

Sammendrag:**Strøm til biler**

TØI rapport 1160/2011

Forfattere: Rolf Hagman, Terje Assum og Astrid H. Amundsen
Oslo 2011 67 sider

Strøm til biler er et brukerstyrt innovasjonsprosjekt (BIP) med DEFA som prosjekteier, og Energi Norge, Statoil, Toyota Norge som øvrige partnere i prosjektet. Strøm til biler er et fremtidsrettet konsept i Norge. Rene elbiler vil være best egnet som et nisjeprodukt for små kjøretøyer, på relativt korte reiser. Nye fremtidige gjennombrudd på batterifronten kan være nødvendige for et større marked for elbiler. I perioden 2015-2025 vil sannsynligvis ladbare hybridbiler bli konkurransedyktige og brenselcellebiler kan bli mer aktuelle enn de nå er.

Rapportens problemstilling

Norske myndigheter og EU har vedtatt at utslippene av fossil CO₂ fra vegtrafikk skal reduseres. Dette er en utfordring som må møtes med et bredt spekter av virkemidler. I denne rapporten fokuserer vi på muligheter og begrensninger med ”strøm til biler”. Strøm til biler omfatter i vår rapport teknologi til biler som kan lades fra strømmettet samt norsk strømforsyning.

Elbiler er i Norge en beskrivelse på kjøretøy som for sin fremdrift har elektrisk motor og all energi for fremdriften lagret i batterier eller kondensatorer. I Norge finnes salg, import, produksjon og utvikling av elbiler. Norge er det land i verden som har størst antall elbiler per innbygger og også det land som har de sterkeste økonomiske virkemidlene for å stimulere kjøp av elbiler. Internasjonal bilindustri planlegger, men har foreløpig ikke eller kun i begrenset grad begynt med masseproduksjon av elbiler.

Ladbare hybridbiler bruker vi i denne rapporten som en beskrivelse av fremtidige kjøretøy, som i tillegg til energi lagret i batterier og kondensatorer også vil ha andre former for energibærere. Praktiske eksempler på ladbare hybridbiler som vil komme på markedet er biler med en forbrenningsmotor, strømgenerator og elektrisk motor. De ladbare hybridbilene vil ha en større eller mindre batteripakke som gir mulighet til lading direkte fra strømmettet.

Brenselcellebiler bruker hydrogen som energibærer og har, etter at hydrogenet omdannes til elektrisk strøm elektrisk fremdrift. I Norge kan strøm fra nettet bli den foretrukne energikilden for produksjon av hydrogen til brenselcellebiler.

Rapporten ser på spørsmål som:

- Vil elbiler og ladbare hybridbiler bli et konkurransedyktig alternativ til tradisjonelle biler med forbrenningsmotor?
- Vil det være praktisk og økonomisk hensiktsmessig med strøm til biler?
- Vil elbiler, ladbare hybridbiler eller brenselcellebiler være den type kjøretøy som best egner seg for bruk i Norge?

Spørsmålene om biler med elektrisk fremdrift blir i denne rapporten forsøkt besvart ved hjelp av litteraturstudier og analyser sammen med representanter for DEFA, EnergiNorge, Statoil og Toyota. En spørreundersøkelse blant hybridbileiere, samt tekniske og økonomiske analyser ligger til grunn for våre resultater og konklusjoner.

Fordeler og ulemper med elektrisk drift

Det fremste argumentet for elektrisk fremdrift er at virkningsgraden er dobbelt så høy som den virkningsgrad biler med forbrenningsmotorer har på sitt beste arbeidsområde. Elektriske motorer gir bilen en virkningsgrad på ca 85 prosent over hele motorens arbeidsområde, se tabell S.1.

Tabell S.1: Energieffektivitet (tilgjengelig i forhold til opprinnelig energi i prosent).

	"Kilde til tank" "Well to Tank"	"Tank til hjul" "Tank to Wheel"	"Kilde til hjul" "Well to Wheel"
Elbil (strøm fra vannkraft)	90	85	77
Hybridbiler	90	40	36
Ladbare hybridbiler	90	58	52
Brenselcellebiler	70	60	42

Hurtigladdestasjoner for elbiler kan løse problemet med kjørelengde, men er kun mulig i begrenset omfang. Grunnen er at både regional og lokal infrastruktur for strømforsyning ikke er dimensjonert for så store effektuttak som vil bli konsekvensen av omfattende hurtiglading av elbiler. Hurtigladdestasjoner reduserer frykten for strømstans og gir større kjøreradius men hurtiglading kan også redusere batterienes levetid.

Den store utfordringen for elbiler og ladbare hybridbiler er batteriene. Batterier er tunge, dyre og holdbarheten er foreløpig et usikkerhetsmoment. Med 10 mil kjørelengde kommer vekten på batteriene inklusive styringselektronikk opp mot 200 kg og prisen vil ligge på rundt kr. 100 000,-. Batteriene koster i 2011 ofte mer å produsere enn resten av en elbil. Batterier har et utviklings- og forbedringspotensial, men prisen vil i overskuelig tid være en hindring for batteripakker med lang rekkevidde. Elbiler har enkel teknologi og et rimelig fremdriftssystem. Små kjøretøy klarer seg med en mindre, lettere og rimeligere batteripakke enn store kjøretøy. Derfor skal elbiler være så små og lette som mulig.

Det høye dreiemomentet og effektiviteten ved elektrisk fremdrift og de praktiske fordelene med en forbrenningsmotor vil i en ladbar hybridbil gi oss det beste fra to verdener. Opel Ampera er et eksempel på en type ladbar hybridbil som vil komme på markedet i 2011-2012. Opel/GM oppgir at bilen vil få ladbare batterier som rekker til 60 km elektrisk kjøring. En bensinmotor vil lade batteriene når strømmen begynner å ta slutt. Dette er et spennende konsept som vil komme med forskjellige størrelser på motorer og batterier i flere bilmodeller.

Den første hybridbilen, som nå blir solgt i store volumer, var Toyotas Prius. Denne bilen har et hybridsystem med elektrisk motor, separat dynamo og bensinmotor. Ved blandet kjøring blir bensinforbruket med hybrid drift redusert med ca 30 prosent i forhold til en konvensjonell bil. Bykjøring gir større gevinst enn kjøring med jevn høy hastighet. Jo større batteripakke en hybridbil og en ladbar hybridbil har jo mer energi kan vi spare. Kommersiell lansering av den ladbare modellen av Toyota Prius er planlagt i 2012. En testseriene med 10 ladbare Toyota Prius har batterier som gjør at bilen klarer ca 20 km på oppladet elektrisk strøm. Ladbare hybridbiler vil kunne bli meget klimavennlige og gi minimalt med lokal forurensing når de kommer på markedet og kan lades med norsk strøm.

Karbonfri strømforsyning er ikke et problem i Norge. Med 7 TWt (Terawattimer), som kun er 5 prosent av Norges samlede elkraftproduksjon på ca 140 TWt, vil alle personbiler i Norge kunne gå på strøm. Lading av batteriene til en elbil går fint fra et støpsel i garasjen eller fra en enkel ladestolpe. Å lade batteriene til en elbil trekker ikke mer strøm enn å la en elektrisk varmeovn på 1 kW stå på i et døgn.

Motiver for valg av hybrid- og elbil

I dette prosjektet er det gjennomført en spørreundersøkelse blant 991 eiere av hybridbilen Toyota Prius. Spørreundersøkelsen viser at den typiske hybridbileier er en mann over 60 år med minst 6 års utdanning utover grunnskolen, bosatt på Østlandet i en husholdning med en til to personer.

Hybridbileierne er sammenlignet med eiere av elbiler og med eiere av vanlige biler med forbrenningsmotor, så langt data fra andre undersøkelser har gjort dette mulig. Elbileiere er i snitt yngre enn hybridbileierne og bor i større grad i husholdninger med tre eller flere medlemmer. Elbileierne har også i større grad enn hybridbileierne tilgang til en annen bil, og muligheten for bruk av kollektivfelt er avgjørende for elbileieres valg. Hybridbileierne har ikke denne fordelene, noe undersøkelsen viser at de er klar over.

Hybridbileiere er i stor grad fornøyd med hybridbilen og vil kjøpe hybridbil igjen. Den viktigste motivasjonen for kjøp av hybridbil er miljøvennlighet. Interessant teknologi synes ikke å være så viktig som miljøvennlighet, men oppgis likevel av nesten halvparten av hybridbileierne som grunn til å kjøpe en slik bil.

Hva skal til for at flere skal kjøpe biler med hel eller delvis elektrisk framdrift? For helt elektriske biler er bedre rekkevidde på batteriet og fortsatt tilgang til kollektivfeltene viktige betingelser. Elbiler synes i stor grad å være "bil nr 2" i husholdningen, og brukes først og fremst til arbeidsreiser.

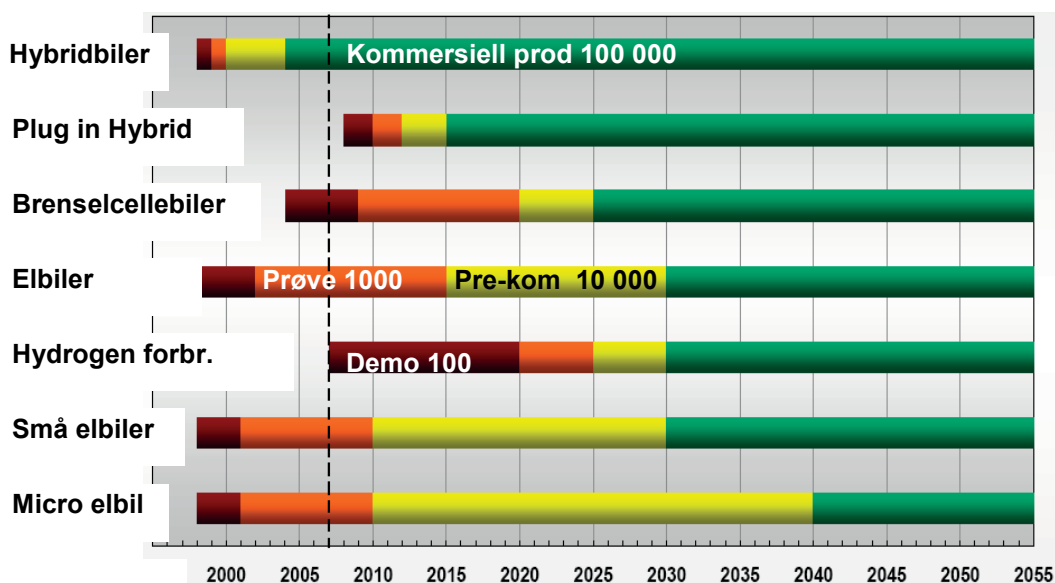
For ladbare hybridbiler synes også rekkevidden for kjøring med elektrisk drift å være viktig, selv om kravet til rekkevidde med elektrisk drift er mindre for ladbare hybridbiler enn for elbiler. Pris og mer utprøving er andre viktige forutsetninger for kjøp av ladbare hybridbiler. Derimot synes ikke selve tilkoblingen til strømmettet å være noen stor hindring for kjøp av en ladbar hybridbil, selv om over 80 prosent av hybridbileierne sier at automatisk lading vil ha betydning for valg av bil. Spørsmålene om ladbare hybridbiler er imidlertid hypotetiske i den forstand at ingen av de spurte har erfaring med denne biltypen.

Både konvensjonelle og ladbare hybridbiler kan i mye større grad enn rene elbiler være den eneste bilen i en husholdning. Dette skyldes at de kan brukes både på korte og lange turer, samtidig som de har et lavere forbruk av bensin enn vanlige bensinbiler. Inntil elbilene eventuelt får mye lenger rekkevidde mellom hver lading og langt hurtigere lading enn de nå har, er elbiler først og fremst egnet til bruk på relativt korte og forutsigbare reiser mellom steder hvor brukerne skal tilbringe forholdsvis lang tid og hvor lademulighet finnes.

Konklusjoner

Hvis vi prioriterer og tar hensyn til klimapåvirkning, økonomi og praktiske bruksegenskaper, vil fremtidens biler sannsynligvis bli:

- Elbiler for små kjøretøy og kort kjørelengde
- Ladbare hybridbiler og relativt små batteripakker til større biler som også skal brukes for langkjøring
- Brenselcellebiler med hydrogen som energibærer, som med ny infrastruktur for hydrogen og med kraftig reduserte priser på brenselceller kan bli et fremtidig alternativ til både elbiler og ladbare hybridbiler



Figur S.1: Antatt utvikling fra demonstrasjon (100 biler/år og brun farge) frem mot kommersiell produksjon (100 000 biler/år og grønn farge) av biler med alternativ teknologi. Kilde: Uavhengig ekspertgruppe nedsatt av California Air Resources Board (CARB ekspertgruppe 2007)

For bedriftspartnerne i prosjektet kan ny teknologi og nye transportformer være en trussel, men fremfor alt gir teknologisk utvikling og forandring nye foretningmessige muligheter. Teknologi for redusert klimapåvirkning har en stor samfunnsinteresse og et stort økonomisk potensial. På den andre siden finnes det muligheter for å tape på en teknologi eller energiform som ikke vil bli økonomisk

bærekraftig. Utfordringen er å forstå hvilke teknologier som kan bli vinnere og til hvilken tid det er økonomisk interessant å bli en aktiv aktør i markedet.

DEFA er verdensledende på motor- og kupèvarmere for biler. Bruk av elektrisk motorvarmer ved kaldstart er alltid en fordel. En varm forbenningsmotor gir lavere utslipp av klimagasser de første 5 minuttene og lavere utslipp av helseskadelige avgasser de første 1-2 minuttene enn en kald motor.

Behovet for elektrisk kupevarmer på vinteren er stort for ladbare biler da elektrisk oppvarming med strøm fra batteriene vil redusere kjørelengden. Alle biler vil også i fremtiden, og spesielt på den kalde årstiden, få redusert negative miljøpåvirkninger ved en elektrisk tilkobling til strømmettet. For DEFA som allerede er i en bransje med elektrisk oppvarming ser vi en utfordring i å tilpasse seg til et marked med bilmodeller som allerede fra produsenten kommer med elektrisk tilkobling.

Toyota utvikler elbiler, hybridbiler, ladbare hybridbiler og brenselcellebiler. *Toyota Norge* markedsfører disse bilene i Norge. Batterier og mangel på bærekraftig og karbonfritt produsert strøm (på verdensbasis) er hovedgrunnene til at ladbare biler foreløpig ikke blir produsert i store volumer for et kommersielt marked. Toyota hevder at alle deres bilmodeller etter hvert vil få hybrid fremdrift. I hvilket omfang elbiler og ladbare biler vil bli solgt i Norge er avhengig av avgiftssystemet i Norge og etterspørselen i verden.

Undersøkelsen blant hybridbileierne viser at disse i snitt er eldre enn førerkortinnehavere generelt og at de er eldre enn elbileiere. Hybridbileierne bor også i større grad i husholdninger med en eller to personer. Et viktig spørsmål fremover blir derfor hva som skal til for å få unge mennesker og barnefamilier til å kjøpe ladbare biler og hybridbiler.

Statoil og Statoil Fuel and Retail forsyner markedet med energibærere til kjøretøy. Tradisjonelt har dette vært bensin og diesel fra mineralolje. Ladestasjoner og hurtiglading av ladbare biler vil de nærmeste 10 årene være et begrenset marked. Ladestasjoner og hurtiglading stiller nye og kostbare krav til arealer for parkering og infrastruktur for strømforsyning. Ladbare hybridbiler vil få større omfang enn elbiler, og dette innebærer at produksjon og salg av mer praktiske energibærere enn strøm vil være av størst betydning for et energiselskap som Statoil.

En hurtigladestasjon for strøm til biler på et antall bensinstasjoner kan være et positivt markedstiltak. Egne ladestasjoner og store arealer for lading er et usikkert tiltak med tanke på at ladbare hybridbiler og små elbiler kan klare seg langt med hjemme-lading. Statoil Fuel and Retail har 4 demonstrasjons- fyllstasjoner for hydrogen i Norge. Direkte avkastning på investert kapital i hydrogenstasjoner kan dog ikke forventes før brenselcellebiler blir kommersielt tilgjengelige.

EnergiNorge arbeider for å legge til rette for ladbare kjøretøy og økt bruk av strøm til biler. Ladestasjoner og hurtiglading er nødvendige forutsetninger for komfortabel bruk av elbiler på lengre avstander. Innfasing av kommende ladbare hybridbiler trenger i utgangspunkt ikke ny infrastruktur for strømforsyning. Intelligent strømforsyning som styres av tilbud og etterspørsel, samt å kunne kjøpe strøm fra micro-leverandører (bileiere med batteripakker i ladbare biler) vil kunne bli et teknologisk morsomt og spennende forretningsområde for fremtiden.

For EnergiNorge og kraftselskapene kan vi se at energisparing og strøm til biler tilbyr en mengde nye muligheter. Samtidig er det klart at utviklingen av nye tjenester vil ta sin tid.

Samfunnsmessige vurderinger nødvendige

Transportøkonomisk institutt legger vekt på at en må ha et bredt samfunnsøkonomisk perspektiv på satsinger i transportsektoren. Dette betyr at en må analysere teknologiske, samfunnsmessige og bedriftsøkonomiske muligheter og begrensninger. En må etablere kunnskap om hvilke prosesser som kan bidra til ny energieffektiv bilteknologi og fornybare energibærere.

I arbeidet med miljøteknologiske løsninger må en definere hva som skal være samfunnets oppgaver og hva som er næringslivets og individets ansvar. Videre er det viktig å se teknologiske og andre virkemidler i sammenheng, slik at gevinstene ved teknologiforbedring ikke blir spist opp av trafikkvekst.