyggande projekt om laddhybridbilar i tätort. Fem av Fortums tjänstebilar utrustades med ett extrabatteri och gjordes om till laddhybridbilar så att de skulle kunna köra en stäcka på cirka 3-4 mil på bara el, det vill säga en vanlig dags stadskörning i Stockholm.

Under 2008 planerades försöket och installationen i bilarna påbörjades. Året därpå genomfördes huvuddelen av det praktiska försöket, varpå resultaten sammanställdes och analyserades.

Ett stort tack riktas till alla medverkande som har bidragit till projektet: Stockholms stad, Fortum, Ecotrafic och WSP; alla samarbetspartners vid NILAR, ETRON och Test Site Sweden och deras samarbete med Argonne National Laboratory (USA). Tack också till den referensgrupp som stöttat projektet med expertkunnande: TSS Test Site Sweden, Bil Sweden, KTH/Svenskt Hybridfordons-centrum, IVA-Vägval Energi, Stockholm Parkering, Vägverket samt Energimyndigheten.

Ett särskilt tack riktas till alla testförare, vars enkätsvar, goda utvecklingsidéer och engagemang har varit mycket viktiga för utvärderingen.

Syftet med projektet har varit att ge information och vägledning inför fortsatta överväganden av ett införande av laddhybridbilar och laddstolpar i större skala i Stockholm. I denna rapport redovisas bakgrund, genomförande och resultat. Den är sammanställd av WSP (redaktör), med bidrag från övriga projektdeltagare.

I projektgruppen har följande personer ingått: Björn Hugosson, Stockholms stad (projektledning, regelverksutredning), Joachim Skoogberg, Fortum (projektledning och teknik), Emilia Käck, Fortum (laddstolpar och fältförsök), Lars Eriksson, Ecotrafic (loggutrustning och teknisk utvärdering), Vesna Lucassi, WSP (utvärdering, regelverksutredning och dokumentation) och Maria Nilsson, WSP (utvärdering).

*Projektledningen i MobilEl
December 2009*

Björn Hugosson (Miljöförvaltningen Stockholms stad)

Joachim Skoogberg (Fortum)

■ Sammanfattning

Stockholms stads miljöförvaltning och Fortum har under åren 2007-2009 tillsammans drivit projektet MobilEl för att undersöka förutsättningarna inför en storskalig introduktion av laddhybrider. Projektet har försökt besvara frågor kring användarreaktioner, fordonsteknik, laddning, miljöprestanda och regelverk.

Fem av Fortums ordinarie hybrid-tjänstebilar (Toyota Prius) gjordes om till laddhybridbilar. Genom att utrusta dem med ett större batteri (en sk batteridrivnen ombordladdare) kunde de laddas direkt från elnätet och köras en längre sträcka på el. Projektets testförare fick sedan använda fordonen i tjänst i tio månader.

Försökets laddhybridbilar fungerade som dagliga tjänstefordon i stadstrafik. Testförarna var nöjda med sina erfarenheter och ville gärna ha kvar laddhybriden som tjänstebil även efter försökets slut. De uppger att de ändrat körstil och körbeteenden under försökets gång och att de kör lugnare och med mjukare acceleration och inbromsning. Det huvudsakliga skälet till detta är att de vill optimera miljönyttan. Det är framför allt de förare som körde i innerstadsmiljö som hade störst möjlighet att utnyttja testfordonens potential.

Det är stor skillnad på fordonens genomsnittliga bensinförbrukning och bensinförbrukningen vid maxprestation. Merparten av testfordonen kördes förhållandevis lite på el vilket berodde på att de inte laddades varje natt och att laddhybridridriften inte alltid aktiverades vid start. I fältförsöket var den genomsnittliga bensinbesparingen cirka 13 procent, medan besparingen var den dubbla för de bilar som använde mest el. När laddhybriden var fulladdad med el, eldriften igång och körstilen optimal minskade bränsleförbrukningen än mer. Potentialen för minskad bränsleförbrukning för de fem testfordonen bedöms vara uppemot 50 procent. Resultaten visar tydligt att det finns ett stort utrymme för att arbeta med teknik och stödsystem för att uppnå besparingar.

Laddningen bör vara så enkel som möjligt, genom exempelvis lediga och lättillgängliga laddplatser, bra belysningen och smidiga kontaktplaceringar. Testförarnas grundläggande laddbehov täcktes av långsamladdning nattetid hos arbetsgivaren. För privatbruk efterfrågar testförarna i första hand långsamladdning nattetid vid det egna hemmet. Utredningen av gällande regelverk visade att det i dagsläget är avsevärt enklare att etablera laddplatser på tomtmark än på gatumark. Etablering av laddplatser inomhus kräver ett klargörande av säkerhetsaspekterna.

■ Summary

During 2007-2009, the City of Stockholm Environment & Health Administration and Fortum implemented the MobilEl project to assess the requirements for large-scale introduction of plug-in hybrid electric vehicles (PHEV). The project studied issues related to user experiences, vehicle techniques, charging, environmental performance, and the necessary regulatory frameworks.

Five of Fortum's ordinary hybrid company cars (Toyota Prius) were converted to become PHEV. By installing a large battery (a so-called battery-driven onboard charger), the vehicles could be charged directly from the electricity network and driven a longer distance using electricity. The project's test drivers then drove the vehicles over a ten-month period.

The MobilEl PHEV functioned as normal company cars in city traffic. Test drivers were positive and expressed the wish to retain PHEV as company cars after the completion of the project. Drivers reported that they changed their driving style and behaviour during the tests, and that they now drive in a more sedate fashion, with softer acceleration and braking. The main reason for this is that the drivers wanted to optimise environmental benefits. Above all, drivers who drove in the inner city had the greatest opportunity to exploit the full potential of the test PHEV.

There was a large difference between the vehicles' average petrol consumption and petrol consumption when operating at maximum performance levels. The majority of the test vehicles were driven relatively little on electricity, which meant that they were not charged each night and that the plug-in hybrid functions did not always activate when starting the vehicle. In field trials, the average petrol saving was approximately 13 percent, whilst the saving was double in vehicles which used most electricity. When the PHEV were fully charged with electricity, electrical use was functioning and the driving style was optimal, fuel consumption was further reduced. The potential fuel consumption reduction for the five test vehicles is estimated to be around 50 percent. The results clearly show that there is great potential to continue working with both the technique and support systems to achieve further reductions.

Charging should be as easy as possible by, for example, using free and accessible charging points, good lighting and excellent contacts. The basic charging needs of test drivers were provided for with slow, overnight charging at the workplace. For private use, test drivers primarily prefer slow, overnight charging facilities in their own homes. The assessment of existing regulations showed that, at present, it is decidedly easier to install charging points in buildings than on streets. Installation of charging points requires the clarification of safety aspects by national authorities.

■ 1 Inledning

1.1 Projektet MobilEl

Under senare tid har flera stora biltillverkare signalerat att de kommer att lansera serieproducerade laddhybrider och elbilar. För att undersöka förutsättningarna inför en storskalig introduktion av laddhybrider inledde Stockholms stads miljöförvaltning och Fortum hösten 2007 ett samarbete, MobilEl. Genom att både granska regelverket och testa laddhybrider och laddstationer har en djupare förståelse erhållits för hur dessa slags bilar skulle kunna fungera i samhället.

Projektet har finansierats av Stockholms stad, Fortum och Energimyndigheten, och har drivits i nära samarbete med en rad leverantörer och utvecklare, som exempelvis Nilar från Sverige (batteri- och systemlösning), Test Site Sweden och deras samarbete med Argonne National Laboratory i USA.

1.2 Varför ett fältförsök?

Stockholm har länge drivit ett strategiskt och målmedvetet miljöarbete. Nyligen utsågs staden till Europas första miljöhuvudstad 2010. Genom programmet ”Miljöbilar i Stockholm” driver staden en satsning att snabba på övergången till miljöbilar och förnybara fordonsbränslen, och i ”Stockholm: Elbilstad 2030” har man tillsammans med Fortum formulerat visionen att Stockholm ska bli en utsläppsfri bilstad i världsklass. För att nå detta mål vill staden satsa på att utveckla infrastrukturen för laddning av elbilar och standardisera laddstolpar.

Samhället och kraftindustrin kan inom kort stå inför en situation med ett stort antal förare som vill kunna ladda sina bilar hemma, vid arbetsplatsen, köpcentra, och vid andra platser där de normalt brukar parkera. En sådan situation väcker ett antal frågor. Genom det gemensamma projektet MobilEl har Stockholms stad och Fortum skaffat sig ett bättre kunskapsunderlag och därigenom kunnat förbereda sig bättre på en marknadsintroduktion av eldrivna fordon.

Laddhybrider och elbilar representerar en ny typ av belastningar i elnäten. För Fortum, som äger elnätet i Stockholm, innebär detta att man måste utreda var och i vilken takt infrastruktur för laddning behöver utvecklas. Fortum måste dessutom undersöka förutsättningarna för att få teknik, elanvändning och olika laddningslösningar att fungera i stor skala.

Projektet MobilEl ska ses som en del i stadens och Fortums kunskapsuppbyggnad kring laddhybrider, men kan förhoppningsvis också leda fram till kunskaper som kan vara till nytta även för andra städer, energibolag och fordonstillverkare. Projektet har försökt besvara frågor kring:

- användarnas reaktioner och möjligheter att anpassa sig till bilarnas funktion
- hur laddhybridsystemet påverkar funktionalitet och servicebehov
- hur fordonens miljöprestanda och energiförbrukning förändras
- hur och var infrastruktur för laddning behöver utvecklas
- tillståndsprocesserna för uppförande av laddplatser
- tekniska hinder och möjligheter vid ett generellt införande
- miljöpåverkan och trafiksäkerhet

■ 2 En utblick

2.1 Oljeberoende, transporter och klimat

Industriländerna, däribland Sverige, har i decennier byggt sin välfärd på en generös användning av oljetillgångar. De senaste åren har klimatpolitiken inriktats mot att vända oljeberoendet och minska utsläppen av växthusgaser. Att vara beroende av olja för sin energiförsörjning medför också andra slags risker, som ökad utsatthet för tillgång och prissättning, när oljetillgångarna sinar och oljan blir dyrare. Världssamfundets gemensamma ambitioner har därför idag ett tydligt fokus på att avveckla oljeberoendet, effektivisera energianvändningen och successivt ersätta de fossila energikällorna med förnyelsebar energi.

Europa, som svarar för cirka 14 procent av världens koldioxidutsläpp, har genom EU ställt hårda krav på framtida energianvändning. Stats- och regeringscheferna har enats om att EU till år 2020 ska ha minskat koldioxidutsläppen med tjugo procent. Dessutom ska tjugo procent av EU:s energikonsumtion komma från förnybara energikällor och EU ska uppnå en total energieffektivisering om tjugo procent.

I Sverige har utsläppen av växthusgaser minskat i nästan hela samhället, men i likhet med de flesta andra länder i världen fortsätter de att öka i transportsektorn. Transportsektorn står för nära en tredjedel av alla utsläpp av växthusgaser, och den största delen kommer från vägtrafik. I regeringens klimatproposition föreslås mål och strategier som bland annat innebär:

- att halva Sveriges energianvändning år 2020 ska komma från förnybara energikällor
- att Sverige år 2030 ska ha en fordonsflotta som är oberoende av fossil energi
- att Sveriges nettoutsläpp av växthusgaser vid mitten av seklet ska vara noll

Sammantaget innebär Sveriges klimatmål för år 2020 att utsläppen av växthusgaser ska ha minskat med 40 procent.

Om oljeberoendet på fordonssidan ska kunna minskas krävs parallella insatser. Det handlar både om att få fram fordon som konsumerar så lite energi som möjligt, men också om att skapa fler bränslealternativ. Världsnaturfondens rapport "Plugged In: The End of the Oil Age" visar till exempel att vägtrafikmålen skulle vara möjliga att uppnå genom en snabb och storskalig övergång till energieffektiva fordon och man pekar särskilt på fordon som helt till största delen drivs med el. Nyttan för klimatet beror också på hur elen produceras. I de flesta länder kommer elen från kolkraft. I dessa fall blir inte eldrivna fordon till lika stor nytta för klimatet. Om den el som fordonen drivs med istället kommer från en elproduktion som är baserad på förnybara energikällor är potentialen avsevärt större.

2.2 Elmotorn jämfört med förbränningsmotorn

Eldrift har länge ansetts vara den framtida ersättningen för fossilbränslen och olika varianter av elbilar har testats och demonstrerats under åren. I en vanlig bil med förbränningsmotor kommer bara en tredjedel av energin till användning. Resten går bort framför allt i form av värme. En elmotor är stark, ren och tyst och är generellt sett upp till tre gånger mer effektiv än en förbränningsmotor. En generell uppskattning är att en elbil drar någonstans mellan 1-3 kWh/mil. Samtidigt är den ständiga utmaningen för elmotorns användning batteriet.

2.3 Begrepp

Det finns olika slags eldrivna bilar. Man brukar skilja på *”renodlade elbilar”*, *”elhybridbilar”*, *”laddhybridbilar”*. En renodlad elbil har bara en elmotor och kan därför bara drivas med el. En elhybridbil drivs av både en elmotor och en förbränningsmotor. Elhybridbilen har ett batteri som laddas under färd, men den kan inte laddas från ett eluttag. En laddhybridbil är en hybridbil som kan laddas från ett eluttag.

En *”renodlad elbil”*¹ är en bil med en elmotor (eller flera) som enbart körs på el från ett stort batteri. Batteriet är stort och kan väga upp emot 500 kg, men å andra sidan har dessa slags bilar inte någon tung förbränningsmotor i sig. Rena elbilar har seglat upp som ett av de hetaste områdena för investeringar inom alternativ energi. Runtom i världen, exempelvis i Europa, USA, Japan och Kina, pågår stora riskkapitalinvesteringarna till elbilsprojekt. Flera biltillverkare säger sig ha rena elbilar ute på marknaden inom kort, med litiumjonbatterier och en räckvidd på uppemot cirka tio mil vid stadskörning.

En *”elhybridbil”*² har två motorer; en vanlig förbränningsmotor och en elmotor. Elmotorn kan ses som en ”hjälpmotor” som används som ett komplement till förbränningsmotorn. Under färd kan båda motorerna arbeta för att driva bilen, antingen tillsammans eller var och en för sig. För att inte elmotorns batteri ska laddas ur måste det kunna laddas om. Elhybridbilar använder förbränningsmotorn för att ladda elmotorns batteri under färd, men också inbromsningar och tomgång används för laddning. En förare kan alltså inte själv välja att köra bilen på el; eldriften aktiveras automatiskt i låga hastigheter, och den går heller inte att ladda i ett vägguttag. Den mest välkända elhybridbilen är idag Toyota Prius som har haft en avgörande betydelse för genombrottet av elhybridbilar. Tekniken finns också på försök i bussar och lastbilar. Ett omskrivet problem är batterikapaciteten och den korta elräckvidden (upp till en mil).

¹ En renodlad elbil kallas ibland också BEV ”Battery Electric Vehicle”, vilket är den amerikanska benämningen.

² Den amerikanska benämningen för elhybridbil är HEV ”Hybrid Electric Vehicle”.

Med **”laddhybridbilar”**³ åsyftas enkelt uttryckt en elhybridbil som har en elkontakt. Dessa slags bilar fungerar som elhybridbilar, men det går också att ladda dem i vanliga eluttag. En laddhybridbil har ett batteri som kan laddas både från en förbränningsmotor, från en elmotor/generator (vid t ex inbromsning) och via anslutning till det fasta elnätet. Till skillnad från elhybridbilarna har en laddhybridbil ett betydligt större batteri. Därmed kan de köras en längre sträcka på bara el. de aktörer som planerar lansera lhbd säger att räckvidden kommer motsvara 10-70 km. Räckvidden med eldrift motsvarar idag sträckor som räcker för stadskörning innan förbränningsmotorn går igång. Laddhybrider finns ännu inte i storskalig serieproduktion, men flera biltillverkare har tagit fram kommersiella modeller. Ibland används ordet laddbil som samlingsbegrepp för bilar som kan laddas från ett eluttag, dvs elbilar och laddhybrider.

³ Den amerikanska benämningen för laddhybriden är PHEV ”Plug-In Hybrid Electric Vehicle”.

■ 3 Försöket i korthet

3.1 Försöksområdet

Fältförsöksområdet begränsades till de områden i Stockholms län där Fortum är nät-ägare, dvs Stockholm stad, Lidingö och Täby.

3.2 Testförarna

Testförarna bestod av tio personer anställda av Fortum. Samtliga var förare till tjänstebilar (ej förmånsbil) inom Fortum Distributions nätplanering. Tre testförare hade varsin laddhybridbil, medan övriga förare delade på två laddhybridbilar (pool-förare).

3.3 Fordonen

Fem av Fortums ordinarie hybrid-tjänstebilar gjordes om till laddhybridbilar. Bilarna var Toyota Prius-bilar och ingick i Fortums ordinarie tjänstebilsflotta. Genom att utrusta dem med ett större batteri (en sk batteridrivnen ombordladdare) kunde de laddas direkt från elnätet och köras en längre sträcka på el.



Bild 1: Tre av testbilarna under ombyggnad i ETRONS garage.

Bil nr	Placering	Antal förare
1	Johanneshov	1
2	Johanneshov	1
3	Hangövägen	Poolbil
4	Hangövägen	Poolbil
5 (Anm)	Västberga	1

Anm – denna bil användes endast under en begränsad del av försöket.

3.4 Projektupplägg

Den första bilen utrustades sensvåren 2008 och användes för testkörningar och evenemang. Under sommaren och hösten installerades extrabatterier i övriga testfordon. I november och december 2008 gjordes bilarna om och utrustades med mätutrustning. Bilarna blev driftklara och i januari 2009 kunde själva fältförsöket starta.

Fältförsöket inleddes med att laddhybrid-driften kopplades ur och bensin- och elförbrukning mättes i ett "noll-läge" (den sk noll-mätningen). Därefter aktiverades laddhybrid-driften och en långtidsmätning och en enkätundersökning med testförarna genomfördes. Under sensvåren 2009 påbörjades arbetet med att identifiera eventuella hinder i regelverk och tillståndshantering. Under hela denna period installerade Fortum laddstationer på olika platser i enlighet med en fastslagen utrullningsstrategi. Fältförsöket avslutades i september 2009, med att testförarna besvarade en slutenkät (sk "efterenkät") och deltog i avslutande intervjuer.

■ 4 Utvärderingspaketet

4.1 Om utvärderingen

Det är viktigt med utvärderingar i offentlig verksamhet. De utgör beslutsunderlag vid beslutsfattande och utveckling och ligger till grund för hur statliga medel ska användas. För att elhybrider och elfordon ska användas i stor skala, behöver kommuner och nätbolag få kunskap om behoven vid en marknadsintroduktion. Det gäller både krav och behov av förändringar i regelverk och tillståndshanteringar, men också förståelse för användarnas reaktioner och behov och teknikens möjligheter och begränsningar. Men det handlar också om att kunna utforma styrmedel som kan påverka utvecklingen i den riktning man önskar.

Utvärderingen i MobilEl är utformad för att kunna ge svar på de viktigaste frågeställningarna om laddhybrider, laddning och effekter. Utvärderingen har utformats med en sk deduktiv undersökningsansats. Utifrån hypoteserna har sedan en lista med mätindikatorer tagits fram. Listan användes vid utformningen av enkäter och intervjuguider och fastställande av effektmått.



Utvärderingsmetodik och lista med mätindikatorer beskrivs utförligare i bilaga 1 och bilaga 2.

4.2 Datainsamling

Utvärderingen hade fyra fokusområden: testföraren, fordonet, laddstolpen och effekter. Undersökningsmaterialet togs fram genom fyra olika metoder: enkäter, loggböcker, loggutrustning och sammanställning av teknisk data.

Enkäter

Varje testförare fick besvara enkäter före, under och efter fältförsöket. (Testförarna intervjuades också för att verifiera enkätdata.)

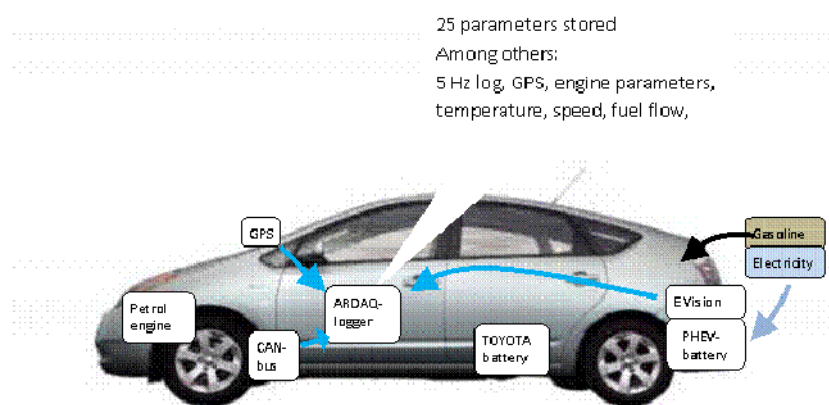
Loggböcker

I varje fordon placerades en "tankningslogg", som testförarna fick fylla i varje gång de tankade. Loggboken användes som ett komplement till de loggdata som genererades automatisk med loggutrustningen (se nedan). Även en "felloggningsbok" placerades i bilarna, där testförarna noterade de fel som inträffade under körningen.

Loggutrusning

I bilarna monterades en elmätare och en ARDAQ, Argonne Real-time Data AcQuisition System for Vehicles). ARDAQ är utvecklad av den amerikanska energimyndigheten DOE, Department of Energy, för att automatiskt läsa av data i bilen. Ett stort antal parametrar lagras med en hastighet av fem värden per sekund (5 Hz).

För att få mer information om extrabatteriet användes den amerikanskstillverkade EVision, som sammankopplades med ARDAQ. All loggdata lagrades i ARDAQ-enheten och en ny fil skapades varje gång bilen startades. Bilden visar loggutrusningen schematiskt.



Figur 2: Schematisk bild över loggutrustning

Tekniska data

En mängd tekniska data samlades in under utveckling, verifiering och tester. Dessa data ingick i den tekniska utvärderingen av systemet.

■ 5 Tekniken

5.1 Fordonen

I försöket gjordes fem Toyota Prius-bilar från Fortums Nätplaneringsverksamhet om till laddhybridbilar. Bilarna kompletterades bara med ett extrabatteri av nickelmetallhydridtyp (NiMH). Genom att utrusta bilarna med ett större batteri kunde de laddas direkt från elnätet och köras en avsevärt längre sträcka enbart på el.

En Toyota Prius går bara på el i låga farter, upp till 47 km/h. Därefter går bensenmotorn igång. Eftersom inga förändringar gjordes i Toyota Priusens system, innebär detta att också de ombyggda laddhybridbilarna kunde gå på el bara i låga farter, upp till 47 km/h⁴.

NiMH-Batteriet utgörs av ett batteripack som består av 22 stycken celler om 24V nominell spänning vardera och 9Ah. Det ger med två parallellkopplade kretsar om 11 celler en total batterispänning på 264V, samt ca 4,7 kWh tillgänglig batterikapacitet.

Extrabatteriet monterades i fordonets reservhjulbrunn, där även styrelektroniken och en ombordladdare (AC/DC omformare) sitter. Laddaren till batteripacket är en Brusa NLG5 med en laddningseffekt om 1,6 kW. Den behövs för att bilarna ska kunna laddas från vanliga vägguttag med 10A säkring.



Bild 3 : Extra batteri och ombordladdare i reservhjulbrunnen.

⁴ Det har inte funnits någon möjlighet att påverka denna hastighetsgräns inom ramen för projektet. Vid en serieproduktion av laddhybridbilar kommer en optimering säkerligen att ske.



Bild 4: Tillfällig serviceskärm vid instrument panelen.

I samma utrymme monterades en elmätare för att kunna kontrollera hur mycket el som laddas under färd. Utöver denna elmätare har fordonen också utrustats med loggdatautrusning, sk ARDAQ. ARDAQ:en ”lyssnar” på fordonets CAN-bus samtidigt som den loggar mätdata från batteripacket. Utrustningen som mätte energiflödena i och ur extrabatteriet, sk EVision, var sammankopplad med ARDAQ för att enkelt kunna skapa loggdatafiler för analyser efter försökets slutförande.

5.2 Laddstationerna

De flesta bilarna kommer i framtiden sannolikt att laddas i vanliga eluttag och motorvärmareuttag vid hemmet eller på parkeringsplatser vid jobbet där bilen tillbringar många timmar stillastående. Här finns dock frågetecken kring vilka säkerhetsregler som gäller för laddning av eldrivna fordon som är kopplade till inomhusladdning med kommande generation batterier.

Ett införande av laddhybridbilar i större skala är särskilt intressant för Stockholms stad och Fortum, eftersom publika laddningsstationer måste uppföras på strategiska platser runtom i Stockholm. Flera frågetecken kvarstår dock, som exempelvis betalningssätt och tillståndsregler.

Projektet MobilEl har fokuserat på att få kunskap om hur laddhybridbilar används i tjänsten och var testförarna har velat ladda dem.

Projektets testförare har givits möjlighet att ladda:

- i vanliga uttag, i Fortums garage, och på parkeringsplatser
- i en enuttagsstolpe, Elektrobay,
- i en dubbeluttagsstolpe, Garo 1, som är kopplad till en betalautomat,
- i en dubbeluttagsstolpe, Garo 2.

Samtliga stolpar är i enfas med Schüco-uttag, dvs ett vanligt eluttag på 230V/ 16A.



Bild 5: Laddstation - Elektrobay.



Bild 6: Laddstation - "Garö 1".



Bild 7: Laddstation - "Garö 2"

Elektrobay har ett uttag innanför en låst lucka. Luckan öppnas med en RFID-nyckel, som är personlig för varje bil. Luckan kan bara öppnas med den RFID-nyckel som startar laddningen. I stolpen lagras information om vilket fordon som laddats, när och hur mycket.

Garö 1 har två eluttag. Strömmen tillförs efter att man har betalat i en automat. Fältförsökets fordon laddade gratis.

Garö 2 finns i två utföranden. Dels som en stolpe med två uttag, en nyckel för att komma åt kontakten och ständigt påslagen ström. Och dels som en stolpe som är sammankopplad med en kontokorts- och myntbaserad betalautomat, där strömmen slås på efter betalningen.

5.3 Utveckling, verifikationer och tester

Eftersom laddhybrider ännu inte finns på marknaden var projektet tvunget att göra en egen prototyplösning. Även om projektet la stor omsorg på tester och verifikationer, uppstod ändå oväntade fel. Felen uppstod framför allt för att Toyota Priusens ursprungliga teknik inte är förberedd för de installationer som gjorts för försöket:

- Loggningsutrustningen som monterades för att via den sk CAN-busen "lyssna av" fordonets tekniska styrparametrar orsakade ibland störningar i fordonets styrsystem. Detta ledde till att det då genererades felkoder med mindre driftstörningar som följd.
- I elektroniken som reglerar hur elektrisk energi överförs från det större extra-batteriet till det ursprungliga Toyotabatteriet finns en reläteknik. Vid några tillfällen

uppstod det spänningsspikar i detta reläsystem, vilket ledde till att det genererades felkoder med driftstörningar som följd.

- De battericeller som installerats i det stora batteripacket var prototyper. En del av battericellerna var defekta och slutade att fungera. Efter utbyte av batteripackar i fordonen upphörde problemen.
- Det ursprungliga bilbatteriet i en Toyota Prius är mindre än ett vanligt batteri (12V) och har därför ett mycket litet energiinnehåll. Detta batteri urladdades vid flera tillfällen på grund av all den elektronik som installerats i fordonen. Bilarna har vid dessa tillfällen inte kunnat öppnas eller startas. Detta problem är känt bland annat i taxibranschen, som också har energikrävande utrustning. Felet avhjälpes genom att det ursprungliga Toyotabatterierna byttes ut till samma slags 12V-batterier som används i taxibilar.

■ 6 Resultat

6.1 Attityder, acceptans, användarreaktioner

6.1.1 Testförarnas reaktioner

Testförarna – en homogen grupp

Den typiske testföraren är en man. Han är en van bilförare, har haft körkort länge och har ett uttalat teknik- och miljöintresse. Han är intresserad av laddhybrider och är generellt sett positiv till att få köra en laddhybridbil. Förarnas reaktioner av försöket utvärderades genom enkäter och intervjuer, och ligger till grund för följande kapitel.

Körvanor i tjänsten

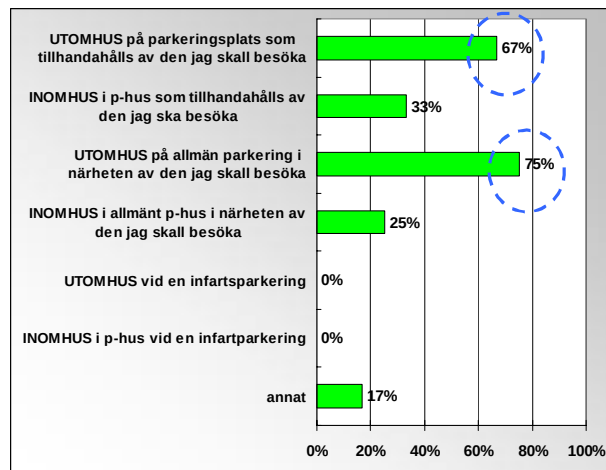
Samtliga förare har nyttjat laddhybridbilen för ärenden och besök hos Fortums kunder. Ingen av förarna har transporterat större varor eller gods. Något mindre än hälften av testförarna har kunder i Stockholms innerstad och uppger att de använt laddhybridbilen mestadels i innerstadsmiljö. En av tio förare har kört mest i ytterstadsmiljö.

	Procent	
mest innerstadsmiljö	44%	
mest ytterstadsmiljö	11%	
blandat innerstads- och ytterstadsmiljö	44%	
Total	100%	

Fråga: I vilken slags trafikmiljö har du vanligtvis kört laddhybridbilen?

Laddhybriderna parkeras i regel utomhus och står stilla större delen av dagen.

Förarna anger att de vanligtvis parkerade laddhybriderna utomhus, men i enstaka fall även i P-hus. De parkerade bilarna två till tre gånger om dagen, oftast på allmänna parkeringar, men även på kundens parkeringsplatser. Förarna uppskattar att bilarna stod parkerade omkring fem timmar per arbetsdag.



Fråga: Var brukar du parkera din tjänstebil när du är ute i tjänsten?

Testförarna har laddat nattetid på Fortum

Nio förare anger att de vanligtvis parkerade vid laddplatserna i Fortums garage över natten. En förare har haft sin bil parkerad hemma och har istället laddat sin bil dagtid på Fortum. Fyra testförare anger att de emellanåt har "extraladdat" laddhybriderna även kortare stunder under dagtid. Ungefär en tredjedel av testförarna uppger att de ibland har behövt ladda på annan plats än Fortum. Det har inte känt till om det har funnits några laddmöjligheter hos kunderna de besökt.

	Procent	
nattetid - i Fortums garage/parkering	90%	
nattetid - på annan plats	0%	
dagtid - i Fortums garage/parkering	10%	
dagtid - på annan plats	0%	
jag laddade aldrig laddhybridbilen	0%	
Total	100%	

Fråga: Var brukar du vanligtvis ladda laddhybridbilen?

Åtta av testförarna uppger att de inte haft några problem med laddningen. Två stycken uppger dock laddningsproblem, som exempelvis:

- laddplatsen har varit upptagen eller blockerad av andra bilar
- det har varit alltför tidskrävande att parkera vid laddplatsen i Fortums garage
- laddningskabel har saknats eller inte varit tillräckligt lång

Under de intervjuer som genomfördes med förarna efterlystes laddstolpar med utdragbar sladd. Man menade att sladden lätt blir smutsig om den hänger kvar vid stolpen och pekade också på att det är viktigt att det finns sladdar både i bilen och vid laddstolpen.

De flesta aktiverade elfunktionen - men inte alltid

Förarna var av tekniska skäl tvungna att aktivera laddhybridriften manuellt genom att trycka in en knapp vid start. Av tekniska skäl gick det bara att köra på enbart el i låga farter (upp till 47 km/h) och så länge batteriet var laddat.

Sju av testförarna anger i enkäten att de kom ihåg att aktivera laddhybridriften.

	Procent	
ja, alltid	70%	
ja, ofta	20%	
ja, ibland	10%	
ja, men sällan	0%	
nej, aldrig	0%	
Total	100%	

Fråga: Brukar du aktivera "elfunktionen" när du startar laddhybridbilen (dvs. att trycka på knappen som slår igång laddhybridriften)?

Att köra laddhybrid påverkar inte planeringen, men väl körbeteendet

Hur har då testförarna påverkats av att köra laddhybridbil? Sju av tio testförare anger att laddhybridbilen inte hade någon inverkan på deras körplanering, Sex av tio testförare uppger att de anpassade sin körning efter laddhybridriften och försökte hålla låga hastigheter.

	Procent	
ja, alltid	0%	
ja, ofta	0%	
ja, ibland	30%	
ja, men mycket sällan	0%	
nej, aldrig	70%	
Total	100%	

Fråga: Tycker du att du har behövt PLANERA dina körsträckor efter laddhybridbilens förmåga?

De förare som anser sig ha förändrat sin planering uppger att de valt andra vägar för att utnyttja den extra batterikapaciteten så mycket som möjligt. Det var utmaningen att få laddhybridbilen att köra på el som var det främsta skälet till förändringen:

- "Valde lugnare vägar för att kunna köra på el, inte över 47km/h"
- "Försökte minimera förbrukningen genom bättre planerad körning"

Nio testförare anser att de har ändrat sitt körbeteende på grund av laddhybridbilen.

	Procent	
ja, mycket	0%	
ja, till viss del	90%	
nej	10%	
vet ej	0%	
Total	100%	

Fråga: Har du förändrat din körstil/körbeteende sedan du börjat köra laddhybridbil? (t ex hastighet, uppmärksamhet på andra trafikanter, vägval osv)

Testförarna uppger att laddhybriden har gett dem en mjukare och lugnare körstil:

- "Kör långsammare och låter bli att köra fortare än 50 m/tim"
- "Mjukare körning, lägre hastighet för att maximera körning med batteri."
- "Mer planering av körningen med lugnare körsätt"
- "Kör i lite lugnare jämnare tempo."
- "Jag får en annan känsla vid körningen. Jag brukar vara mer försiktig än med bensinbil".
- "Måste beakta att bilen inte hörs för fotgängare".
- "Försöker delvis köra på batteriet. Den är tystgående, så det gäller att vara försiktig med gångtrafikanter som inte uppfattar något motorljud"
- "Var lite mjukare på gasen och körde något långsammare"
- "Körde lugnare i Stadstrafik."
- "Medveten om avgaser i stadsmiljön "

Testförarna är positiva till att köra laddhybridbil i tjänsten

Ungefär 80 procent av testförarna är mycket eller ganska nöjda med sina erfarenheter av att köra laddhybridbil och vill ha kvar den som tjänstebil. Sju av testförarna anser att Fortum bör ersätta större delen av företagets tjänstebilar med laddhybrider.

Tekniken kan bli bättre

Men även om förarna var positiva till laddhybridbilarna anser samtliga att tekniken måste bli bättre och mer tillförlitlig. Majoriteten av testförarna, 70 procent, uppger att de haft något problem med utrustningen. Figuren nedan visar de utvecklingsområden som testförarna anser laddhybridbilarna bör bli bättre inom. Teknikens tillförlitlighet och batteriets kapacitet är två av de områden som testförarna pekade ut:

	Procent	
högre maxhastighet i eldrift	80%	
längre eldrift	60%	
kortare laddningstid	60%	
mindre utrymmeskrävande batterier	50%	
fler laddplatser	40%	
större bagageutrumme	30%	
bättre inbromsningsförmåga	20%	
bättre ljudmiljö	20%	
bättre trafiksäkerhet	10%	
längre laddningskablar	10%	
annan placering av eluttaget på bilen	10%	
bättre väghållning	10%	
bättre accelerationsförmåga	0%	
nej, inget alls	0%	

Fråga: Är det något som enligt din uppfattning behöver vidareutvecklas på laddhybriden?

6.1.2 Attitydförändringar över tid

Testförarna besvarade enkäter, före, under och efter försöket. En jämförelse av enkäterna visar flera intressanta förändringar i attityd och beteende.

Körbeteende och planering anpassades allt mer till laddhybridens förutsättningar

Halvvägs in i försöket angav bara 20 procent av testförarna att de vid något enstaka tillfälle planerat sin körning annorlunda på grund laddhybriden. Vid projektets slut hade de ökat till 30 procent.

Även andelen förare som förändrat sin körstil på grund av laddhybriden ökade under den senare delen av försöket – från 70 procent i inledningsskedet till 90 procent i slutet av försöket. Flera av testförarna körde mjukare och var mer medvetna om energiåtgången i en laddhybrid än i andra bilar.

Vid slutet av försöket kom fler testförare ihåg att aktivera laddhybridridriften och ansträngde sig för att köra under 47km/h.

Laddhybriderna kördes allt mer i innerstadsmiljö ju längre försöket pågick

Testförarnas trafikmiljö varierade under försökets gång. I mitten av försöket angav en knapp tredjedel av förarna att de mest körde i ytterstadsmiljö, en knapp tredjedel i innerstadsmiljö och resterande i både innerstads- och ytterstadsmiljö. Vid försökets slut var det endast en testförare som angav att han mestadels körde i ytterstadsmiljö.

Fler förare körde under tidspress under försökets senare del

Under försöket angav 60 procent av förarna att de ibland eller alltid körde under tidspress för att hinna med sina arbetsuppgifter. Vid försökets slut hade samma grupp ökat till 80 procent.

Laddhybridens accelerationsförmåga visade sig vara bättre än vad testförarna förväntat

Inför försöket förväntade sig testförarna att accelerationsförmågan skulle vara sämre i den ombyggda laddhybriden än i en vanlig Toyota Prius. Vid försökets slut ansåg man istället att accelerationsförmågan i den ombyggda laddhybriden var likvärdig med en vanlig Toyota Prius.

Förarnas uppfattning om den egna trafiksäkerheten förbättrades under försökets gång

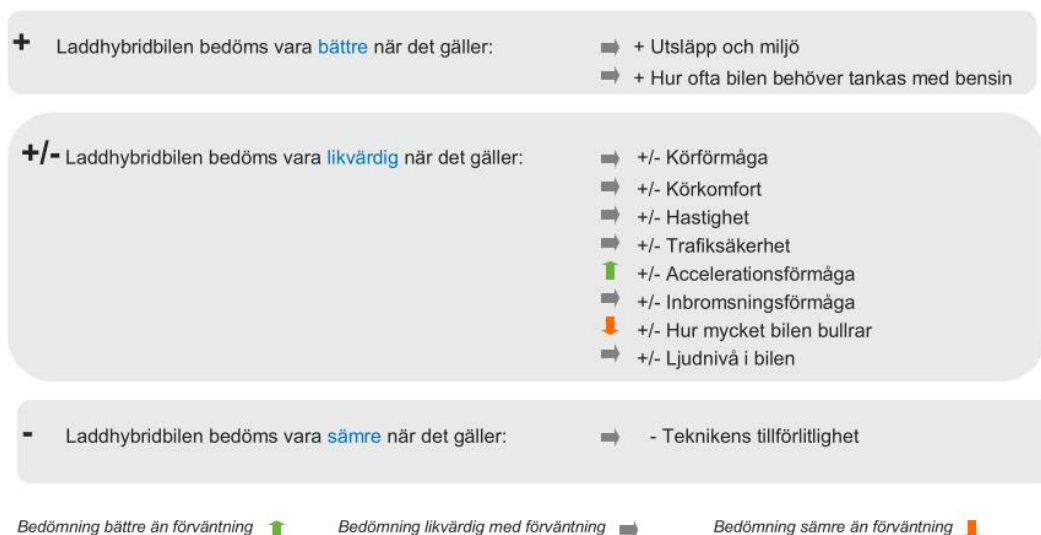
Halvvägs in i försöket ansåg 60 procent av förarna att laddhybriden var bra eller mycket bra för deras egen säkerhet. Vid försökets slut var motsvarande siffra 80 procent.

Försöket ökade förarnas intresse för laddhybridfordon, miljö och klimat

En majoritet av testförarna uppger att de under försöket blivit mer intresserade av laddhybrider och fordonsteknik, men också av miljö- och klimatfrågor generellt.

Bedömning av laddhybriden efter försöket jämfört med förväntningarna före

Innan fältförsöket startade fick testförarna bedöma laddhybridbilarna utifrån en rad olika premisser och jämföra dem med den vanliga Toyota Prius-bilen. Samma frågor ställdes sedan i mitten av fältförsöket och en sista gång direkt efter att försöket avslutats. Resultatet visas i nedanstående bild:



När det gäller miljöaspekter och bensinförbrukning tycker testförarna att laddhybridbilen är bättre än en vanlig hybridbil. Laddhybridbilen bedömdes inför

försöket som likvärdig med en Toyota Prius när det gäller körförmåga, körkomfort, trafiksäkerhet, accelerations-/inbromsningsförmåga och buller. Upplevelsen av de flesta av dessa aspekter ändrades inte under försökets gång, förutom acceleration och ljudupplevelse. Testförarna tyckte att laddhybridbilarnas accelerationsförmåga var bättre än förväntat. Förarna trodde att extrabatteriets vikt skulle påverka körupplevelsen mer än vad den faktiskt gjorde.

Testförarna förändrade uppfattning om bullernivån. Förväntningarna före försöket var att laddhybridbilen skulle bullra mer än vad den gjorde. Dessutom var de tekniska problem som uppstod under försökets gång fler än vad testförarna trodde före försöksstarten.

6.1.3 Intervjuer

Som ett komplement till enkätundersökningarna utfördes en två timmar lång intervju med två av testförarna. Syftet med intervjun var att fördjupa bilden av testförarnas upplevelser och erfarenheter av försöket. Intervjun handlade om testförarnas upplevelser och erfarenheter av tre specifika ämnesområden:

- Testfordonen (laddhybridbilarna)
- Laddning/laddstolpar
- Incitament

Diskussionerna delades in i följande huvuddelar:

1. Fria associationer kring Toyota Priusen, den ombyggda laddhybriden, laddning/laddstolparna och testförsöket i stort.
2. Specifika frågeområden (se nedan).
3. Omgivningens reaktioner.
4. Samlad bedömning av fältförsöket.

Vid de fria associationerna ombads testförarna att utan någon längre betänketid ge ett antal positiva och negativa omdömen. Under samtalen om de specifika frågeområdena berättade testförarna om sina erfarenheter, varefter de beskrev hur de bemötts av utomstående under försöket.

Slutligen fick testförarna sammanfatta sina erfarenheter från försöket i en lista över de viktigaste områdena, som rangordnades utifrån hur de borde förbättras. Testförarna ombads också komma med rekommendationer till Stockholms stad eller andra kommuner som är intresserade av att utföra ett liknande försök.

Rekrytering

De två testförare som deltog i intervjun hade kompletterande körvanor. Den ene av dem hade en egen tjänstebil, och den andra delade sin tjänstebil (poolbil) med fyra andra testförare. Förare A körde testbilen i dagligen, medan förare B endast använde testbilen en eller två gånger i veckan.

Förare A och B kompletterade även varandra med avseende på körmiljö. Förare A körde framförallt i ytterstadsmiljö, på 50-, 70- och 90-vägar. Förare B körde i stort sett uteslutande i innerstadsmiljö. Bägge testförarna hade erfarenhet av att köra Toyota Prius före försökets start.

Fria associationer

Bilden nedan visar de två intervjuade testförarnas associationer till Toyota Prius, den ombyggda laddhybridbilen, laddning/laddstolpar och till försöket i stort:

» Positivt med Toyota Prius (okonverterat fordon)

- + miljövänlig
- + låg bensinförbrukning
- + ekonomisk (bra drift-ekonomi)
- + modell som "hör framtiden till"

» Negativt med Toyota Prius (okonverterat fordon)

- batteriet kan visa sig vara dåligt för miljön
- dyr investering (högt inköpspris)
- går ej att fästa dragkrok
- dålig stabilitet vid landsvägskörning

» Positivt med den ombyggda laddhybriden

- + låg bensinförbrukning
- + miljövänlig
- + laddhybriden är lönsam vid långsam körning (som t ex körning i city)

» Negativt med den ombyggda laddhybriden

- omogen teknik
- baktung pga extrabatteriet i bagaget (slår t ex i gupp om man är många i bilen, fastnar lätt vid vinterväglag etc)
- saknar reservdäck
- litet bagageutrymme
- bökigt med "extraskärmen"
- man måste aktivera eldriften manuellt
- gps:en är monterad fel, stör uppmärksamheten på vägen

» Positivt med laddning/laddstolpar

- + när man laddar har man en känsla av att man gör något bra för miljön

» Negativt med laddning/ laddstolpar

- bökigt
- man smutsar ibland ner sig när man laddar (pga smutsig kabel)
- det händer att man glömmer att dra ut sladden
- svårt att komma åt uttag ibland
- laddplatserna kan vara upptagna
- begränsar valmöjligheterna när man söker p-plats
- händer att man avstår ifrån att ladda pga att p-platsen för laddning är blockerad/upptagen

» Positivt med försöket MobileI

- + roligt att ligga i framkant
- + positivt att Stockholms stad och Fortum vågade genomföra försöket
- + roligt med uppmärksamheten

» Negativt med försöket MobileI

- obeprövad teknik
- "barnsjukdomar"
- stripningen med "7kr/tank" skapade låg trovärdighet
- svårt att tro att detta försök kan leda någon vart. biltillverkarna tror att laddhybrider blir verklighet först om 5-10 år.

De positiva associationerna handlar framför allt om miljövänlighet och ekonomi. De intervjuade testförarna tycker att det är positivt att utvecklingen drivs mot mer miljövänliga fordon och man tycker att det är roligt att Stockholms stad och Fortum genomför ett försök som ligger i framkant. Omgivningens uppmärksamhet och intresse kring laddhybridbilarna är också något som förarna tyckt har varit bra.

De negativa associationerna handlar mest om de tekniska problem som uppstått till följd av att testförarnas fordon gjorts om till laddhybridbilar. Eftersom laddhybridbilen var en prototyp placerades extrabatteriet i bagaget, utan att någon justering för optimal väghållning gjordes. Det tunga extrabatteriet gjorde bilen baktung. Laddning upplevdes som positiv, eftersom de gjorde något bra för miljön. Samtidigt var de intervjuade kritiska till smutsiga sladdar, bristande tillgänglighet och få parkeringsplatser med laddmöjligheter. Man pekade också på att urvalet av p-platser för en laddhybridförare generellt sett kommer att minska eftersom man kommer att bli tvungen att söka upp de p-platser som har laddmöjlighet. Associationerna kring försöket i stort visar en viss skepsis till om projektet kan påverka utvecklingen av

hybridbilar. Men de betonar samtidigt att det är positivt att Stockholms stad och Fortum har velat satsa på denna slags studie om framtidens miljöbilar.

Specifika frågeområden

a) Fordonet (den ombyggda laddhybriden)

Extrabatteriet

Ju oftare testförarna körde bilen desto lättare blev det att komma ihåg att trycka på knappen. Testförarna efterlyser ändå ett system där eldriften går igång automatiskt.

”Eldriften borde gå på automatik, vill man inte köra på el så får man välja bort det istället”.

Under färd arbetar eldriften endast vid hastigheter upp till 47 kr/h. Den förare som oftast körde i ytterstadsmiljö, på 70- och 90-vägar, tyckte att laddhybridens fulla potential sällan utnyttjades. Däremot upplevde den andre föraren, som oftast körde i innerstadsmiljö, där hastigheterna sällan överstiger 47 km/h, att laddhybriden kom till sin fulla rätt. Eldriften användes frekvent och laddhybriden behövde sällan tankas.

”Bensinförbrukningen sjönk, det gjorde den ju. Det såg man ju framför allt när man körde mycket i city.”

Extrabatteriet i bagageutrymmet väger omkring 100 kg. De intervjuade testförarna tyckte att det gjorde bilen baktung, vilket försämrade väghållningen och bromsförmågan. Föraren som kör mycket i ytterstadsområden upplevde baktungheten som ett avsevärt större problem än innerstadsföraren:

”När det är småhalt känner man att den är baktung i och med att den är framhjulsdriven. Man tappar greppet lättare”.

Ljudnivå

Både Toyota Priusen och den ombyggda laddhybriden upplevs av de intervjuade som tystare än en vanlig bensinbil när elmotorn är igång. De intervjuade förarna påpekade dock att buller från däcken och vindljud upplevs som starkare när bensinmotorn inte är igång. Innerstadsföraren menade att den ombyggda laddhybriden vid stadskörning är tystare än en vanlig Toyota Prius, eftersom bensinmotorn används mer sällan. Däremot tillkommer ljudet ifrån batteriets kylfläkt.

”Ljudnivån är en sak som man är ganska medveten om när man kör. Man måste tänka till”. ”Det är samma sak när man kör laddhybrid som när man kör vanlig Prius”

Den lägre ljudnivån, menade båda testförarna, innebär att man som förare måste vara mer vaksam i specifika situationer, som till exempel i parkeringshus. Testförarna ansåg att det var en vanesak som de snabbt vände sig vid.

Körbeteenden

Testförarna var eniga om att de körde lugnare med laddhybriden jämfört med en vanlig bensinbil. De märkte tydligt att en snabb acceleration kostade mycket energi och att motorbromsningar återförde energi till batteriet.

”Man har ett lugnare tempo när man kör en elbil. Man kanske inte trampar gasen fullt ut så att säga. Trampar du gasen i botten får du större energiförbrukning. Kör du lugnare får du inte samma effektuttag. Istället för att du trampar på bromsen varje gång så släpper du på gasen. Då genereras ju energin tillbaka.”

b) Laddning

Laddhybridbilarna laddades under natten i Fortums garage och p-platser. De intervjuade förarna betonade att parkeringsplatserna för laddning varit blockerade och laddningsprocessen upplevdes generellt som lite bökig. De tyckte att belysningen vid laddplatsen var lite dålig, och det hände att de blivit smutsiga när de kopplat in sladden, särskilt under vintern. Placeringen av elkontakten på bilen satt dessutom för lågt.

Om möjligheten hade funnits hade de intervjuade gärna laddat bilen på fler platser och vid fler tidpunkter. De menade att det under kortare stopp inte är någon större mening med att ladda. Om bilen står parkerad på samma ställe under hela arbetsdagen hade de gärna laddat den under dagen.

”Stanna en kvart och slänga in sladden – det är inte meningsfullt. Har man däremot ett möte på nån timme – då kan det mycket väl vara värt att ladda. Och så kan det mycket väl vara under en arbetsdag”

Testförarna anser att det är viktigt att veta var det går att ladda laddhybridbilen. Är laddplatserna kända på förhand genom exempelvis tydlig skyltning kan testförarna tänka sig att promenera längre.

”Om det fanns laddningsmöjlighet hos en kund jag besöker skulle jag ladda om jag visste var den fanns. ”

”Jag skulle kunna gå en lite längre bit om jag visste att jag kunde ladda under tiden”.

De bägge testförarna, och då särskilt innerstadsföraren, tyckte att det vore bra att bygga laddningsplatser på parkeringshus, vid köpcentra och runt arenor. Ytterligare en idé som kom upp under intervjun var att erbjuda billigare parkering till elfordon i samband med laddning. Detta, menade man, skulle vara ett bra sätt att uppmuntra fler att köpa laddhybridbilar.

c) Incitament att utnyttja laddhybridens fulla potential

Testförarna tillfrågades om hur de tror att man kan få personer som kör laddhybridbil i tjänsten att utnyttja dess miljöpotential. Testförarna menade att det måste bli enklare att ”göra rätt”, genom att till exempel automatisera aktiveringen av laddhybriddriften och följa på en display hur energiförbrukningen påverkas av körstilen.

”Du ser när du accelererar hur mycket energi du tar ur batteriet – en sådan visuell information ska du ha.”

Testförarna var eniga om att det inte får bli för mycket information på displayen. Informationen får inte ta uppmärksamhet från körningen och påverka trafiksäkerheten.

”Du är ändå bilförare – du ska inte sitta och titta på displayen hela tiden”.

Ett förslag var att man efter bilfärden skulle kunna få en körprofil som visade hur man kört.

”Man kanske vill veta ’hur många mil körde jag här och vad var bränsleförbrukningen då’ osv. Då kanske man ska kunna få den informationen efter färden”.

d) Omgivningens intresse för försöket

Under fältförsöket var laddhybridbilarna dekalsatta, ”stripade”, för att skapa uppmärksamhet. Testförarna berättade att det framför allt var teknikintresserade män som undrade över den tekniska lösningen och om bränsleförbrukningen.

”Många har läst att det kommer elbilar och laddhybrider. Klart att folk är nyfikna.”

e) Samlad bedömning och förslag på utveckling

Mot slutet av intervjun fick testförarna sammanfatta sina erfarenheterna av försöket. Testförarna fick ge förslag på områden man tyckte borde vidareutvecklas eller åtgärdas, vilket resulterade i följande lista:

Problemområde	Åtgärd
Tillförlitlighet	Förbättra tekniken
Körsträckan på el för kort	Förbättra batterikapaciteten
Eldriften enbart aktivt i hastigheter upp till 47kr/h vilket gör att laddhybridens fördelar enbart kommer till sin rätt vid innerstadskörning	Höj gränsen för när eldriften är aktiv
Laddplatserna är ofta blockerade	Skapa fler laddplatser
Krängligt att ladda	- Förbättra belysningen vid laddplatser - Placera kontakten på bilen högre upp så att den är lättare att komma åt
- Man blir lätt smutsig när man laddar - Man måste ibland backa in till laddplatsen för att sladden ska nå	Montera in en utdragbar sladd i varje bil
Bilen är baktung, vilket ger försämrad väghållning, dåligt vinterföre etc.	Placera batteriet mer centralt i bilen
Ibland glömmer man att slå på laddhybridriften	Se till att laddhybridriften aktiveras automatiskt

Testförarna ombads också rangordna de tre viktigaste utvecklingsområdena:

- 1) Tillförlitligheten – testförarna menade att det absolut viktigaste är att se till att det går att lita på tekniken.
- 2) Eldriften – eldriften bör vara aktiv längre och vid hastigheter över 47km/h.
- 3) Väghållning – placera batteriet så att väghållningen inte påverkas av dess vikt.

En av slutsatserna av intervjuerna är att de tekniska problem som uppstått under försöket inte har påverkat testförarnas inställning till fältförsöket som helhet. Testförarna är tvärtom mycket positiva till att köra laddhybridbil i tjänsten, även om de måste bli tekniskt mer tillförlitliga.

Även om laddhybridbilarna blir problemfria går de intervjuade testförarnas meningar isär om huruvida det är en bra idé att fortsätta med laddhybriden som tjänstebil. Ytterstadsföraren menade att det extrabatteri som testades i försöket inte är tillräckligt bra. Innerstadsföraren menar att fördelarna med laddhybridbilen överväger de negativa aspekterna.

Testförarna tillfrågades slutligen om vilka råd de skulle vilja ge Stockholm stad eller andra kommuner eller företag om de var intresserade av att utföra ett liknande försök med laddhybridbilar. Testförarna menade att man kunde rekommendera ett fältförsök,

men att det är viktigt med en biltillverkare som partner för att kunna undvika de barnsjukdomar som alltid uppstår när en ny teknik provas ut.

6.1.4 Sammanfattade slutsatser

Enkätsvaren och de intervjuer som har genomförts kan sammanfattas i följande huvudpunkter:

- Testförarna har en hög acceptans för laddhybridbilar.
- 80 procent av testförarna var mycket eller ganska nöjda med att köra laddhybridbil.
- 80 procent av förarna vill ha kvar laddhybriden som tjänstebil efter försökets slut (under förutsättning att de tekniska prototypproblemen är lösta).
- De teknikproblem som uppstod under försöket har visserligen påverkat testförarna, men på grund av deras miljö- och teknikintresse och deras starka tilltro till hybridbilen generellt har inte deras inställning till vare sig laddhybridbil eller elfunktion påverkats.
- Testförarna uppger att deras körstil/körbeteende har ändats. De anser sig ha fått en mjukare körstil, för att maximera miljönyttan.
- Teknikens tillförlitlighet och batteriets kapacitet är viktiga utvecklingsområden.
- Laddningsprocessen måste vara enkel.

6.2 Fordonseffekter

Dataloggutrustningen ARDAQ kopplades in i januari 2009. Mätningarna pågick ungefär fram till midsommar. Under försöket har det emellanåt varit tekniska problem med att få ut information ur dataloggarna. Det har genererats omkring 2000 datafiler under fältförsökets gång. Varje fil representerar en unik körning. Den stora mängden data gör att ett statistiskt underlag med god kvalitet har kunnat tas fram.

6.2.1 Fordonens användning

I tabellen nedan visas data som beskriver hur bilarna använts under fältförsöket. Användningssättet för fordonen är likartad under nollförsöket och fältförsöket.

			Testförarfordon nr:				
		Samtliga	1(S)	2(S)	3(P)	4(P)	5(SP)
Antal körningar per dag ¹	Median	4	4 - 5	5 - 6	2 - 3	2 - 3	5
Körsträcka (medel) ²	mm	7.1	6.5	4.8	7.2	13.1	11.7
Medelhastighet (medel) ²	km/h	23.5	23.6	22.6	17.8	23.0	29.5
Maxhastighet (medel) ²	km/h	53.0	53	50	47	57	62
Parkerad tid per dygn ¹	tim	22.8	22.8	22.8	23.0	22.6	22.0
Parkerad tid arbetsdag ³	Tim	7.8	7.8	7.8	8	7.6	7
Tankningar per månad	#	0.87	1	1	0.60	0.75	1

1. Avser körningar per arbetsdag (exempelvis blir till och från kund två körningar). I stort sett har ingen av bilarna använts på helger.

2. Avser siffror per körtillfälle, dvs varje gång testföraren har startat/stängt av bilen.

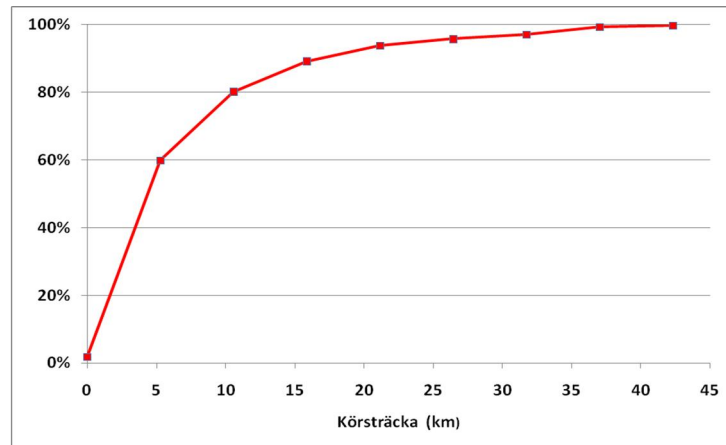
3. En arbetsdag räknas här som nio timmar, varav en timme lunch.

6.2.2 Körningar per dag

Data visar att de personliga bilarna (S) som kördes av bara en förare användes fler gånger per dag än poolbilarna (P). De bilar med en förare användes 5-6 gånger per dag, medan poolbilarna i snitt användes 2-3 gånger per dag.

6.2.3 Körsträckor

En typisk körsträcka är cirka 7 km. Den genomsnittliga sträckan för poolbilarna är längre än för de personliga bilarna.



Figur 8: Histogram över körsträckor. 80 % av alla körsträckor är under 10 km och närapå samtliga körsträckor är kortare än 40 km. I medeltal är körsträckorna 7.1 km.

6.2.4 Hastigheter

Både medelhastigheter och maxhastigheter är relativt låga för samtliga bilar, vilket beror på att de främst använts i stadsmiljö.

6.2.5 Tankad elmängd och tanktider

En av de bilarna som bara haft en användare har använt mer el än övriga. Den andra av de tre personliga bilarna har nattetid stått parkerad vid förarens bostad och därför kunnat laddas i samma omfattning som de andra. Övriga bilar har inte laddats i samma omfattning. Data visar att laddhybriddriften sällan har aktiverats, även om bilarna varit full-laddade

6.2.6 Antal tankningar bensin per månad

I genomsnitt har bilarna tankats med bensin ungefär en gång per månad. En typisk tankning har tagit något mindre än tio minuter. Testförarna berättade att de sällan ”åkte iväg för att tanka”, utan ”passade på” när de hade tid över.

6.2.7 Total körsträcka

Den totala körsträckan för de fem bilarna uppgick till knappt 1 000 mil under försöket, vilket motsvarar 250 mil per bil. För ett år skulle detta innebära ca 600 mil per bil.

6.2.8 Körning i eldrift (laddhybrid-mode)

Laddhybridridriften aktiveras manuellt. Om inte det görs fungerar bilen som en vanlig Toyota Prius och inte som en laddhybridbil. Tyvärr fungerade inte den installerade utrustningen alltid, vilket innebär att även om föraren faktiskt tryckte in knappen och aktiverade laddhybridridriften, så registrerade inte bilen alltid detta. Djupare analyser av dataloggningar, via EVision, visar att testförarna glömt att aktivera laddhybridfunktionen ungefär varannan körning.

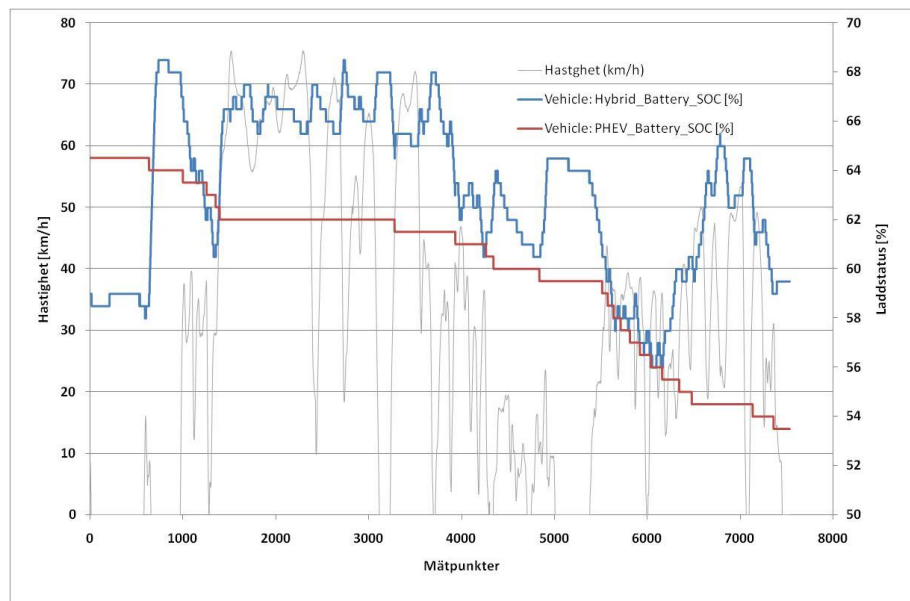
Varannan vecka samlades data in manuellt. Vid ungefär var femte gång konstaterades det att laddhybridläge inte kunde väljas. Detta innebär att testföraren inte kunnat välja laddhybridridftläge vid uppskattningsvis 20 % av tiden. Om detta tekniska problem inte funnits, eller om laddhybridfunktionen varit automatisk, så skulle bensinförbrukning varit mindre och elförbrukningen högre.

6.2.9 "Toyotabatteriet" vs. "Extrabatteriet"

Det ursprungliga toyotabatteriet kan bara lagra en liten mängd energi. Analyserna visar att bensinförbrukningen knappt påverkas om en körning startas med tomt eller fullt batteri.

Extrabatteriet har till skillnad från Toyotabatteriet en relativt stor lagringskapacitet, vilket gör att laddstatus vid start påverkar bensinförbrukningen påtagligt. Dataanalyserna visar att extrabatteriet kan lagra omkring 4 kWh. Det motsvarar cirka 4 dl bensin i energiinnehåll. Eftersom eldrift ger högre verkningsgrad så motsvarar 4 dl bensin ungefär cirka 1,5 liter bensin (vilket generellt sett kan sägas räcka till cirka 2 mils körning).

Nedan visas ett exempel som representerar en typisk körning i fältförsöket.



Figur 9: Figuren ovan beskriver hur Toyotabatteriets (blå) och Extrabatteriets (röd) laddstatus förändras under typisk körning. Kurvan visar ca 26 minuters körning med fem mätpunkter per sekund.

Start (GPS)	Trädskölevägen, Johanneshov
Slut (GPS)	Bandhagen
Sträcka	10.5 km
Medelhastighet	25 km/h
Bensinförbrukning	4.38 liter/100 km
Körsträcka el	3.51 km (33 %)
Elförbrukning	0.776 kWh, överfört från extrabatteriet till toyotabatteriet
Energifördelning	15 % från extern el och 85 % från bensin

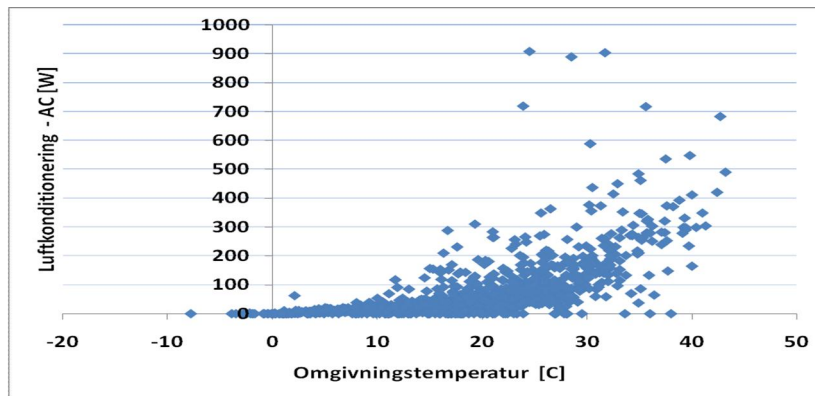
Tabell 10: Tabellen visar att energi har överförts från extrabatteriet.

Under denna körning har totalt 0,78 kWh överförts från extrabatteriet till Toyota-batteriet. Merparten av överföringen har skett vid två tillfällen. Den första skedde vid den 1 000:e mätpunkten, då bilen hade körts på el med en hastighet under 40 km/h. Sedan laddades toyotabatteriet upp och bilen kördes med bara bensinmotorn. Nästa sänkning av energinivån i extrabatteriet började från den 3000:e mätpunkten. Från detta tillfälle kördes bilen delvis på el, fram till ca 6000:e mätpunkten. Därefter kördes bilen åter på bensin. Totalt sett har bilen haft en bensinförbrukning på 4,38 liter per 100 km. Om inte eldriften varit aktiverad hade bilen haft en förbrukning på 8,23 liter per 100 km. Det innebär att bensinförbrukningen halverades.

Ett annat sätt att uttrycka ovanstående är att 2,3 kWh bensen har sparats och 0,78 kWh extern el har tillförts. Det beror på att verkningsgraden för eldrift är väsentligt högre än för bensindrift – i det här fallet ungefär tre gånger högre. Om man skulle ha laddat resans elmängd via en laddstolpe, så skulle det ha tagit lite mer än en timme.

6.2.10 Utomhustemperaturens påverkan

En central frågeställning under försöket har varit i vilken omfattning utomhustemperaturen påverkar bränsleförbrukningen. Försöket har inte kunnat påvisa att mer bränsle skulle gå åt till följd av utomhustemperatur, vilket förmodligen beror på att bilarna har parkerats inomhus under natten. Flera av testförarna berättade att deras bil lätt immade när de använde eldriften vid låga utomhustemperaturer



Figur 11: Effektuttag i AC som funktion av omgivningstemperatur.

Sommartid förbrukas viss energi för att kyla ner bilen. Men inte ens varma dagar har effektbehovet varit stort nog att bränsleförbrukningen påverkats nämnvärt. Effektbehovet har vanligtvis varit lägre än 200 W.

6.2.11 Bensinförbrukning – utan och med laddhybrid-funktionalitet

För att uppskatta hur mycket bensin som kan sparas genom att använda el och köra i eldrift har några olika försök gjorts. Till att börja med gjordes en ”nollmätning”. Under två veckors tid kördes bilarna utan att ladda el och utan att aktivera eldriften. Efter nollförsöket laddades sedan bilarna med el och eldriften aktiveras, varpå bensinförbrukningen kunde jämföras.

I tabellen nedan jämförs nollmätningarna med den aktiverade eldriften. Under nollförsöket har bilarna uppvisat en högre bensinförbrukning än vad som brukar anges för en Toyota Prius (certifieringsvärde vid landsvägskörning). Det beror sannolikt på att projektets fordon kört i innerstadsmiljö och på extrabatteriets vikt.

			Fordon nr:				
		Alla	1(S)	2(S)	3(P)	4(P)	5(SP)
Nollförsöket – 13 till 27 februari							
Körsträcka (medel)	Km	8.4	7.6	5.3	7.7	-- ²	12.3
Medelhastighet (medel)	Km/h	24.8	24.5	22.1	20.7	-- ²	31
Maxhastighet (medel)	Km/h	55	56	50	55	-- ²	61
Körsträcka	Km	1 341	272	200	323	-- ²	527
Total mängd el	kWh	0	0	0	0	-- ²	0
Körning med eldrift ¹	%	16	18.7	13.6	13.7	-- ²	16.6
Elförbrukning	kWh/km	0	0	0	0	-- ²	0
Bränsleförbrukning	liter/100 km	7.21	7.22	8.23	7.83	-- ²	6.49
CO ₂	g/km	168	167	191	182	-- ²	151
Fältförsöket efter den 27 februari							
Körsträcka (medel)	Km	7.0	6.7	4.8	6.6	13	11.6
Medelhastighet (medel)	Km/h	23.3	23.5	22.6	16.3	22.9	29
Maxhastighet (medel)	Km/h	52	53	50	43	57	62
Körsträcka	Km	8 290	2 765	2 092	575	1 015	1 843
Total mängd el ¹	kWh	911	654	101	34	49	73
Körning med eldrift	%	22	24.8	26.1	18.4	12.0	19.8
Elförbrukning ¹	kWh/100km	10.9	23	3.2	3.1	5.0	2.3
Bränsleförbrukning	liter/100 km	6.29	5.52	6.31	6.83	7.03	6.39
CO ₂	g/km	146	135	147	159	163	149
Försök med bara el-drift (PHEV)³							
Körning med eldrift	%	29		38		-- ²	24
Bränsleförbrukning	liter/100 km	4.72		4.51		-- ²	4.83
CO ₂	g/km	110		105		-- ²	112

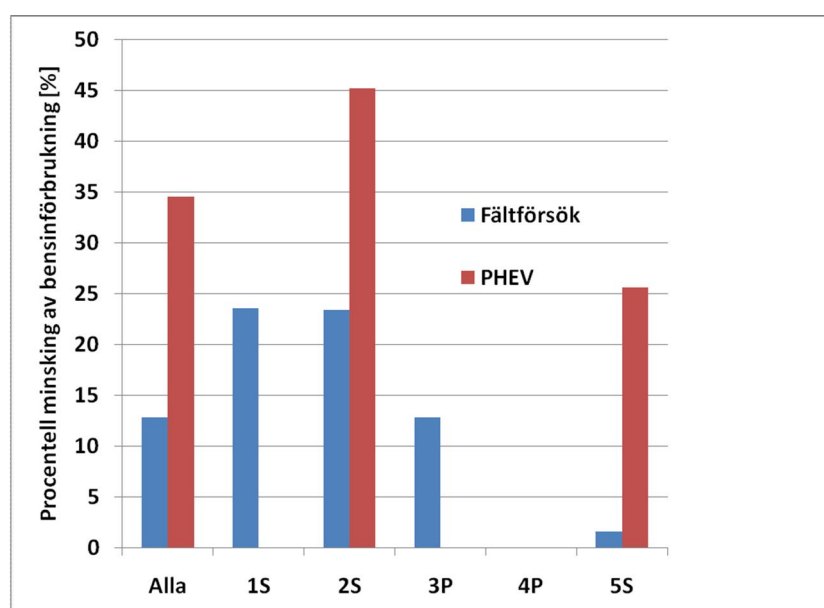
1. Tankad mängd el och elförbrukning har korrelerats till den körsträcka som lästs av manuellt.

2. För få observationer för att ta fram underlag

3. Under fältförsöket kördes inte alltid bilarna med eldrift (PHEV-drift). För att visa på effekt av eldrift har data från fältförsöket där bilarna körts med eldrift extraherats ut. Utrustningen för att mäta detta monterades sent så därför är mängden data begränsad.

Anledningen till att det inte gick att få fram mer data för bilarna 1S, 3P och 4P beror på att loggutrustningen EVision inte kunde installeras i bil 1S på grund av tekniska problem. I poolbilarna 3P och 4P monterades visserligen loggutrustningen, men havererade under försökets gång. De loggfiler som gick att få ut var för få för att kunna dra säkra slutsatser⁵.

Jämförelsen visar att bränsleförbrukningen minskar väsentligt då laddhybridbilen laddas med el och eldriften är igång. Minskningen i bensinförbrukning står i relation till den el som laddats externt.



Figur 12: Minskning av bränsleförbrukning efter nollförsöket. Observera att bilen 4P också haft en minskning, men att den inte kan säkerställas statistiskt. Att 5S ligger så lågt beror på att största delen av elförbrukningen har skett under andra tester än de som loggats.

Data visar tydligt att bränsleförbrukningen minskar när el laddats och eldriften aktiverats. I snitt gick bensinförbrukningen ned med cirka 13 procent. De bilar som har haft bäst möjlighet att tanka el har minskat bensinförbrukning betydligt mer. För dessa bilar gick bensinförbrukningen ner med cirka 23 procent.

Under fältförsöket användes inte alltid eldriften. Om eldriften alltid hade aktiverades skulle bensinförbrukning kunna minskas med i snitt 35 procent jämfört med den bensinförbrukning bilarna uppvisade under nollförsöket. Denna siffra baseras på loggdata från två bilar och är alltså klart begränsad, se figuren ovan, men det är ändå uppenbart att eldriften minskar bensinförbrukningen betydligt. Den ena bilen uppvisar en

⁵ De havererade loggutrustningarna skickades till ANL i USA där man lyckades återskapa en del av loggdata. Utrustningen skickades i mitten av juni och kom sedan inte åter till Sverige.

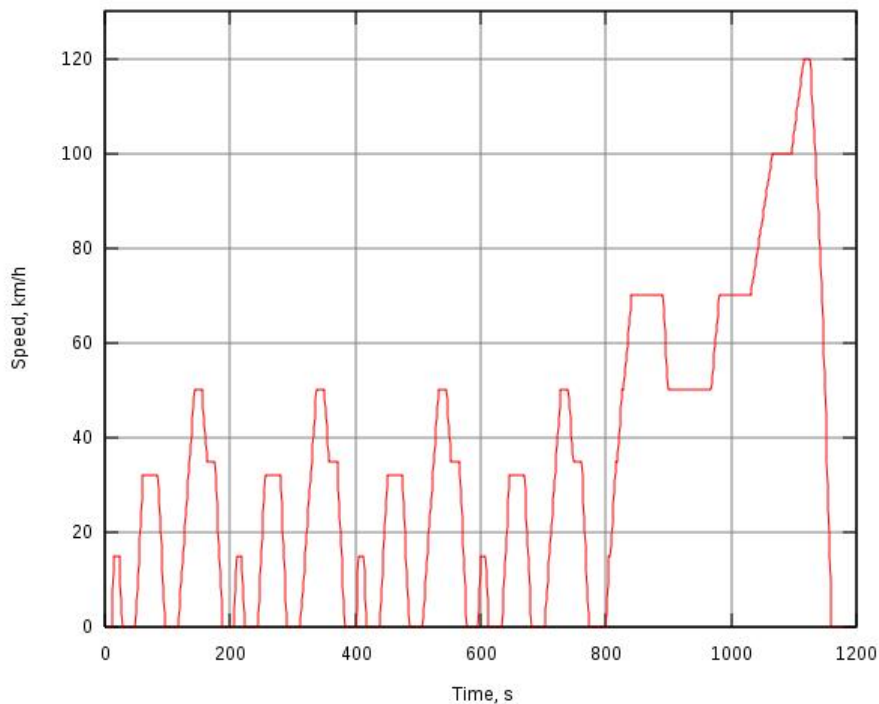
minskning på 45 procent och den andra på cirka 25 procent. Skillnaden beror på att bilarna används på olika sätt. Bilen med högst reduktion, 2S, körs kortare sträckor, och har lägre medel- och maxhastighet.

6.2.12 Bensinförbrukning – med fulladdat eller tomt batteri

För att kunna studera skillnaden i bensinförbrukning om extrabatteriet startar fulladdat eller tomt studerades de tester som genomförts av avgaslaboratoriet AVL-MTC på en av försökets testbilar.

Testerna utfördes på rullande landsväg enligt den europeiska körcykeln NEDC, se figuren nedan. Förutom detta test utfördes även en rad andra tester och simuleringar⁶.

MTCs mätningar visade att bensinförbrukningen minskade med cirka 40 procent om körningen startades med fulladdat batteri, jämfört med om det var tomt vid starten. (Bensinförbrukningen minskade från 5,1 till 3,1 liter per 100 km).



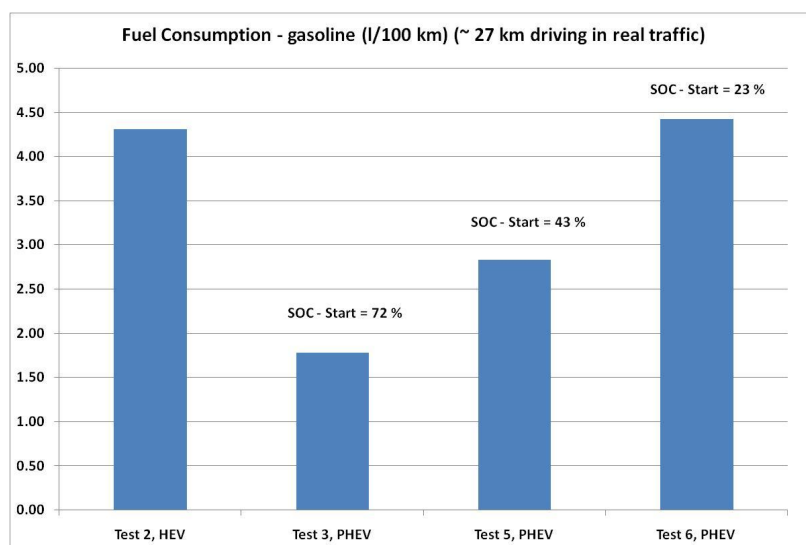
Figur13: New European Driving Cycle (NEDC)

⁶ AVL/MTL AB: Plug-In Hybrid Vehicle Certification Test. Refnr: 8150823-2008.

6.2.13 Bensinförbrukning – vid olika körmönster

Två centrala frågeställningar var hur bensinförbrukningen påverkas av olika körmönster och batteriets energinivå. Dessutom ville projektet veta om man kunde nå samma minskning i bränsleförbrukning som visats på avgaslaboratoriet MTC. Dessa frågeställningar var vägledande i den sk Tumba-studien.

Genom upprepade körningar av samma rutt gjordes detaljerade analyser av hur mycket bensen som kunde sparas vid olika laddningar av extrabatteriet. Proven utfördes i verklig trafik, under den 27 km långa ”Tumbarundan”. Rutten bestod av 30, 50, 70 och 100-sträckor (motorväg)⁷. Medelhastigheten för hela rutten var cirka 40 km/h. Proven utfördes i köfri trafik, med 5km/h under tillåten hastighet, förutom på 30-sträckorna där 30 km/h hölls.



Figur 14: ”Tumbarundan”. I den första stapeln körs bilen som en vanlig Toyota Prius, utan att aktivera laddhybridriften. I den andra stapeln visas körningarna med laddhybridriften aktiverad och extrabatteriet laddat till 72 procent vid start. Den tredje och fjärde stapeln är laddningen vid start 43 respektive 23 procent, vilket är att jämföras med tomt batteri.

Tumbastudien visar på att man kan nå besparingar av bränsleförbrukning på över 60 procent med laddhybridrift .

Vid körningen med 72 procent laddning vid start, som visas på den andra stapeln, nås en bränsleförbrukning på cirka 1,7 liter/mil. Det kan jämföras med cirka 4,3 liter/mil vid körning utan laddhybridrift och med tomt batteri. Även den totala energiförbrukningen minskar vid laddhybridrift.

⁷ Tumbarutten utgick från Tuna gårdsväg, via Hallunda och sedan motorväg söderut till avfarten Rönninge. Rutten fortsatte vidare mot Uttran och via Salem tillbaka till Tuna gårdsväg

Vid den körning som hade lägst bensinförbrukning var den totala energiåtgången, el plus bensin, 2,2 kWh/km, vilket kan jämföras med 4,5 kWh/km vid körning utan att koppla in ladhybridriften. Det beror på att körningen på el då var som högst (el har väsentligt högre verkningsgrad än bensin).

6.2.14 Slutsatser

Potential och effekter

Ladhybridriften minskade bensinförbrukningen i projektets testflotta med i snitt cirka 13 procent. För de testbilar som tankade med el bäst uppmättes värden motsvarande 23 procent i snitt. Om eldriften alltid hade aktiverats hade bensinförbrukningen minskat med cirka 35 procent. Om bilarna alltid laddas under natten och ladhybridriften var automatisk så skulle bränsleförbrukningen kunna halveras.

El eller bensin vid olika körmonster

Vid hastigheter över 47 km/h kopplas eldriften ur och bilen börjar gå på bensin. Analyserna visar att denna brytpunkt är något högre än 47 km/h vid lugn körning med få accelerationer. Exakt hur långt ett fulladdat batteri räcker har inte testats. Om man kör strax under 50 km/h så räcker batteriet i ungefär 2 mil⁸. Ju lugnare man kör desto större del av sträckan kan köras på ren el.

Att använda extern el är energieffektivt. Analys av loggdata visar att verkningsgraden för eldrift är ca 3 ggr högre än verkningsgraden för bensindrift. Energipriset för bensin och el likvärdigt, vilket gör det betydligt billigare med eldrift.

Faktisk besparing

I fältförsöket har den genomsnittliga bensinbesparingen varit cirka 13 procent. Det motsvarar ungefär 1 dl bensin per mil. För de bilar som använt mest el så har besparingen varit omkring 23 procent, vilket motsvarar cirka 1,7 dl per mil. Det borde vara relativt lätt att halvera de tjänstebilars bensinförbrukning som körs på liknande sätt som försökets bilar genom att säkerställa att de alltid startar full-laddade och att eldriften aktiveras automatiskt.

⁸ Uppskattningen bygger på teoretiska beräkningar av batteriets kapacitet.

6.3 Miljöeffekter

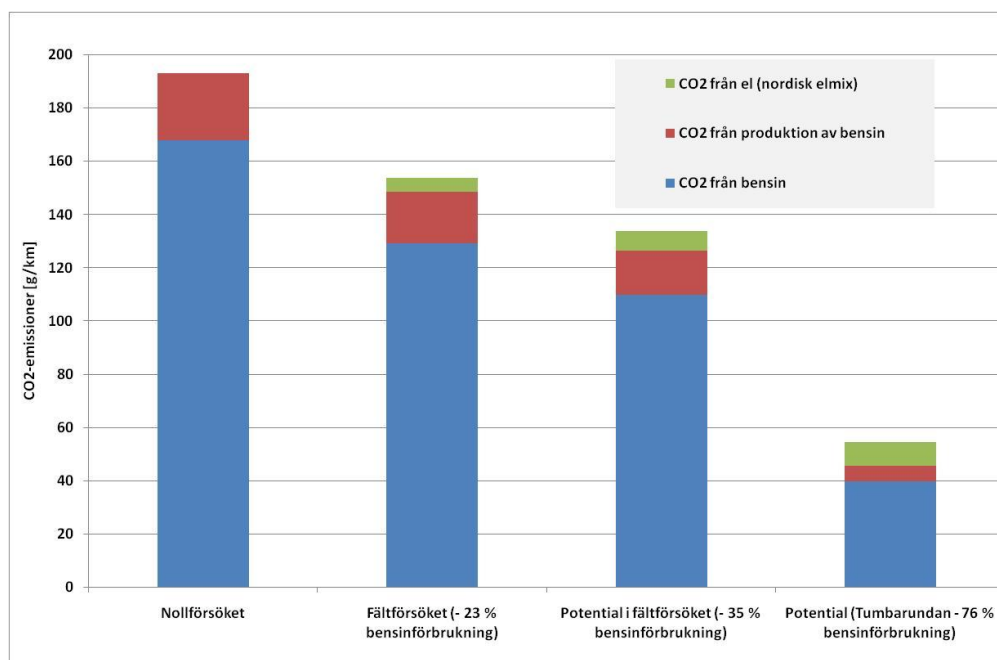
6.3.1 CO₂-effekter

Vid körning med eldrift sker en besparing av bensin. MobilEl-studien pekar på att en sparad kWh bensin kan ersättas med en tredjedels kWh el. Hur mycket CO₂ som alstras för att producera el beror på hur elen har producerats. Nedan visas vilka data som använts vid beräkningen av försökets miljöeffekter.

- 100 g CO₂ per kWh el (räknat på Nordisk elmix - enligt Svensk Energi)
- CO₂ för bensin förutom det som förbränns i motorn. 15 % är ett typiskt värde ur ett livscykelperspektiv (utvinna råolja, raffinera och distribuera). Som exempel kan nämnas att om en bensinbil släpper ut 100g CO₂ per km så blir de totala emissionerna ca 115 g CO₂ ur ett livscykelperspektiv.
- 1 liter bensin motsvarar (innehåller) ca 9.04 kWh.

De två bilar som hade bäst förutsättning att ladda el hade cirka 23 procent lägre bensinförbrukning under fältförsöket. Om man tittar på de körningar där eldriften var aktiverad och bilarna var laddade med el så visar detta på en potential av en bensinbesparing på ca 35 procent jämfört med nollförsöket (se även kapitel 6.2.11).

I diagrammet nedan visas de totala CO₂-emissionerna. Resultaten kommer från försökets Tumbarunda, (27 km i riktig trafik, se avsnitt 6.2.13).

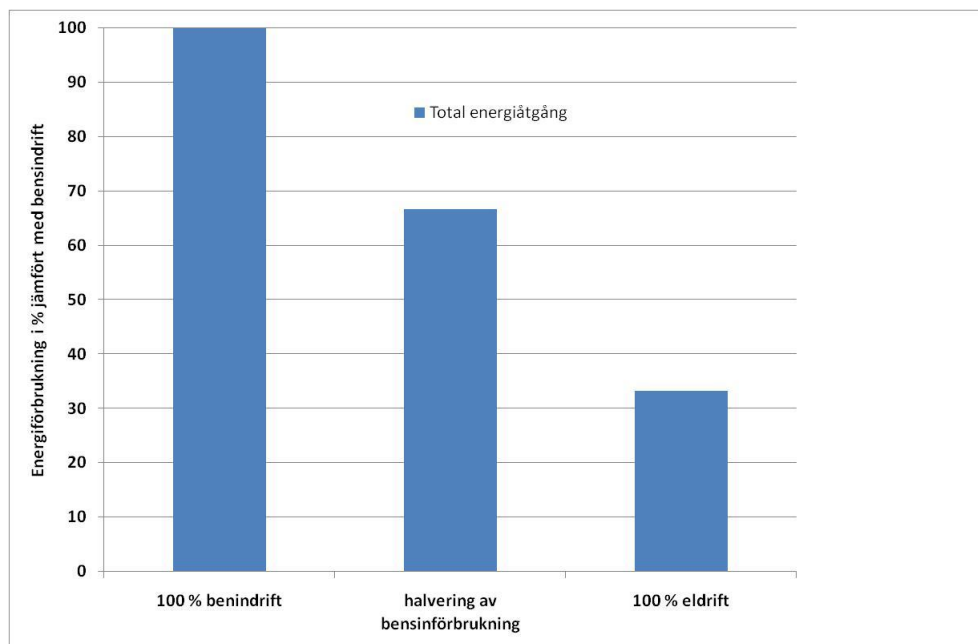


Figur 15: Totala CO₂ – emissioner. Till följd av eldriften minskade bensinförbrukningen och därmed också CO₂-utsläppen under fältförsöket (jämfört med nollmätningen). I diagrammet har CO₂-utsläpp som relateras till el adderats. I diagrammet visas också emissioner från tillverkning, raffinering och distribution av bensin (för att få en rättvis jämförelse med el)

6.3.3 Energiförbrukning

Ju mer el som används i förhållande till bensin (dvs hur mycket bensin som fasas ut genom användning av el) desto lägre blir den totala energiförbrukningen. Som nämnts tidigare så ersätts ungefär en energienhet bensin av en tredjedels energienhet el.

I figuren nedan visas schematiskt hur den totala energiförbrukningen ändras då man går från bensin- till eldrift (två ytterligheter).



Figur 16: Schematisk beskrivning av den totala energiförbrukningen vid olika driftfall. Om exempelvis bensinförbrukningen halveras till följd av eldrift, sjunker den totala energiförbrukningen till 66 % (jämfört med 100% energiförbrukning vid ren bensindrif).

Övriga reglerade emissioner såsom CO, HC, NOX och partiklar påverkades inte av den ökande eldriften.

6.4 Etablering av laddplatser – lagar, regler och policyfrågor

Behovet av publika laddplatser och en etablerad infrastruktur för laddning har ofta framhållits som en avgörande framgångsfaktor för en lyckosam marknadsintroduktion av elbilar. Men frågetecknen är många: Var kommer laddningsbehoven att uppstå? Hur omfattande måste infrastrukturen för laddning vara?

Även kring regelverk och tillstånd för laddplatser finns det en rad frågor: Kommer det att krävas tillstånd för att sätta upp laddstolpar vid gatuparkeringar? Vilka brandsäkerhetsregler gäller vid laddning inomhus? För att kunna möta en snabb och omfattande efterfrågan av laddning måste den typen av frågor kunna besvaras.

Under våren 2009 gjordes en utredning om reglerna för olika typer av installationer. Olika lagstiftningar gick igenom och ett flertal aktörer, på bland annat standardiseringssidan, intervjuades. Målsättningen var att få kunskap och identifiera eventuella hinder för etablering av laddplatser.

6.4.1 Laddplatser på gatumark

Inom den offentligrättsliga detaljplanlagda gatumarken gäller alltid trafiklagstiftningen och trafikförordningen. Utredningen visar att det finns flera problem med att uppföra laddplatser på gatumark, som exempelvis behovet av särskilda ”laddtor” och avgiftsbeläggning.

Om gatumarken ska användas till laddplatser måste Trafikkontoret ta hänsyn till miljö, renhållning, snöröjning, stadsbild, och all trafik – bilar, cyklar, fotgängare, handikappsanpassning etc. Enligt ordningslagen kan även polistillstånd behövas. Trafikkontoret bedömer att det blir svårt att uppfylla kraven, och särskilt när det gäller renhållning och trafik längs trottoarer i innerstaden om man sätter upp laddstolpar.

Idag har Stockholms stad helt gått ifrån enskilda p-stolpar vid parkeringsplatser. Med undantag för motorcyklar, diplomattransporter och handikappade är p-platser i gatumarken inte längre utmärkta med rutor. Miljöbilar, elbilar och bilpoolsbilar är inte upptagna i trafikförordningen och kan därför inte reserveras för p-platser. Vägmarkesförordningen saknar en tilläggstavla för ”elbil”.

Enligt *Lag om rätt för kommun att ta ut avgift för vissa upplåtelser av offentlig plats* m m (SFS 1957:259) finns det idag ingen möjlighet att avgiftsbefria parkering av elbilar eller andra miljöbilar. Enligt lagen har kommunen bara rätt att befria rörelsehindrade från avgiftsskyldighet.

Frågor har tidigare rests om laddning skulle kunna ske via befintliga belysningsstolpar på gatumark. Utredningen visar att laddning via belysningsstolpe på gatumark

inte är möjligt, eftersom staden enligt el-lagen inte får vidareleverera el till externa kunder. Elleverans får endast ske av företag med koncessionsrätt. Staden skulle kunna ansöka om koncessionsrätt, men det innebär att de måste starta en affärsdrivande verksamhet i konkurrens med företag som Fortum, E-on och Vattenfall. Flera städer i Europa, som exempelvis Oslo och London, har infört reserverade parkeringsplatser för elbilar, där både parkering laddning är gratis.

6.4.2 Laddplatser på tomtmark

När det gäller etablering av laddplatser på tomtmark är bilden en annan. Tomtmark som enligt detaljplan är parkeringsytor kan utrustas med laddningsmöjlighet om markägaren ger tillstånd. När staden äger marken är parkeringsytan oftast utarrenderad, exempelvis till Stockholm Parkering. Då är det arrendatorn som ska godkänna. Till skillnad från gatumark är det på tomtmark möjligt att reservera platser för särskilda fordonstyper, som el- och miljöbilar.

Det behövs alltså idag inget bygglov för uppförande av laddplatser. Om det blir många laddstolpar har Stadsbyggnadskontoret dock indikerat att de kan göras bygglovspliktiga. Skälen är framförallt estetiska.

6.4.3 Laddplatser i parkeringshus

Det är ägaren till ett parkeringshus som avgör om laddplatser ska uppföras eller ej. Stockholm Parkering har till exempel redan idag ett tiotal garage med laddplatser.

Behovet av extra säkerhet för laddning i parkeringshus har uppmärksamrats på flera håll. Det största riskmomentet anses vara följderna av en eventuell fordonsbrand. Det är tre regelverk som styr säkerheten vid etablering av laddplatser inomhus:

- *Arbetskyddsstyrelsens författningssamling AFS 1988:4 "Blybatterier"*
- *Boverkets byggregler BFS 1993:57 med ändringar to m 1998:38, krav för garage i 6:232*
- *Svensk standard från SIS: SS-EN 50272-3 "Laddningsbara batterier och batterianläggningar – säkerhet – del 3: Traktionsbatterier"*

Ingen av dessa regelverk nämner de moderna batterityper, Li-Ion (Litium Jon) eller NiMH-batterier (Nickel Metall Hydrid), som förväntas finnas i elbilar och laddhybrider. Enligt Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, MSB, är det avgörande om det bildas vätgas vid laddningen eller ej. Många parkeringsbolag menar att säkerhetsaspekterna vid laddning måste klargöras för att de ska kunna besluta om en eventuell utbyggnad.

Samma regler gäller också för andra p-platser inomhus. Fastighetskontoret har till exempel vissa platser med motorvärmare, som skulle kunna utnyttjas till laddning.

Men samma osäkerhet kring säkerhetsregler vid laddning inomhus gör att det är svårt att ta beslut.

6.4.4 Särskilt regelverk för laddstolpar

Elsäkerhetsverkets ramföreskrift och allmänna råd gäller för hur elektriska starkströmsanläggningar ska vara utförda (*ELSÄK-FS 2008:1*). Där hänvisas till svensk standard, SS 4364000, för elinstallationer. Utomhuskontakt ska ha petskydd och låsbar lucka, eller vara placerade på en höjd av minst 1,7 meter. Laddstolpen ska installeras av behörig elinstallatör. Tekniska lösningar behövs för att tillgodose barnsäkerhet utan att hindra tillgängligheten till laddplatserna. Elforsk arbetar med att ta fram råd och anvisningar för laddstolpar.

6.4.5 Slutsatser

Den viktigaste regelverksfrågan gäller etablering av laddplatser på olika typer av mark. Det är helt olika förutsättningar beroende på om uppförandet av elplatser ska ske inomhus eller utomhus, på gatumark eller tomtmark:

utomhus – gatumark	- trafiklagstiftningen gäller - svårt att uppfylla kraven gällande renhållning och trafik längs trottoarerna - inte möjligt att reservera p-plats för miljöfordon
utomhus – tomtmark	- markägarens godkännande krävs - möjligt reservera p-plats för miljöfordon
inomhus – inomhusparkering	- tre regelverk styr säkerheten - ett klagörande av säkerhetsaspekter vid laddning av nyare batterityper (t ex litiumjon, nickelmetallhydrid) saknas

Det är avsevärt enklare att etablera laddplatser på tomtmark än på gatumark. Vid användande av gatumarken till laddplatser måste trafikkontoret i enlighet med Trafikförordningen ta hänsyn till framkomlighet, miljö, renhållning, snöröjning etc. Regelverket tillåter inte att särskilda platser reserveras specifikt för miljöfordon, vilket däremot är fullt möjligt på tomtmark. I dagsläget är markägarens tillstånd det enda som krävs.

Det finns flera regelverk som styr säkerheten vid etablering av laddplatser inomhus, som exempelvis Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling och Svensk standard. Ingen av dem tar upp de nya batterityper som förväntas komma i elbilar och laddhybrider. Säkerhetsaspekterna vid laddning av sådana batterier måste klargöras. Elsäkerhetsverkets ramföreskrifter reglerar hur utformningen av elektriska starkströmsanläggningar.

6.5 Behov av laddinfrastruktur

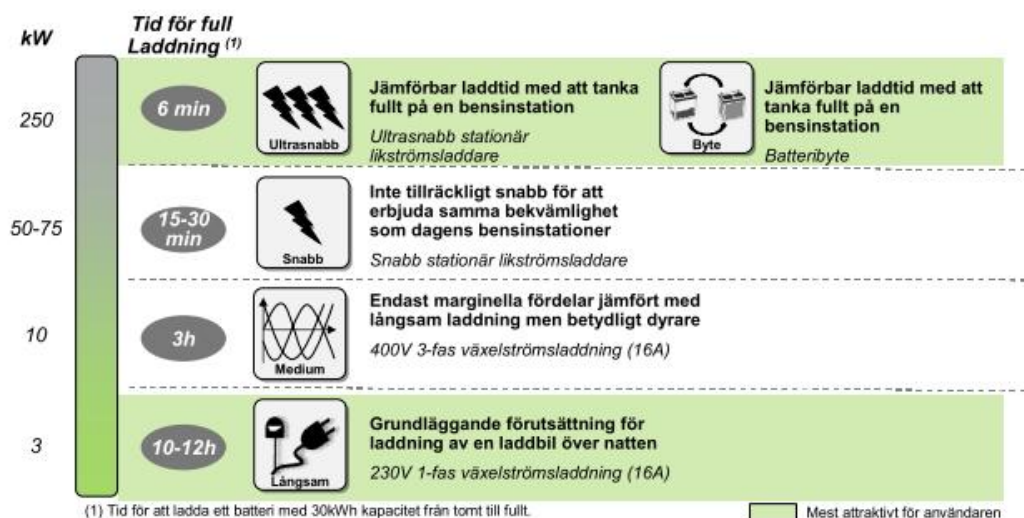
Det är osäkert hur laddningsinfrastrukturen kommer att utvecklas framöver. En utbyggnad av publika laddningsplatser behövs för att öka tillgängligheten, skapa publicitet och underlätta en marknadsintroduktion. En framtida laddningsinfrastruktur måste klara av många batterityper med olika förutsättningar att ta emot stora energimängder.

Kostnadsaspekten är en mycket viktig faktor. Både Miljöförvaltningen i Stockholms stad och Fortum har undersökt hur en effektiv infrastruktur för laddning skulle kunna utformas.

6.5.1 Långsamladdning eller snabbladdning

Man brukar tala om framför allt två slags laddningssätt: långsamladdning och snabbladdning. Långsamladdningen görs direkt från elnäten, på 230 V och antingen 10A eller 16A i enfas. Uttrycket snabbladdning rymmer flera olika typer av laddning. Trefasladdning växelström 400V med olika säkringsstorlekar och likströmsladdning med olika effekter och batteribyen är olika alternativ som diskuteras. I april 2009 kom ett antal energibolag och biltillverkare i Europa överens om en form av snabbladdning på 400V och maximalt 63A. Detta är emellertid inte någon fastställd standard. En övergripande standardisering av strömstyrkan är ännu inte uppnådd..

Vilken form av snabbladdning som en bil klarar av begränsas dels av hur stor effekt ett bilens batteri kan ta emot, dels vilka uttag som finns i bilen. Överföringen av mycket stora energimängder till många olika batterityper ställer höga säkerhetskrav. Snabbladdning kräver därmed helt andra lösningar för uttag, kablar och laddstationer. Den schematiska bilden nedan visar skillnaden mellan långsamladdning och olika former av snabbladdning.



Figur 17: Ungefärliga laddningstider för ett 30 KWh-batteri (från tomt till fullt) vid olika laddnings-varianter.

En storskalig investering i snabbladdningsstationer ligger sannolikt många år fram i tiden. Fortums utredning kommer till samma slutsats. Trots den intensiva teknikutvecklingen så pekar det mesta på att de första bilmodellerna kommer att vara förberedda för åtminstone långsamladdning. Enligt Fortums utredning kommer sannolikhet extremt snabba laddningstekniker att efterfrågas på längre sikt.

6.5.2 Behov av laddning

Publika laddplatser bör byggas där det finns ett tydligt behov.

Analyserna visar att laddningsbehoven är olika för tjänstebilar och privatfordon. Behoven är störst på platser där bilen står parkerad under lång tid, som i parkeringshus och infartsparkeringar eller vid arbetsplatsen och hemmet. För privatpersoner är behoven av snabbladdning små. Det finns ingen anledning att kunna ladda på en halvtimme om laddhybridbilen ändå står parkerad i åtta timmar. Det är högst troligt att det vid längre resor finns ett betydligt större behov av snabbladdning. För verksamheter där bilen används hela tiden, som taxi- och budverksamhet, är behovet av snabbladdning påtagligt – och kanske till och med en förutsättning.

6.5.3 Tomtmark eller gatumark

Utredningen av gällande regelverk visade att det i dagsläget är avsevärt enklare att etablera laddplatser på tomtmark än på gatumark. Det finns en hel del parkeringsplatser i Stockholm som inte ligger på gatumark och där det regelverksmässigt skulle vara relativt enkelt att etablera laddplatser. Under 2009 gjordes en parkeringsinventering av Trafikkontoret. Den visar att de flesta parkeringsplatser i Stockholms innerstad finns på tomtmark.

Är dessa parkeringsplatser belägna så att de passar framtida el- och laddhybridbilsförare? Vad kommer det att kosta att parkera? Boendeparkering på gatumark kostar 600 kr i månaden, medan en hyrd p-plats kan kosta allt emellan 1500 kr och 4000 kr i månaden. Genom att hänvisa el- och laddhybridbilarna i innerstaden till hyrplatser istället för gatuparkering skulle parkeringskostnaderna öka avsevärt, vilket skulle hämma marknadsutvecklingen.

6.5.4 Tankar kring utbyggnadsstrategi

Med avstamp i projektets erfarenheter, Fortums utredningar och Stockholms stads elbilsstrategi har ett förslag på utbyggnad av laddningsinfrastrukturen i Stockholm arbetats fram. Utgångspunkten är att elfordon och laddhybrider kan marknadsintroduceras med befintlig infrastruktur och en viss kompletterande utbyggnad:

- 1) **Ett begränsat antal publika platser** i parkeringshus och markparkeringar på tomtmark, för att skapa uppmärksamhet och underlätta för befintliga elbilar och de första nya användarna. Det handlar främst om centrala lägen, men i viss mån även närförort och infartsparkeringar.
- 2) **Företagsägda parkeringar**, där företag eller organisationer köpt in egna laddbilar och erbjuder besökare tillgång till laddplatserna.
- 3a) **Privata p-platser** i villa. I stor utsträckning finns redan motorvärmarruttag som kan användas eller uppgraderas.
- 3b) **Publika platser** i strategiskt utvalda parkeringshus och markparkeringar i innerstaden för att underlätta för lägenhetsboende att ladda nattetid. Det gäller framförallt privata parkeringsägare och bostadsrättsföreningar, men också ett större engagemang för stadens egna parkeringar.

Om det är möjligt med gällande lagstiftning så kommer det sannolikt även att behövas laddplatser på gatuparkeringar i innerstan, för att underlätta för boende och besökare.

6.5.5 Tekniska krav på laddstolpar

En av frågeställningarna vid projektets början var om tjänstebilsförare skulle behöva några incitament för att i största möjliga mån köra laddhybriderna på eldrift. En av slutsatserna är att det måste vara så enkelt som möjligt att ladda. Det måste därför byggas tillräckligt många laddplatser. Laddplatserna måste vara smidiga, ha en enhetlig standard för tanknycklar, batterier och sladdar, och en kombinerad betalning för både el och parkering.

Kraven på laddstolpens funktionalitet kommer att variera beroende på placering och mängden användare. För personliga laddstolpar räcker det kanske med nyckellås och energimätning, medan publika laddstolpar ställer betydligt fler krav på funktionalitet och användarvänlighet. I ett parkeringshus måste till exempel laddningsplatsen kunna hantera enskilda transaktioner och flera olika betalsätt.

6.5.6 Betydelsen av upphandlingskrav på fordon

I många organisationer finns upphandlingskrav som kan komma att ställa till problem vid kommande anskaffning av elbilar. Framför allt trafiksäkerhetskraven kan avgöra hur många laddhybrider som kan köpas in. Stockholms stad har idag som policy att bara köpa in miljöbilar. Stadens krav på miljöbilar följer den statliga förordningen, *”Förordning om statliga verk och myndigheters inköp och leasing av miljöbilar” SFS 2004:1364*. Nedan visas ett exempel på hur inköpskrav på laddhybrider och elbilar skulle kunna se ut:

Exempel på inköpskrav på bilar

Miljöbil: För elbilar gäller att de ska tillhöra miljöklass EL och ha en energiförbrukning som inte överstiger 37 kWh/100 km. Laddhybrider som kan köras på bensin eller diesel får vid blandad körning inte överstiga 120 gr CO₂/km.

Trafiksäkerhet: Rekommendation: Minst 5 + 2 stjärnor i EuroNCAP, alkoholås, samt ISA (intelligent hastighetsanpassning). En del förvaltningar och bolag har antagit Kommunfullmäktiges "Råd för miljö- och trafiksäkra resor" som skall-krav i den egna verksamheten. För dessa gäller tvingande trafiksäkerhetskrav enligt ovan.

** Kravet på energiförbrukning är inte speciellt skarpt, dagens elbilar förbrukar 15-20 kWh/100km. Däremot kan trafiksäkerhetskraven ställa till problem för elbilar eftersom de är små och kanske inte ens testade enligt EuroNCAP.*

6.5.7 Slutsatser

Ett av projektet initiala hypoteser var att testförarna inte skulle se något behov av en storskalig offentlig infrastruktur av laddningsplatser. Försöket bekräftar i mångt och mycket denna hypotes. Eftersom bilarna har varit utrustade med både dubbla motorer och dubbla batterier har de grundläggande laddbehoven täckts av långsamladdning nattetid.

En viss utbyggnad av publika laddningsplatser behövs troligen. Framför allt för de förare som inte har en fast parkeringsplats vid hemmet. Laddningsplatser bör i början byggas på tomtmark, där lagar och regelverk inte behöver ändras. Testförarna berättade att de hade ett visst behov av extraladdning på dagtid. De pekade i första hand ut platser där bilarna stått parkerade längst tid, som parkeringshus och företagsparkeringar. Förmodligen kommer det även att behövas ett antal publika laddningsstationer av publicitetsskäl. Organisationer som står i färd med att köpa in laddstationer och laddhybridfordon måste se till att de är godkända av upphandlingskraven.

6.6 Guide för installation av laddstolpar

Installationsförfarandet av laddstolpar skiljer sig åt beroende på om de ska användas inomhus, utomhus och om det finns en befintlig elanläggning att tillgå. Samtliga stolpar som användes i projektet stod på tomtmark. Uppförandet kan beskrivas i sex punkter:

1. Tillstånd att sätta upp laddstolpar hos markägaren.
2. Det behövs inget bygglov för enstaka laddstolpar eller skåp. För en större mängd laddningsplatser kommer det sannolikt att krävas bygglov.
3. Projektering av genomförandet – vilken laddstolpe ska byggas, vilken plats är lämplig, hur ska elschemat se ut etc.
4. En ansökan om nyanslutning till elnätet görs till det nätbolag som ansvarar för området där stolpen ska sättas upp. Ansökan görs även till områdets ansvariga nätbolag om kapaciteten på befintlig anläggning skulle behöva utökas.
5. För att gräva i gatumark behövs ett schakt- och öppningstillstånd. Om trafiken påverkas behövs dessutom ett trafikanordningstillstånd. I Stockholm ansöker man om tillstånd hos Trafikkontoret.
6. När alla tillstånd är klara kan installationen påbörjas.

En del av momenten kan överlappa varandra. Ansökan om trafikanordnings-, schakt- och öppningstillstånd kan till exempel göras innan projekteringen är helt klar.

■ 7 Slutsatser och reflektioner

7.1 Slutsatser

Nedan redovisas en sammanfattning av de viktigaste resultaten från projektet MobilEl:

Laddhybridbilarna fungerade

Försökets laddhybridbilar fungerade som dagliga tjänstefordon i stadstrafik.

Testförarna är positiva

Testförarna är positiva till laddhybriden. 80 procent av testförarna är mycket eller ganska nöjda med sina erfarenheter av att köra laddhybrid i tjänsten. Lika många har gärna kvar laddhybriden som tjänstebil även efter försökets slut.

Ändad körstil

Testförarna uppger att de ändrat körstil och körbeteenden. De uppger att de kör lugnare och med mjukare acceleration och inbromsning. Det huvudsakliga skälet är att de vill optimera miljönyttan. Det gäller framför allt de förare som kört i innerstadsmiljö och haft störst möjlighet att utnyttja testfordonens potential.

Stor potential att uppnå minskad bränsleförbrukning

Resultaten visar att det är stor skillnad på fordonens genomsnittliga bensinförbrukning och bensinförbrukningen vid maxprestation. I fältförsöket var den genomsnittliga bensinbesparingen cirka 13 procent, medan besparingen var den dubbla för de bilar som använde mest el. Analyserna visar dessutom att bränsleförbrukningen minskade ännu mer när laddhybriden var fulladdad med el och eldriften igång. Potentialen för minskad bränsleförbrukning för de fem testfordonen bedöms vara uppemot 50 procent. Det finns ett stort utrymme för att arbeta med teknik och stödsystem för att uppnå besparingar.

Testförarna efterfrågar förlängd eldrift och tekniska stödsystem för att maximera miljöprestandan

Testförarna pekar särskilt ut tillförlitlighet och batteriets kapacitet som viktiga utvecklingsområden. Testförarna vill kunna köra längre sträckor på bara el och att extrabatteriet placeras bättre. De efterfrågar tekniskt stöd för att maximera miljönyttan, som exempelvis displayer med körstatistik och automatisk eldriftsaktivering.

Förenkla laddförfarandet

Utvärderingen visar tydligt att det är viktigt att göra laddningen så enkel som möjligt, genom exempelvis lediga och lättillgängliga laddplatser, bra belysningen och smidig kontaktplacering på bilen.

I första hand långsamladdning nattetid

Publika laddplatser bör byggas där det finns ett tydligt behov. Testförarnas grundläggande laddbehov har täckts av långsamladdning nattetid hos arbetsgivaren. För privatbruk efterfrågar testförarna i första hand långsamladdning nattetid vid det egna hemmet.

Det är enklare att etablera laddplatser på tomtmark

Med dagens regelverk är det avsevärt enklare att etablera laddplatser på tomtmark än på gatumark. Etablering av laddplatser inomhus kräver ett klargörande av säkerhetsaspekterna.

Prototyplösningar ger utmaningar

Projektet gjorde en egen prototyplösning eftersom laddhybrider ännu inte finns på marknaden. Stor omsorg lades på tester och kontroller, men det uppstod ändå oväntade fel. Dessa hade framför allt att göra med att Toyota Priusens ursprungliga teknik inte är förberedd för de installationer som gjorts för försöket.

7.2 Reflektioner och rekommendationer

Laddhybridbilar laddar sina batterier från elnätet och kan köras långt enbart på el. Trots det visar försöksresultaten att merparten av testfordonen kördes förhållandevis lite på el vilket berodde på att de inte laddades varje natt och att laddhybriddriften inte alltid aktiverades vid start. Försöket visade också att det finns ett stort utrymme att arbeta med teknik och stödsystem för att utnyttja laddhybridbilens fulla potential och minska bränsleförbrukningen. Laddhybridbilen är ett bra alternativ framförallt för kortare resor. De har hög batterikapacitet och eftersom de är utrustade med både el- och förbränningsmotor är de inte beroende av en omfattande utbyggnad av laddplatser.

Miljö- och trafiksäkerheten skulle också kunna förbättras avsevärt om laddhybridtekniken samordnades med exempelvis Sparsam körning och ISA (Intelligent Stöd för Anpassning av hastighet).

Flera biltillverkare har aviserat att det snart kommer ut elbilar på den kommersiella marknaden. Det är rimligt att anta att laddhybriderna kommer att spela en viktig roll parallellt med elbilarna, och då särskilt för de organisationer och företag med stor variation i körsträckor. Många frågor kring laddhybridtekniken återstår att besvara, som exempelvis batterilivslängd, utnyttandegrad, säkerhet, regelverk, tillståndsprocesser och kostnader. Projektet MobilEl har inneburit en viktig kunskapsuppbyggnad för Stockholms stad och Fortum. Betydande statistik om användarreaktioner och testbilarnas rörelsemönster har samlats in och projektet har pekat ut viktiga områden för staden och Fortum att arbeta vidare med.

Många städer arbetar aktivt med elbilsstrategier och vill att deras förvaltningar och bolag ska föregå med gott exempel. Underlag från utredningar och fältförsök är viktiga för att kunna besluta om elbilar, laddhybrider och laddplatser. Erfarenheterna från MobilEl kan sammanfattas i nedanstående rekommendationer för framtida projekt:

- Framtida fältförsöksprojekt bör vara bredare, med fler och större användargrupper. En rekommendation är att fokusera på de målgrupper som kommer att kunna bidra mest till miljönyttan. Vilka är viktigaste användargrupperna och deras behov? Vilka laddbehov utöver det egna hemmet och arbetsplatsen kommer de att ha? Vilka kommer pionjärerna att vara, de sk early adopters?
- En annan rekommendation är att genomföra försök i samarbete med fordons-tillverkare, dels för att tekniska utmaningar ska kunna tacklas snabbare, dels för att få en bra återkoppling av användarreaktioner och andra erfarenheter.
- Detta försök har enbart studerat laddhybrider. En intressant fråga som projektet inte kunnat besvara är om det i framtiden kommer att räcka med rena elbilar eller om laddhybridbilar också kommer att behövas. Ett förslag är därför att framtida försök studerar laddhybrider och elbilar parallellt och låta testförare med samma fordonsbehov och körmönster köra båda dessa slags fordon.
- Utredningar behöver också göras för att ta reda på vilka platser som utifrån olika användargrupper och deras körmönster och behov är bäst lämpade för laddplats-investeringar.
- Laddinfrastruktur har börjat etableras i storstadsmiljö. De studier som genomförs idag fokuserar framför allt på hur mycket el som används vid varje laddstation. Det vore intressant att också studera vilka som använder dem och också närmare undersöka laddstolparnas funktionalitet, användarvänlighet och placering.
- En laddhybridbil har inte behov av snabbladdning i någon egentlig mening, eftersom de har två motorer och inte riskerar att blir stående på samma sätt som en ren elbil. Rena elbilar kommer däremot att behöva snabbladdas. Även om en stor del av elbilarnas laddningen troligtvis kommer att ske hemma och vid arbetsplatser är det viktigt att studera var och hur snabbladdning ska ske.
- Förutsättningarna att bygga laddplatser på gatumark bör utredas och ett särskild fokus bör vara att titta på hur laddning nattetid ska kunna erbjudas boende i flerbostadshus utan parkeringsplats.
- Försöket MobilEl har visat att det finns stora skillnader mellan olika testförare och hur det har använt laddhybridbilarna. Det finns därmed också stor spännvid i miljöpotential. Det är viktigt att ta reda på hur förare kan stöttas att nå dessa och de rena elbilarnas fulla miljöpotential på bästa sätt.

Bilagor

Bilaga 1: Utvärderingsmetodik och centrala frågeställningar

Med ledning av tidigare projekt och försök formulerades ett antal centrala frågeställningar och hypoteser. Hypoteserna var:

- Hypoteser om testföraren: behov, uppfattning om effekter, upplevelse av risk, distraktion, attityd- och beteendeförändringar, incitament
- Hypoteser om laddhybriden: uppfattning om funktionalitet och begriplighet, prestanda
- Hypoteser om laddstationerna: uppfattning om funktionalitet och användning
- Hypoteser om miljö- och trafiksäkerhetseffekter: förväntningar på miljö och trafiksäkerhetseffekter

Ur hypoteserna identifierades tydliga och väldefinierade indikatorer (se bilaga 2). Indikatorerna användes sedan under hela utvärderingsprocessen för att säkerställa utvärderingsresultaten och garantera att de centrala frågeställningarna skulle kunna besvaras.

Tabellen nedan visar på förhållandet mellan försökets hypoteser och slutsatser. Jämförelsen mellan initiala hypoteser och insamlad empirisk data visar att hypoteserna i hög grad har bekräftats. Överensstämmelsen är god när det gäller användarreaktioner och incitament, men mindre god när det gäller laddningsbeteenden och fordonseffekter. För dessa områden krävs mer kunskap för att resultaten ska kunna säkerställas.

Centrala frågeställningar om testförarna	Hypotes om testförarna	Empiri	Överensstämmelse
Andel nöjda testförarna?	<i>Andel nöjda användare kommer att uppgå till ca 95 %.</i>	<i>80 procent av testförarna var mycket/ ganska nöjda med att köra laddhybrid.</i>	Relativt god
Hur har teknikproblemen under fältförsöket uppfattats och hur har inställningen till fordonen förändrats till följd av detta?	<i>De teknikproblem som uppstår under fältförsöket kommer inte att påverka testförarnas inställning till elfunktionen eller fordonen.</i>	<i>Teknikproblemen har påverkat testförarnas tilltro till teknislösningen i försöket, men pga deras tilltro till hybridbilen som framtidsbil har inte deras inställning till vare sig hybridbil eller elfunktionen påverkats.</i>	Mycket god
Var kör testförarna på el (innerstaden ger större miljönytta än på motorlederna)?	<i>Testförarna kommer ha elfunktionen aktiverad mest på innerstadsgatorna. Testförarna kommer att inse att miljönyttan är större där än på kringfarts- och /motorlederna och väljer att på dessa leder istället ha bensinfunktionen aktiverad.</i>	<i>Testförarna ansåg att laddhybridbilens potential var störst på innerstadsgator (lägre hastigheter). De anpassade sin körstil för att försöka optimera miljönyttan.</i>	Mycket god
Hur kommer testförarna att ändra sina körbeteenden?	<i>Medelhastigheten kommer att sänkas något. Testförarna kommer att uppleva det som en sporre att ligga under 47 km/h (då eldriften är aktiverad).</i>	<i>Att köra laddhybridbil påverkade inte testförarnas dagplanering, men väl deras körstil/körbeteenden. För att maximera eldriftsansvändningen körde de lugnare, mjukare och med ett jämnare tempo.</i>	Mycket god.
Var laddar testförarna bilarna?	<i>Testförarna kommer ladda bilarna vid Fortums parkeringar under natten, men kommer ha starka önskemål om att framför allt kunna ladda på platser där de utför sitt arbete.</i>	<i>Testförarna efterfrågar i huvudsak långsamladdning nattetid på Fortum, och hade måttliga önskemål om att kunna ladda hos kund där man utförde arbete.</i>	Relativt god.

Upplever testförarna den lägre bullernivån distraherande under körning?	<i>De testförare som tidigare inte kört hybridfordon kommer initialt att känna sig ovana och något distraherade av den lägre bullernivån i fordonen. Känslan av att bli distraherad under körning kommer dock snabbt att avta.</i>	<i>Testfordonen upplevdes som tystare och man blev mer medveten om omgivande ljud (från däck, vind etc). Testförarna uppgav att man var mer uppmärksam i vissa situationer, som ex i P-hus. De vande sig efter ett par veckor.</i>	Mycket god
Upplever testförarna att den lägre bullernivån innebar en trafiksäkerhetsrisk?	<i>Testförarna kommer inte uppleva bilarnas lägre bullernivå som en trafiksäkerhetsrisk och man kommer inte ändra sina körbeteenden i detta avseende. (De kommer däremot vara övertygade om att fotgängare och cyklister i deras omgivning kommer att uppleva högre risk).</i>	<i>80 % av testförarna tyckte att laddhybridbilarna trafiksäkerhetsmässigt fungerade mycket bra eller ganska bra ur ett förarperspektiv. 20 % av testförarna upplevde att trafiksäkerheten för fotgängare och cyklister var ganska dålig.</i>	Relativt god
Vilka är drivkrafterna hos testförarna att verkligen använda laddhybridmöjligheten?	<i>Testförarnas primära drivkrafter att använda laddhybridmöjligheten kommer på kort sikt att vara teknikintresse och "nyhetens behag". På längre sikt kommer den primära drivkraften vara i första hand miljönyttan och i andra hand arbetsgivarens kostnadsbesparing.</i>	<i>Testförarnas primära drivkraft var att försöka maximera laddhybridens potential och minska miljöpåverkan.</i>	Ej så god
Är det svårt att motivera kostnadsbesparing?	<i>Testförarna kommer inte att tänka så mycket på kostnadsbesparingen eftersom att de kör bilarna i tjänsten.</i>	<i>Testförarna menade att man är mer medveten om kostnadsperspektivet som privatförare.</i>	Mycket god.
Behövs incitament?	<i>Incitament behövs för att testförarna ska aktivera elfunktionen och ladda bilarna över natten.</i>	<i>Det verkar inte behövas några incitament för att förarna ska ladda. Däremot efterfrågas bra förutsättningar för att kunna ladda (belysning, lediga och lättåtkomliga laddplatser etc). Incitament behövs för att aktivera elfunktionen: "det ska vara så enkelt som möjligt att göra rätt". Eldriften bör aktiveras per automatik och kunna slås av manuellt. Stödsystem som visar hur energiförbrukningen påverkas av körstil efterfrågas.</i>	Relativt god

Centrala frågeställningar om fordonen/tekniken	Hypotes om testförarna	Empiri	Överensstämmelse
Hur mycket går bilarna på el?	<i>Elfunktionen kommer att vara igång 75% av körtiden.</i>	<i>Eftersom att testförarna ibland glömde att aktivera eldriften och pga fel tekniska fel saknas empiriska data. Data som representerar en "typkörning" visar att 30% av körsträckan var på el.</i>	Ej så god.
Hur stor del av energin kommer från bensinmotorn och hur stor del kommer från laddad elenergi?	<i>Andelen el kommer att vara 70%.</i>	<i>Det är stor skillnad på energiförbrukningen vid olika körmoder, och beroende på om extrabatteriet varit tomt eller fulladdat. Försöket visar på att man kan nå besparingar av bränsleförbrukning på mellan 10 och 50 % med laddhybriddrift beroende på omständigheterna.</i>	Ej så god.
Räcker långsamladdning (230V/10A), eller behövs snabbladdning?	<i>Långsamladdningen kommer att räcka långt, men snabbladdning kommer också att behövas. Däremot kommer inte 10A att räcka vintertid, pga motor- och kupevärmning.</i>	<i>Långsamladdning nattetid räckte för att täcka testförarnas behov. De tyckte inte att snabbladdning behövdes.</i>	Ej så god

Kommer batteriet att förlora i prestanda?	<i>Batteriet kommer inte förlora i prestanda under försöket (försökstiden är för kort för att påvisa sådana effekter).</i> <i>Under försökets gång kommer dock "barnsjukdomar" att uppstå, eftersom batterierna är prototyper.</i>	Försökstiden var för kort för att påvisa om batteriet förlorade i prestanda. Under försöksperioden uppkom inga tekniska problem kopplade till extrabatteriet, utan till integreringen mot Toyotas eget system.	Mycket god Relativt god
Vilka kommer de tekniska "knäckfrågorna" att vara?	<i>En knäckfråga för utvärderingen är att loggutruckningen fungerar och att data verkligen överförs från bilarna. En teknisk knäckfråga är extrabatteriets funktion.</i>	Under fältförsöket uppstod tekniska problem kopplade till loggutruckningen och till integreringen av extrabatteriet med Toyotas eget system.	Ej så god
Var finns behov av laddning?	<i>Förarna kommer att uppge att de har ett stort behov av laddningsmöjlighet vid de företag där de utför arbete, men också vid gatuparkeringar och större köpcentra.</i>	Förarna upplevde inte att de hade något större behov av att ladda dagtid. Det räckte med laddning nattetid.	Ej så god
Kommer vi att se ett val av bensinmotordrift i bilarna under kalla vintermorgnar för att få ut icke elektriskt genererad värme?	<i>Vissa av bilarna parkeras utomhus och är vissa vintermorgnar igenisade. För att snabbt få bilen isfri kommer de flesta förarna att välja bensinmotordrift. (Det kan minskas genom en kupevärmare med timer, så att förarna kommer till en redan uppvärmd och isfri bil).</i>	Kan ej besvaras av projektet.	-

Centrala frågeställningar om laddning	Hypotes om testförarna	Empiri	Överensstämmelse
Hur upplevs laddstationerna?	<i>Stolpen kommer upplevas som robust och enkel att använda.</i> <i>Användaridentifikationen kommer att upplevas som enkel att använda.</i>	<i>80 procent av förarna har aldrig haft problem när de velat ladda bilen. De problem som har lyfts fram har främst haft att göra med tillgängligheten till laddstolpen och laddplatsen, samt sladdarna.</i> <i>Användaridentifikationen har inte testats i försöket.</i>	Mycket god. -
Hur används laddstationerna?	<i>Förarna kommer till en början att ladda ofta, men kommer snabbt att efterfråga laddmöjligheter även på andra platser än de som erbjuds i försöket.</i>	<i>Förarna laddade i Fortums garage nattetid. Fyra av tio testförare "extraladdade" emellanåt på dagtid. 70% av testförarna hade ej behov av att ladda någon annanstans än i hemmagaraget.</i>	Ej så god.

Bilaga 2: Lista över mätindikatorer

Utvärderings-kategori	Underkategori	Indikator	Datainsamling	Data/enhet
Användare	Attityder	Bilintresse/bilmedvetenhet	Kvalitativ enkät	1-5
		Miljöintresse/miljömedvetenhet	Kvalitativ enkät	1-5
		Elbilar/hybridfordon	Kvalitativ enkät	1-5
		Enkelhet	Kvalitativ enkät	1-5
		Komfort/körupplevelse	Kvalitativ enkät	1-5
		Körförmåga	Kvalitativ enkät	1-5
		Tillförlitlighet/prestanda	Kvalitativ enkät, loggdata	1-5
		Buller	Kvalitativ enkät, loggdata	1-5
		Trafiksäkerhet	Kvalitativ enkät, djupintervjuer	1-5
		Ladd-/elfunktionen	Kvalitativ enkät, loggdata	1-5
		Laddstationer	Kvalitativ enkät, loggdata, djupint.	1-5
		Barriärer	Kvalitativ enkät, djupintervjuer	1-5
		Incitament	Kvalitativ enkät, djupintervjuer	1-5
		Informationskanaler	Kvalitativ enkät	1-5
	Beteenden	Körstil	Kvalitativ enkät, loggdata	
		Körsträckor/körmönster	Kvalitativ enkät, loggdata	
		Drift (el/bensin)	Kvalitativ enkät, loggdata	
		Laddning	Kvalitativ enkät, loggdata	
Fordon	Körning	Föraridentitet	Loggdata	Idnr
		Datum	Loggdata	ååmmdd
		Starttid	Loggdata	hh:mm
		Sluttid	Loggdata	hh:mm
		Händelsetid	Loggdata	h, min
		Körsträcka	Loggdata	Km
		Bränsleanvändning	Loggdata	L
		Bränsleeffektivitet	Loggdata	l/km
		Momentan fart	Loggdata	km/h
		Genomsnittlig fart	Loggdata	km/h
		ICE motorns varvtal	Loggdata	Rpm
		Toyotabatteriets strömflöde	Loggdata	+/- A
		Toyotabatteriets laddningsstatus	Loggdata	SOC %
		Toyotabatteriets temperatur	Loggdata	C
		Toyotabatteriets medeltemperatur	Loggdata	C
		Hjälpbatteriets spänning	Loggdata	V
		Hjälpbatteriets strömflöde	Loggdata	+/- A
		Hjälpbatteriets laddningsstatus	Loggdata	SOC%
		Hjälpbatteriets temperatur	Loggdata	C
		Hjälpbatteriets medeltemperatur	Loggdata	C
		Använd energi	Loggdata	kWh
		Energieffektivitet	Loggdata	kWh/km
	Laddning	Starttid	Loggdata	hh:mm
		Sluttid	Loggdata	hh:min
		Händelsetid	Loggdata	h, min
		Hjälpbatteriets spänning	Loggdata	V
		Hjälpbatteriets strömflöde	Loggdata	+/- A
		Hjälpbatteriets laddningsstatus	Loggdata	SOC%
		Hjälpbatteriets temperatur	Loggdata	C
		Hjälpbatteriets medeltemperatur	Loggdata	C
		Laddad energi	Loggdata	kWh
		Servicebehov	Avvikelserapporter, djupintervjuer med testförare, verkstad, Nilar m fl.	
Laddstationer		Använd energi	Avläsningar	Id, kWh
		Laddningsbehov	Loggdata, Kvalitativ enkät, djupintervjuer	km, karta
	Service	Felanmälningar	Separat felloggning	kvalitativ beskr.
Regelverk		Servicebehov	Djupintervjuer	kvalitativ beskr.
		Miljöregler (batteriåtervinning, etc)		kvalitativ beskr.
		Körcykler	Djupintervjuer	kvalitativ beskr.
		Säkerhetsregler	Djupintervjuer, förordningar	kvalitativ beskr.

Utvärderings-kategori	Underkategori	Indikator	Datainsamling	Data/enhet
		Investeringsbehov	Djupintervjuer	kvalitativ beskr.
		Tillstånd	Djupintervjuer, förordningar	kvalitativ beskr.
		Tillståndsprocesser	Djupintervjuer, förordningar	kvalitativ beskr.
Effekter		Bensinförbrukning	Loggdata, avläsning	L
		Energiförbrukning	Loggdata, avläsning	
		Verkningsgrad/förluster	Loggdata, samband	%
		Energieffektivitet	Loggdata, samband	%
		Räckvidd	Loggdata, samband	Km
		Energibesparing	Loggdata, samband	%
		Tillförlitlighet	Bedömning	
		Miljönytta	Loggdata, samband, bedömningar	minskad el, utsläpp

Bilaga 3: Datatillgång

Under projektets gång har en hel del data samlats in. Data och annat material (loggdata, enkätdata samt enkäter och intervjuguider) är publikt och kan erhållas mot förfrågan. Vänligen kontakta Stockholm stad eller Energimyndigheten.