

Sammendrag:

Ladbare hybridbiler

Utslipsreduksjoner og barrierer for bruk av en ladbar Toyota Prius

TØI rapport 1226/2012
Forfatter(e): Rolf Hagman og Terje Assum
Oslo 2012 40 sider

Ladbare hybridbiler (Plug-in Hybrid Electric Vehicles - PHEVs) er biler som har både en forbrenningsmotor, elektrisk fremdrift og batterier, som kan lades fra strømmettet. Ladbare hybridbiler er det mulige neste trinnet i utviklingen av hybridbiler (HEVs). I 2012 er ladbare hybridbiler tilgjengelige som demonstrasjonsbiler, prototyper, forseriebiler og i form av noen få modeller i kommersiell serieproduksjon. Mange forskjellige utførelser og svært ulike konsepter blir testet. Ladbare hybridbiler kan brukes til lengre turer uten lading, noe som betyr at elbilbrukernes "rekkeviddeangst" ikke er et problem. Den samme bilen kan brukes til både korte og lengre turer, spare fossilt drivstoff og kjøres helt uten avgassutslipp når den kjøres som en Elbil.

Den nye kommersielle ladbare versjonen av Toyota Prius blir en middels stor familiebil med mulighet for å kjøre ca 25 km i elektrisk modus (EV mode), og vil bli markedsført i hele Europa i 2012. Hva vil virke tiltrekkende i markedet og hva vil være det optimale batteristørrelsen og den optimale kjørelengden for en PHEV i elektrisk modus? Faktorer som må være kjent for å besvare dette spørsmålet er, eventuelle utfordringer med batteriene, innkjøpspris, drivstofforbruk, CO₂-utslipp og potensielle kjøperes ambisjoner om en miljøvennlig profil.

Dette prosjektet er utført for Toyota Norge og er støttet av "Transnova". Prosjektet fokuserer på erfaringene med en prekommersiell ladbar versjon av hybridbilen Prius som ble testet av vanlige brukere i to år i Danmark, Finland, Norge og Sverige. Bensinforbruket i disse ladbare hybridbilene viste seg, for bilene som ble brukt på forskjellige måter, i virkelig trafikk under de to årene å bli mellom 0,25 og 0,38 liter per mil.

En ulempe med noen motorteknologier for å redusere utslipp av CO₂ er at de kan ha utilsiktede ulemper som å gi store utslipp av helseskadelige avgasser, for eksempel NO_x. Dette skaper et dilemma for myndighetene som skal sørge for at både mål for klimagassutslipp og mål for helseskadelige utslipp oppfylles. Biler med hybrid teknologi har generelt de beste forutsetninger for lave utslipp av både klimagasser og lokalt helseskadelige forurensninger.

Avgasstester med simulert bykjøring ved VTTs avgasslaboratorium i Finland bekreftet at den vanlige Toyota Prius har lave utslipp av CO₂ sammenlignet med vanlige bensin- og dieslbiler. Avgasstestene med en av de prekommersielle ladbare Prius-bilene viste at vi ved en simulert tur frem og tilbake til butikken (15,6 km) i bytrafikk kan få reduksjoner av CO₂-utslippene med 80-90% i forhold til en vanlige Prius. Disse reduksjonene er mulige på korte turer med fullt oppladde batterier. For både den vanlige Prius og den prekommersielle PHEV Prius var utslippene av helseskadelige avgasser under alle kjøreforhold ekstremt lave.

Ny ladbar Prius

De to hovedmåtene for fremdrift av et kjøretøy er ved hjelp av en elektrisk motor eller med en forbrenningsmotor. Hybridteknologien kombinerer de beste egenskapene med

de to fremdriftsformene. Ladbare hybridbiler gir i tillegg mulighet for kjøring på strøm fra nettet. Den nye kommersielt tilgjengelig ladbare Prius har en batterikapasitet på 4,4 KWh. Den kan brukes som en energieffektiv hybridbil på lengre turer og på korte turer som en elbil. Bensinforbruk er på 0,21 liter per mil (NEDC, europeiske kjøresyklus for ladbare hybridbiler) noe som tilsvarer CO₂-utslipp på 49 g/km. Full lading av batteriene trenger 90 minutter med bilen tilkoblet til strømnett (220 V, 16 A).

Er det disse egenskapene hos en ladbar hybridbil som det markedet ønsker? Vil markedet betale en ekstra pris på ca. 40 000 kroner for den ladbare versjonen av Toyota Prius i forhold til den siden mange år etablerte hybridbilen uten mulighet for lading via nettet?

Prekommersiell ladbar Prius

Hensikten med å teste prekommersielle serier av biler er å optimalisere tekniske funksjoner samt å kartlegge aksept i markedet. Ti prekommersielle Toyota Prius ble utplassert i de nordiske landene, tre i Norge, to i Danmark, to i Sverige og tre i Finland. Etter full lading med elektrisitet fra nettet ble det oppgitt at disse bilene kan kjøres som rene elbiler de første 20 km. Etter en regulert utlading av batteriene kan de kjøres som vanlige hybridbiler.

De ladbare Prius'ene hadde ved testkjøringen i de nordiske landene et gjennomsnittlig bensinforbruk på fra 0,25 til 0,38 liter per mil. Drivstofforbruket henger klart sammen med hvordan og hvor et kjøretøy blir kjørt. I denne praktiske testen var det ingen instruksjoner for og ingen kontroll av hvor og hvordan de ladbare bilene skulle kjøres eller når og hvor ofte de skulle lades. Den bilen med det laveste bensinforbruk (0,25 l/mil) ble koblet til strømnettet mye oftere enn de andre. Innsparingen av drivstoff var generelt høy for bilene i den prekommersielle serien av ladbare Prius.

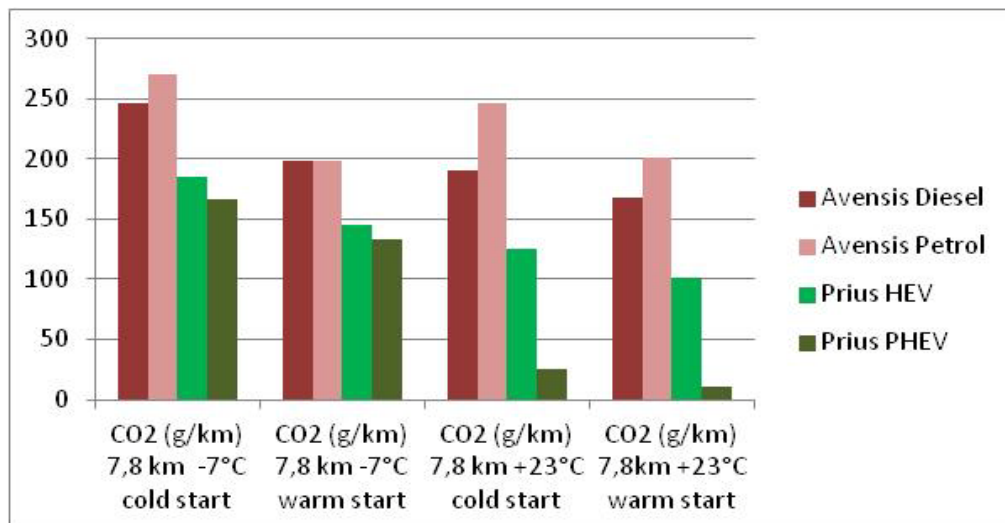
Vår erfaring av drivstofforbruk, avgasstesting, kjøremønster og bilteknologi gir en indikasjon på at avgassutslippene av CO₂ fra de prekommersielle ladbare Prius'ene generelt var i størrelsen 30% sammenlignet med vanlige Prius hybridbiler, 45% sammenlignet med effektive dieslbiler og 60% sammenlignet med effektive bensinbiler.

Utslippstester i laboratorium

For forstå hvor effektiv en ladbar Prius er i bytrafikk og i kaldt klima, ble en av bilene testet ved VTI's avgasslaboratorium i Helsingfors. Den ladbare hybridbilen ble sammenlignet med en vanlig Prius, en Toyota Avensis med 1,8 liter bensinmotor og en Toyota Avensis med 2,0 l dieselmotor. De fire bilmodellene ble testet ved omgivelsestemperaturerene -7 °C og +23 °C og ved kjøring av en bykjøringssyklus, (Helsinki bykjøringssyklus).

Den ladbare Toyota Prius viste lavt bensinforbruk og betydelig redusert utslipp av CO₂ ved kaldstart - kjøring 7,8 km, innlagt stopp på 15 minutter, varmstarten - kjøring 7,8 km. Sammenlignet med en vanlig Prius hybridbil var CO₂-reduksjonen 80-90% ved +23 °C. Sammenlignet med en Toyota Avensis med 1,8 liter bensinmotor var CO₂-reduksjonen 90-95% og noe lavere sammenlignet med en Toyota Avensis med dieselmotor.

Ved -7°C hadde den prekommersielle ladbare Prius nesten like store utslipp av CO_2 som den vanlige Prius. Den ladbare versjonens høye utslipp av CO_2 fra start med kald og varm motor ved -7°C kan forklares med at bilen var programmert til å varme opp kupeen med varme fra forbrenningsmotoren når omgivelsestemperaturer var lav.



Figur S.1: Målte CO_2 -utslipp fra en ladbare Prius hybridbil og sammenlignbare biler ved -7°C og $+23^{\circ}\text{C}$ - Helsinførs bykjøringsyklus

Hypotesen om at en ladbare Prius i bytrafikk vil ha meget lave utslipp av NO_x , PM og flyktige hydrokarbonforbindelser (HC) i bytrafikk ble bekreftet. Utslippene av NO_x , PM og HC fra den ladbare Priusen var ekstremt lave. Spesielt var de, når treveiskatalysatoren har tent, lave ved krevende bykjøring¹.

Kjøp av ladbare hybridbil

Det er vanskelig å undersøke atitydene til kjøp og bruk av ladbare hybridbiler før de er kommet på markedet. Noen undersøkelser om hypotetiske fremtidig kjøp av slike kjøretøy viser at grunnleggende kunnskap om den tekniske virkemåten til disse bilene er avgjørende for innstillingen til å kjøpe en slik bil. Dessuten er folk mer villige til å kjøpe en ladbare hybridbil hvis de er i en periode preget av endringer i livsstil, og hvis de finner støtte i sitt sosiale nettverk. Det er en klar forskjell mellom "early adopters", dvs. i dette tilfellet folk som er interessert i teknologi og miljø, og "mainstream" kjøpere. Antakelig må ladbare hybridbiler være på markedet i flere år før det er sannsynlig at "mainstream" bilkjøpere vil kjøpe dem.

Potensialet for utbredt bruk av ladbare hybridbiler er avhengig av teknologisk og miljømessig interesse hos kjøperne, støtte fra personlige nettverk, endringer i drivstoffpriser og incentiver i form av skattelette på slike biler og høyere avgifter på fossilt drivstoff. Mulige barrierer mot utbredt bruk av ladbare hybridbiler er mangel

¹ Det er på grunn av fet blandning ved start av motoren alltid et relativt stort kaldstarttillegg for bensinbiler som har treveiskatalysator

på kunnskap om denne teknologien, usikkerhet om framtiden for denne teknologien, tilgang til ladepunkter, og forholdet mellom elektrisk kjørelengde og prisen på bilene.

Brukererfaringer med ladbare hybridbiler

Brukerundersøkelsene i Europa og i de nordiske landene i dette prosjektet indikerer at brukerne generelt er fornøyd med den prekommersielle ladbare Prius hybridbilen. To utfordringer eller hindringer kom fram - den elektriske kjøreavstanden anses for kort, og håndtering og lagring av ladekabelen er tungvint. Førstnevnte er primært et spørsmål om kostnad, ladetid og plass i bilen. Lengre kjørelengde i elektrisk modus krever mer batterikapasitet, noe som er kostbart. Mer batterikapasitet vil også kreve lengre ladetid. Undersøkelsene viste at gjennomsnittlig ladetid var mindre enn to timer. Den finske undersøkelsen viste at de fleste brukere hadde bilen koblet til nettet i 2-3 timer, og ofte under lengre tid enn fem timer. Den tiden det tar å lade batteriene var kortere enn den tid bilen faktisk var tilkoblet strømmettet. Derfor bør en ladetid på opptil 3-4 timer ikke være et stort problem for de fleste brukere.

Oslo kommune har leaset en ladbar Toyota Prius til bruk for trafikkbetjentene. Fem trafikkbetjenter og to mellomledere ble intervjuet om bruken av denne bilen. Alle var positive, og vurderte den som et kjøretøy av høy kvalitet, godt skikket for det arbeidet de skulle utføre. Den positive innstillingen skyldtes hovedsakelig at dette var den nyeste bilen med det mest moderne tilbehøret. Den ladbare hybridbilen ble akseptert som en god moderne bil, noe som viser at det ikke var noen viktige innvendinger til selve kjøretøyet eller ladefunksjonen. Alle brukerne var positive til redusert forbruk av fossilt drivstoff, selv om de ikke hadde økonomisk fordel av dette selv. De få innsigelsene som kom hadde ingenting å gjøre med hybridteknologien eller ladingen. Drivstofforbruket ble sagt å være rundt 10 prosent lavere enn for vanlige hybridbiler som trafikkbetjentene også brukte. Godt miljø er et formelt vedtatt mål i Oslo kommune, og redusert CO₂-utslipp er derfor positivt både for trafikkbetjentene og lederne.

Resultatene fra utprøvingen av den ladbare hybridbilen i Oslo kommune viste ingen hindringer for bruk eller lading av bilen. Ladingen var godt organisert, og ingen av de intervjuede betjentene vurdert ladingen som et problem, ikke engang som bry. Selv om betjentene ikke hadde økonomiske eller andre fordeler av å lade bilen etter bruk, gjorde alle det som en del av vanlig rutine. Det vil si hvis ladingen er godt organisert, som den var i Oslo kommune, bør lading ikke være en hindring for effektiv bruk av ladbare hybridbiler.

Disse resultatene må vurderes som positive, og det viser at bedrifter og organisasjoner som bruker biler i sine virksomhet kan være et viktig marked for fremtidige ladbare hybridbiler, særlig organisasjoner og bedrifter som ønsker å gi et miljøvennlig inntrykk. Resultatene fra utprøvingen i Oslo kommune kan ikke gjøres gjeldende for bilmarkedet for private husholdninger.

Batterikapasitet

Flere brukere i Oslo kommune aksepterte den ladbare hybridbilens batterikapasitet som den var og syntes å ha liten interesse i større kapasitet. En av trafikkbetjentene mente dog at kommunen ville være villig til å betale mer for en ladbar hybridbil med

høyere batterikapasitet fordi kommunen ønsker å gi et miljøvennlig inntrykk. En annen betjent mente at kommunen ikke ville kjøpe dyrere biler.

Omtrent halvparten av de finske brukerne sa at de var villige til å betale mer for en bil som er mindre skadelig for miljøet, og to tredjedeler var enige om at de ladbare hybridbilene hadde oppfylt deres daglige behov for transport. Hvis to versjoner av PHEV ble markedsført, en rimelig versjon med dagens batterikapasitet og en dyrere versjon med høyere kapasitet, ville de fleste forbrukere kunne tilfredsstillte sine reisebehov med ladbare hybridbiler.

For bedrifter og organisasjoner kan rent elektriske biler være vanskelig å bruke hvis de skal være i drift 24 timer i døgnet 7 dager i uken. Ladetiden og for lang reiseavstand kan være en utfordring med elbiler, men er ikke et problem for ladbare hybridbiler som kan kjøre videre uten fulladet batteri og med hjelp av alternative fremdriftskilder. Ladbare hybridbiler vil være attraktive familiebler hvis de er i stand til å konkurrere på pris. For miljøinteresserte kunder som ønsker null avgassutslipp på daglige korte reiser og samtidig har mulighet for ubegrenset reiseavstand, vil ladbare hybridbiler være en god løsning.