



2014



PERSPEKTIV PÅ ELDRIVNA FORDON

CHALMERS

PERSPEKTIV PÅ ELDRIVNA FORDON

2014

Redaktörer
Björn Sandén & Pontus Wallgren

Göteborg 2014
Version 1.1

E-publicerad på:

http://www.chalmers.se/sv/styrkeomraden/energi/perspektiv_ny_teknik/

Layout: BOID

Utgiven av: Chalmers
ISBN 978-91-980974-4-3

FÖRORD

MÖJLIGHETER OCH UTMANINGAR MED ELDRIVNA TRANSPORTER AV GODS OCH MÄNNISKOR

Mänsklighetens historia är till dels en historia om längre transportvägar, större utbyte av varor och mer resande. Det moderna transportsystemet är helt beroende av olja - ett ändligt fossilt bränsle som bidrar till klimatförändringar och lokala luftföroreningar. Begreppet "elektromobilitet" avser ett alternativt transportsystem som bygger på eldrivna fordon. Elektromobilitet uppfattas alltmer fördelaktigt eftersom det skulle kunna tillgodose vårt behov av rörlighet och samtidigt kringgå problem relaterade till både olja och biobränslen.

Övergången till ett eldrivet transportsystem är dock inte utan problem och en rad frågor kräver svar. Hur är det med elfordonens energieffektivitet och säkerhet? Hur miljövänliga är de? Kan brist på vissa metaller leda till en begränsning av antalet elfordon? I vilken utsträckning kommer körmönster att forma eller formas av nya typer av fordon? Är eldrift endast lämpligt för bilar och inte för tunga fordon eller är det tvärt om? Vilka nya affärsmodeller och statligt stöd behövs för att stimulera efterfrågan på elfordon?

Det saknas slutgiltiga svar på dessa och andra viktiga frågor. Däremot kan vi studera elektromobilitet från olika perspektiv för att skapa en mer komplex bild, döda myter, klargöra konflikter och fördjupa förståelsen.

Perspektiv på eldrivna fordon är en levande e-bok med årliga uppdateringar. Du kanske också vill läsa böckerna [Perspektiv på förnybar el](#) och [Perspektiv på förädling av bioråvara](#).

Björn Sandén
Pontus Wallgren
Göteborg

INNEHÅLL

1.	OM ELEKTROMOBILITET.....	6
2.	VARFÖR ELEKTROMOBILITET OCH VAD ÄR DET? ...	8
3.	FORDONSKOMPONENTER OCH KONFIGURATIONER.....	10
4.	ÄR ELEKTRISKA FORDON SÄKRARE ÄN FORDON MED FÖRBRÄNNINGSMOTORER?.....	12
5.	HUR ENERGIEFFEKTIVA ÄR ELBILAR?.....	14
6.	MINDRE MILJÖPÅVERKAN ELLER BARA ANNORLUNDA?.....	16
7.	KOMMER BRIST PÅ METALLER BEGRÄNSA ANVÄNDNINGEN AV ELFORDON?.....	18
8.	FRAMTIDA ENERGIKÄLLOR OCH ELBILARS KONKURRENSKRAFT	19
9.	ELBILAR OCH FÖRNYELSEBAR ELPRODUKTION ..	20
10.	ELBILAR OCH KÖRMÖNSTER, ETT PROBLEM?.....	22
11.	HUR FORMAR MÄNNISKAN ELBILEN OCH HUR FORMAR DEN OSS?	24
12.	BEHÖVER ELEKTROMOBILITET ANDRA AFFÄRSMODELLER?.....	26
13.	RÄCKER SUBVENTIONER FÖR ATT FÅ FART PÅ FÖRSÄLJNINGEN AV ELBILAR?	28
14.	ELEKTROMOBILITET FRÅN ÅKERIETS PERSPEKTIV – MEET-MODELLEN.....	30
15.	ELHYBRIDBUSSAR, ETT FÖRSTA STEG MOT ELEKTRISKA TUNGA FORDON?	32
16.	ELEKTRIFIERING AV BILINDUSTRIEN GENOM SAM- ARBETEN KRING FORSKNING OCH UTVECKLING ..	33

1

OM ELEKTROMOBILITET

Björn Sandén
Institutionen för Energi och miljö, Chalmers*

Pontus Wallgren
Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling, Chalmers**

* Avdelningen för miljösystemanalys

** Avdelningen för design & human factors

Att driva fordon med elektricitet har förordats som en väg till minskat oljeberoende, lägre utsläpp av växthusgaser och förbättrad luftkvalitet i våra städer. Just nu är det en spännande tid då nya fordon lanseras på bred front och mycket forskning pågår runt om i världen. Det handlar inte bara om att ersätta bensinbilar med elbilar.

"Elektromobilitet" är ett samlingsnamn för en mängd tekniska lösningar och system som kan användas för att transportera människor och varor med hjälp av elkraft. I denna skrift vill vi bringa klarhet i vad elektromobilitet är och vilka fördelar det kan ha, men också identifiera utmaningar och hinder och diskutera vilka insatser som kan komma att krävas av olika aktörer för att möjliggöra en övergång till mer elektromobilitet.

Människan har alltid rört på sig och samtidigt fraktat varor och verktyg, till en början till fots över savannen, senare även med hjälp av rid- och dragdjur eller med vind- och muskelkraft över hav och sjöar. Med den industriella revolutionen och ångmaskinen kom koldrivna tåg och skepp och framväxten av kontintala och globala transportsystem. För drygt hundra år sedan lanseras bilen som ett alternativ till häst och vagn för att mekanisera även de lokala transporterna. I bilens barndom var framdrivning med ånga, el och förbränningsmotor ungefär lika vanliga. Men när Henry Ford började bygga bilar med förbränningsmotor på löpande band blev de snabbt billigare och fick ett försprång och började utvecklas parallellt med den framväxande oljeindustrin. Förbränningsmotorn blev snart helt dominerande och idag är 90 procent av alla transporter beroende av olja.

Historien slutar inte här. Vi fortsätter att förflytta oss själva och våra varor allt längre och antalet människor på jorden ökar. Samtidigt är transporterna beroende av tillförsel av energi från ändliga resurser och förbränningen av bensin och diesel leder till att luften i städerna försämras och växthuseffekten drivs på. Huvudfrågan som vi försöker besvara i denna korta bok är om en fortsatt elektrifiering av transporterna – elektromobilitet - kan vara lösningen. Ett tema är vilka fördelar som

elfordon har och hur man kan komma tillrätta med deras nackdelar (kapitel 2). Ett annat tema är sannolikheten för att människor kommer att ta till sig elbilar och vilka förändringar som måste ske för att eldrift ska kunna bli ett verkligt alternativ till förbränningsmotorn.

En slutsats som man kan dra är att elbilar inte nödvändigtvis är mindre säkra (kapitel 4), dyrare, eller mer komplicerade än bensin- och dieslbilar (kap 3). Vad som är klart är dock att elbilar kommer att kräva samma mängd kunskap och erfarenhet som vi har skaffat oss om förbränningsmotordrivna bilar och att skaffa den tar tid. En annan slutsats är att de miljömässiga fördelarna med eldrift är beroende av hur elen produceras (kapitel 8). Om elen produceras genom att elda fossila bränslen är fördelarna ganska små, medan sol- och vindkraft kan ge stora miljömässiga fördelar. I det senare scenariot kan man även tänka sig att laddandet av elbilarna sker när det finns överskott på el och att elbilarna på så sätt kan användas för att balansera elsystemet och därmed underlätta för högre andelar sol- och vindkraft (kapitel 9).

En stor nackdel med elbilar är den höga kostnaden för batterier, både räknat i pengar och miljöbelastning. Hybridfordon med mindre batterier kan därför vara en lösning trots deras högre komplexitet (kapitel 10). Ett annat alternativ, eller ett komplement, är att använda bilarna på nya sätt, t.ex. i bilpooler (kapitel 12). Eldriftens tillkortakommanden blir extra tydliga i lastbilssektorn där vägen till en stor andel eldrift förmodligen är mycket lång (kapitel 14), även om så kallade "elvägar" öppnar för nya möjligheter. Däremot ser det ut som att stadsbussar kan bli det första transportslaget (vid sidan om tåg och elcyklar) där eldrift blir ett konkurrenskraftigt alternativ (kapitel 15).

Ett tredje tema som blir tydligt är att vi under drygt hundra år av förbränningsmotordrivna bilar har låst in oss i ett teknisksystem. Det gäller såväl fysisk infrastruktur som kunskapsproduktion och vanor (kapitel 11). Att bryta denna låsning kommer att ta tid och kräva initiativkraft från både företag och myndigheter, konsumenter och medborgare.

2

VARFÖR ELEKTROMOBILITET OCH VAD ÄR DET?

Anders Grauers
Institution för Signaler och system, Chalmers*

Magnus Karlström
Chalmers Industriteknik

* Avdelningen för automation

VAD ÄR ELEKTROMOBILITET?

Elektromobilitet kan beteckna alla fordon som har elektriska motorer för drivning, men ur ett systemperspektiv så är det intressantare att skilja ut de fordon där en del eller hela energin kommer från elnätet. Att energin kommer från elnätet betyder att samma fordon kan drivas från många olika energikällor vilket ökar energiförsörjningssäkerheten. Dessutom kan el produceras med mycket små utsläpp av koldioxid, även om det idag inte är så i många länder.

De mest aktuella fordonstyperna för elektromobilitet är *batteriefordon*, där energin för körningen lagras i ett batteri på fordonet. En annan lösning är *elvägar* med strömförsörjningssystem längs vägen, som för över energi till fordonet medan det kör. Detta kan likna kontaktledningarna som används för tåg, men kan även ske med strömmatning ifrån skenor i vägbanan eller med trådlös överföring med magnetfält från vägen. En tredje lösning är *bränslecellsfordon* drivna med en bränslecell som omvandlar vätgas till elektricitet under körning. Vätgasen kan bland annat produceras med el, och lagras i en trycktank på fordonet. Alla dessa lösningar är tekniskt rimliga, men de har lite olika styrkor och svagheter. För tillfället är de dyra, men det finns förutsättningar för att de alla kan nå konkurrenskraftiga priser på sikt. Vilken eller vilka lösningar som kommer att användas kan inte avgöras idag, för det beror på så många olika faktorer som ännu är osäkra.

Ofta så är det intressant att göra *hybridfordon* som kombinerar olika tekniklösningar på samma fordon, just för att komma runt svagheter hos enskilda tekniker. Laddhybrider är ett exempel på detta. I dem minskar storleken på batterier och elmotor, och därmed minskar priset, genom att de kombineras med en förbränningsmotor som startas när batteriet är tomt eller då elmotorns effekt inte räcker.

DRIVKRAFTER OCH HINDER FÖR ELEKTROMOBILITET

En stark drivkraft för elektromobilitet är begränsad tillgång på olja i framtiden och det gör att det är en ekonomisk risk att vara beroende av den för transporter. Dessutom gör climateffekter av koldioxidutsläpp att olja inte heller är miljömässigt hållbart.

Det finns dock hinder för en elektrifiering av vägtransporter, bland annat höga priser på batterier, elmotorer och kort körsträcka vid batteridrift. Dessutom så kräver en övergång till elektromobilitet även utbyggnad av ny infrastruktur, anpassning av lagar och uppbyggnad av nya tillverkningsindustrier, vilket gör att omställningen kommer behöva ta tid. Ett väl så viktigt hinder är även att köpare av bilar är nöjda med konventionella bilar och att elfordon för de flesta framstår som aningen sämre än bränsle drivna bilar, samtidigt som de är dyrare. Detta gör att vi inte kan vänta oss att omställningen kommer att drivas av enbart köparnas efterfrågan, utan det krävs andra drivkrafter som till exempel regler för maximala koldioxidutsläpp från nya bilar, miljöskatter på fossila bränslen och miljöbilspremier. På sikt kan ökande oljepris även bli en bidragande drivkraft, men det är osannolikt att bara ökande oljepris skall driva fram en övergång till eldrivna vägtransporter i närtid.



Figur 2.1 Siemens och Scania samarbetar för att utveckla lösningar för framtidens godstransport på landsväg, så kallade elvägar. Bilden är från Siemens testbana för eHighway utanför Berlin. (Källa: Scania)

3

FORDONS- KOMPONENTER OCH KONFIGURATIONER

Sonja Tidblad Lundmark

Mikael Alatalo

Torbjörn Thiringer

Emma Arfa Grunditz

Institutionen för Energi och miljö, Chalmers*

Bengt-Erik Mellander

Institutionen för Teknisk fysik, Chalmers**

* Avdelningen för elteknik, ** Avdelningen för nukleär teknik

HÖGSPÄNDA ELKOMPONENTER FÖR EL OCH ELHYBRIDFORDON

I ett fordon som skall framdrivas till helt eller delvis av el så finns det följande elkomponenter: batteri, kraftelektronisk omriktare, elmaskin samt ofta en ombordladdare.

Batteriet innehåller betydligt mer energi än ett vanligt 12V's bilbatteri. För att framdriva ett fordon av Volvo V70 storlek elektriskt i 50 km erfordras ett 150 kg batteri. I hybridbilar där endast marginell elektriskt framdrivning skall ske (typ Toyota Prius classic) är batteriet avsevärd mindre. Batteriet har typiskt en spänningsnivå på 300-600V, vilket är en så hög spänning att elsäkerhetsbeaktanden alltid måste tas.

Till batteriets utgångar finns det minst en kraftelektronisk omriktare (typiskt kallad 'converter eller inverter' även på svenska). Denna omvandlar batteriets likspänning till trefasiga växelspanningar.

De trefasiga utgångarna från en omriktare matar sedan en elmaskin som kan ha såväl motor- som generator-drift. I en elbil finns typiskt endast en elmaskin men i hybridbilar finns det oftast två där den ena kan användas till att från förbränningsmotorn ladda batteriet. Den vanligaste elmaskintypen har magneter av sällsynta jordartsmetaller, vilket gör elmaskinerna kompakta men kostsamma.

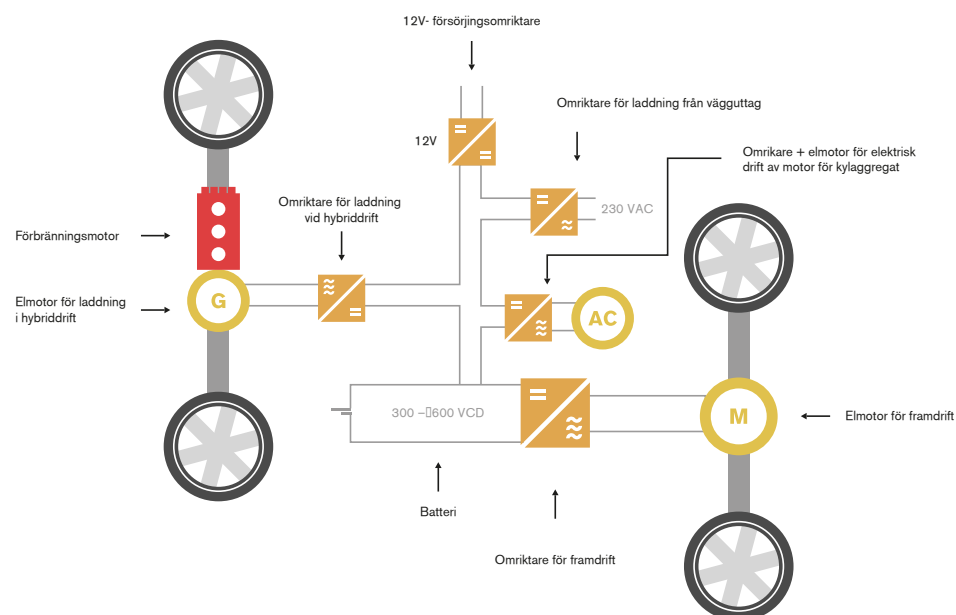
Förutom dessa huvudkomponenter finns det ofta en ombordladdare, vars uppgift är att ladda bilen från ett vanligt eluttag. Då kan man ladda drygt 3 kW, vilket innebär 20 km körning för varje timmas laddning. Det finns högre laddningsnivåer, men för en personbil är ofta en sådan laddare lokaliserad stationärt och inte ombord.

Vidare finns det en dc/dc-omvandlare som omvandlar den högspända likspänningen (direct current=dc) till 12 V likspänning. Detta innebär att den klassiska 12 V generatoren i en vanlig bil, inte behövs.

Alla dessa komponenter genererar betydande värmeförluster och därför erfordras vattenkyllning, dels för att komponenterna inte får bli för varma men även för att när de blir varma stiger resistansen och förlusterna ökar ännu mer.

KONFIGURATIONER

När det gäller elhybridfordon har man i princip två huvudkoncept. 1) Seriehybriden: I denna drivs alltid fordonet via en elmotor från batteriet och förbränningsmotorn laddar då batteriet. Lite som ett klassiskt diselektriskt lok. 2) Parallellhybriden, då kan både en elmotor och en förbränningsmotor såväl var för sig som tillsammans driva fordonet. Vanligast är parallellkonceptet, se ett exempel i Figur 3.1. Det förekommer även varianter av dessa koncept och blandning dem emellan.



Figur 3.1 Ett exempel på en parallellhybrid med omriktare för laddning från vägguttag

SVÅRIGHETER OCH MÖJLIGHETER

Med tanke på den uppsjö av olika lösningar det finns på elbilskonstruktioner, så kan man dra slutsatsen att det inte finns en lösning som är överlägsen alla andra. I stället blir det en fråga om vad som prioriteras. Generellt kan man säga att det är strävan efter hög verkningsgrad och små kompakta komponenter som ställs mot kostnad. Dock är det också viktigt att beakta säkerhet, ljudnivå, återvinningsaspekter mm.

Möjliga förbättringar på nuvarande system kan nås med till exempel integrering av komponenter, vilket kan ge kompaktare billigare system. En annan möjlighet är bättre material. Man förväntar sig till exempel en verkningsgradsförbättring av de kraftelektroniska omriktarna, då det vanliga halvledarmaterialet kisel ersätts med kiselkarbid.

4

ÄR ELEKTRISKA FORDON SÄKRARE ÄN FORDON MED FÖRBRÄNNINGS-MOTORER?

Fredrik Larsson

Institutionen för Teknisk fysik, Chalmers*
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut**

Petra Andersson

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut***

Bengt-Erik Mellander

Institutionen för Teknisk fysik, Chalmers*

* Avdelningen för nukleär teknik

** Elektronik

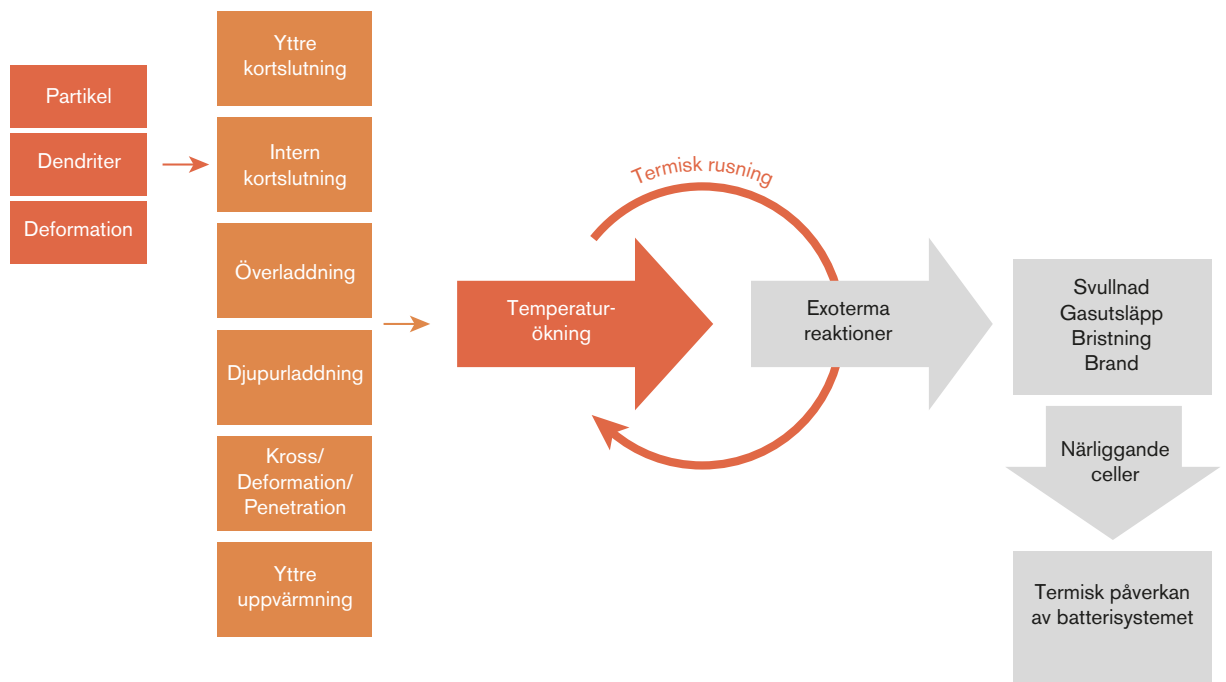
*** Brandteknik

Elektriska fordon har många fördelar jämfört med fordon med förbränningsmotorer, t.ex. har fordonen inga tankar för bensen eller diesel vilket minskar brandrisken avsevärt. Men vilka risker är förknippade med de batterisystem som används i elfordon? Li-jonbatterier har högt energi- och effektinnehåll och används därför i hög utsträckning i de fordon som introduceras idag. Dessa batterier kan emellertid ha vissa nackdelar vad gäller dess stabilitet i form av dels kemisk stabilitet (reaktioner mellan batteriets ingående material) samt termisk stabilitet, dvs värmeförmåga, vilket kan medföra risker för brand och rökutveckling. De höga strömmarna och spänningarna i hybrid- och elfordon kan också innebära risker.

Litium-jonbatterier är känsliga för överhettning, något som kan bero på många olika orsaker. Den kan vara orsakad av överladdning, överurladdning, mekanisk påverkan som till exempel kollisionsvåld, extern kortslutning, intern kortslutning extern uppvärmning etc. Överhettningen kan i sin tur resultera i accelererande reaktioner som frigör värme (exoterma reaktioner), gasbildning, brand och i värsta

fall explosion. Alltså kan konsekvenserna bli en så kallad "termisk rusning" med stor värmeutveckling, rökutveckling och eventuellt en tryckvåg.

Dessa risker är relativt väl kända. För hög säkerhet behövs först och främst en säker cellkemi och säker cellutformning. Vidare krävs en god systemdesign och integration i fordonet, inklusive deformationskydd. Genom flera lager av säkerhet på olika nivåer kan en hög säkerhet uppnås. I kapitel 4 av *Systems Perspectives on Electromobility* diskuteras ämnesområdet vidare.



Figur 4.1. Möjliga orsaker till och konsekvenser av en termisk rusning i ett Li-jonbatteri.

5

HUR ENERGI-EFFEKTIVA ÄR ELBILAR?

Sten Karlsson
Institutionen för Energi och miljö, Chalmers*

*Avdelningen för fysisk resursteori

Energieffektiva bilar är bra för den enskilde konsumentens ekonomi, men också viktiga för att hålla nere behovet av energi, speciellt ändliga energiresurser och minimera utsläppen av växthusgaser. När nu allt fler elbilar finns på marknaden kan man fråga sig hur energieffektiv elbilen är egentligen, speciellt i relation till konventionella bilar. Energieffektiviteten för just elbilar är också viktig ur en annan synvinkel: En effektivare elbil använder mindre mängd energi och ökar därmed räckvidden. Räckvidden i kommersiella elbilar är ju idag relativt begränsad, pga dyra batterier, se kap 10.

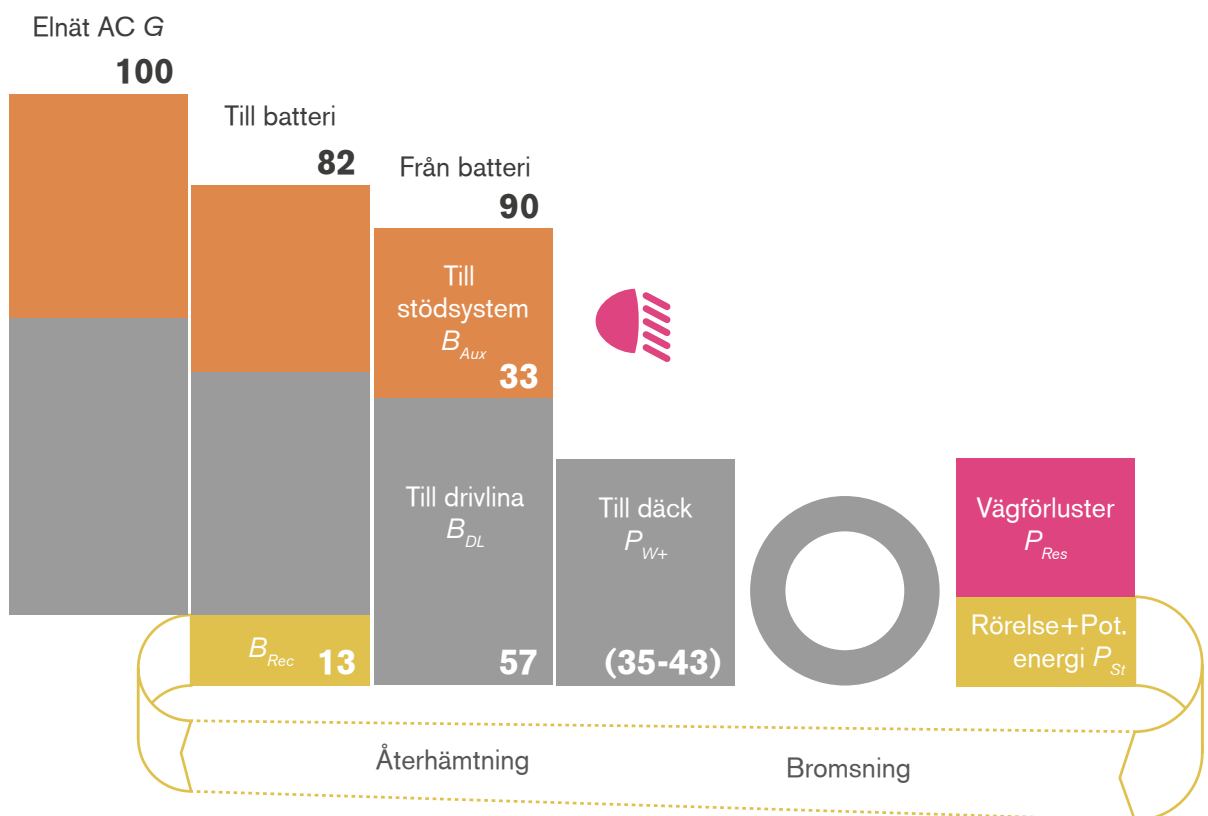
En elbil har en kedja av komponenter som omvandlar elenergin från elnätet till energi vid hjulen: laddare, batteri, kraftelektronik och elmotor. Alla komponenterna har mycket hög verkningsgrad. Dessutom kan i en elbil energi vid en inbromsning enkelt återvinnas genom att elmotorn då fungerar som generator och levererar energi baklänges i kedjan åter till batteriet. Sammantaget motsvarar därför drivenergin vid hjulen mellan 60 och 80 % av elenergin som togs från elnätet vid laddning. Ett exempel på energiflödena i en elbil ges i Figur 5.1. Över 20% av energin som levereras från batteriet till hjulen är återvunnen energi. Elbilen har 2 - 5 gånger högre verkningsgrad än den konventionella bilen. Skillnaden är störst i stadstrafik med låga hastigheter och med många stopp och inbromsningar som ger stora möjligheter till energiåtervinning. Lägre vid jämn och hög hastighet på en motorväg, där också den konventionella bilen är som effektivast.

Figuren visar också att i en elbil kan övrig energianvändning (utöver vad som går till hjulen för att driva fram bilen) vara avsevärd, här över 40 % av tillförd energi från nätet. En stor del av denna energi går till komfortenergi; för att hålla kupén varm under vintern och kyla den på sommaren. I en konventionell bil används ju de stora värmeförlusterna från motorn (ty låg effektivitet!) till kupévärme och ingen

extra tillförsel behövs. Den effektiva elbilen måste ta komfortenergi från batteriet. Värmebehovet kan därför halvera elbilens effektivitet och räckvidd under vintern.

Vi har konstaterat att elbilen i sig är en effektiv energiomvandlare, men för systemeffektiviteten har det också betydelse hur energin till bilen är producerad. I ett fossilt system kan el produceras från olja med ca 40 % verkningsgrad, medan bensin eller diesel kan fås med 80-90 % effektivitet. Den lägre verkningsgraden i den bränsle drivna bilen kompenseras alltså till stor del av en högre effektivitet i energiframställningen.

Om man istället ser på ett förnybart energisystem ser bilden annorlunda ut. I ett förnybart energisystem som förlitar sig på solenergi kan elen vara producerad mha solceller som omvandlar solenergi till el med en verkningsgrad på 10-20%. Ett förnybart drivmedel motsvarande bensin/diesel kan produceras genom att en bioenergi gröda som salix växer mha solen och sen omvandlas till ett lämpligt biodrivmedel. Verkningsgraden från solenergi till biodrivmedel för sådana system är under 1%. I ett förnybart energisystem där vi förlitar oss på solen kommer alltså elbilen i jämförelse med den konventionella bilen att ha en mycket högre effektivitet inte bara i bilen utan också i framställningen av drivmedlet.



Figur 5.1 Energiflöden för en elbil (Peugeot Ion) uppmätta under verklig körning i Belgien.

6

MINDRE MILJÖPÅVERKAN ELLER BARA ANNORLUNDA?

Anders Nordelöf
Anne-Marie Tillman

Institutionen för Energi och miljö, Chalmers*

* Avdelningen för miljösystemanalys

El- och hybridfordon utmålas ofta som en viktig del av lösningen på de miljöproblem som orsakas av våra vägtransporter. Men är de verkligen det? Elektrifierade drivlinor är mer energieffektiva än motsvarande konventionella baserade på diesel- eller bensindrivna motorer och helt elektrifierade fordon ger inga direkta avgasutsläpp. Men å andra sidan kräver de elektricitet, och den måste produceras på något sätt, med större eller mindre miljöpåverkan. El- och hybridfordon innefattar också nya avancerade komponenter, vars produktion kräver naturresurser och ger upphov till utsläpp.

Ett sätt att ta reda på om el- och hybridfordon är bättre från miljösynpunkt är att göra livscykelanalyser, och det finns också ett stort antal sådana gjorda. Eftersom man kan göra livscykelanalyser på många olika sätt, med olika grundantaganden och med olika avgränsningar, ter sig resultaten av alla dessa studier vid en första anblick som högst varierande och ibland t o m motsägelsefulla. Men genom att fördjupa sig i studierna och se vad de tillsammans säger går det att dra ett antal mer generella slutsatser ur den samlade litteraturen.

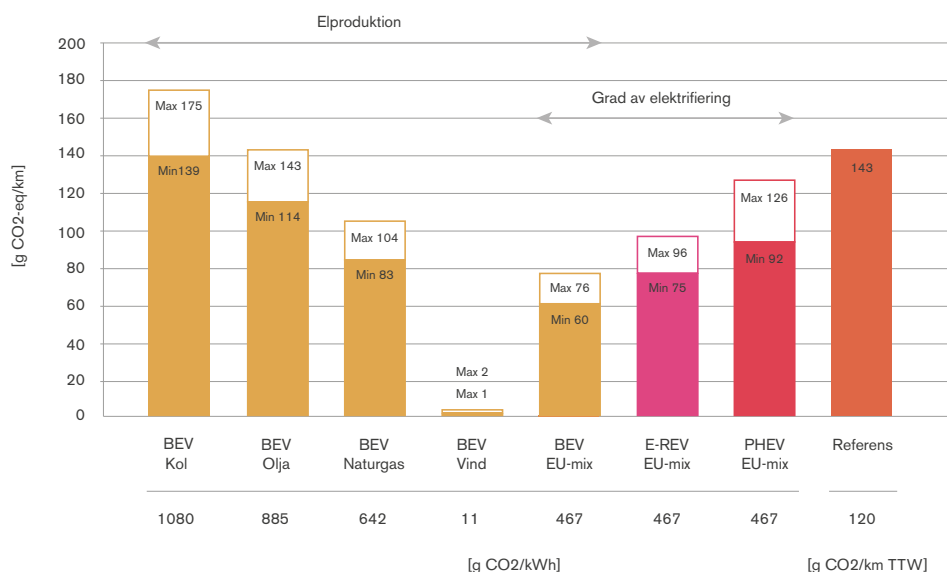
Plug-in hybrider och helt elektrifierade fordon har potentialen att väsentligt minska utsläppen av växthusgaser från fordon, men hur väl denna potential kan realiseras är beroende av hur den elektricitet som driver fordonet, är framställd. En elproduktion som är baserad på fossila bränslen, t.ex. kol- eller oljeeldad kraft, äter i värsta fall helt upp de vinster som görs genom att själva bilen är mer energieffektiv (se figur 6.1). Annorlunda uttryckt – elektrifiering av fordon är en viktig del av lösningen på klimatproblemen om, men endast om, produktionen av el till dem i allt väsentligt görs fri från fossila bränslen.

Förutsatt låga utsläpp av växthusgaser i elproduktionen ökar vinsterna med elektrifiering med ökande grad av elektrifiering. Dvs under dessa förutsättningar är helt elektriska el-bilar bättre än plug-inhybrider som i sin tur är bättre än hybrider utan extern laddning. Hybridisering utan extern laddning innebär en effektivisering av drivlinan, men att denna fortfarande drivs med bränsle och alltså alltid har ett visst utsläpp av avgaser.

Elektrifierade drivlinor gör mest miljönytta i stadstrafik. Energianvändningen, och därmed utsläppen av växthusgaser, minskar mest vid körning med många stopp och med låga hastigheter. Samtidigt minskar utsläppen av andra avgaser, som har negativa hälsoeffekter. Vid ren eldrift släpps det inte ut några avgaser alls från fordonet. Nyttan av detta är störst i städer, med tät trafik och många människor som utsätts för avgaser. I stadstrafik blir den begränsade räckvidden hos helt elektrifierade bilar också ett mindre problem.

Det krävs mer material och mer energi för att producera elektriska drivlinor jämfört med konventionella. Eftersom man därmed får en högre miljöpåverkan från produktionen, bör de i första hand användas i fordon som används intensivt och därmed gör en lång total körsträcka.

På senare tid har det uppmärksamats i vissa livscykelanalyser av elfordon att på grund av deras ökade och delvis förändrade användning av metaller så kan utsläpp från brytningen av dessa metaller utgöra ett problem. Användningen av litium och andra s.k. kritiska material, som t ex sällsynta jordartsmetaller, är också viktig ur ett resursperspektiv. Resursknapphet kan t o m hindra en storskalig introduktion av elfordon. Men, effektiva återvinningssystem för litium och andra ovanliga metaller kan bidra till att undvika detta och samtidigt minska energiåtgången när fordonen produceras. Därför är det en mycket viktig utmaning för framtiden att sådana system kommer på plats.



Figur 6.1 Utsläpp av växthusgaser "well-to-wheel" (källa till hjul) för olika typer av elproduktion, till vänster, och fordon med olika grad av elektrifiering, till höger. BEV, elbilar med endast batteri; E-REV, elbilar med s.k. räckviddsförlängare (range extender); PHEV, laddningsbara hybrider. Referensfordonet släpper ut 120 g CO₂/km. Källor: Edwards et al. (2011), European Parliament (2008), R. Dones et al. (2007)

7

KOMMER BRIST PÅ METALLER BEGRÄNSA ANVÄNDNINGEN AV ELFORDON?

Kapitlet finns tyvärr inte på svenska ännu. Läs den engelska versionen [Systems Perspectives on Electromobility](#) på Chalmers hemsida.

8

FRAMTIDA ENERGIKÄLLOR OCH ELBILARS KONKURRENSKRAFT

Kapitlet finns tyvärr inte på svenska ännu. Läs den engelska versionen [Systems Perspectives on Electromobility](#) på Chalmers hemsida.

9

ELBILAR OCH FÖRNYELSEBAR ELPRODUKTION

Lisa Göransson

David Steen

Institutionen för Energi och miljö, Chalmers*

* Avdelningen för energiteknik (L. Göransson), Avdelningen för elteknik (D. Steen)

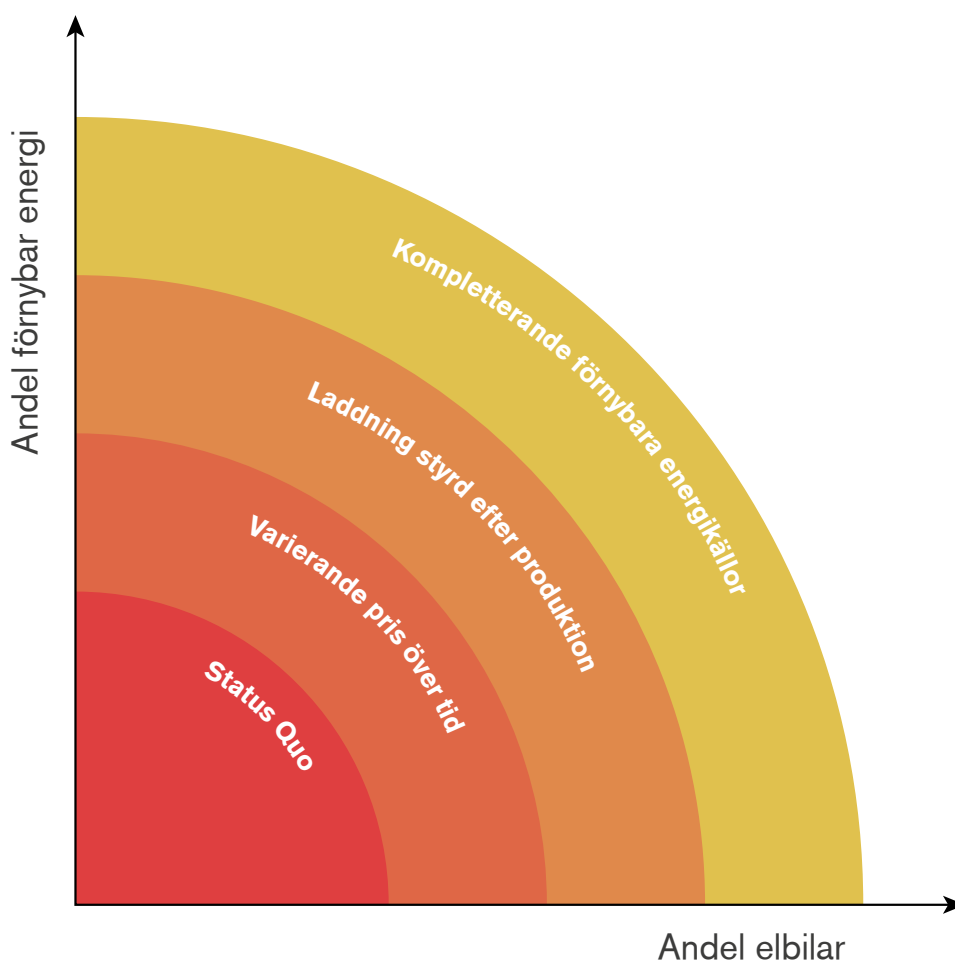
Elbilar kan förbättra förutsättningarna för förnyelsebar elproduktion, så som vindkraft och solkraft. En förutsättning för detta är att användarna får incitament att ladda elbilen när det är bra från ett elnätsperspektiv. Den här texten beskriver två möjliga utmaningar med förnyelsebar elproduktion där elbilar kan bidra, och hur laddningen behöver styras för att möjliggöra det bidraget.

Elproduktion från förnyelsebara energikällor, så som sol- och vindkraft kan leda till vissa utmaningar för elkraftsystemet. En utmaning framkommer då elproduktionen placeras på platser där det tidigare inte funnits någon elproduktion. Då är det kostsamt att bygga ut elnäten för en maxproduktion som sällan inträffar och oftast mer ekonomiskt att inte ta tillvara på all el under dessa tider. Elbilar kan vid sådana tillfällen tillvarata el som annars gått till spillo, under förutsättningen att elbilarna är tillgängliga för att laddas på rätt plats och vid rätt tid. Den geografiska placeringen av bilarna är svår att ändra på då den är styrd av användningsmönstret, men tiden för laddning är mer flexibel.

Då elproduktionen från sol- och vindkraft varierar över tiden ökar kraven på övriga produktionsanläggningar, så som kol- och gaskraftverk, att kunna variera sin produktion. Kol-, gas (kondens) - och kärnkraftproduktion är som mest effektiv om produktionen sker på en viss effektnivå, s.k. märkeffekt. Variationer i effektnivå, särskilt uppstarter till följd av tillfälliga avstängningar, innebär att kostnader och utsläpp ökar per producerad enhet el. Om laddningen av elbilar sker vid tider då efterfrågan på el är låg men sol- och vindproduktion är hög minskar produktionsvariationerna för de övriga anläggningarna.

I figuren nedan beskrivs i vilken utsträckning laddningen av elbilar behöver styras för att underlätta integrationen av förnyelsebar elproduktion. Detta beror dels på

mängden elbilar i systemet liksom på den årliga produktionen av el från sol- och vindkraft. Vid låga nivåer av sol-och vind-el och få elbilar krävs ingen direkt styrning av laddningen eftersom påverkan från den förnyelsebara elproduktionen är låg samtidigt som påverkan från elbilarna är begränsad. Vid högre nivåer av vindkraft kan det krävas att laddningen av elbilar styrs över till natten när efterfrågan på el är låg för att underlätta integrationen. Då undviks situationer när baslastproduktion, med höga kostnader kopplat till variationer, konkurrerar med vindkraftsproduktion. Vid riktigt höga andelar sol- och vindkraft kan liknande situationer uppstå närsomhelst under dygnet och laddningen kan behöva ske under hela dygnet för att underlätta integrationen. Med ett stort antal elbilar blir påverkan från dessa större på elsystemet men man har även större möjligheter att påverka elsystemet genom att styra elbilsladdningen.



Figur 9.1 Riktlinjer för styrning av elbilsladdning. Med stigande andel sol-och vind-kraft och elbilar behövs mer avancerad styrning.

10

ELBILAR OCH KÖRMÖNSTER, ETT PROBLEM?

Sten Karlsson
Institutionen för Energi och miljö, Chalmers*

* Avdelningen för fysisk resursteori

Eldrift för transporter finns redan. Tåg drivs vanligtvis med el. Men de kör på ett fast spår och kan relativt enkelt förses med elenergi kontinuerligt från avtagare. För andra fordon som rör sig mer oregelbundet är i dagsläget ett batteri för att lagra energin ombord det enda rimliga lösningen. Batteriet laddas medan fordonet står still. Men de bra batterier med hög kapacitet som i dag är aktuella, Li-jonbatterier, är fortfarande förhållandevis dyra.

Elcyklar har snabbt blivit populära. Med en räckvidd på ca 5 mil klarar de med marginal mångas dagliga cyklande. För bilar ser det lite annorlunda ut. Det dyra batteriet gör att dagens elbilar i praktiken har en räckvidd på ca 15 mil under bra förhållanden. Många gånger räcker det inte mer än 10 mil. Vid extremt kallt väder, när en hel del energi behövs för att värma kupén, har försök visat att räckvidden kan bli så låg som 6-7 mil. Många bilar körs längre sträckor än så. Räckviddsbegränsningen blir också viktig eftersom det ofta tar tid att ladda. En vanlig stickkontakt exempelvis ger energi motsvarande någon dryg mils körsträcka i timmen. Det är då inte bara att "tanka" några minuter och sen åka vidare.

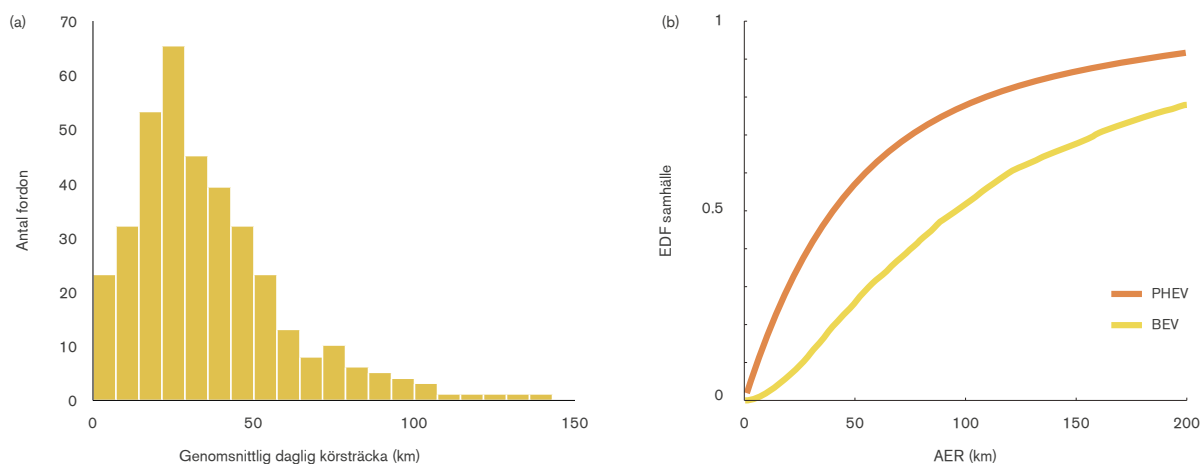
Men åker vi så långt egentligen? Figur 10.10.1a. visar den genomsnittliga dagliga körsträckan för ett urval bilar i Sverige. Det ser inte så farligt ut. Våldigt få kör i snitt längre än 10 mil om dagen. Men tyvärr döljer figuren den variation som finns mellan enskilda dagar. Vissa dagar står bilen still, medan andra kan innehålla riktiga långresor. Figur 1b visar hur stor del av den totala bilkörningen (y-axeln) som skulle kunna utföras av elbilar givet en viss räckvidd på batteriet (x-axeln). Vi ser nu att bara ca 50% av körningen skulle klaras med elbilar med ett batteri som räcker 10 mil.

Laddhybrider är en möjlighet att komma runt denna begränsning. Det är bilar som har en vanlig förbränningsmotor som komplement för att klara längre sträckor.

Först körs på el, sedan på bränsle när batteriet är tomt. Eftersom räckvidden nu inte är begränsande kan man också ha ett mindre batteri. Detta billigare batteri kan då delvis "betala för" den extra motorn. Eftersom laddhybriden kan köra alla resor, blir den möjliga andelen som körs på el också avsevärt större än för en elbil med samma storlek på batteriet, se Figur 10.1b. Ett batteri med 10 mils räckvidd täcker nu omkring 80% av körningen.

Även andra faktorer, som laddmöjligheter kan vara viktiga. I Figur 10.1b antas att laddning bara sker en gång per dag, dvs i praktiken hemma på natten. Finns möjlighet att ladda också på arbetsplatsen eller andra frekvent besökta ställen, kan ett begränsat batteri vara tillräckligt för en större andel av resorna. En utbyggd infrastruktur av snabbbladdningsstationer kan göra att även längre resor kan klaras med en begränsad räckvidd. Ett annat alternativ är att bygga ut ett nät av batteribytesstationer, där det tomma batteriet kan bytas mot ett fulladdat på några minuter. Detta kräver dock att också bilarna byggs och standardiseras så att detta blir möjligt.

Många bilar behöver inte köra så långt. Flottbilar, som t ex bilar i hemtjänsten, går dagligen ett begränsat antal mil och återkommer till samma plats på natten. I flerbilshushåll, där ungefär hälften av Sveriges bilar finns, finns ofta möjligheten att välja bil efter förutsättningarna och en begränsad räckvidd på en av bilarna behöver därför inte vara ett hinder. Förmodligen är det därför bland dessa som elbilarna först kommer in, med tanke på den begränsade räckvidden och dagens körmönster. Vi får heller inte glömma att begränsad räckvidd är en effekt av dagens situation. Allt billigare batterier möjliggör längre räckvidd till rimlig kostnad.



Figur 10.1 a. Fördelningen av dagliga körsträckor; b. Andel av totala körsträckan på el för elbilar respektive laddhybrider för olika räckvidd på batteriet.

11

HUR FORMAR MÄNNISKAN ELBILEN OCH HUR FORMAR DEN OSS?

Pontus Wallgren
Helena Strömberg

Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling, Chalmers*

* Avdelningen för design & human factors

För att uppnå den större samhällsnytta som elbilar erbjuder i termer av miljöförbättring, krävs att individuella användare upptäcker den individnytta som elbilen erbjuder i termer av bekvämlighet, körglädje och ekonomisk vinning. Men för att detta ska ske så måste vi dels utveckla bilar och marknadsföra dem med detta i åtanke och dels utveckla infrastruktur som är anpassad för elfordon.

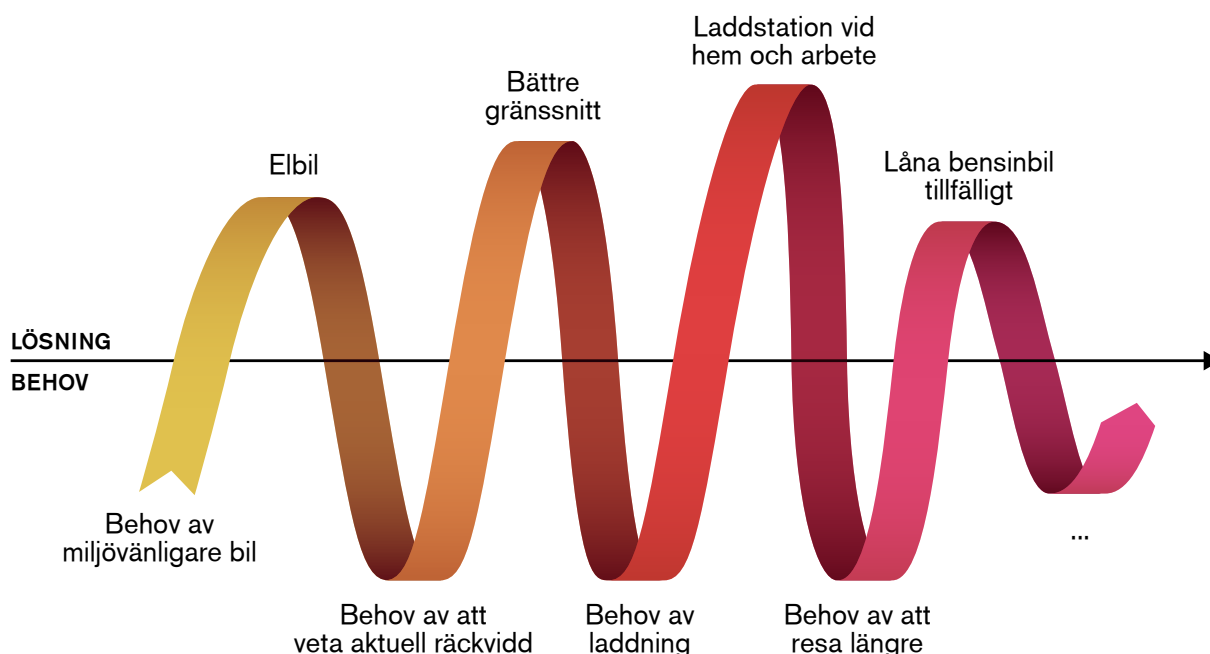
Om man läser dagspress och motortidningar så kan man få bilden av att elbilar är högteknologiska under som visserligen är bra för miljön, men har för kort räckvidd för att vara användbara. Detta är dock ett missförstånd. Elbilen erbjuder unika fördelar som bara kan upptäckas om man faktiskt kör en. Om man pratar med människor som kört elbil under en längre tid så nämner de fördelar som att elbilar är avslappnande att köra, till exempel kan de köras med en fot, och de är roliga är köra eftersom de har snabb acceleration. Dessutom är det bekvämt att de inte behöver köras till en bensinstation för att tankas.

På samma sätt som den nu så vanliga bensinbilen har format samhället som vi ser idag, så kommer en ökad andel elbilar att kräva att förändringar sker. När ny teknik skapas så hittar människor nya användningsområden för den, som i sin tur leder till att tekniken anpassas till dessa och sen går det runt igen. Elbilen har utvecklats för att vara ett bättre alternativ med tanke på miljön, men människor som testat elbilar upptäcker att de framförallt är bekväma. Detta är något som behöver plockas upp och utvecklas mot!

Ett av de ofta påtalade problemen med elbilar är den så kallade räckviddsoron. Detta betyder att människor är oroad av att energin i batterierna ska ta slut ute på vägen, vilket leder till att man inte utnyttjar hela bilens kapacitet. Studier har visat att detta är ett fenomen som uppstår när man får testa elbilar en kortare stund. De långtidsstudier som gjorts har visat att olika utbildande gränssnitt (en möjlig lösning på problemet) inte verkar ha någon större effekt, men att däremot bara köra elbil i vardagstrafik gör att man lär sig hur bilen fungerar och vilken räckvidd man kan förvänta sig under olika förhållanden. För att stödja föraren så behövs därför enkel och pålitlig instrumentering som främst är lätt att förstå och inte distraherar föraren, snarare än stora displayer som visar hur komplexa och moderna bilarna är.

Inte bara själva bilen, utan även infrastrukturen måste utvecklas för att anpassas till en större andel elfordon. Ett viktigt exempel är att elbilen typiskt laddas hemma (och kanske på arbetsplatsen) när den inte används, vilket ställer krav på att elbilsägare har tillgång till eluttag att koppla in sin bil i. I dagsläget är det något som nästan bara boende i villa har.

Slutligen vill vi argumentera för att elbilen som andrabil är fel tänkt. Elbilen har i alla långtidsstudier som gjorts blivit hushållets förstabil som används för vardagsresorna. Om en större bil eller en med längre räckvidd behövs har man ordnat det genom att hyra, eller låna en annan bil. Elbilen är alltså inte bara en bil med elektrisk drivlina, utan en ny typ av fordon med nya användningsmönster och därmed nya krav på utformning av både fordon och infrastruktur.



Figur 11.1 Produkter utvecklas för att möta vissa behov, men skapar i sin tur nya behov för vilka det behövs nya lösningar. På samma sätt möter elbilen behovet av mer hållbart resande, men skapar behov för nya lösningar runtomkring bilen.

12

BEHÖVER ELEKTROMOBILITET ANDRA AFFÄRSMODELLER?

Mats Williander
Viktoria Swedish ICT

Elbilens karakteristik i form av högre inköpspris men lägre driftkostnader innebär att den ekonomiskt sett kan konkurrera bättre med vanliga förbränningsmotorbilar ju högre nyttjandegrad den får. Hög nyttjandegrad går lättare att realisera med tjänstebaserade affärsmodeller än med vanliga där kunden köper bilen. Det är också lättare att sälja en elbil om man vänder sig till ett kundsegment där man kör många mil per år, inom elbilens räckvidd varje gång, och med tillräckligt lång laddningstid mellan gångerna. Ett sådant kundsegment kan till exempel vara jobbspendlare i förorter. Kan de ladda på jobbet kan avståndet vara upp till 10 mil enkel resa, och ju längre de har till jobbet, inom räckvidden, desto mer konkurrenskraftig är elbilen jämfört med en vanlig förbränningsmotorbil.

Ett företags affärsmodell är en beskrivning på hur företaget skapar, distribuerar och fångar värde. När kundvärdet överstiger kostnaden för att tillhandahålla det värdet kan företaget driva en ekonomiskt hållbar verksamhet.

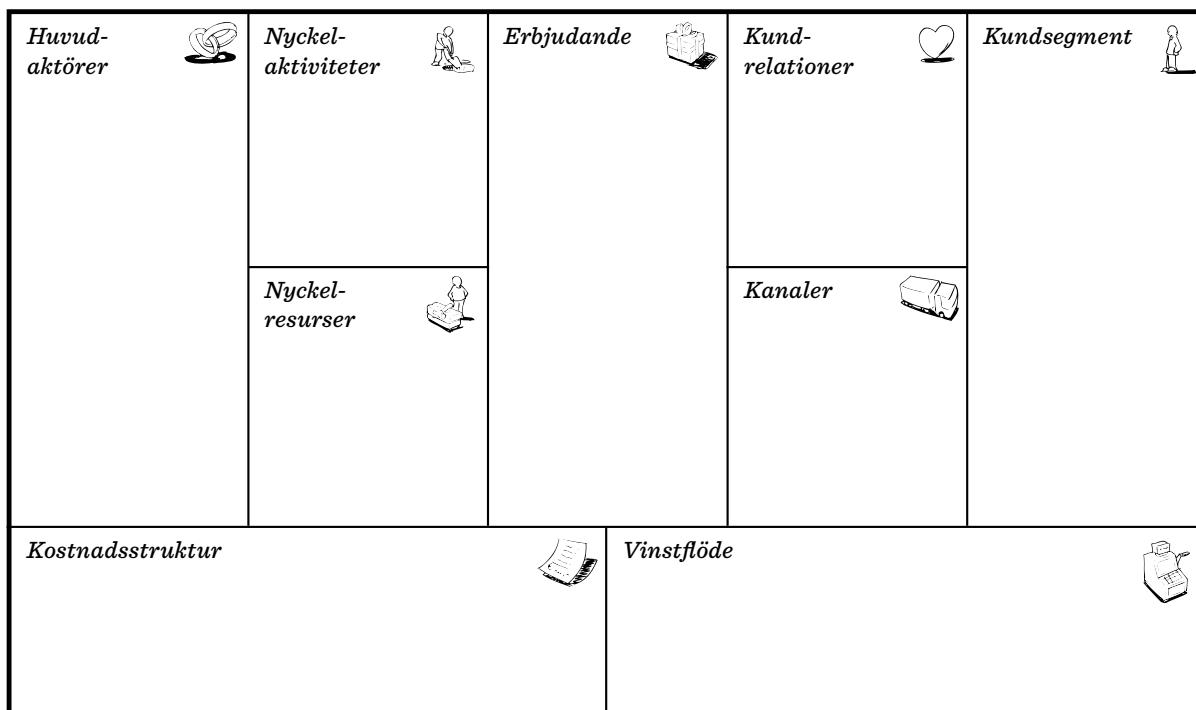
Affärsmodellen bestämmer till stor del hur stort kommersiellt värde en teknologi kan ge och har stort inflytande på hur potentiella kunder uppfattar värdeerbjudandet. Eftersom elfordon har stort samhällsvärde men uppfattas ha svårare att ge privata värden till betalande kunder genom den förhärskande affärsmodellen där bilar säljs så finns det all anledning att undersöka vad potentiella alternativ kan ge, så att samhällsvärdena också kan bli realiserade.

Eftersom potentiella kunder inte jämför enbart mot de behov de har utan även mot vad de kan få för pengarna så spelar det stor roll vilket referenserbjudande kunderna lockas att jämföra med.

Om man erbjuder kunder att *köpa* en elbil så blir kundernas referens lätt en vanlig förbränningsmotorbil. Därmed jämförs pris, räckvidd, storlek, prestanda mm. Om man istället erbjuder en elbil i till exempel en friflytande bilpool, som Car2Go, så kommer potentiella kunder sannolikt att istället jämföra med kostnaden för taxi eller kollektivtrafik. Affärsmodellen påverkar alltså vilket referenserbjudande kunden kommer att använda och därmed hur elbilen uppfattas relativt det erbjudandet snarare än i absoluta termer.

Många bilägare köper en bil som kan lösa de absolut flesta av deras transportbehov inklusive sällanresan till Medelhavet eller till fjällen trots att endast 1,6% av alla bilresor som görs är över 10 mil. Privatägda bilar står också mestadels parkerade. Eftersom en elbil är dyrare i inköp, har begränsad räckvidd, ca 15 mil, och lång laddtid så talar mycket *emot* att sälja elbilar på vanligt sätt. Därför behövs andra affärsmodeller.

Tre tjänstebaserade affärsmodeller som skulle gå att införa omgående för elbilar är *leasingkedja*, som vänder sig till förortsbor, *friflytande elbilspool*, som vänder sig till de som bor centralt i städer och *elbilsabonnemang*, som vänder sig till förortsbor med mindre bilintresse och/eller mindre bilbehov på sin fritid. I rapporten Nya affärsmodeller för elbilar beskrivs dessa tre och ytterligare en affärsmodell i detalj. Rapporten ger även en förklaring till varför elbilskommersialiseringen går så sakta och ger förslag på vad samhället kan göra åt det. [Ladda ner rapporten](#).



Figur 12.1 Ingående delar i en affärsmodell. Källa: Osterwalder et al. (2010)

13

RÄCKER SUBVENTIONER FÖR ATT FÅ FART PÅ FÖRSÄLJNINGEN AV ELBILAR?

Frances Sprei
Institutionen för Energi och miljö, Chalmers*

* Avdelningen för fysisk resursteori

Sverige införde hösten 2011 en så kallad supermiljöbilspremie, det vill säga de som köpte en elbil (eller egentligen en bil som släpper ut mindre än 50g CO₂/km) fick 40 000 kr som tack. Tyvärr visar försäljningssiffror, såväl som vår och andras studier, att detta inte är tillräckligt för att få igång försäljningen. Detta betyder inte att subventionerna inte har någon påverkan alls - antagligen hade det sålts ännu färre elbilar utan dem – men vill man verkligen få fart på försäljningen så krävs det mycket kraftigare subventioner och helst också andra fördelar.

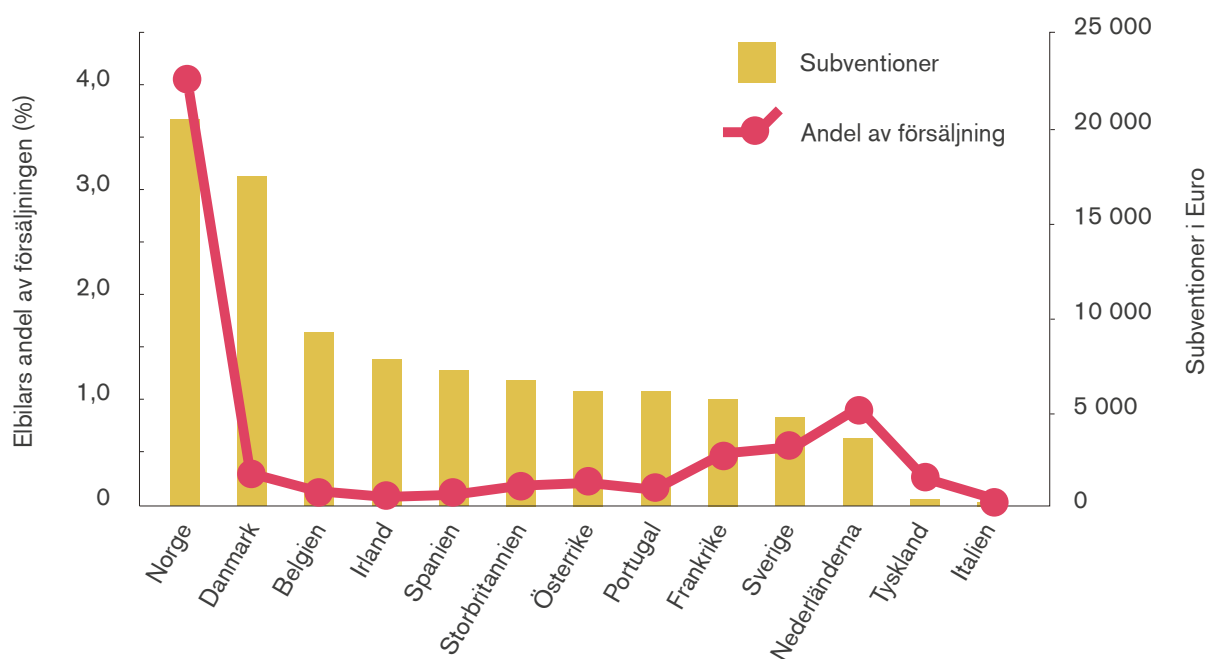
Låt oss titta lite närmare på våra grannländer Norge och Danmark för att visa att ett pengastöd vid köpet inte alltid är tillräckligt. I båda länderna så betalar man höga skatter i vanliga fall när man köper en bil, men med elbilar så slipper man dessa. Detta innebär att trots att elbilar egentligen är dyrare än vanliga bilar så kan skattebefrielsen medföra att de kostar ungefär lika mycket. Om vi nu tittar på försäljningssiffror för 2013 så såldes det ca 10 000 elbilar i Norge medan det i Danmark bara var några hundra. Vad beror skillnaden på? Jo i Norge så har man också gett ett antal andra fördelar till de som köper elbil: de får köra i bussfilerna, gratis parkering och laddning, ingen bomavgift (en storts vägtull). De har alltså inte bara gjort elbilarna fördelaktiga ur en ekonomisk synpunkt men också i det dagliga användandet av bilen.

Norge är lite den udda fågeln när det gäller att stötta elbilar. De flesta andra länderna har subventioner som den svenska supermiljöbilspremien, dvs. man ger

lite extra pengar till den som väljer att köpa en elbil istället för en vanlig bensin- eller dieselbil. Den exakta summan skiljer sig mellan länderna men ligger någonstans mellan 70 000 och 30 000 kronor. Än så länge så är mindre än en procent av bilarna sålda elbilar i alla länder utom Norge.

Det är inte bara på nationell nivå som man har valt att stödja elbilar utan också vissa städer och regioner har gått in och stöttat elbilar på ett eller annat sätt. I London så behöver inte elbilar betala trängselavgifterna, i Paris har man infört en elbils-pool, dvs elbilar som kan hyras och lätt parkeras runt om i stan under bara några timmar. I Shanghai, China, så auktioneras vanligtvis ett begränsat antal nummerplåtar för bilar ut varje månad, för att begränsa antalet bilar. Väljer man att köpa en elbil istället kan få nummerplåten med detsamma och utan kostnad.

Varför behöver man då subventionera elbilarna? Den grundläggande anledningen är att idag är kostnaderna för en elbil högre än för en vanlig bil. Detta gäller även om man kollar på alla kostnaderna under de första sju åren av bilens livslängd, trots att de är billigare att köra. Men lägger man på en subvention så minskar skillnaden och kostnaderna blir mer jämförbara. Förhoppningen man har med att subventionera elbilar idag är att, genom en ökad försäljning och efterfrågan, få ner priset på batterier och bilar så att de sen kan konkurrera utan subventioner. Dock räcker inte bara detta för att folk ska vilja köpa elbilar utan de måste ändå ha andra fördelar som t ex miljövinst, komfort och körglädje som gör att de kan jämföras med eller tom vara bättre än vanliga bilar.



Figur 13.1 Andel elbilar, i procent, av försäljningen av nya bilar under 2013 (fram till september) och subventioner i Euro, för 13 olika länder

14

ELEKTROMOBILITET FRÅN ÅKERIETS PERSPEKTIV – MEET- MODELLEN

Per Olof Arnäs

Institutionen för Teknikens ekonomi och organisation, Chalmers*

Magnus Karlström

Chalmers Industriteknik

* Avdelningen för logistik och transport

När ett åkeri ställs inför valet att byta framdrivningsteknologi (till exempel ett alternativbränsle eller en annan motorteknologi) är detta ofta förknippat med – ur åkeriets perspektiv – ett stort risktagande. En i många stycken bristfällig kunskapsnivå kombinerat med en ekonomisk verklighet som gör det svårt att motivera investering i ny teknologi gör situationen mycket svår för åkeriet.

MEET-modellen är ett verktyg som har utvecklats i transportindustrin för att åkerier ska kunna utvärdera en alternativ framdrivningsteknologi utifrån ett systemperspektiv. Modellen fungerar som en checklista där åkeriet kan utvärdera det nya bränslet (eller som i detta fallet – eldrift) ur ett systemperspektiv. Namnet MEET kommer av de fyra perspektiven Miljö, Ekonomi, Etik och Teknik som måste mötas för att en riktig bedömning ska kunna ske. Utvärderingen sker i jämförelse med en befintlig energikälla, vanligtvis diesel MK1.

I perspektivet miljö utvärderas den nya energikällans miljöegenskaper såsom nedbrytbarhet och emissioner. Under ekonomi belyses åkeriets olika risker såsom operationell (risk för till exempel stillestånd), försörjning (risk för bristsituationer) och investering (risk för ofördelaktig investering i ny teknik). Etikperspektivet fokuserar på hur de två alternativen marknadsförs, hur råvaruproduktionen ser ut etc. Det tekniska perspektivet visar de mätbara parametrar som beskriver prestanda och andra egenskaper.

I figuren nedan visas ett exempel på hur MEET-modellen kan appliceras för ett åkeri som jämför en traditionell dieseldriven distributionslastbil för citytrafik med

en batteridrivna variant (Battery Electric Vehicle – BEV). Flera städer i världen begränsar idag lastbilar med höga emissioner. Vissa städer diskuterar till och med möjligheten att bara acceptera nollemissioner. Här kan batteridrivna fordon med en räckvidd på 180-200 km alltså vara en lösning.

Utvärderingen är gjord utifrån åkeriets perspektiv. Resultatet är alltså beroende av den specifika situationen för det specifika åkeriet.

BEV vs konventionell dieseldrift

Bedömningsexempel för distributionslastbil i citytrafik

Miljö	Ekonomi	Etik	Teknik
<ul style="list-style-type: none"> ● Förnybarhet ● Nedbrytbarhet ⊙ Giftighet ● Konkurrens om råmaterial (energi) ⊙ Konkurrens om råmaterial (batteri) ● Lokala effekter <p>Emissioner:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Well-to-tank ● Tank-to-wheel 	<p>Operationell risk:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Kostnad per km ⊙ Underhållskostnad ● Räckvidd <p>Försörjningsrisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Antal leverantörer ● Lokal tillgänglighet ●¹ Tillgång på råvara ●² Mognad, infrastruktur <p>Investeringsrisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> ●³ Livslängd ●⁴ Investeringskostnad ● Andrahandsvärde 	<ul style="list-style-type: none"> ● Marknadsföring ● Ursprung, råmaterial (energi) ⊙ Ursprung, råmaterial (batteri) ● Regionala effekter ● Sociala effekter ●⁵ Arbetsmiljö 	<ul style="list-style-type: none"> ●⁶ Standardiserad specifikation ● Energidensitet ●⁷ Temperatur-egenskaper <p>Framdrivnings-teknologi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ●⁸ Mognad ● Aggressivitet/ Korrosivitet ● Smörjegenskaper

- Alternativet är bättre än befintlig energikälla
- Befintlig energikälla är bättre än alternativet
- Båda alternativen är likvärdiga
- ⊙ Tillräcklig information saknas för jämförelse

- ¹ Svensk marknad
- ² Lokala anpassningar/ investeringar kan behövas
- ³ Batteriutbyte kan behövas
- ⁴ Sunventioner möjliga
- ⁵ Minskat buller och minskade vibrationer
- ⁶ Osäkerhet rörande standarder rörande batterier och laddning
- ⁷ Både värme och kyla kan medföra problem
- ⁸ Batteriteknologi

Figur 14.1 Exempel på hur ett åkeri kan använda MEET-modellen för att utvärdera batteridrivna distributionsfordon

I Europa förfogar ca 600 000 åkerier över runt 20 miljoner tunga lastbilar som tillsammans producerar 1900 miljarder tonkm årligen. Åkerier har typiskt en relativt låg vinstmarginal, ofta runt 1-2%. Med en stor andel fasta kostnader (65-82%) och med bränsle som näst största kostnad (10-23%) efter löner är det inte förvånande att åkeribranschen har begränsat ekonomiskt utrymme för icke vinstdrivande aktiviteter (en tysk studie visar att transportörer endast spenderar 1,1% av omsättningen på innovation). Det finns ett stort sug efter verktyg som kan hjälpa åkerier att fatta bättre beslut, och MEET-modellen är ett sådant.

15

ELHYBRIDBUSSAR, ETT FÖRSTA STEG MOT ELEKTRISKA TUNGA FORDON?

Kapitlet finns tyvärr inte på svenska ännu. Läs den engelska versionen [Systems Perspectives on Electromobility](#) på Chalmers hemsida.

16

ELEKTRIFIERING AV BILINDUSTRIN GENOM SAMARBETEN KRING FORSKNING OCH UTVECKLING

Kapitlet finns tyvärr inte på svenska ännu. Läs den engelska versionen [Systems Perspectives on Electromobility](#) på Chalmers hemsida.

EN PLATTFORM FÖR LÄRANDE OM HÅLLBARA TEKNIKSYSTEM

Energi- och klimatutmaningen är enorm och jordens befolkning är på väg mot en osäker framtid. Teknikens roll i samhällsutvecklingen är tveeggad. Å ena sidan är tekniken definitivt en del av problemet men på samma gång kan vi inte ställa om samhället mot en hållbar utveckling utan ny teknik. Vi behöver därför lära oss mer om vilken teknik som är önskvärd och hur teknikutvecklingen kan styras.

Chalmers Styrkeområde Energi har initierat satsningen "Perspektiv på ny teknik". Satsningen har en tvärvetenskaplig utgångspunkt och den har hittills samlat ett sjuttiofem forskare för att bedöma ny teknik med avseende på potential och risker och vilka tekniska, ekonomiska och politiska förutsättningar som krävs för att ny teknik skall slå igenom och nå storskalig spridning i samhället. Satsningens ambition är att skapa en plattform för lärande om teknikområden med stor betydelse för framtiden. Resultatet är en serie "levande" e-böcker som vi i ljuset av ny kunskap uppdaterar varje år. Vi avser inte att ge ett slutgiltigt svar, men vi vill ge underlag till en fördjupad och breddad diskussion. Serien består nu av tre böcker:

Perspektiv på förnybar el - möjligheter och utmaningar med produktion och användning av el från förnybara energikällor

Perspektiv på eldrivna fordon – möjligheter och utmaningar med eldrivna transporter av gods och människor

Perspektiv på förädling av bioråvara – möjligheter och utmaningar med produktion av kemikalier, material och bränslen från skog och jordbruk

Om de mångfasetterade resultaten skall sammanfattas i en mening kan vi konstatera att det vimlar av hinder att ta sig över och fallgropar att undvika men också av framkomliga vägar, så det finns all anledning att samtidigt vara mycket orolig och mycket hoppfull.

Björn Sandén, huvudredaktör

