

# **LADDA FÖR**

---

# **NYA MARKNADER**

---

**Elbilens konsekvenser för elnät,  
elproduktionen och servicestrukturer**



**Titel:** Ladda för nya marknader – Elbilens konsekvenser för elnät, elproduktionen och servicestrukturer  
**Författare :** Örjan Larsson – Blue Institute  
**Serie:** VINNOVA Analys VA 2010:01  
**ISBN:** 978-91-86517-00-7  
**ISSN:** 1651-355X  
**Utgiven:** Februari 2010  
**Utgivare:** VINNOVA – Verket för Innovationssystem  
**VINNOVA Diariennr:** 2009-02796

---

## Om VINNOVA

VINNOVAs roll är att vara en proaktiv aktör i det svenska innovationssystemet där FoU är av kritisk betydelse för tillväxt.

VINNOVA är en statlig myndighet under Näringsdepartementet. Verksamheten styrs av regeringens instruktion och det årliga regleringsbrevet. VINNOVAs verksamhet ska bidra till måluppfyllelse inom sex olika politikområden. Huvudfokus ligger inom Forskningspolitik och Näringspolitik men även politikområdena Arbetslivs-, Energi-, Transport samt Regional utvecklingspolitik har pekats ut av regeringen.

Regeringen har i regleringsbrevet för 2009 bland annat gett VINNOVA i uppgift att göra Sverige till en ledande forskningsnation, där forskning bedrivs med hög vetenskaplig kvalitet.

VINNOVAs vision är ”VINNOVA bidrar tydligt till att Sverige utvecklas till ett ledande tillväxtland.”

Under många år har Sverige legat i täten internationellt när det gäller investeringar i FoU, särskilt näringslivet har gjort stora FoU-investeringar. VINNOVA bidrar till att Sverige hamnar i täten också i tillväxt.

VINNOVAs insatser ska

- ge en mätbart ökad hållbar tillväxt i Sverige
- tydligt bidra till ny kunskap, kompetens och innovationer i nya framgångsrika produkter, tjänster och processer
- ge en tydlig positionering av VINNOVA nationellt och internationellt med fokus på betydelsen av behovsmotiverad forskning och effektiva innovationssystem

I serien VINNOVA Analys publiceras studier, analyser, utredningar och utvärderingar som tagits fram inom eller på uppdrag av VINNOVAs avdelning för Strategiutveckling.

---

I VINNOVAs publikationsserier redovisar bland andra forskare, utredare och analytiker sina projekt. Publiceringen innebär inte att VINNOVA tar ställning till framförda åsikter, slutsatser och resultat. Undantag är publikationsserien VINNOVA Policy som återger VINNOVAs synpunkter och ställningstaganden.

VINNOVAs publikationer finns att beställa, läsa och ladda ner via [www.VINNOVA.se](http://www.VINNOVA.se). Tryckta utgåvor av VINNOVA Analys, Forum och Rapport säljs via Fritzes, [www.fritzes.se](http://www.fritzes.se), tel 08-598 191 90, fax 08-598 191 91 eller [order.fritzes@nj.se](mailto:order.fritzes@nj.se)

*VINNOVA's publications are published at [www.VINNOVA.se](http://www.VINNOVA.se)*

# **Ladda för nya marknader**

**Elbilens konsekvenser för elnät,  
elproduktionen och servicestrukturer**

Projektet drivs av Blue Institute, en tankesmedja grundad av Mercuri Urval, med fokus på strategi- och tillväxtfrågor. Mercuri Urval är ett svenskt konsultföretag som arbetar för att stärka sina kunders konkurrenskraft genom att identifiera, utveckla och tillföra rätt kompetens och förmåga som gör det möjligt att bygga upp organisatorisk och strategisk styrka. Analysarbetet och rapporterna inom ramen för *Framtida Tillväxtmöjligheter för Sverige* är en del av den verksamhet som Blue Institute bedriver för att skapa och sprida kunskap om marknadsutveckling och de strategiska utmaningar som näringslivet står inför. Genom att arbeta utifrån ett industriellt nätverk, med en industriell tidshorisont och i nära samarbete med de företag som är involverade i tillväxtområdena har den kunskapen kontinuerligt validerats och spridits. Projektet drivs med bidrag från VINNOVA.

VINNOVAs framsynsverksamhet fokuserar på framväxande globala tillväxtområden och förutsättningarna för att med offentliga satsningar på forskning, utveckling och innovation bidra till hållbar tillväxt i Sverige inom ramen för dessa. Framsynsverksamheten syftar dessutom till att identifiera andra typer av policyinsatser än investeringar i forskning, utveckling och innovation som är viktiga för att möjliggöra ekonomisk tillväxt och jobbtillväxt inom framväxande tillväxtområden. Därmed bör den kunna utgöra ett viktigt underlag för svensk närings- och tillväxtpolitik.

# Förord

Sverige är ett exportberoende land som framgångsrikt skapat tillväxt, arbete och välstånd genom att företag tagit fram lösningar som varit internationellt konkurrenskraftiga. Det är ingenting som kan tas för givet. Innovationer och nya marknader måste ständigt skapas, i en allt starkare global konkurrens. En stor del av näringslivet i Sverige är idag direkt eller indirekt en del av globala marknader. Företagens framtida konkurrenskraft och positioner på dessa marknader kommer att vara avgörande för deras lönsamhet och därmed också för ekonomisk tillväxt och jobbtillväxt i Sverige.

Projektet *Framtida Tillväxtmöjligheter för Sverige* syftar till att identifiera framväxande globala tillväxtområden – EBOs (Emerging Business Opportunities) – och förutsättningar för svenska exportföretag inom ramen för dessa tillväxtområden. EBOs karaktäriseras av att de är under utveckling, vilket innebär att det ännu inte finns en definierad marknad med väletablerade aktörer eller aktörsroller. Istället karaktäriseras de av stor osäkerhet och betydande öppenhet där nya aktörer och konstellationer växer fram, vilket ofta leder till nya värdesystem där branscher konvergerar och formar nya mönster för värdeskapande och nya aktörsnätverk.

Förståelse för svenskt näringslivs möjligheter och hinder inom framväxande globala tillväxtområden är av fundamental betydelse för svensk forsknings-, innovations- och tillväxtpolitik. Identifiering och karakterisering av viktiga drivkrafter och motkrafter för värdetillväxt, exporttillväxt och jobbtillväxt inom ramen för framtida tillväxtområden är därför utgångspunkten för VINNOVAS satsningar för att bidra till hållbar tillväxt genom behovsmotiverad forskning och utveckling av effektiva innovationssystem. Därför är en kvalificerad framsynsverksamhet en viktig del i VINNOVAS strategiutveckling.

I de fördjupningsstudier som presenteras i den här skriftserien är avsikten att analysera olika potentiella tillväxtområdets plats i globala marknadssystem, vilka drivkrafter och motkrafter som finns, vilka aktörer som kan ta viktiga positioner, samt de tekniska möjligheterna och statusen på forskning och utveckling.

Syftet med denna rapport har varit att belysa den globala marknad som övergången till elbilssamhället kan skapa. Speciellt har vi intresserat oss för konsekvenserna för elnät, elproduktionen och servicestrukturer. Ambitionen har varit att detta underlag ska bidra till olika beslutsfattares strategiprocesser med koppling till det framväxande elbilssamhället och därigenom generera tillväxt och nya jobb.

Analysen har utförts av Örjan Larsson och Benjamin Ståhl, Blue Institute. Tidsramen

och karaktären i allmänhet av EBOs innebär att rapporten inte gör anspråk på att vara en fullständig beskrivning. Det är en analys som beskriver och kommenterar de framväxande marknaderna, och syftar till att skapa debatt och underlätta diskussion.

Stockholm i februari 2010

*Göran Liljegren*

VD, Blue Institute

*Göran Marklund*

Avdelningschef, Strategiutveckling, VINNOVA

# Innehåll

Sammanfattning	7
Ladda för nya marknader	15
Del 1. Elbilarnas intåg på marknaden	18
Del 2. Laddning	31
Del 3. Kraftnät	41
Del 4. Elproduktion	51
Slutsats: Goda förutsättningar för svensk industri inom elbilens värld	58
Källor	59
Bilaga 1: Batterimarknaden	62
Bilaga 2: Pågående projekt	64
VINNOVAs publikationer	68





## Sammanfattning

*Den här studien fokuserar på konsekvenserna av en ökad andel bilar som drivs helt eller delvis med elektricitet. Det innefattar en distributionsinfrastruktur och tjänster, kraftnät och kraftproduktion. Elbilen i sig är såväl direkt som indirekt drivande för investeringar i de värdesystem, som globalt kan komma att omfatta 5 000 miljarder SEK de närmaste tio åren. För svensk industri finns många möjligheter inom dessa tillväxtområden: positionerna är mycket starkare i ”elbilens värld” jämfört med vad positionen idag är i ”förbränningsmotorernas värld”.*

Bilen och oljan har under mer än ett sekel varit viktiga faktorer för samhällets utveckling och avgörande drivkrafter för industrialismen. Men oljan är en ändlig resurs, förbränningen påverkar klimatet och den är föremål för säkerhetspolitiska överväganden. Det är utmaningar som har förändrat förutsättningarna för bilens fortsatta utveckling.

Att byta ut oljan mot andra drivmedel är en långsam process. Vi kan förvänta oss fortsatt effektivisering, hybridteknik av varierande grad och nya bränslen under en lång tid. Bland de alternativa drivmedlen (t.ex. etanol, metanol, biogas, biodiesel och DME, dimetyleter) finns det ett som inom överskådlig tid och fullt ut kan ersätta olja – elektricitet. El har fördelen att den kan produceras på olika sätt, utan att störa miljön, och det finns ett etablerat distributionssystem som redan idag kan hantera ett stort antal elbilar.

På samma sätt som bilsinbilen har format mycket av den värld vi lever i idag, är det därför möjligt för elbilen att ta över i stafetten och föra utvecklingen vidare mot bättre miljö och större energihushållning. Som drivkraft kan den elektriska bilen påverka stora delar av världens infrastrukturer och stora marknadsvärden kan frigöras.

Syftet med den föreliggande studien har varit att ge en helhetsbild och belysa den globala marknaden som övergången till elbilssamhället kan skapa. Speciellt har vi intresserat oss för konsekvenserna för elnät, elproduktion och servicestrukturer. Ambitionen är dessutom att studien ska fungera som kunskapskälla för alla som vill sätta sig in i ämnet. Studien rör sig från bilen och batterierna vidare mot nya distributionsstrukturer samt elnäten och slutligen elproduktionen.

För svenskt vidkommande är det viktigt att ställa alla dessa utvecklingsområden i ett internationellt perspektiv. Det är avgörande att kunna bedöma var konkurrenskraften finns, vilka områden som fortfarande är öppna för möjligheter och vilka områden som inte är det.

*Svenska företags internationella konkurrenskraft är starkast inom värdesystem utanför fordonsindustrin – särskilt inom kraftdistribution, kontrollsystem, automation och kommunikationsteknik. Även om det finns mycket kompetens inom områden som är direkt relaterade till elfordon, t.ex. batteriteknologi och fordonstillverkning, sker merparten av kommersialisering, tillverkning och teknologiledarskap hos utländska företag. En förutsättning för att öka möjligheten till en framgångsrik svensk elektrifierad fordonsindustri inom landet beror på innovationsförmåga, attraktion av kapital och betydande investeringar. Det kräver en politisk vilja och tydliga incitamentsstrukturer.*

## **Elbilens tid är kommen, men takten i marknadsutvecklingen är osäker**

Den viktigaste effekten av elbilssamhället blir minskat beroende av olja och nytta för miljön. El är ett flexibelt drivmedel som kan produceras överallt, på många sätt och som inte belastar miljön och klimatet. Distributionssystemet är redan givet i stor omfattning. Den tekniska kedjan är stark, även om energilagringstekniken behöver utvecklas och kostnader sänkas.

Mycket talar för att elbilens tid är kommen. Inte minst har fordonsindustrin som helhet mobiliserat kraftigt för att ta fram och lansera bilar i närtid och i stora volymer. Stora forsknings- och utvecklingsinsatser förväntas öka kapaciteten och lösa de problem som finns inom några få år. De faktorer som är kritiska för takten i marknadsutvecklingen är **politiska styrmedel**, som skatter och subventioner, **oljepriset** samt kostnads- och teknikutvecklingen vad gäller **batterier**. I slutändan är det främst konsumenternas beredskap att ändra beteenden och välja elbilar som spelar en avgörande roll.

Den politiska viljan är viktig på alla plan – det internationella, det nationella och inte minst det lokala. Politiska styrmedel driver marknadsutvecklingen i den mån de subventionerar elbilar vid inköp och användning (t.ex. genom skatter, trängselavgifter och parkering). De stödjer också investeringar i produktionskapacitet och forskning, styr offentliga inköp och begränsar eller fördyrar på olika sätt användningen av förbränningsmotorer. Den politiska viljan påverkas av oro för klimatförändringar och för oljeberoende. Det är sannolikt att den politiska viljan överlag kommer att fortsätta vara stark och driva marknadsutvecklingen framåt – inte minst i den övergångsperiod där storskalig tillverkning etableras och bryggmarknader uppstår. Men styrkan och förmågan att omsätta ord till handling varierar stort mellan olika länder.

Alternativkostnaden, d.v.s. priset på bensin och diesel, kommer också att påverka takten i marknadsutvecklingen. Det är delvis sammanflätat med den politiska viljan genom beskattning av bränsle och koldioxid. Men priset på olja är avgörande, särskilt på marknader med låg beskattning eller subventioner. Även om oljepriset varit volatilt de senaste åren finns det en underliggande trend med stigande pris. Det beror på det

allt mer begränsade utbudet som sannolikt kommer att fortgå i takt med att befintliga oljefyndigheter sinar och nya blir svårare och mer kostsamma att exploatera.

Slutligen är kostnaden för elbilen i sig viktig för marknadsutvecklingen. Till skillnad från andra alternativa bränslen är det inte bränslet som behöver subventioneras i elbilens fall – det är bilen. Begränsningen idag är framförallt batterierna som utgör en extra kostnad i hybridfordon och som i elbilar påverkar användningen (genom räckvidden), livslängden och andrahandsvärdet. Forskning pågår kring lösningar som drastiskt minskar kostnaden och ökar prestandan, till exempel luftbatterier, men redan idag är batteritekniken tillräckligt utvecklad för att leverera attraktiva fordon. Kostnaden är fortfarande hög men volymer och utvecklad produktionsteknik förväntas medföra stora kostnadsminskningar de närmaste åren. Nya affärsmodeller kan också minska investeringskostnadsskillnader jämfört med konventionella bensin- och dieslbilar. Bedömningen är därför att batteriers kostnad och prestanda inte kommer att hindra marknadsutvecklingen på sikt, men att det bidrar till en viss initial tröghet.

*Rapportens slutsats är att elbilsmarknaden kommer att växa men takten är osäker. Därför utgår vi från tre scenarier som antar att andelen bilar som kan laddas från elnätet är 5, 10 respektive 20 procent av den årliga biltillverkningen år 2020. I det lägsta scenariot består 1,5 procent av den totala bilparken av bilar som kan laddas från elnätet år 2020, i mellanscenario motsvarar 2,5 procent och i det högsta scenariot 4,5 procent.*

## **Laddinfrastrukturer är en potentiellt stor marknad, men den kan dröja**

Infrastrukturen för att förse elbilar med kraft existerar till stora delar redan – ett eluttag i garaget är allt som teoretiskt sett krävs. Men infrastrukturen för laddning är ändå en stor marknadsmöjlighet. En grundläggande utmaning är att tillhandahålla möjligheter för laddning där bilarna befinner sig. Långt ifrån alla bilägare har en egen parkeringsplats – i USA till exempel finns det 250 miljoner bilar men bara 50 miljoner privata parkeringsplatser. Laddningsstolpar kommer därför att behövas på offentliga platser, i parkeringshus, vid arbetsplatser och i anslutning till affärscentra.

Nya affärsmodeller prövas redan och kommer att utvecklas för att på olika sätt kapitalisera på behovet av att ladda bilen. I ena ändan finns modeller som baseras på ett ”premiumpriis” på el genom tillgänglighet eller snabbaddning och i den andra finns modeller som tillhandahåller elen kostnadsfritt för att attrahera kunder till sin kärnverksamhet.

Den låga kostnaden för el gör dock att få företag idag ser ett affärsupplägg där elförsäljning ensamt motiverar installationsinvesteringen. Framgångsrika upplägg handlar snarare om flerpartslösningar där till exempel en kommun och ett leasingbolag står för installationskostnaden och ett kraftbolag levererar el. I andra fall kan laddningsmöjlig-

heter erbjudas som ett komplement till en annan verksamhet, till exempel i parkeringshus, eller som en service till kunder vid en restaurang.

En underliggande faktor som påverkar hur marknaden kommer att se ut är standardisering kring laddningsanslutning och betalningssystem. Allt från användning av befintliga motorvärmare till radikala idéer som att byta hela batteriet diskuteras. Oavsett vilken form som kommer att dominera innebär det en utökad elmarknad och möjligheter att utveckla olika betalningslösningar. En viss installationsmarknad ligger nära i tid eftersom infrastrukturen behövs för att kunder ska vilja köpa en elbil. Runt om i världen pågår många lokala projekt, men det finns ännu ett utrymme att etablera en infrastruktur i större skala som kan bli en attraktiv miljö för att testa och demonstrera nya modeller.

*Uppbyggnaden av laddinfrastrukturer är en potentiellt stor marknad som är en förutsättning för att elbilar blir ett praktiskt alternativ för konsumenter. De affärsmodeller som olika typer av investeringar i laddstationer är dock inte testade vilket gör osäkerheten stor. Det kommer också att dröja innan behovet blivit så stort att det motiverar stora investeringar i närtid även i det mest positiva scenariot. Beroende på tillväxttakten av elbilar och bärkraften i affärsmodeller för att investera i laddstationer varierar marknadsscenarioerna mellan 42 miljarder USD och 484 miljarder USD över de närmaste tio åren.*

## **Elbilen kan vara "the killer application" för smarta elnät**

Elnäten i Europa och Nordamerika är föråldrade och byggdes för en energistruktur med centraliserad, storskalig produktion och passiva användare. Denna struktur håller nu på att förändras i grunden. Produktionen av el blir mer decentraliserad – "distributed generation" – när småskalig, förnybar el blir vanligare. Vindens och solens oregelbundenhet gör också att produktionen blir mindre förutsägbar. Dessutom kommer användarna att bli mer involverade genom att anpassa sin förbrukning efter spotpris och i vissa fall själva producera överskottsel som ska tas emot av näten. Elnäten måste bli "smarta" – mer flexibla och mer informationsintensiva. Smarta elnät har kallats för "internet för energi" och liknar internet i meningen decentraliserat beslutsfattande och tvåvägskommunikation.

Elbilen är en del i den här omställningen men det är många andra faktorer som är drivande – inte minst investeringar i förnybara energikällor och energieffektivisering. Men elbilar kan bli en genombrottslämpning för smarta elnät. De kan visa värdet av smarta elnät och att smarta nät kan ta fram det bästa med elbilen.

Utvecklingen av smarta elnät omfattar många dimensioner, från storskaliga nätinvesteringar till tjänsteutveckling, informationshantering och prisstyrning med hjälp av

smarta elmätare och spotpriser. Omställningen kommer att ske gradvis där det finns en mogen infrastruktur medan tillväxtmarknaderna bygger sin nya kapacitet med den nyaste tekniken.

Den direkta kopplingen mellan elbilar och nät gör att laddningsbeteende – och eventuella försök att styra beteendet – kommer att påverka hur mycket och när nätet belastas. Sker det mest på natten kan det hanteras av det befintliga elsystemet. Lokala nätförstärkningar kan krävas och under vissa kalla och varma dagar kan laststyrning behövas. Totalt sett medför däremot inte elbilar någon stor utmaning för kapaciteten. Simuleringar i USA, Tyskland och Sverige visar att även en bilpark som domineras av elbilar ökar elbehovet med mellan tre och tio procent.

Ett särskilt intressant område där elbil och nätet möts då bilen används som kraftlagring – så kallad "Vehicle to Grid", V2G. Teoretiskt sett kan hela nätet i viss utsträckning balanseras genom att elen som lagras i bilarnas batterier också kan mata tillbaka el till nätet. I hemmen kan man också använda lagrad "billig" el för att tillgodose behovet under dagen när priset är högre.

*Utbyggnaden av smarta elnät är inte enbart beroende av elbilsmarknaden, men elbilen kan vara "the killer application" för elnät. Investeringarna i smarta elnät beräknas uppgå till ca 100 miljarder USD per år.*

## **Investeringar i förnybar energi krävs för att elbilens effekt på miljön ska besannas**

Ett av de viktigaste motiven för att använda el som drivmedel är att den kan produceras nästan helt utan koldioxid- och partikelutsläpp. Även när elen produceras genom fossila kraftverk uppstår vinster genom storskalig samlad produktion. Men framförallt kan transporter – en sektor som annars står utanför – införlivas i system med utsläppstak. Det innebär att elbilen är en drivkraft för omställningen av elproduktionen mot förnybara energikällor.

Om alla personbilar idag skulle drivas av el motsvarar det en elförbrukning om ca 1 200 TWh, vilket kan jämföras med den globala totala elbalansen som är ca 23 000 TWh. Det motsvarar cirka fem procent av elförbrukningen. Redan idag skulle behovet kunna täckas av förnybar el, men på bekostnad av tillgången för andra användningsområden.

Investeringar i förnybar energi har under det senaste årtiondet vuxit mycket snabbt och takten accelererar fortfarande. Kapacitetsökningen kommer sannolikt att överträffas och vara snabbare än behovet som fler elbilar kommer att ge upphov till. Samtidigt kommer en växande marknad för elbilar att driva på investeringar i förnybar energi ytterligare i den mån det finns system med utsläppstak som inom EU. Dessutom kom-

mer kunder som köpt en elbil troligen att vara angelägna om att säkerställa att den el de köper också är utsläppsfri.

Den tillkommande elförbrukningen är i sig en marknad men mindre än bensin- och dieselmärknaden som den ersätter.

*Elbilar kommer att ge upphov till ett ökat elbehov och därmed driva kapacitetsinvesteringar i förnybara energikällor. I det låga scenariot innebär det en marknad om 90 miljarder USD i kapacitetsinvesteringar fram till år 2020, och 11 miljarder USD per år i tillkommande elför-säljning. Mellanscenarioet motsvarar en investeringsmarknad om 150 miljarder USD och 18 miljarder USD per år. I det höga scenariot blir investeringsmarknaden 250 miljarder USD och 33 miljarder USD per år.*

## Elbilen är en katalysator som frigör gigantiska marknadsvärden

Totalt sett kommer elbilens intåg på marknaden att medföra att mycket stora marknadsvärden frigörs som tillskott till den marknad som själva fordonen utgör. Studien har beräknat att potentialen för tillväxtområdena i anslutning till elbilen ligger **från 200 till över 600 miljarder USD över en tioårsperiod**. Därutöver kommer elbilsanvändning att driva investeringar i smarta elnät.



Figur 1: Summering av de olika scenarierna

## Goda förutsättningar för svensk industri inom elbilens värld

För att bygga en infrastruktur som både innefattar och stöder elbilarna krävs en bred palett av kompetenser och företag. Till skillnad mot vad som gäller i "bensinbilens värld" finns det goda förutsättningar för svensk industri att vara med och förverkliga elbilarnas försörjnings- och servicesystem. Den svenska elteknikindustrin är i global konkurrens stark och kompetent. Det gör den till en bra plattform för att utveckla och anpassa produkter samt system. De industriella möjligheterna och utmaningarna för Sverige finns inom följande områden:

- Svensk industri har stor kompetens och starka globala marknadspositioner inom **elinfrastruktur i form av transmissions- och distributionsnät inklusive kontroll och automationssystem**. Inom dessa områden har svenska företag de största förutsättningarna att konkurrera framgångsrikt. Genom **KTH** och **Uppsala universitet** har Sverige nyligen utsetts till Europacenter för "SmartGrids and Electric Storage" inom ramen för **European Institute of Innovation and Technology (EIT)** program för hållbar energi. Övriga deltagare i denna "Stockholm-smud" är **ABB** och **Vattenfall**.
- Genom samarbeten med företag i andra branscher skulle leveranserna i anslutning till elnäten kunna utökas med **kommunikationslösningar och IT-funktioner för smarta elnät**. Även här har Sverige i form av **KTH** nyligen utsetts till Europacenter för kommunikationsteknik inom ramen för **EITs** program för ICT, tillsammans med **Ericsson**, **SICS** och **Telia Sonera**.
- **Laddningssystem** är ett investeringsområde som kan bli betydande och dessutom öppnar för innovativa affärsmodeller. Det finns ett nära samband med elnätstekniken vilket innebär ett potentiellt tillväxtområde för svensk industri.
- Svenska **fordonstillverkare** kan tillföra branschen för kommersiella fordon den särskiljande teknik som man förfogar över, framförallt **Scania** och **Volvo Trucks**. Personbilsindustrin är i dagsläget mer av beställare och utvecklingspartners till de stora underleverantörerna. Sådana underleverantörer finns inte i Sverige inom områden som berör elbilar och laddhybrider. Personbilsindustrin blir sannolikt snarare licenstagare än ägare av teknik som utvecklas och tillverkas på andra ställen. Svensk **batteriteknik** har framstående forskning men förefaller ha begränsade förutsättningar att stå sig i de stora sammanhangen. De enorma investeringar som görs i Asien och som i USA möts med stora bidragsinsatser gör det mindre troligt att svensk industri brett skulle kunna göra sig gällande produktionsmässigt inom detta område.
- Sverige har goda förutsättningar för att vara **testmarknad och brukarland** för elbilar och laddhybrider. Stor elproduktion som är utsläppsfri, låga elpriser och robusta kraftnät är en bra grund för en hög andel elbilar. Dessutom finns en väl

utbyggd infrastruktur av motorvärmare och en stor tjänstebilsmarknad. Det finns dock andra länder och regioner som ligger längre fram i planering och satsningar, däribland Danmark. Det krävs mer omfattande satsningar på nationell och kommunal nivå för att komma ikapp.



## Ladda för nya marknader

Trots en begynnande lågkonjunktur och en dramatisk volymnedgång omsatte bilindustrin år 2008 mer än 2000 miljarder USD och tillverkade 70 miljoner fordon, varav 53 miljoner var personbilar.<sup>1</sup> Tio år tidigare var siffran 36 miljoner bilar och år 2020 förväntas det tillverkas 90 miljoner bilar. Även om flera stora biltillverkare har gått i konkurs växer bilparken globalt. Utvecklingen kan leda till att den fyrdubblas de närmaste fyrtio åren. Ytterligare två miljarder fordon, de flesta i Kina och Indien, kommer att inrymmas i en alltmer komplex energi- och miljöekvation.

Om alla fordon ska drivas med diesel eller bensin kommer ”planeten att explodera”, enligt Renaults och Nissans koncernchef Carlos Ghosn.<sup>2</sup> Därför förväntas utvecklingen förändra bilarna mer under de närmast kommande åren än vad som skett sedan femtiotalet, med starka drivkrafter för renare teknik och bränslesnålare bilar.

Att byta ut oljan är en långsam process. Vi kan förvänta oss en fortsatt effektivisering av förbränningsmotorer, hybridteknik av varierande grad och utveckling av nya bränslen under en lång tid. Bland de alternativa drivmedlen (t.ex. etanol, metanol, biogas, biodiesel och DME, dimetyleter) är det elen som under överskådlig tid och fullt ut kan ersätta oljan. El har fördelen att den kan produceras på olika sätt, utan att störa miljön, och det finns ett etablerat distributionssystem som redan idag kan hantera ett stort antal elbilar.

Bilar som både kan laddas med el från nätet och drivas med en förbränningsmotor – så kallade laddhybrider – börjar snart introduceras på marknaden i större skala. Det är ett steg i utvecklingen som både symboliskt och tekniskt utgör en bro mellan bensinen och elektriciteten. Laddhybriden kan bana väg för en volymmarknad av elbilar genom att produktionskostnaden för batterier minskar och deras prestandan ökar. Fler elbilar på vägarna kräver i sin tur tillgång till elektricitet, laddningsmöjligheter och så småningom en rad nya tjänster på alla marknader där de säljs. Konsekvensen är nya krav på elproduktionen och på mer flexibla elnät.

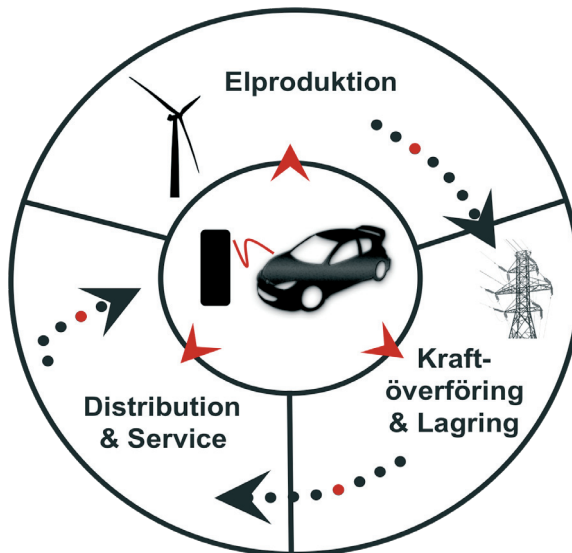
På samma sätt som bensinbilen har format mycket av den värld vi lever i idag är det möjligt för elbilen att föra utvecklingen vidare mot bättre miljö och större energihushållning. Som drivkraft kan den elektriska bilen påverka stora delar av världens kraftinfrastruktur. Det är en stor resursmobilisering som krävs och stora marknadsvärden som kan frigöras.

<sup>1</sup> [www.oica.net](http://www.oica.net)

<sup>2</sup> The Economist, 8 maj 2008, *Charge! Renault-Nissan's ambitious plan for all-electric cars*

Om oljan byts mot elektricitet påverkas många värdesystem i grunden. Det innebär stora konsekvenser, både tekniska och ekonomiska, för bilindustrin men också för andra sektorer. Genom att använda bilen som utgångspunkt analyserar den här studien vilka konsekvenser en övergång till elbilssamhället kan ha inom olika områden. Speciellt har konsekvenserna för elnät, elproduktionen och servicestrukturer studerats. Ambitionen är dessutom att studien ska fungera som kunskapskälla för alla som vill sätta sig in i ämnet. Studien har utgått ifrån ett globalt marknadsperspektiv. Det innebär att den i första hand beskriver de marknader som finns och som förändras, istället för att utgå från tekniska möjligheter. Rapporten belyser drivkrafter, marknadsomfattning, marknadspotential och de aktörer som håller på att skapa marknaden. Genomgående analyseras vilka möjligheter som den svenska industrin har att framgångsrikt delta i uppbyggnaden av elbilarnas infrastrukturer globalt.

Under genomförandet av studien har nedanstående ”navigeringsverktyg” använts för att strukturera rapporten. Det grundläggande antagandet är att drivkrafterna för elbilsmarknadens utveckling berör energiförbrukning och miljöpåverkan. Det andra antagandet är att bilen *per se* är en sådan viktig integrerad del och symbol i samhället att den kraftfullt kan påverka andra system. När bilen byter drivmedel blir den till en avgörande kravställare på olika typer av funktioner och tjänster.



Figur 2: Elbilen i centrum som drivkraft för de infrastrukturer som behövs

Rapporten är indelad i fyra delar:

- **Första avsnittet** behandlar de antaganden och scenarier för elbilsmarknaden som ligger till grund för analyserna och beräkningarna i rapporten. Här beskrivs kortfattat drivkrafterna för marknadsutvecklingen, elbilens utveckling och tre olika scenarier för utvecklingstakten.

Övriga avsnitt i rapporten riktar in sig på **marknader, aktörer och teknik**. Med bilen som utgångspunkt följer vi försörjningskedjan bakåt tills den når elproduktionen.

- **Andra avsnittet** behandlar laddning av elbilar och tar upp såväl vilka nya affärsmodeller som skapas samt hur befintliga affärsmodeller kan tänkas förändras.
- **Tredje avsnittet** fokuserar på kraftöverföring och särskilt på hur näten kan komma att anpassas för att hantera elbilar i stora mängder.
- **Fjärde avsnittet** beskriver hur elproduktionen påverkas av en växande andel elbilar i samhället.

## Del 1.

# Elbilarnas intåg på marknaden

*Världen har genomgått en finanskris och många länder befinner sig i en lågkonjunktur. Fordonsindustrin är hårt drabbad, med dramatiska volymminskningar och många konkurser. Samtidigt är stora delar av världen inne i en aldrig tidigare skådad ekonomisk utvecklingsfas. Därför växer trafikintensiteten och den globala bilparken kraftigt. Bilen har under mer än ett sekel varit en symbol för samhällets förändring och för industrialismen och kommer sannolikt att vara det även i de regioner som nu växer. Men klimatbelastningen från bilar och varu-transporter är redan stor och oljan är en resurs som är ändlig. Hur ska tekniken utformas för att vägtrafiken ska bli en integrerad del i ett övrigt hållbart samhälle? Vilka är de aktörer som ska visa vägen framåt? På samma sätt som bensinbilen har format en stor del av den miljö vi lever i idag, är det möjligt att elbilen kan ta över och visa vägen mot en framtid där miljö och energibushållning ges större utrymme. Som drivkraft kan den elbilen påverka stora delar av världens infrastrukturer, med gigantiska investeringar som konsekvens.*

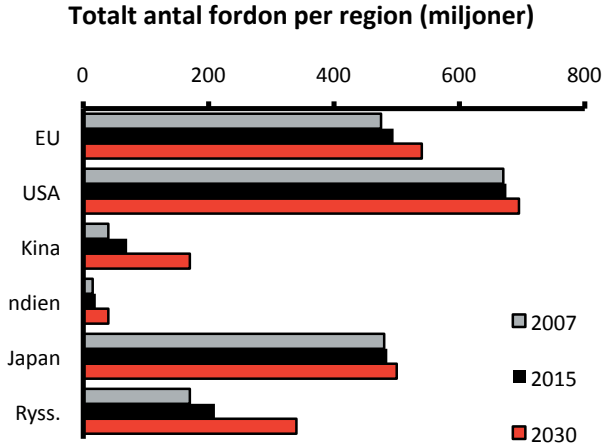
Många av världens mest befolkade utvecklingsländer har nu nått fram till en punkt där en mycket snabb tillväxt av bilismen pågår. I en studie gjord för **IMF, International Monetary Fund**,<sup>3</sup> konstateras att antalet bilar i världen kan öka från dagens 650 miljoner till 2,9 miljarder år 2050. I studien används inkomströsklar som relaterar antal bilar per capita till befolkningar som överstiger en viss inkomst.

Enligt investmentbanken Goldman Sachs kommer Indien att vara världens största bilnation 2050 – var sjätte byggd bil ska då säljas i Indien som gått förbi Kina.

Den snabba ökningen av bilar i Kina och Indien indikerar att tröskeln där har nåtts av delar av befolkningen och snart kommer allt fler att följa efter. Det skapar efterfrågan på små billiga och effektiva fordon. Indiska **Tata Nano** kan vara en förebild för hur den växande bilparken kommer att gestalta sig. Men Europa och USA kommer att fortsätta att stå för runt 30 procent av bilmärknaden – och kommer sannolikt även i fortsättningen efterfråga en hög andel relativt stora, om än bränslesnålare, bilar.

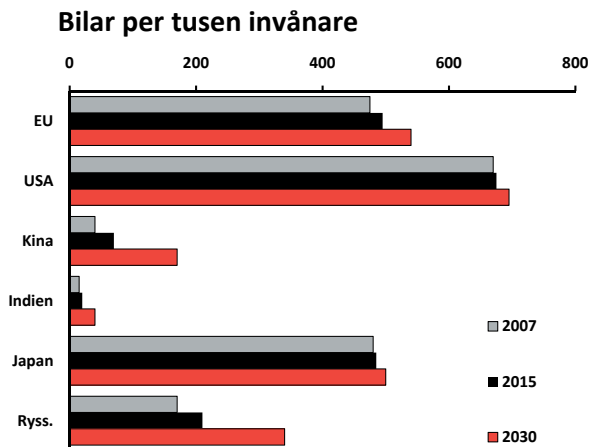
Ett ökat bestånd av bilar i världen innebär både för och nackdelar. Till fördelarna kan räknas att miljontals människor får större rörelsefrihet och nya möjligheter. Men även om västvärldens utveckling med allt mer resurskrävande fordon inte kopieras, kommer ökningen att innebära stora såväl globala som lokala problem. Koldioxidutsläpp, trängsel, trafiksäkerhet och kostnader för vägar och trafiksystem är stora utmaningar.

3 Chamon et al., 2008, *Mass car ownership in the emerging market giants*, IMF/University of Virginia



Figur 3: Totalt antal bilar per region (Källa: IEA, World Energy Outlook 2009)

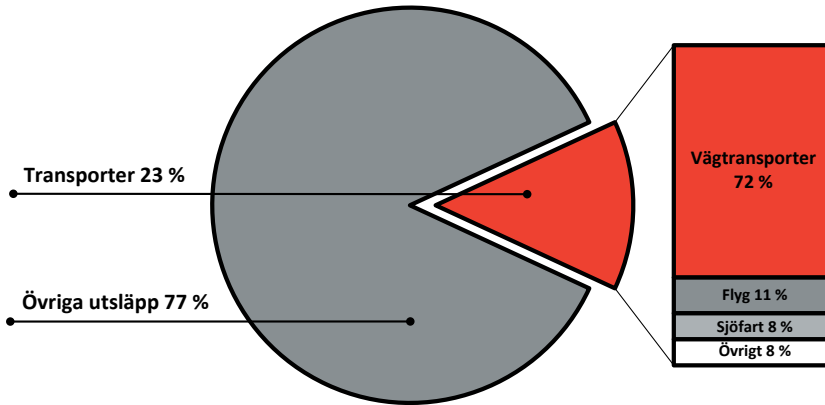
Till år 2030 förutsäger den Internationella Energibyran, **IEA**, att antalet fordon per 1 000 innevånare växer från 100 till 170 vilket motsvarar 1400 miljoner bilar.<sup>4</sup> Den absoluta ökningen av fordon beräknas vara störst i Kina (från 25 till 250 miljoner, år 2030) och Indien (från 6 till 75 miljoner, år 2030), medan stora marknader som USA och Japan börjar plana ut. Samtidigt ställs världproduktionen av bilar om. Från att ha varit koncentrerad till OECD-länderna kommer Kina och Indien även här att spela allt större roll. Kinas produktion har mer än dubblats de senaste fem åren och det är nu världens största marknad för bilar. Den utvecklingen kan accelerera genom teknologiöverföring från gamla till nya biltillverkare. Ur miljö- och energisynpunkt innebär det en stor möjlighet om den kinesiska och indiska fordonsindustrin kan föra utvecklingen vidare eller till och med öka takt.



Figur 4: Bilar per tusen invånare (Källa: IEA, World Energy Outlook 2009)

<sup>4</sup> International Energy Agency, 2009, World Energy Outlook

## Globala energirelaterade utsläpp av växthusgaser andel per sektor



Figur 5: Globala energirelaterade utsläpp av växthusgaser (Källa: World Resource Institute, CAIT)

Vägtransporter förbrukar mer än 50 procent av all olja och bidrar till 23 procent av de energirelaterade växthusgaserna (14 procent totalt).<sup>5</sup> Andelen kommer med all sannolikhet att växa eftersom sambandet mellan en befolknings välstånd och nyttjandet av privata fordon är starkt.

Utmaningen med en snabbt ökande fordonsanvändning är inte bara klimatbelastningen den medför. Det huvudsakliga drivmedlet, olja, är också begränsat. Sedan år 2003 förbrukar världen mer olja än vad som hittats och trots en period med rekordhög oljepriser faller produktionen i världens oljefält med i genomsnitt 9,1 procent per år. Även om utvinningen antas öka med hjälp av teknisk utveckling fattas uppemot 6,5 procent för att upprätthålla jämvikten mellan produktion och användning.<sup>6</sup> Att exploatera svåråtkomliga oljelager som är mer asfaltliknande eller ligger i skifferlager innebär dessutom avsevärt högre kostnader. Oljepriset kommer därför troligtvis stiga på medellång sikt.

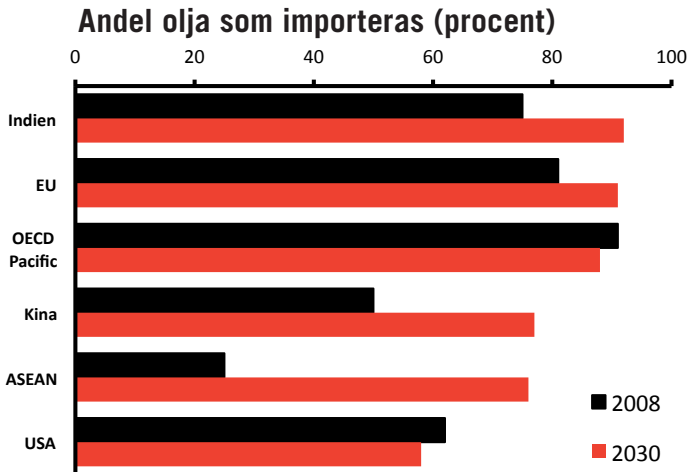
Det finns andra motiv för att minska beroendet av olja. USA:s importbehov är 14 miljoner fat olja per dag.<sup>7</sup> Det är nära 70 procent av förbrukningen och motsvarar en daglig kostnad på en miljard USD. Nationell säkerhet är därför också en stark drivkraft för utveckling av alternativ energiteknik. Oljebranschen som en gång dominerades av stora amerikanska och europeiska bolag blir allt mer en angelägenhet för statsägda oljebolag i Mellanöstern, Latinamerika och det forna Sovjetunionen. De stora tillgångsreserverna finns också i dessa länder. Världens största oljebolag är **Saudi Aramco** vars

<sup>5</sup> Stern, 2006, Stern Review on the Economics of Climate Change

<sup>6</sup> Internationella Energimyndighetens (IEA) World Energy Outlook 2008

<sup>7</sup> www.cia.gov

reserver uppskattas till 260 miljarder fat, vilket är mer än tjugo gånger högre än **Exxon Mobils**.<sup>8</sup>



Figur 6: Import av olja

Miljöbelastningen, tillgången till olja och säkerhetsaspekterna är alla starka drivkrafter för att minska oljekonsumtionen i världen. De påverkar konsumenters val och beteende och utformningen av politiska regleringar och stödsystem. Ett förändrat beteende med mindre bilanvändning är en lösning men troligtvis inte tillräcklig i det globala perspektivet eftersom mängden bilar växer kraftigt. När energi- och miljöfrågan ställs mot ökat välstånd i världen – som medför en kraftigt ökad bilism – får vi en ekvation som bara kan lösas genom att minska fordons behov av olja. Genom optimering av motorer och genom lägre vikt har det visat sig möjligt att avsevärt sänka både bränsleförbrukning och utsläpp. Men för att ta de viktiga och stora utvecklingsstegen behövs ny teknik och nya bränslen.

## Elbilen

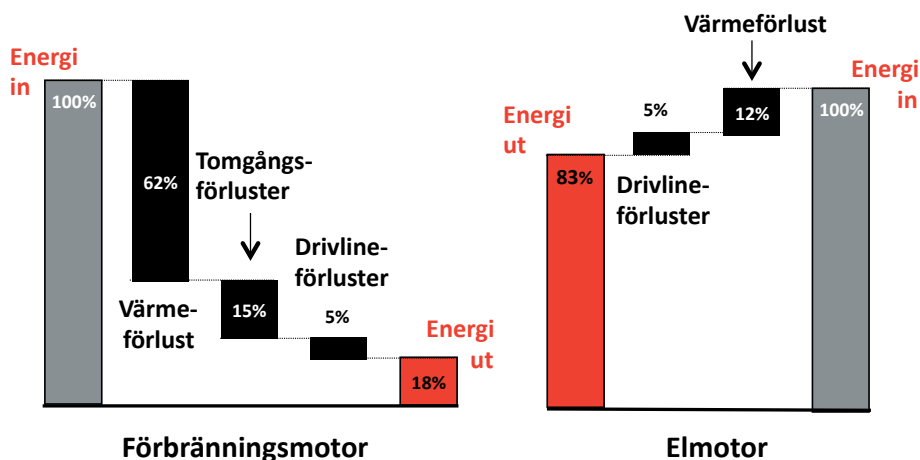
Konsumenter förväntar sig mer av sina bilar än någonsin. Tillförlitlighet, god prestanda, låga driftkostnader, bra komfort och hög säkerhet till lågt pris är självklarheter. En i princip obegränsad räckvidd tas också för givet då ett väl utbyggt distributionssystem finns. Med dagens beteende måste en elbil troligtvis uppfylla alla dessa krav för att på egna meriter kunna konkurrera. Men med den teknik som är tillgänglig finns betydande nackdelar: de är dyra att tillverka och en begränsning är batteriernas kapacitet och därmed den praktiska räckvidden. Laddhybrider har inte något problem med räckvidden, men kräver i gengäld både batteri och förbränningsmotor.

<sup>8</sup> Världsnaturfonden (WWF), Plugged In: the end of the oil age

## El och Hybridteknik

Elmotorn har många fördelar över förbränningsmotorn. Den har en verkningsgrad på mellan 80 till 90 procent. Bensinmotorernas verkningsgrad är cirka 30 procent och istället blir större delen av energin till värme. Ett elfordon förbrukar därför förhållandevis lite energi, mellan en och två kilowattimmar (kWh) per mil. En körsträcka på 1500 mil per år motsvarar således en förbrukning på cirka 1500 till 3000 kWh. Energiförbrukningen är också lägre i stadstrafik än på landsväg. Elmotorn har en låg ljudnivå och ett högt vridmoment över ett brett varvtalsområde, egenskaper där elbilen är överlägsen förbränningsmotorn. Den har även mycket goda accelerations- och fartegenskaper. Den är robust, med lång livslängd och har mindre servicebehov.

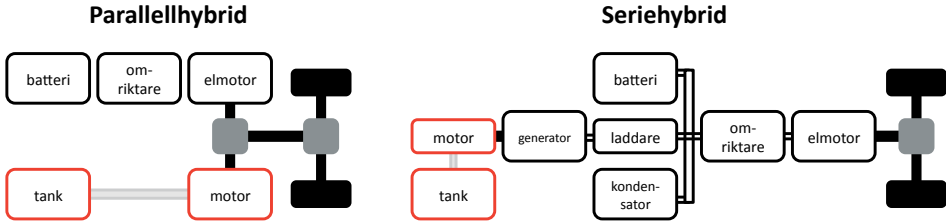
### Verkningsgrad



Figur 7: Elmotorn är till sin natur energieffektiv – mellan 80–90 procent av den energi som lagrats i batteriet kan användas för att driva bilen framåt

Hybridteknik (HEV, Hybrid Electric Vehicle) innebär att bilen både har en förbrännings- och en elmotor. Elmotorernas batterier laddas av en förbränningsmotor och hjälper i vissa system till att driva bilen vid acceleration och lägre hastigheter. Vid inbromsningar kan bromsenergi lagras som elektricitet. Hybridtekniken är sedan mer än tio år väl beprövad och börjar nu nå marknaden i varianter som även kan laddas från elnätet, s.k. laddhybrider (PHEV, Plug In Hybrid Electric Vehicle). Helt eldrivna bilar (EV) saknar förbränningsmotor och har därmed också förutsättningar att bli billigare. Hybridbilen förses däremot med dubbla drivaggregat vilket ökar kostnaden. Drivaggregaten kan antingen ligga parallellt (som i **Toyota Prius**) eller i serie (som i **GM:s Chevy Volt**). I det senare fallet laddar en förbränningsmotor batteriet vid behov, och utökar därmed räckvidden – därför kallas den typen av hybrider REV (Range Extended Vehicle).



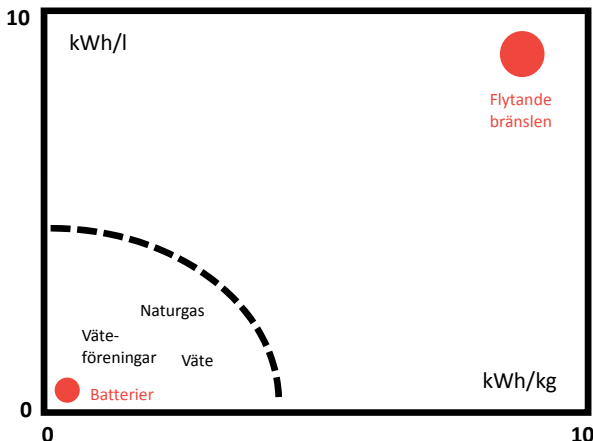


Figur 8: Principskiss över parallell- och seriehybrid

En hybridbil innehåller fler komponenter och har högre vikt än en ren elbil, vilket ger både ökade tillverkningskostnader och driftkostnader. Hybrider spelar ändå en viktig roll när det gäller att överbygga marknaden från förbrännings- till elmotorn. De bidrar med volym, produktionsutveckling och teknikutveckling i det område som är elbilens största begränsning idag: batterier.

## Batteriteknik

Funktionell energilagring är den allra viktigaste förutsättningen för el- och laddhybridteknikens konkurrenskraft. Även om det elektriska drivsystemet har högre verkningsgrad än förbränningsmotorn så är det specifika energiinnehållet – energi per kg – i ett batteri fortfarande endast en procent av bensen. Om inte ett stort och plötsligt genombrott sker inom batteriteknik kommer batterierna under överskådlig tid begränsa körsträckan i en helt elektrisk bil till ca 300 km. Trots framgångsrik utveckling är batteriet fortfarande flaskhalsen i en i övrigt stark systemkedja. Batterier är förhållandevis dyra, har låg energikapacitet och är tunga. Dessutom måste nya återvinningssystem skapas eftersom tillgången på litium är begränsad. Målet med batteriutvecklingen är att åtgärda dessa brister.



Figur 9: Schematisk bild över olika energibärares energitätethet

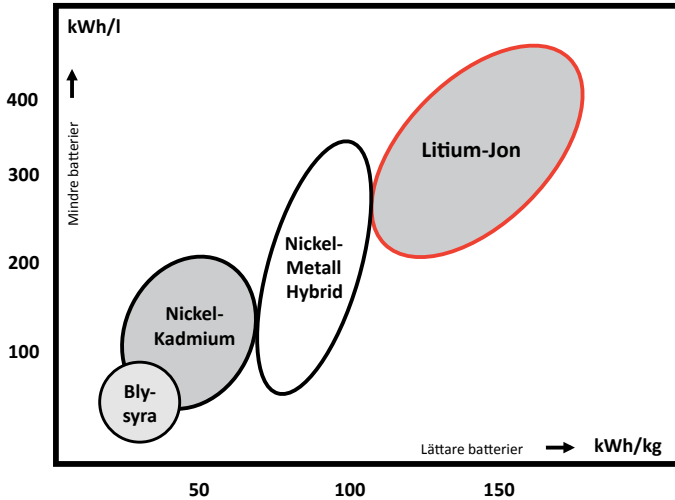
Batteriutvecklingen har vid det här laget gått igenom många viktiga steg. Efter blybatterier blev nickelkadmiumtekniken (NiCd) och nickelmetallhybridcellerna (NiMH) viktiga milstolpar före litiumteknologin. Litiumjonbatteriet innebar ett större tekniksprång som fortfarande bedöms ha stor utvecklingspotential.

Litiumjonbatterier för elfordon har många likheter med de som används i bärbara datorer och mobiltelefoner. Den stora fördelen med tekniken är hög laddningsdensitet (kWh/kg). Mer energi per kilo batteri möjliggör längre körsträckor (och om man vill utomordentlig prestanda). Till fördelarna kan också räknas att livslängden börjar vara acceptabel. De bästa prototypbatterierna just nu skulle praktiskt få en livslängd på mellan fyra och åtta år men biltillverkarnas mål är att batterierna ska klara 10 års drift. En strategi är att utrusta bilar med överdimensionerade (och därmed dyrare) batterier så att nominell kapacitet kvarstår under bilens livslängd. En annan är affärsmodeller där kunden endast leasar batteriet och byter det när kapaciteten reducerats vilket drar nytta av den förväntade kostnads- och prestandautvecklingen. Nackdelarna med litiumjonbatterier generellt är höga materialkostnader. Kraven på avancerad elektronisk laddnings- och urladdningskontroll bidrar också till höga kostnader.

Olika kombinationer av katod och anodmaterial har olika för och nackdelar. **Boston Consulting Group** har i en studie jämfört olika litiumjon batterier i dimensionerna säkerhet, livslängd, prestanda, laddningsbarhet, termiska egenskaper, specifik energi, specifik effekt och kostnad.<sup>9</sup> De vanliga utvecklingsalternativen är kombinationerna NCA (Litium-Nickel-Kobolt-Aluminium), NMC (Litium-Nickel- Magnesiumkobolt), LMO (Litium-Magnesium-Spinell), LTO (Litium-Titan) och LFP (Litium-järnfosfat). Den kombination som förekommer mest inom den generella konsumentelektroniken är litium och koboltoxid (LCO), men den anses alltför riskfylld för att användas i fordon. Slutsatsen i rapporten är att varje kombination är en kompromiss. Ett exempel är temperaturegenskaper, som kan optimeras för hög eller låg omgivningstemperatur men inte för båda.

---

<sup>9</sup> Boston Consulting Group, 2010, Batteries for Electric Cars



Figur 10: Olika batteriers volym och vikt i förhållande till energikapacitet (Källa: Battery & Fuel Cells Sweden)

En lovande vidareutvecklingen – även om den ligger långt fram i tiden – är den teknik som kallas luftbatterier eller litium-metall-syrebatterier. I litiumjonbatterier är elektroderna gjorda av grafitmaterial. I ett litium-metall batteri består anoden helt av litiummetall och den omgivande luften fungerar som katod. Deras energitäthet närmar sig i teorin bränslecellernas. Den är beräknad till mer än 5 000 wattimmar per kilo – mer än 10 gånger effektivare än dagens litiumjonbatterier. Eftersom pluspolen utgörs av syret i luften är batterierna också mycket lättare. I princip kan drygt halva batterivikten elimineras. Problemet är att litium reagerar med vatten och att luft alltid innehåller en del fukt. Det amerikanska utvecklingsbolaget **PolyPlus** säger sig att ha löst problemet med en ”skyddad litiumelektrod”. Den fasta elektrolyten är ogenomtränglig för vatten men litiumjonerna kan passera. En annan lösning som forskning vid **St. Andrews University** i Skottland har kommit fram till är att ersätta den oxid av litium och kobolt som fungerar som positiv elektrod med poröst kol. Även **IBM** meddelade nyligen att de ska utveckla litium-metall-luft-batterier för smarta elnät och för transportsektorn med målet att tekniken ska vara tillgänglig inom fem år.<sup>10</sup>

Olika typer av litiumapplikationer är den energilagringssprincen som under överskådlig tid kommer att dominera. Branschens målsättning är att höja prestanda med 30–40 procent inom tre år och dessutom avsevärt förlänga livslängden. Då finns goda förutsättningar att elbilarna ska kunna bli konkurrenskraftiga ur teknisk synvinkel. Många menar att batterierna redan i dag är *tillräckligt* bra. Men det är också nödvändigt att kostnaden för batterikapacitet minskar. För närvarande beräknas den till dryga femtu-

<sup>10</sup> www.research.ibm.com

sen kronor per kWh, vilket blir priset när de första laddhybriderna i större volym kommer ut på marknaden. **GM:s Chevy Volt** kommer att ha ett batteri på 16 kWh, vilket innebär en ökad kostnad på cirka 80 000 kronor.

Volymerna för batterier kommer sannolikt att öka tack vare elbilsmarknaden och andra applikationer, t.ex. energilagring för de smarta elnäten (se del 3). Större efterfrågan, ny teknik, produktionsmetoder, integration och systemtänkande kan halvera kostnaderna inom en femårsperiod. **Bosch** räknar med att kostnaderna i snitt sjunker med tre fjärdedelar när produktionen ökar med faktor tio.<sup>11</sup> **USABC** (United States Advanced Battery Consortium, där **Ford**, **GM** och **Chrysler** ingår) har satt ett målpris för batterier på 250 USD per kWh.<sup>12</sup>

**Boston Consulting Group** beräknar att marknaden för litiumjon batterier tredubblas, till 60 miljarder USD, till år 2020.<sup>13</sup> Samtidigt förväntas det pris som biltillverkarna betalar för batterier minska med 60–65 procent. Det innebär cirka 400 USD per kWh, vilket är högre än branschens mål. En av anledningarna är att insatsvaror står för så mycket som hälften av innehållet och automatiserad tillverkning får därför begränsad effekt på priset. Den ökande volymen och kostnadsminskningen förutsätter en konsolidering där det sannolikt endast finns ett fåtal batteritillverkare kvar. Idag sker merparten av tillverkningen och kapacitetsinvesteringarna i Asien. I Bilaga 1 beskrivs detaljerat aktörerna och marknadsdynamiken på batterimarknaden.

## Marknadsutveckling

Inom några få år förväntas produktionskostnaderna för batterier ha minskat och de tekniska specifikationerna ha förbättrats. Men fram till dess kommer elbilar och laddhybrider vara befästa med både nackdelar och fördelar jämfört med konventionella bilar. Marknadsutvecklingen kommer att bero dels på hur kunderna värderar de olika egenskaperna samt hur den totala investeringskalkylen ser ut för olika alternativ.

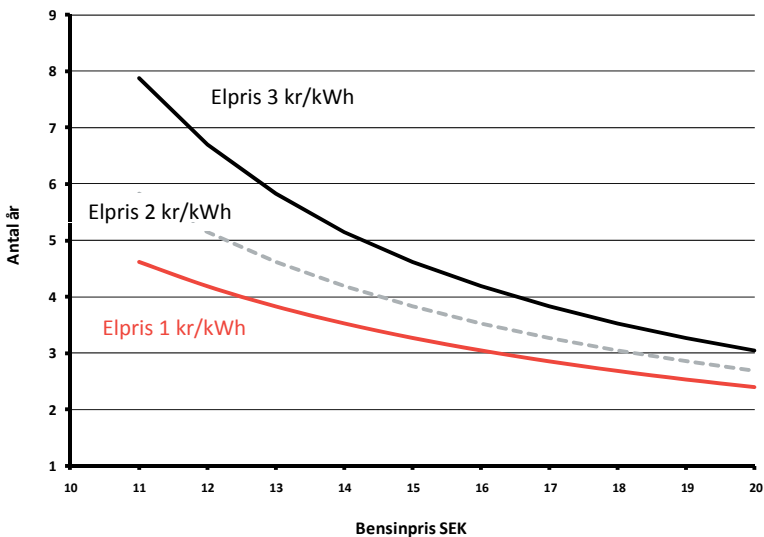
Förutom prestandaegenskaper är elbilens och laddhybridens största fördel låga utsläpp och driftskostnad. Nackdelarna är ett högre pris och (i elbilens fall) en begränsad räckvidd. För vissa konsumenter kan miljöskälen säkert på egen hand avgöra valet, men för de grupperna finns alternativ som etanol- och biogasdrivna bilar som ett konkurrerande alternativ. Det finns också nya, små dieslbilar som förbrukar mindre bränsle än vissa laddhybrider. Räckvidden kan vara en avskräckande faktor för många, men för andra spelar det mindre roll. De allra flesta bilresor är korta, och de flesta kör sällan mer än

11 Svenska Dagbladet 29 juli 2009

12 Boston Consulting Group, 2010, Batteries for Electric Cars

13 Ibid.

fem mil om dagen.<sup>14</sup> Förutsättningarna finns redan idag, i länder med väl utbyggd kollektivtrafik, för ett förändrat beteende där man använder till exempel tåg för längre resor och bilen för lokala resor. Elbilen kan också vara en kompletterande andrabil för det vardagliga behovet då räckvidden är fullt tillräcklig. Slutligen så spelar laddningsmöjligheter stor roll, vilket diskuteras i Del 2. Men det är ändå den ekonomiska faktorn som är det primära kriteriet för de flesta bilköpare – inköpspris och driftskostnad. I elbilens och laddhybridens fall är den initiala investeringskostnaden högre men driftskostnaden lägre än för en jämförbar bensin- eller diesebil. Exakt hur kalkylen ser ut beror i hög grad på de skatter och subventioner som belastas de olika alternativen samt på bensin- respektive elpris.



Figur 11: Intjäningsperiod för en elbil vid olika el- och bensinprisnivåer.

Runt om i världen börjar man nu introducera subventioner och skattebefrielser för att stimulera elbilsförsäljningen. Norge har sedan tidigare momsbefrielse på elbilar. Enligt **Elbil Sverige** subventionerar Frankrike elbilar med motsvarande 130 000 SEK, Storbritannien med 72 000 SEK, Spanien med 100 000 SEK.<sup>15</sup> Danmark har momsbefrielse för elbilar och har samtidigt höjt momsen på bensin- och diesebil (till så mycket som 180 procent). I Israel har man också kraftigt höjt momsen på bensinbilar och aviserat att man helt kommer att förbjuda försäljning av bensinbilar från 2020.

Det blir en komplex kalkyl, men med förutsättningar att vara lönsamt relativt en konventionell bil med förbränningsmotor. I Figur 11 ovan har vi antagit att en elbil kostar

<sup>14</sup> McKinsey, 2009, *Roads toward a low-carbon future: Reducing CO<sub>2</sub>-emissions from passenger vehicles in the global road transportation system*

<sup>15</sup> Ny Teknik, *Elbilslobbyn kräver: Bort med moms på elbilar*, 5 maj 2009

100 000 kronor mer än motsvarande bilsbil – inköspriserna är 300 000 respektive 200 000 kronor. Vidare antas att subventioner utgår med 10 procent av bilens pris och att andra förmåner och skatterabatter är ca 3 000 per år. Underhållskostnaderna beräknas vara 20 procent lägre för elbilen. Det är uppenbart att förhållandet mellan elpris och bensinpris har en stor inverkan på hur många år det tar att uppnå kostnadsjämvikt. I Sverige, med högt bensinpris och lågt elpris, är prisskillnaden intjänad relativt snabbt. Men på marknader där förhållandet är motsatt överstiger intjäningstiden troligen bilens livslängd. Det krävs därför större incitament och subventioner om priset avgör valet.

Tillgängligheten till bilar är naturligtvis en förutsättning för att konsumenter ska kunna köpa dem. Bland biltillverkarna växer intresset för elbilar och laddhybrider och de första produktlanseringarna av volymmodeller närmar sig. Kommersiella laddhybrider säljs redan i Kina, som för övrigt planerar att göra landet till världsledande producent av hybrid- och elbilar inom tre år. I USA och Europa förväntas **Toyota** och **GM** lansera den första generationen laddningsbara hybrider under år 2010 och de kommer att följas av fler modeller av olika fabrikat. För en fortsatt gynnsam kostnadsutveckling med högre teknisk standard krävs storskalig produktion och fortsatta insatser i forskning och utveckling. Det gör det troligt att de små självständiga – i en del fall banbrytande – tillverkarna står inför en konsolideringsprocess.

Tabell 1: Preliminära lanseringar av elbilar (EV) och laddhybrider (PHEV) (Källa: Blue Institute)

Tillverkare	2009	2010	2011	2012	2013
Audi				EV	
BMW				EV	
BYD (Kina)	PHEV				
Chrysler		EV		PHEV	
Citroën		EV			
Daimler		EV			EV
Fiat	EV				
Ford		EV		PHEV	
GM		PHEV	PHEV		
Lexus		PHEV			
Mitsubishi	EV				
Nissan		EV			
Opel				EV, PHEV	
Peugeot		EV			
Renault			EV	EV	
Subaru		EV			
Toyota		PHEV	EV		
Volkswagen		EV		PHEV	
Volvo				PHEV	EV

Elbilsmarknadens utveckling beror på många antaganden. Att göra uppskattningar är i grunden svårt eftersom det handlar om att bedöma hur snabbt den tekniska utvecklingen (av framförallt batterierna) kommer att ske. Hur snabbt samhället antar utmaningen om att bygga nya infrastrukturer som stödjer elbilarna är också viktigt. Definitionsskillnader som speglar särintressen av olika slag kan dessutom vara en förklaring till olika utfall. Osäkerheten medför en stor spridning i prognoserna:

- **Renault** förväntar sig att andelen elbilar (exklusive laddhybrider) blir 20 procent av den europeiska marknaden redan inom tio år, 10 procent globalt och 20 procent av den egna försäljningen.<sup>16</sup>
- Konsultbolaget **Roland Berger** beräknar att bilmarknaden 2020 består av drygt 10 procent elbilar och hybrider globalt, med 20 procent av marknaden i Europa och 50 procent av marknaden i Kina.<sup>17</sup>
- **Boston Consulting Group** beräknar att hybrider, laddhybrider och elbilar står för 26 procent av marknaden 2020.<sup>18</sup>
- **Peugeot** tror att 5 procent av världsmarknader kommer att bestå av elbilar 2020.<sup>19</sup>
- Ferdinand Dudenhöffer, chef för **Center for Automotive Research** i Tyskland, förutsäger att genombrottet för elbilen kommer 2015 och att det 2025 produceras 16 miljoner elbilar per år enbart för den europeiska marknaden.<sup>20</sup>
- **Bosch**, en av världens största underleverantörer till bilindustrin, beräknar att det 2020 produceras 6 miljoner hybrider och 3 miljoner elbilar inklusive laddhybrider (motsvarande tre procent enligt deras prognos), och att genombrottet kommer först efter 2020.<sup>21</sup>

Som jämförelse kan nämnas att hybridbilen **Toyota Prius** som enskild modell på 10 år har erövrat 10 procent av den japanska marknaden.

Det finns också viktiga politiska målsättningar när det gäller antaganden om marknadsutvecklingen.

- USA har satt upp målet om 1 miljon laddhybrider till år 2015<sup>22</sup>
- Frankrike siktar på 2 miljoner elbilar till 2020<sup>23</sup>
- Tyskland har ett mål om 1 miljon elfordon 2020<sup>24</sup>

16 Economist, *Mr Ghosn bets the company: Renault aims to be the first big producer of zero-emission vehicles*, 17 oktober 2009

17 Roland Berger, 2009, *Powertrain 2020 – The Future Drives Electric*

18 Boston Consulting Group, 2009, *Batteries for Electric Cars*

19 Reuters, *France targets 2 mln electric vehicles in 2020*, 30 sep 2009

20 Svenska Dagbladet, *Elbilen har tagit över 2025*, 25 sept 2008

21 Bosch, *Components and systems for hybrid and electric vehicles*, press release September 2009

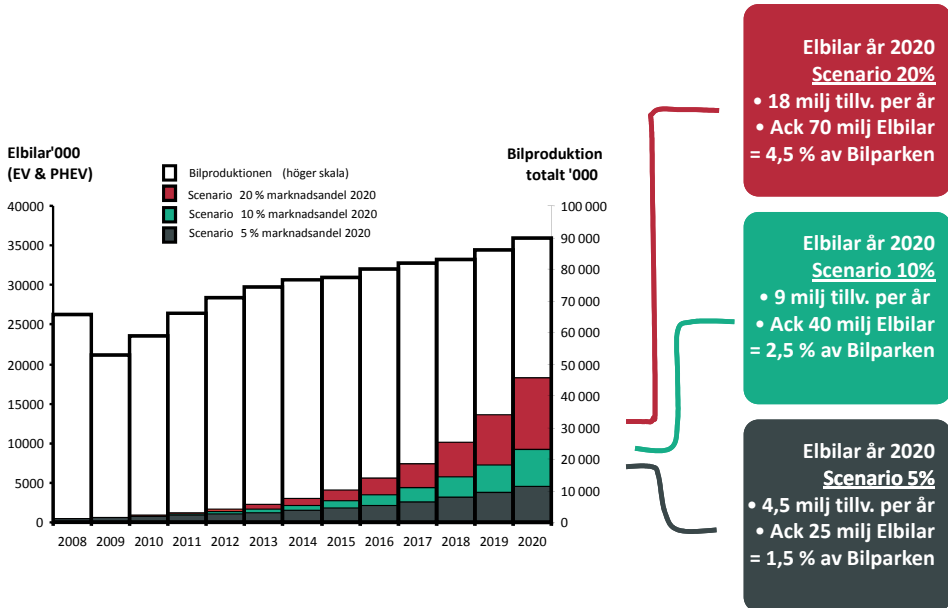
22 The White House, *DOE Support for Advanced Battery Manufacturing and Electric Vehicle Deployment to Create Tens of Thousands of U.S. Jobs*, press release 19 mars 2009

23 AFP, *France launches 'battle of the electric car'*, 1 oktober 2009

24 NY Times, *Berlin Seeks a Million Electric Cars by '20*, 19 augusti 2009

## Scenarion

I denna studie används tre scenarier med olika antaganden om hur snabbt elbilsmarknaden kommer att utvecklas. De kommande åren antas en glidande förskjutning från förbränningsmotorer till hybrider, laddhybrider och elbilar. Laddhybriderna kommer över tiden att bli mer effektiva i sitt pris/prestanda förhållande än hybrider, och initialt ha en fördel över elbilar. Definitionen på elbil i scenariobeskrivningarna är förenklat: *En personbil som har möjlighet att laddas från det stationära elnätet*. I de följande avsnitten kommer modellen att användas för att uppskatta marknaderna i hela värdesystemet. De tre scenarierna antar att antalet elbilar utgör 5, 10 respektive 20 procent av antalet tillverkade bilar år 2020. Spannet mellan scenarierna är stort men speglar de skilda prognoser som förekommer.



Figur 12: Tre scenarier som antar att antalet producerade el- och laddhybridbilar utgör mellan 5 och 20 procent av bilproduktionen år 2020.



## Del 2.

# Laddning

*”Smart Garage” och ”Plug-in Ecosystem” är nya amerikanska begrepp som kärnfullt sammanfattar elbilssamhället: elfordon, ett grönt elsystem och en beredskap för anslutning till en ”plug-in-community”. Det innebär att ett nytt och omfattande gränssnitt mot elnäten uppstår. Konsekvensen är att nya tekniska funktioner kommer att utvecklas men framförallt är det ett marknadsgränssnitt som öppnas. För elproducenter, elhandlare och serviceföretag av olika slag innebär det nya potentiella affärsmöjligheter. Leverantörer av teknisk utrustning har också anledning att se fram emot en uppbyggnad av nya infrastrukturer till värden av miljardbelopp.*

Hur bilförarna kommer att ladda sina bilar är, i brist på empiri, föremål för många utredningar. Laddningsfrågan är avgörande för att förstå de ekonomiska möjligheterna och för att ge konkret stöd till systemskiftet – utan laddställen uppstår ingen elbilsmarknad. Det samlade laddningsbeteendet påverkar också alla led i kedjan från kraftverket till bilen och därmed dimensioneringen av elsystemet. Problemet är dock överkomligt eftersom infrastrukturen kan anpassas efter hand och då elproducenter och nätbolag är vana att arbeta med ständigt förändrade förutsättningar.

Beroende på var man befinner sig och hur mycket tid som står till förfogande kan behoven för att ladda ett elektriskt fordon variera. En schematisk uppdelning av olika behov är:

- **Hemma och på jobbet**

Laddning under flera timmar med lägre effekt (240 eller 400 volt och 10 till 25 ampere). En billig lösning där påfyllning av batterierna efter en dags normal körning kostar några kronor med den beskattning och de avgifter som gäller idag. Det tillgodoser förmodligen behovet för de flesta som har tillgång till fast parkering med uttag hemma eller på jobbet.

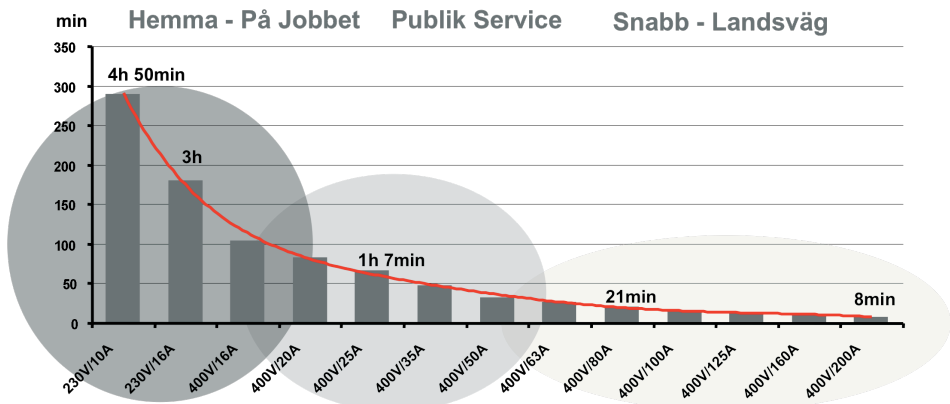
- **Publik serviceladdning**

Laddning under någon till några timmar med medeffekt (240 eller 400V volt och 16 till 35 ampere). Mellansnabb publik laddning täcker behovet för de som inte har en egen bilplats, och för olika näringsidkare med servicefordon. Det kan också erbjudas som en komponent i andra affärsmodeller, till exempel vid parkering i affärscentra.

- **Snabbladdning**

Möjligheten att på mycket kort tid (några minuter) fylla batteriet kan bli en

efterfrågad tjänst för att motverka ”range-anxiety” (rädsla för att räckvidden inte räcker till) och påminner om traditionell tankning. Det kan uppnås antingen genom att ladda med mycket höga effekter eller med att helt enkelt byta batteri. Laddning kräver att servicestationer tillhandahåller höga elektriska effekter som kräver abonnemang för högspänning eller investering i någon typ av energilager. Om priset relateras till tid i stället för energi kan ”premiumel” (där priset sätts utifrån kWh per tidsenhet) bli lönsamt där trafiken är tät. Snabbladdning är också beroende av batteriutvecklingen. De senaste åren har batterityper som klarar laddning på mindre än tio minuter lanserats men livslängden förkortas. Det finns även praktiska och säkerhetsmässiga problem med de höga strömmar och effekter som måste hanteras eftersom kablage och kontaktton blir grova och otympliga. Utbytessystem för batterier diskuteras i mer detalj nedan.



Figur 13: Laddningstid vid olika effekter. Beräkningen baseras på en elförbrukning om 2 kWh per mil och en daglig körsträcka på 5 mil. (Källa: Blue Institute)

## Smart Laddning

Att ladda en bil kan vara så enkelt som att använda ett vanligt motorvärmarruttag. Men det kan också innebära tekniska utmaningar och stora investeringar i infrastrukturer. Ett omfattande standardiseringsarbete för att göra laddningen enkel vid resor mellan olika länder och för att hålla kostnaderna nere är nödvändigt. En jämförelse kan göras med mobiltelefoner och bärbara datorer där bristen på standard inte gynnat någon förutom tillverkarna av laddningsaggregat. För betalningslösningarna behövs också överenskommelser om metoder och protokoll.

Det finns två principer för hur en elbil kan laddas, *konduktivt* och *induktivt*. Konduktiv laddning innebär helt enkelt att ansluta bilen via sladd och kontakt, medan vid induktiv laddning överförs energin ”trådlöst” som ett magnetfält mellan två spolar.

Induktiv laddning är etablerad inom vissa industriella tillämpningar och har även testats för kommunala transportmedel. Fördelarna är naturligtvis att inga sladdar behövs och prov har gjorts med en spole på bilens undersida som svarar mot en annan spole i golvet under en parkeringsruta. Även induktiv kraftöverföring under färd har diskuterats och på senare tid provats på golfbanor i Sydkorea och snart ska bussar i några koreanska städer induktionsladdas på prov. Biltillverkare arbetar med att hitta alternativ till sladdar och kontakter. **Nissan, Mitsubishi** och **GM** i samarbete med **Toyota** är några företag som utvecklar egna system för ”plug-free” laddteknik. Även **Better Place** – i samarbete med **Renault-Nissan** – säger sig i framtiden sikta på att använda ett induktivt laddsystem. I det första steget handlar det om att fylla batterierna när bilarna står parkerade. Men visionen är att kunna ladda under rörelse, med hjälp av magnet-slingor i vägarna. Det innebär att fordonen kan utrustas med mindre batterier, vilket skulle göra bilarna både lättare och billigare. Nackdelen med induktiv laddning är att den blir dyrare, förlusterna större och att elektromagnetiska störningar måste undvikas. Laddning via eluttag är därför den teknik som kommer att dominera, åtminstone i närtid. En sådan infrastruktur kräver heller inte några större tekniska genombrott. Etablerad teknik kan anpassas och sättas samman till system för både el, kommunikation och datahantering.

Standardisering är nödvändig av praktiska och ekonomiska skäl. På global nivå pågår projekt för att nå enhetliga specifikationer både inom **ISO, International Organization for Standardization** och **IEC, The International Electrotechnical Commission**. Sverige ansluter sig till samarbetet genom **SIS, Swedish Standards Institute**. Generellt anses det att en standard för långsammare laddning ligger tre till fyra år bort, medan en världsstandard för snabbaddning kommer att ta ytterligare tid – men det hindrar inte att det snabbare bildas en *de facto* standard i marknaden. De grundläggande förutsättningarna är att spänningsnivå, ström, frekvens och vilken information som ska utbytas med bilen är bestämda. Dataöverföring är också en viktig komponent både för betalning och för andra tänkbara tjänster.

Laddningstekniken förutsätts bli ”smart” för att hålla energiförbrukning och miljöbelastning på så låg nivå som möjligt. Eldistributionsnäten är i allmänhet dimensionerade så att belastningen förväntas vara utspridd över tiden. Sådan så kallad sammanlagring är en ekonomisk förutsättning för samhällets kraftinfrastruktur eftersom näten annars skulle behöva dimensioneras upp till ansevärliga kostnader.

**International Electrotechnical Commission har definierat fyra olika laddningsnivåer:**

1. Ett vanligt uttag med effekter upp till 11 kW
2. Upp till 22 kW med ytterligare skydd av kabel och fordon
3. En speciellt utformad laddstation för fordon
4. Bilen ansluts via en fast installerad batteriladdare som laddar batterierna med likström upp till 400 Ampere.

När antalet elbilar börjar öka kommer den elektriska belastningen på större centralt belägna parkeringsplatser att bli hög och ganska snabbt motsvara en egen nätstation. Av den anledningen behövs automatik som tar hänsyn till när och hur snabbt laddningen kan ske beroende på hur hårt elnäten är ansträngda. Det kan också innebära att stora möjligheter ges till individuella val och värdering av relativa marknadspriser. System som håller rätt på var fordonet befinner sig och i förväg valda preferenser om pris och önskad typ av elproduktion kan förenkla för den enskilde bilisten, men den upplevda komplexiteten kan också avskräcka.

Smart laddning ger upphov till många nya begrepp, de flesta med amerikanskt ursprung. Eftersom det är en *de facto* nomenklatur kan tolkningarna variera men de begrepp och förklaringar som vanligen förekommer är:

- **Grid to Vehicle Control (G2V)** är en teknik som förhindrar att elbilsladdning ger höga belastningar på näten genom automatisk övervakning och ekonomiska incitament. G2V representerar den typ av funktion som ligger närmast ett förverkligande.
- **Vehicle to Home (V2H)** innebär att bilens batteri kan försörja hushållet med el vid ett strömavbrott. Det gör det också möjligt att ordna strömförsörjning för sommarhus eller vid camping.
- **Vehicle to Grid (V2G)** gör det möjligt att mata el från bilens batteri tillbaka till elnätet. På så sätt kan den oregelbundna elproduktionen från sol, vind eller vågor jämnas ut. V2G ligger längre fram i tiden inte minst därför att batteriernas livslängd förkortas med ständig i- och urladdning. De flesta elnät är inte heller funktionellt förberedda för det. En stor del av utvecklingen av V2G-system sker i Kalifornien.
- **Vehicle Roaming (VR)** innebär att bilen kan kommunicera med elnätet och möjliggör G2V och V2G var den än befinner sig.

För publikt placerade laddstolpar är betalningssystem en central funktion. Tekniskt sett representerar varje ladduttag en mätpunkt som kopplas till ett automatiskt faktureringsystem, en kortläsare eller en mobiltelefon för betalning. Allmänt tillgängliga stolpar och laddstationer ska normalt också vara låsta eller stängda vilket innebär att accesssystem kommer att krävas. Att betalningssystem som redan används vid bensinpumpar och parkering kommer att användas även för elbilsladdning är en trolig och ekonomisk fördelaktig utveckling. Prissättningen blir, åtminstone i teorin, ett instrument för elleverantören att balansera elproduktion och nät genom att variera priset över dygnet. Det kräver i sin tur hög upplösning i mätningen. Frågan är vilken priselasticitet som i praktiken krävs för att styra beteenden på marknader där elpriserna är låga.

## Utbytessystem

En annan möjlighet är batteribytesstationer där hela batteriet byts. Det sker i biltvättliknande anläggningar där själva bytet är helt automatiserat. Konceptet bygger på standardisering av batterier och bilens utformning och är tänkt för helt eldrivna bilar i första hand. **Better Place** är ett kaliforniskt företag som i samarbete med **Renault-Nissan** planerar att bygga servicenät av laddnings- och batteribytesstationer i olika delar av världen. Tanken är vidare att endast erbjuda el från förnybara energikällor som sol och vind. Hittills har 400 MUSD i kapital samlats in för verksamheten som startade 2007. Bland finansörerna återfinns riskkapitalbolaget **Vantage Point** och banken **Morgan Stanley**.<sup>25</sup> **Renault** förväntas investera mellan 500 och 1 000 MUSD i utvecklingen av bilar som gör det möjligt att byta batteriet och ska leverera 100 000 elbilar till Danmark och Israel genom **Better Place**.<sup>26</sup>

Affärsmodellen att koppla bilförsäljning till utbytessystem liknar dagens mobiltelefonabonnemang med skillnaden att man säljer kilometer i stället för minuter. Ett typiskt kontrakt kan kosta tre till sex tusen SEK per månad och inkluderar ett par tusen mils körning, batteri, laddningar och eventuellt också bilen. Affärsmodellen bygger på att kostnaden för konsumenten ska sjunka i takt med att systemet byggs ut (i ett fall från USD 0.08/mile nu till USD 0.04/mile år 2015 och slutligen USD 0.02/mile år 2020). Kunderna kommer inte att köpa batteriet (istället säljs elbilen som bensinbilar utan bränsle) vilket är tänkt att minska oron för en kort livslängd och för andrahandsvärdet på bilen samt för att investera tidigt i ett snabbt utvecklande teknikområde.

Själva automatiken för batteribyte tar ett par minuter. Batteriet som sitter under bilen lyfts bort och ersätts med ett nytt och det gamla sätts automatiskt på laddning. Hur det fungerar under vinterförhållanden med is och snö är inte prövat. Räckvidden till nästa batteribyte beräknas till ca 16 mil. Ett nät av konventionella laddningsstolpar används till vardags på arbetsplatser och parkeringar medan bytesstationerna löser problemet med långfärder eller när man snabbt behöver ett fulladdat batteri.

Kostnaden för en utbytesstation beräknas till 500 000 USD vilket enligt **Better Place** motsvarar halva kostnaden för en ordinär bensinstation. Företaget **Flextronics** har kontrakterats för att bygga laddnings- och utbytesstationer. Det första systemet av laddningsstationer i Israel kommer att kosta 200 MUSD och den första stationen invigdes i december 2008. När hela det israeliska nätverket med 500 000 laddstationer och 200 bytesstationer är utbyggt förväntas investeringen ha kostat en miljard USD. Förutom Israel har Danmark och Hawaii påbörjat projekt för att bygga omfattande servicenät

<sup>25</sup> [www.betterplace.com](http://www.betterplace.com)

<sup>26</sup> Renault, Renault and Better Place commit to volume of 100.000 Fluence ZE in Israel and Denmark, press release 15 september 2009

för elbilar och i Tokyo har en pilot anlagts i samarbete med stadens största taxibolag. Även Australien planerar att investera över en miljard AUS för att bygga 500 service-ställen efter den östra kusten över en femårsperiod. Utöver det säger sig företaget föra diskussion med ett tjugofemtal andra länder runt om i världen.<sup>27</sup>

Fördelarna med utbytessystemet är att laddning sker lika snabbt som tankning gör för bensinbilar. Med en utbyggd infrastruktur försvinner räckviddsproblematiken. Systemet eliminerar också risken för oförutsedda kostnader för batteriet som kan vara ett marknadshinder initialt. Det som talar emot lösningen är att utbytbara batterier kräver långt gången standardisering om det ska fungera bredare än för ett enstaka bilmärke. Frågan är också hur det tekniska bytessystemet kan fungera under andra klimatförhållanden än vad Israel, Hawaii och Australien har. Över tid kan även batteriutvecklingen i sig att bli en konkurrent. När kapacitet, laddningstid och livslängd blir bättre kommer successivt behoven av att byta batteri bli mindre.

## Marknaden för laddning

Elbilar kommer att vara beroende av laddningsmöjligheter men marknadens tillväxt, omfattning och struktur beror i hög grad på vilket laddningsbeteende framtida elbilsägare kommer att ha. En stor del av laddningsbehovet hemma och på arbetsplatser kan redan tillgodoses med hjälp av motorvärmare eller enkla förlängningssladdar. De kräver därför små investeringar initialt och det är troligtvis också konsumenter som har de möjligheterna som kan tänkas köpa en elbil eller laddhybrid innan en infrastruktur byggts ut.

Men infrastrukturen för publik laddning kommer att behöva byggas ut. En majoritet av bilägarna saknar både egen parkering och motorvärmaruttag. I USA till exempel finns uppåt 250 miljoner personbilar men bara 50 miljoner garage. Troligen råder ungefär samma förhållande på andra ställen i världen. Sverige är ett undantag eftersom det redan finns 600 000 motorvärmaruttag installerade – redo att även kunna ladda elbilar.<sup>28</sup>

I Frankrike satsar staten 1,5 miljarder EUR för att stimulera marknaden för elbilar och den största posten går till en infrastruktursatsning för att bygga upp en miljon laddstationer till år 2015. Från 2012 måste alla offentliga parkeringsplatser i bostadsområden vara försedda med laddstationer, och till år 2020 ska fyra miljoner av dem finnas runt om i landet.<sup>29</sup> I Danmark satsar **DONG** och **Better Place** 100 MEUR på ett nät av

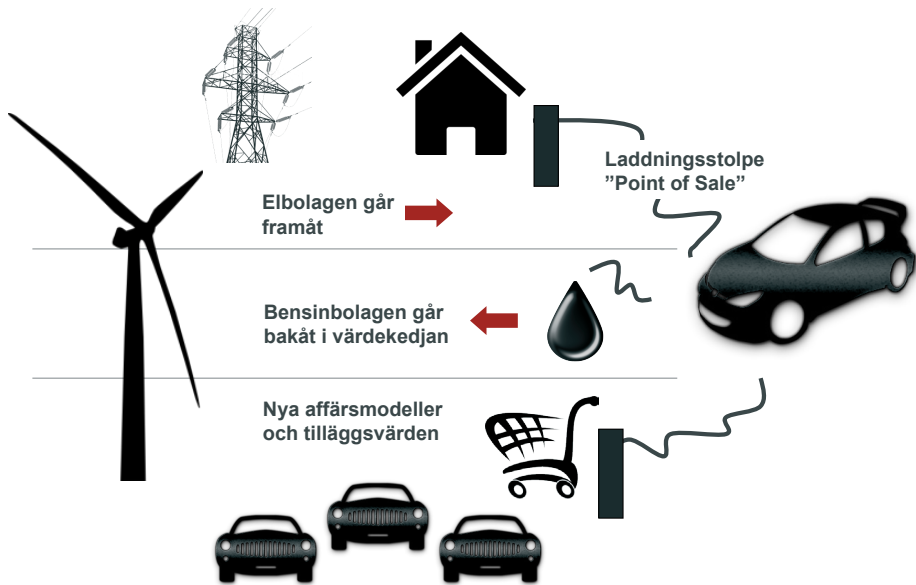
<sup>27</sup> [www.betterplace.com](http://www.betterplace.com)

<sup>28</sup> Elforsk, Standardisering av laddningsteknik för eldrivna fordon, Lägesrapport 2009-04-06

<sup>29</sup> AFP, France launches 'battle of the electric car', 1 oktober 2009

laddstationer och bytestationer. Det finns också många mindre initiativ på kommun- och regionnivå, till exempel Amsterdam som installerar 200 laddstationer till 2012 (i samarbete med **Vattenfall-Nuon**) och Stockholm där **Stockholm Parkering** tillsammans med **Fortum** har en ambition att installera 100 laddstationer under 2010.

Därtill kommer privata initiativ där laddningsmöjligheter erbjuds som en affärsmodell eller som ett komplement i en befintlig affärsmodell. För dagens elhandelsbolag och kraftbolag ligger laddning nära verksamhetens kärna i termer av kundkontakt och produktion. Men förtjänsten av att sälja el för laddning av elbilar är inte stor nog att motivera installations- och driftskostnaden. Intresset från kraftbolag (utöver enstaka varumärkesbyggande demonstrationsstolpar) kommer att vara baserat på att en annan part – till exempel en kommun – finansierar installationen. Andra idéer som diskuteras (men är långt från implementering) är att en elleverantör kan hyra ut batterier och därmed ta riskerna och underlätta övergången till elbilar. Elleverantören kan sedan vara en potentiell användare av begagnade batterier som kan användas för stationär energilagring där även ”degraderade” batterier kan accepteras. I dagsläget är det inte kostnadseffektivt.



Figur 14: Dynamiken inom marknaden för laddning

Mer värde än det som skapas genom att fylla på batterierna måste till för att få en bärkraftig affärsmodell. Sådana situationer kan förväntas på platser där det finns många bilar. Oljebolag (bensinstationer) har ett naturligt incitament att tillhandahålla laddningsmöjligheter för att signalera till sina kunder att de ska komma till bensinstationen

även med en elbil. Men utan betydande investeringar kommer de troligtvis inte kunna locka till sig kunder på grund av att tidsåtgången för laddning med normala effekter är så stor. **Better Place** är ett exempel på en affärsmodell där man vill ta den position som bensinstationer har idag. Men bensinförsäljning i detaljledet är redan idag en verksamhet som brottas med lönsamhetsproblem. Däremot har flera oljebolag, till exempel **BP** och **Statoil**, utökat sin verksamhet till kraftgenerering, särskilt genom investeringar i förnybar energi. En annan kategori av aktörer är parkeringsgarage som mot en relativt låg investeringskostnad kan erbjuda laddningsmöjligheter och ta betalt för det. Särskilt kopplat till elbilspooler kan det vara en hållbar affär – ett exempel är samarbetet mellan banken **ABN Amro**, **Vattenfall-Nuon** och leasingbolaget **LeasePlan**.

Publik laddning kan också erbjudas ”gratis” och finansieras på indirekta sätt som ett komplement i en existerande affärsmodell. Befintliga exempel är stormarknader som erbjuder laddning som en extra service, fastighetsägare som vill locka hyresgäster och restauranter som möjliggör ”top-up” av batteriet.

Oavsett formen och aktör så kommer marknaden för publika laddningsmöjligheter att växa i takt med att elbilsmarknaden växer. Om storskaliga satsningar av fransk modell saknas blir tillväxttakten förmodligen låg initialt eftersom få rena elbilar finns på vägarna och det grundläggande behovet troligtvis tillfredsställs med befintliga installationer i hemmet. I den mån investeringar sker finns det förutsättningar för en temporär men stor komponent- och anläggningsmarknad i uppbyggnadsfasen. Den kan jämföras med andra teknikintroduktioner, till exempel utbyggnaden av nya telefonsystem eller bredbandsinfrastrukturer, som inneburit förändringar som under kort tid skapat många arbetstillfällen och varit gynnsamma för produkttillverkarna.

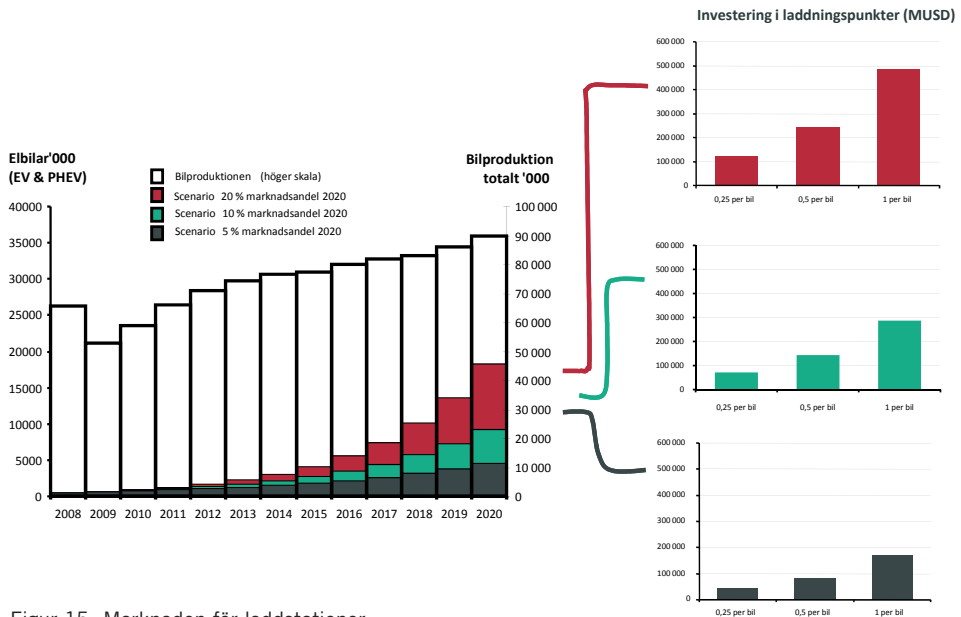
Marknadsstorleken definieras av hur många laddstolpar som behövs i förhållande till antal elbilar, vilket ännu inte är praktiskt prövat. I den franska satsningen är målet två miljoner bilar och fyra miljoner laddpunkter till år 2020, det vill säga två uttag per bil. Amerikanska **Coulomb Technologies** (som redan levererar smarta ladduttag) gör samma bedömning. Hur stor del av behovet som tillfredsställs med befintliga installationer kommer att variera med land (hur många privata parkeringsplatser/bil, tillgång till motorvärmare, etc.) och över tid med den totala andelen bilar på vägarna som kan laddas.

Vi beräknar tre olika scenarier – ett uttag på fyra bilar, ett uttag på varannan bil respektive en per bil. Anläggningskostnaden per laddstolpe med ett eller två uttag motsvarar cirka 7000 USD och innefattar både material och förläggning. Antagandet om högst en per bil baseras på att det under perioden fram till år 2020 är troligt att köpare av laddhybrider och elbilar i de flesta fall åtminstone har en befintlig laddningspunkt, till exempel i hemmet. Vi har däremot inte beräknat de eventuella investeringarna i



utbytesstationer, som i sig är en potentiellt stor marknad om det är en modell som bil-tillverkare och kunder kommer att acceptera i stor skala.

De stora variationerna i ingångsantagande gör att spännvidden i de olika scenarierna är mycket stort. Som lägst, med det låga scenariot för elbilsmarknadens tillväxttakt och en laddstolpe per fyra bilar, kommer marknaden att omfatta 42 miljarder USD under tioårsperioden fram till år 2020. Som högst, med stark marknadstillväxt och en laddstolpe per bil, omfattar marknaden 485 miljarder USD fram till år 2020. Förutom själva elbilsmarknaden är det uppenbart att hur bärkraften i olika affärsmodeller för att anlägga laddstolpar och laddningsstationer kommer att vara avgörande för marknadens utveckling.



Figur 15: Marknaden för laddstationer

## Positionen för svensk industri

Betydelsen av ett etablerat och fungerande system av laddningsställen är central för att elbilssamhället ska kunna förverkligas. Därför är det viktigt att planläggning och beslutsprocesser för att etablera laddpunkter i stadsmiljö påbörjas i tid. Politiska målsättningarna fungerar som tydliga riktmärken och är tillsammans med stimulanskapital viktiga för att skapa industriell kraftsamling. Oavsett vilka operatörer som intresserar sig för drift och leverans av el kommer en stor teknisk marknad att öppna sig när alla laddpunkter ska etableras och här kan svensk industri ha fördel i jämförelse med hur möjligheterna har sett ut i bensinbilarnas värld.

Demonstrations- och pilotprojekt spelar en viktig roll och bidrar till att laddnings-, mättnings- och debiteringssystem framgångsrikt kan utvecklas. Den svenska marknaden är i sig en lämplig testmarknad med goda förutsättningar för elfordon och dess stödstrukturer. Ett i huvudsak koldioxidfritt produktionssystem för el och ett väl utbyggt och starkt distributionsnät är ett par av huvudingredienserna. Det innefattar trefasmatning till enskilda villor och cirka 600 000 etablerade "laddstolpar" i form av motorvärmarruttag. Förhållandena är väsentligt annorlunda i t.ex. i USA där distributionssystemet är svagare (med enfasmatning) och elproduktionen sker till stor del genom kol-, gas- och oljekraftverk.

För att adressera den förväntade världsmarknaden av laddningsinfrastrukturer har företag som **ABB**, **Eldon**, **GARO**, **Consat** med flera tagit fram produkter i form av laddstolpar som komplement till annan elförläggningmateriel. Kraftbolag är också viktiga intressenter och **Vattenfall** har igenom sin starka representation i Europa en potentiellt god position. Projektet "MINI E Berlin powered by Vattenfall" innebär att bilarna kommer att kunna laddas upp vid så kallade "Car Power Stations", laddstationer som installerats i Berlins olika stadsdelar. **Vattenfall** har också genom **Nuon** projekt i Nederländerna där man ingår i nyskapande affärsmodeller med flera parter.

Mellan bilens laddningsuttag och kraftverket spelar också IT och kommunikationsteknik en huvudroll. Inom denna sektor finns det utrymme både för svenska entreprenörer, konsulter och storföretag. Det stora intresset som exempelvis **Cisco**, **IBM**, **Microsoft** och **Google** visar för smarta elnät (se Del 3) är inte utan anledning. Om ambitionen är att marknadsföra laddstolpar och dylika produkter på världsmarknaden behöver det skapas mervärden genom koncept och systemtänkande. Risken är annars att relativt enkla produkter blir föremål för en transparent och förödande prispress.

Systemutveckling kan ske i samband med de många demonstrationsprojekt som nu lanseras. Projekt som **Gröna Bilen** och **Smart Mobility Gotland** är steg i rätt riktning, men de har en ambitionsnivå som inte är ovanlig i världen<sup>30</sup> och som är mycket mindre omfattande än de satsningar som görs i till exempel Danmark, Frankrike och Israel. Kunskap och resurser saknas inte inom den svenska industrin, snarare är det en fråga om att mobilisera kring strategi, val av position och marknadsinvestering.

30 I Bilaga 2 redogörs för ett antal pågående projekt och satsningar i Sverige och runt om i världen. Utan att göra anspråk på att redogöra för alla projekt i världen kan genomgången ge en uppfattning om den stora resursmobiliseringen för laddningsinfrastrukturer som pågår i världen.

## Del 3.

# Kraftnät

*Smart Grids, eller smarta elnät, har på senare år blivit det begrepp som används när kraftöverföring, telekommunikation och IT kombineras. Bland många andra metaforer har det kallats energins svar på Internet.<sup>31</sup> I korthet handlar det om att förutsättningarna för kraftproduktion och kraftdistribution förändras i grunden när storskalig, centraliserad produktion ska kombineras med småskaliga, decentraliserade lösningar. Det kräver kostnadseffektiva anslutningar och ställer höga krav på elsystemets förmåga att hantera tillgång och efterfrågan. Bättre kommunikation och samordning mellan elleverantörer och kunder kan med hjälp av IT bidra till ett efterfrågestyrt elsystem. Elbilar kan bli en genombrottslämpning för smarta elnät. Två nya tekniska världar kopplas bokstavligen samman och berör till slut nästan varje människa. Elbilen kan visa värdet av smarta elnät och smarta nät kan ta fram det bästa med elbilen. Den symbiosen kan innebära att investeringar av mycket stora mått tar fart.*

### Elbilar på elnäten

En av de stora poängerna med att använda el som drivmedel är att distributionssystemet redan finns på plats. Om bilarna bara laddas när övrig belastning är låg kan dessutom en stor bilpark anslutas utan större åtgärder, förutom fler anslutningspunkter. Men relativt andra alternativ – till exempel vätgas – utgör det mycket rimliga investeringar. El är också den perfekta produkten för just-in-time-leverans. Till skillnad från andra bränslen som transporteras, mellanlagras och slutlagras förbrukas el i regel exakt i samma stund som den tillverkas. Elbilarna skiljer sig genom att de i slutet av distributionskedjan lagrar energin för att använda den senare vilket ger möjligheter att sprida ut belastningen över tiden. Det smarta elnätet kan med hjälp av laddningsövervakning (G2V) se till att laddningen sker när det är lämpligt för nätet och styra det med variabel prissättning. I framtiden kan bilens batteri också stödja det smarta elnätet genom att leverera tillbaka el när det behövs.

31 Det finns semantiska skillnader för hur begreppet Smart Grid används, främst mellan USA och Europa. I USA finns ett kundcentrerat resonemang som cirklar kring ”smart metering”, den smarta elmätaren, och vilka möjligheter den kan ge för enskilda elkunder. IT och kommunikationsteknik dominerar till viss grad begreppet Smart Grids. I Europa för vi mer ett tekniskt resonemang kring system, systemuppbyggnad och tillgänglighet. Det finns också en del skillnader i synen på nationella kraftnät visavi lokala distributionsnät. I en del fall identifieras smarta elnät som lokala nät med en intelligent koppling till transmissionsnäten. I andra fall betraktas båda som integrerade delar i ett smart elnät

Sådana funktioner kan bara bli möjliga om det finns tvåvägskommunikation mellan elproducenter, distributörer och slutkunderna. Speciellt i USA har därför Internet använts som en metafor för smarta elnät: det är frågan om ett ömsesidigt utbyte av information och data, det handlar om ökad decentralisering med mindre installationer av solceller och vindkraft och marknaden för överföring av el kan utvecklas på radikala sätt. En intressant – om än inte helt överraskande iakttagelse – som gjorts är att en stor andel procent av cheferna i nystartade bolag inom området har en bakgrund från telekom och IT.

Elbilen blir i det här sammanhanget också extra intressant eftersom den är rörlig. Internationell **roaming** är den term som används när man använder mobiltelefonen utanför sin operatörs täckningsområde, det vill säga är besökare i ett annat nät. På samma sätt kan elbilen i det smarta elnätet ta med abonnemanget och få all förbrukning specificerad och reglerad via den vanliga elräkningen. Mobiloperatörer sluter inom samarbetsorganisationen GSM Association roamingavtal sinsemellan. Avtalen reglerar bl.a.

#### Vehicle Roaming

Kommunikation med nätet oavsett var man befinner sig.

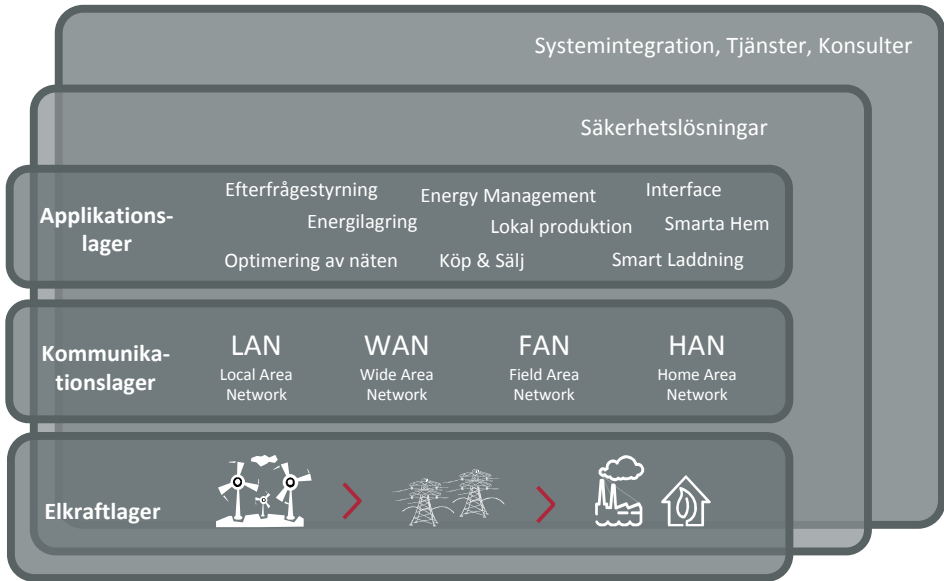
Prisavtal och tjänster följer bilen

Funktionerna följer bilen: G2V (teknik som förhindrar att elbilsladdning ger höga belastningar) och V2G (innebär att bilens batteri kan stödja elnätet)

vilken ersättning som operatörerna tar ut av varandra för att abonnenter ska få använda näten. I de smarta elnäten kommer motsvarande funktion ge bättre kontroll över energianvändningen och kostnader vid resor och fritidshusboende.

Även sättet att beskriva smarta nät är hämtade från IT-inspirerade kommunikationsmodeller. De framställs som konvergensen av det fysiska elnätet med ett kommunikationslager och ett applikationslager. Applikationslagret kan brytas ner i olika typer av funktioner och tjänster, t.ex. smart laddning av elbilar. Riskerna med ett mer avancerat, öppet och datoriserat elnät är dels att tekniken i sig blir mer komplicerad och att riskerna för dataintrång och därmed sabotage ökar. Mycket möda läggs därför på att utreda och förebygga sådana risker inte minst med tanke på den ökande IT-brottsligheten och risken för terrorhot som kan få stora samhällsekonomiska konsekvenser.

Smarta elnät har alltså många gemensamma beröringspunkter med IT, Internet och datorkommunikation över korta och långa avstånd. Skillnaden är att i basen ligger tunga investeringar av nät med ledningar och nätstationer. I jämförelse med Internet blir utvecklingen därför mer troligt evolutionär än revolutionär.



Figur 16: Modell för smarta elnät. Underst den fysiska kraftöverföringen, mellanlagret med olika typer av datorkommunikation och överst applikationslagret med olika tjänster och funktioner

## Point of Sale – den smarta elmätaren

Elmätaren framstår speciellt i USA som nyckelkomponenten i det smarta elnätet. Sverige har i internationell jämförelse varit tidigt ute med att införa elmätare med fjärravläsning varje månad (2003–2009). Den största installationsbasen finns dock i Italien som genom att energileverantören **Enel** har försett alla sina 27 miljoner kunder med smarta elmätare (2000–2005). Men smarta elmätare är inte homogena utan kan ha mer eller mindre funktionalitet och olika typer av gränssnitt tillgängliga för kunden (i många fall saknas det helt). För publik elbilsaddning, vid laddstolpar, kommer naturligtvis också elmätaren att vara en viktig funktion för att hantera betalningsströmmarna.

En smart elmätare kopplad till Internet kan säga en hel del om ett hushålls vanor. Den kan ses som en kassaplats i en livsmedelsbutik, en "point-of-sale". Elmätaren producerar värdefull information för nätbolagen och elproducenterna som är viktigt för styrning och planering. Men ett växande intresse från företag som **Google** och **Microsoft** indikerar att möjligheterna är vidare än så. Kartläggning av vanor och inköp kan användas i nya affärsmodeller. Liknelsen med vad som sker i dagligvarubranschen – och el är ju en dagligvara – är inte alltför avlägsen, med riktade specialerbjudanden och möjlighet att påverka. Man kan också förvänta sig ett ökat intresse för de smarta, uppkopplade och programmerbara hemmen. När möjligheten att påverka, både för ökad bekvämlighet

och för bättre ekonomi, blir reell kanske 1990-talets idéer om det smarta hemmet slår igenom på marknaden.

Elkonsumenternas påverkan från andra branscher – till exempel media och underhållning – innebär att elbolagen måste omvärdera sitt traditionella sätt att relatera till marknaden, inte minst på avreglerade marknader. Strategier och verksamheter måste anpassas till att kunderna i mycket högre grad blir delaktiga. Allt detta öppnar nya perspektiv och attraherar nya aktörer till ett område som varit förbehållet företag som **ABB**, **Siemens** och **General Electric**. Det är en utveckling som förändrar en hel bransch i grunden och med många nya affärsmöjligheter.

Hösten 2008 presenterade internetbolaget **Google** ett samarbete med **General Electric** för smarta elnät. I början av 2009 lanserades **Google PowerMeter** som en gratisapplikation på internet som visualiserar elanvändningen i privata hushåll.<sup>32</sup> Ambitionen är att verka för öppna protokoll och standarder så att innovationsklimatet gynnas samt att öka konkurrensen. Över tiden är målet att utveckla både mängden och kvaliteten på information till hushållen. Projektet drivs av **Google.org** vilket är den filantropiska delen av verksamheten. Men bolaget som helhet har en strategi att göra så många informationsområden som möjligt sökbara vilket också underlättar huvudaffären – annonsförsäljning. **Google** har dock ett vidare engagemang än så. Projekten **RE<C** (Renewable Energy cheaper than Coal) och **RechargeIT** går ut på att verka för en snabb energiomställning och att öka intresset för laddhybrider. Med **Google Maps** har de en stark position inom kartor och navigation, och genom mobiloperativsystemet **Android** (och sedan 2010 också mobiltelefonsförsäljning) har företaget långtgående intressen inom fordonsnavigering och andra mobila tjänster. Nyligen ansökte ett dotterbolag, **Google Energy**, också om licens för att bedriva elhandel i Delaware, USA.<sup>33</sup>

**Microsoft** är också intresserad av marknaden. **Microsoft Hohm** är än så länge ett online verktyg som hjälper till att uppskatta energiförbrukningen hos hushåll och förändra vanor. I förlängningen antas applikationen utvecklas och kopplas till smarta elmätare för att möta **Google Powermeter**. Det är exempel på nya affärsmodeller i elnäten som inte bara är långt ifrån traditionell mätaravläsning utan också motsatsen till den traditionella logiken att leverera *mer* el till hushållen.

På företagsmarknaden har mjukvarubolaget **Oracle** lanserat **Oracle Smart Grid software**, en programsvit som adresserar ett flertal områden i anslutning till elmätarhantering. **IBM** är djupt involverad i smarta elnät genom konsultativ rådgivning och med utvalda applikationer för affärsstöd, informationshantering och systemintegration. Deras ansats är att de kommande fem åren kommer att vara avgörande för energibrans-

<sup>32</sup> <http://www.google.org/powermeter>

<sup>33</sup> E&E News, *Google eyes electricity with new venture*, 6 januari 2010

schen. I juni 2009, annonserade **IBM** bildandet av en industriell allians i USA, the **Green Sigma Coalition**, som består av medlemmar med kompetenser inom bland annat mätteknik, övervakning, automation och kommunikation. Alliansen består av **Johnson Controls, Honeywell Building Solutions, ABB, Eaton, ESS, Cisco, Siemens Building Technologies Division, Schneider Electric** och **SAP**.

**Cisco** har redan lanserat en rad olika lösningar avsedda för Smart Grid, bland annat i form av olika datacenter och serverprodukter. Även mjukvara för att styra energianvändningen hos företag och i privata hushåll har utvecklats. **Cisco** förväntar sig att de kommunikationsnätverk som Smart Grid för med sig kan bli mellan 100 och 1000 gånger större än Internet. Även **Ericsson** har referenser inom området. **ACEA**, Italiens näst största eldistributör med 1,5 miljoner abonnenter i Rom använder automatisk mätaravläsning från **Ericsson**. Även **Intel** engagerar sig i standardiseringsarbetet runt Smart Grids.

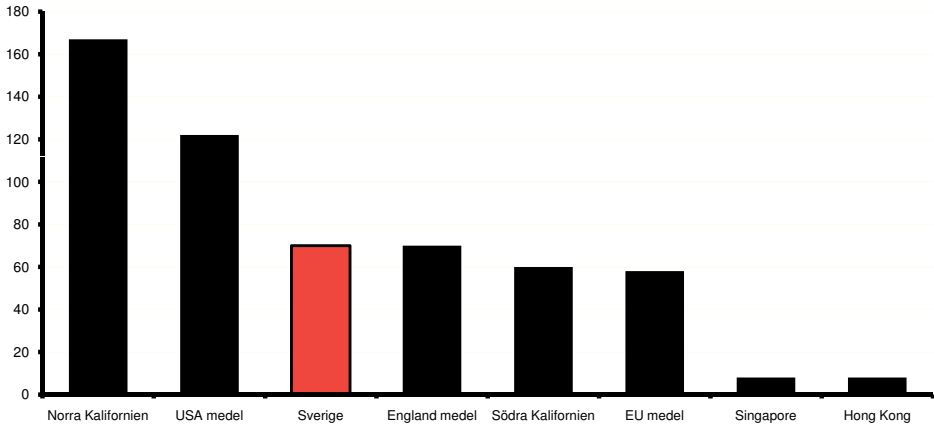
Det förekommer också nystartade aktörer som helt fokuserar på smarta nät. **GridPoint** är ett amerikanskt riskkapitalbolag med investerare som **Goldman Sachs** som i samarbete med flera amerikanska kraftbolag utvecklat applikationer för att hantera vind och solkraft på näten. Genom förvärv av företaget **V2Green** har man även produkter för smart laddning av elbilar.

## Effektivitet och kvalitet i elnäten

Strukturen i dagens elsystem präglas av centralisering och storskalighet. Stora kraftverk producerar stora mängder energi som via stam-, regionnät och distributionsnät grenas ut för att till sist nå slutkonsumenten. Produktionen styrs helt efter vad man *tror* sig veta om kommande förbrukning. Elnäten opereras dessutom i stort på samma sätt som för femtio år sedan, trots att behoven och antalet kunder har förändrats dramatiskt. Om elen sällan startas reservproduktion som i bästa fall utgörs av vattenkraft och i värsta fall oljeeldade turbinkraftverk som ger oönskade utsläpp. En stor del av ledningsnäten är av femtio och sextiotalskonstruktioner och i behov av utbyte. Allt detta bidrar till att tillförlitlighetsproblem fortfarande är mer regel än undantag i stora delar av världen.

Avbrott innebär att kvaliteten brister. Men även andra typer av störningar förekommer, t.ex. övertoner, transienter, spänningsvariationer, flimmer och osymmetri. Att hålla hög elkvalitet blir en allt viktigare egenskap hos elnäten när känslig elektronik och datorteknik ansluts. Antalet störande belastningar ökar dessutom, lågenergilampor och industriell automationsutrustning är vanliga exempel.

Minuter per år



Figur 17: System Average Interruption Duration Index. SAIDI är ett kundviktat tillförlitlighetsindex. Enheten är avbrotts-längd per kund och år (Källa: Energimyndigheten)

De gamla elsystemen speglar också en tid när energi var billig och omsorgen om miljön närmast obefintlig. En konsekvens är att stora delar av världens elnät inte är speciellt effektiva – snarare tvärtom. I brist på balans och frånvaro av bästa teknik för små överföringsförluster försvinner årligen energi nog att försörja Indien, Tyskland och Kanada under ett helt år. Om USA:s elsystem var 5 procent effektivare skulle det motsvara både bränsle och utsläpp av växthusgaser från 53 miljoner bilar.<sup>34</sup> Följaktligen har det smarta elnäten även här en uppgift för att göra världens elsystem effektivare med bättre kvalitet.

## Eltekniken bakom smarta nät

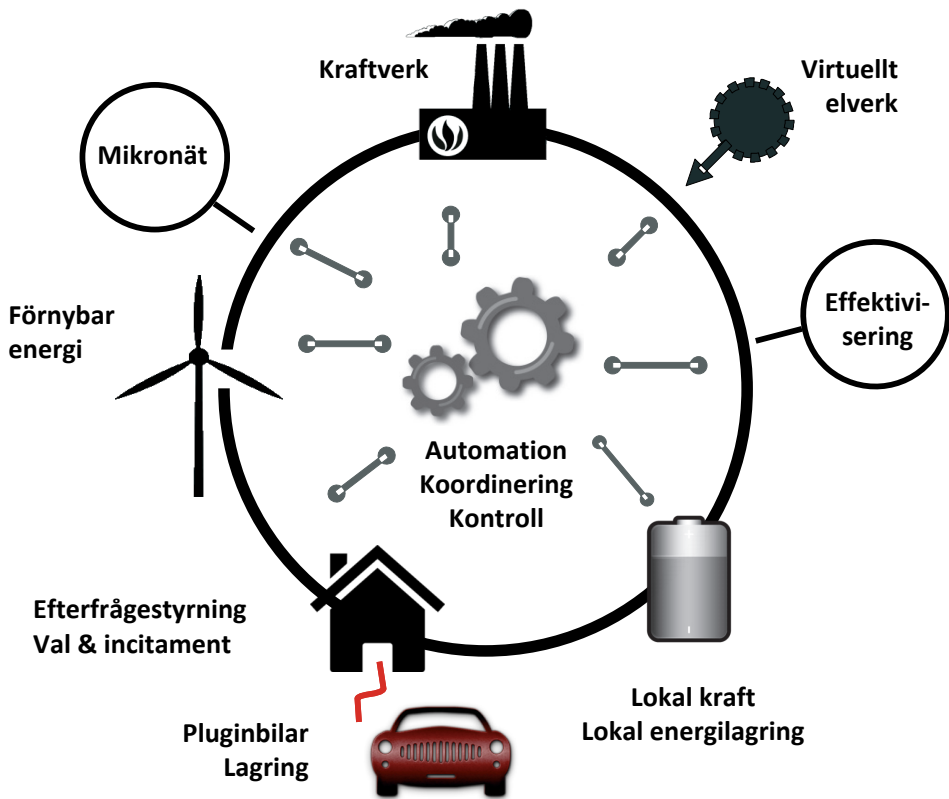
Tekniskt sett innehåller ett smart elnät kostnadseffektiva kopplingar över både långa och korta avstånd. HVDC – High Voltage Direct Current, det vill säga högspänd likström – kallas en teknik som ursprungligen utvecklades av **ABB** och används för överföring av stora mängder energi på långa avstånd. För att ansluta t.ex. en vindkraftspark till elnäten har tekniken vidareutvecklats till det som kallas HVDC VSC (Voltage Source Converters) eller i **ABB**:s fall HVDC Light och hos **Siemens** HVDC Plus. En av de stora fördelarna med att använda HVDC-teknik är att motståndet i ledningarna blir lägre och minskar därmed överföringsförlusterna. I näten finns också det som kallas SVC (Static Var Compensator) vars uppgift är att kompensera för reaktiv effekt på näten och ge stabilitet och tillförlitlighet. Vidare finns stationära batterier som ger viktig extrakraft vid behov, även elbilarnas batterier kan i framtiden användas när de står

<sup>34</sup> IBM, *Smart Grid Visions*, [www.ibm.com/smarterplanet/us/en/smart\\_grid/visions](http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/smart_grid/visions)



anslutna vid sina laddstolpar. Många fastigheter har solcellspaneler på tak och väggar och alla har smarta elmätare med funktioner för att både kunna köpa och sälja el och ge incitament för att minska elanvändningen när näten är högt belastade. Inmatning av lokalt producerad kraft på fastighetsnivå stämmer väl in med elbilen som i framtiden kan ses som en hushållsfunktion, redo att både förbruka och leverera el. Större industrier som är energieffektiva och har egna energilagring som kan ta över när elproduktionen är ansträngd för att undvika utsläpp från reservkraftverk.

De här och många andra funktioner sätts samman i de smarta elnäten och det leder förstås till nya begrepp. **Mikronät**, **Virtuella Elverk**, **Roaming** och **Self Healing** är några av dem.



Figur 18: Det smarta elnätet styrs och kontrolleras med avancerad automation och kontrollsystem

**Mikronät** är ett lågspänningsnät (< 400 V) med distribuerad kraftgenerering från sol eller vindkraft kombinerad med lokal lagringsmöjlighet i form av till exempel batterier, som kan vara stationära eller sitta i elbilar. Det ska också finnas kontrollerbara belastningar som kan parera tillgång och efterfrågan på nätet utan att äventyra säkerhet eller ekonomi. Poängen är att nätet mestadels är anslutet till det stora distributionsnätet men

kan kopplas bort automatiskt under ett strömavbrott eller extrem belastning. Under den tiden utgör mikronätet en självförsörjande ö i det stora elsystemet. När problemet är undanröjt synkroniseras det tillbaka. Huvudnätet betraktar mikronätet endera som ett kontrollerbart belastningsobjekt och tar betalt för förbrukad el eller som en kraftkälla och betalar för levererad energi.

**Virtuella elverk** använder en Internetliknande modell för information och handel. Elkraft köps och levereras till en överenskommen nätpunkt eller nod. Källan som kan vara ett konventionellt kolkraftverk, vind, sol eller från någon form av energilager bestäms av leverantören. Systemet är möjligt genom informationsteknologi, avancerad kraftelektronik och effektiva energilagringssystem.

**Self Healing:** Med hjälp av realtidsinformation och styrsystem kan det smarta nätet med automatik undvika elavbrott, förbättra elkvaliteten och minska störningar från underhållsarbeten. Det smarta nätet kommer antagligen att analysera sig själv med hjälp artificiell intelligens, neurala nät och så kallad reinforcement learning, en funktion som lär sig framgångsrika strategier för att styra nätet under ständigt förändrade förutsättningar, t.ex. överbelastning eller utrustningsfel.

Energilagring blir en viktig funktion när fler intermittenta energikällor ansluts till nätet. Behoven av energibuffertar uppstår när vinden inte blåser, solen inte skiner eller havet ligger lugnt och vågkraften inte producerar. Produktionen måste samspela med reglerkapacitet från vattenkraft, kärnkraft och fossila källor. Men även mer lokala lager kommer att behövas. De kan utgöras av stationära batterilager eller mer visionärt elbilar som för tillfället inte används. En intressant möjlighet utgörs av vattenlager i tankar som knyts till värmepumpar. Här finns möjligheter till samverkan mellan energilagring i vatten och i batterier. En nyligen genomförd utredning i Danmark visar att landet teoretiskt sett kan fördubbla sitt uttag av vindkraft genom att använda elfordon och vattenburna värmepumpssystem som energilager.<sup>35</sup> Även Sverige har goda förutsättningar för den tekniken då vi har en stor och växande installerad bas av värmepumpar.

## Marknaden för smarta nät

Investeringar i elnät förväntas i ett tjuugoårsperspektiv från 2009 uppgå till mer än 6500 miljarder USD.<sup>36</sup> Den siffran innefattar omfattande nationella och internationella krafttransmissionsprojekt inte minst i de snabbast utvecklande ekonomierna värda 2000 MUSD. Resterande 4500 MUSD förväntas

I Europa beräknas investeringarna för att uppgradera elsystemet enligt visionen om det smarta elnätet till 500 miljarder EUR

(Källa: EU Technology Platform, The Smart Grid Vision 2006)

<sup>35</sup> www.energinet.dk :Wind power to combat climate change

<sup>36</sup> IEA, World Energy Outlook 2009, bild 1.20

investeras i distributionsnäten. Hur stor del som faller under kategorin smarta elnät är inte helt enkelt att definiera. Inom EU beräknas uppgraderingskostnaderna uppgå till 500 miljarder EUR (ca 750 miljarder USD) som kan jämföras med totala kraftinvesteringar i Europa om cirka 2435 MUSD under 20 år.<sup>37</sup> Om samma förhållanden råder i resten av världen är marknaden för smarta elnät i storlek 2000 MUSD, eller 100 MUSD per år. Det är inte orimligt:

- Enbart marknaden för digital kommunikation i samband med uppbyggnaden av Smart Grids, förväntas bli 20 miljarder USD under de fem kommande åren.<sup>38</sup>
- I USA delas 16 miljarder dollar ut i subventioner för att stimulera investeringar i smarta elnät. Det förväntas leda till investeringar om minst 64 miljarder USD fram till år 2012, dvs. ca 20 miljarder per år. Enligt beräkningar som tagits fram av **GridWise**<sup>39</sup>, en intressentorganisation för kraftbolag och leverantörer, kommer det att leda till 280 000 nya jobb under uppbyggnadsperioden. I fortsättningen kommer 140 000 anställda ha sysselsättning, åtminstone till år 2018.

Sammanfattningsvis är smarta nät mycket mer än bara elteknik och nya ledningsnät. Det griper så småningom in i de flesta människors vardag och berör några av samtidens största trender kring miljö, effektivitet, konsumentmakt, engagemang, valfrihet och mobilitet. Som investeringsområde är det en av de största i historien. Elbilens egenskaper gör att den blir en mycket integrerad del i de smarta elnäten. Därför är den en viktig teknisk drivkraft men också en symbol för konsumenternas behov. Bilen är – till skillnad från elnät – en produkt som alla kan förstå och förhålla sig till. När elbilarna når de vanliga konsumenterna är det en ny funktion som väldigt tydligt ställer krav på bra gränssnitt mot elnäten, och efterfrågar smarta tjänster. Därför har elbilen förutsättningar att bli ”the killer application” för smarta nät.

## Positionen för svensk industri

Det elkraftstekniska klustret i Sverige har ett exportvärde på över 60 miljarder SEK årligen och elindustrin försörjer 130 000 personer. El- och bilindustri utgör de två största industribranscherna i Sverige<sup>40</sup>. Genom **ABB** är elöverföringsteknik ett område där svensk industri är världsledande. Det gäller både produkter, anläggningar, grundforskning och utveckling. I uppbyggnaden av nya transmissions- och distributionsnät samt i det snabbt växande området smarta elnät är **ABB** en självklar partner med redan mycket höga marknadsandelar.

<sup>37</sup> IEA, World Energy Outlook 2009, bild 1.10

<sup>38</sup> Enligt Cisco

<sup>39</sup> GridWise i USA har sjuttiofem medlemmar från kraftbolag och leverantörer, bl.a. ABB

<sup>40</sup> Kartläggning av Elkraftbranschen, Maria Lagerstrand, på uppdrag av Power Circle, 2009-08-21

Automationsteknik är central för smarta elnät. Svensk automationsindustri omsätter 29 miljarder SEK och är en av Sveriges viktigaste – men också mest dolda – näringar. Exportandelen är över tolv miljarder SEK<sup>41</sup>. Mälardalen är den ledande regionen där både stora och små företag har samlats mycket beroende på att **ABB:s** internationella automationscentrum finns i Västerås.

Sammantaget framstår smarta nät som ett av de tillväxtområden där Sverige genom en etablerad kunskapsbas, etablerade marknadsrelationer och god teknik har utomordentliga möjligheter att positionera sig på världsmarknaden och skapa utväxling för etablerade och nya företag.

Men smarta nät utgör ett mycket bredare affärsområde än traditionell transmissions- och distributionsteknik. Det innebär potentiella möjligheter för många andra typer av företag och entreprenörer. Den starka eltekniska plattformen kan vidareutvecklas och växa med nya kompetensområden som behövs när de smarta elnäten ska byggas. Befintlig kompetens och konkurrenskraft inom telekommunikation borde kunna tillföra mycket inom området men än så länge är det främst amerikanska bolag som profilerat sig. Dator teknik, kommunikation och programvaror av olika slag kan skapa ny sysselsättning och exportintäkter för både små och stora företag och för både tjänste- och hårdvaruleverantörer.

Kraftbolag och nätägare kommer att påverkas i grunden av omställningen och bolag som **Vattenfall, RWE, Fortum** och **EDF** är involverade i utvecklingen. En utmaning är förmågan att transformera eller komplettera verksamheten med affärsmodeller som tillgodoser kundernas behov av att minska sin elförbrukning, vilket är något av en motsatt logik till den som historiskt har varit bärande. Risker är annars att andra aktörer tar den positionen. Det kan vara långsiktigt riskabelt eftersom den smarta elmätaren inte bara är en produktmarknad utan också gränssnittet mot kunden.

---

41 Källa: Automation Region

## Del 4.

# Elproduktion

*Two viktiga motiv för att använda el som drivmedel är att den inte riskerar att ta slut (som oljan) och att den kan produceras helt utan utsläpp. Men kommer alla energisystem att klara den extra belastning som en stor andel elbilar kommer att utgöra? Vilken typ av energiproduktion kommer elbilen att driva? Elbilen kommer att öka elbehovet, men inte i en utsträckning som riskerar att kapaciteten inte räcker till. Under förutsättningen att det finns ett regelsystem med utsläppstak, som inom EU, kommer den ökade elförbrukningen endast att driva kapacitetsinvesteringar i utsläppsfri elproduktion.*

I USA publicerade **Electric Power Research Institute, EPRI**, år 2007 en omfattande studie med lång tidshorisont (till 2050)<sup>42</sup> i vilken man antar att elbilspenetrationen är mellan 20–60 procent i olika scenarier. Slutsatsen är att emissionerna från laddhybrider är 40–60 procent lägre än från jämförbara bensindrivna bilar beroende på hur elproduktionen går till.<sup>43</sup> Utredningen tangerar en ofta debatterad fråga: är elbilen miljövänlig om kraftproduktionen inte är det? Farhågan verkar vara att en ökad elbilsmarknad kommer att driva investeringar i ”smutsig” kraftproduktion.

Om energikällan är klimatneutral blir också elbilen det. Elproduktion från vind, vatten eller sol liksom biobränslen uppfyller kraven. Om energikällan är kol eller naturgas beror bidraget på vilken typ av kraftproduktion som används. Dessutom gör valet av beräkningsmetod att slutsatserna kan variera. Medelvärdesberäkningar på en nations kraftproduktion ger i regel bättre resultat än marginalvärderingar av krafttillskott av fossil energi. Resultaten beror också på när laddningen förväntas ske. Frågan innehåller alltså en viss komplexitet. Det finns också grundläggande fördelar med elbilen: elmotorns verkningsgrad är hög och storskalig kraftproduktion är mer effektiv än individuella förbränningsmotorer.

Men om det finns ett system som sätter ett tak för utsläppen av växthusgaser blir frågan irrelevant. Då kommer ett ökat elbehov – till exempel genom elbilar – alltid att driva kapacitetsinvesteringar i rena energikällor.

Det gör elbilen intressant även som drivkraft för omställningen av elproduktionen. Vindkraften introduceras redan kommersiellt i stor skala och fortsätter att utvecklas mycket starkt. Vågkraft kan vara i kommersiell drift inom tio år. Solkraft har på längre

<sup>42</sup> Se vidare Appendix

<sup>43</sup> Environmental Assessment of Plug-In Hybrid Electric Vehicles, EPRI 2007

sikt potential att lösa en stor del av världens energibehov och ny teknik för att rena kol-kraften och lagra koldioxid är under utveckling. Elbilen kan vara en drivkraft för att skynda på en sådan omställning ytterligare. Därför är miljön ett viktigt argument för elbilar.

## Hur mycket drar en elbil?

Elfordonen drar relativt blygsamt med el. Elmotorn är i grunden konstruerad så att den kan ha flera gånger så hög verkningsgrad som en förbränningsmotor. Det gör att energin används effektivt oavsett hur den produceras. Om alla världens bilar skulle drivas av el motsvarar det ca 1 200 TWh att jämföra med den totala elbalansen 23 000 TWh år 2005. Det motsvarar 5 procent av världsförbrukningen. Ett större elbilsbestånd skulle därför inte stjälpas världens elproduktion. Den större elförbrukning som en successiv ökning av elbilar innebär täcks i många fall av de utbyggnadsplaner som finns för förnybara energikällor. Dessutom är sparpotentialen hos industriländerna stor.

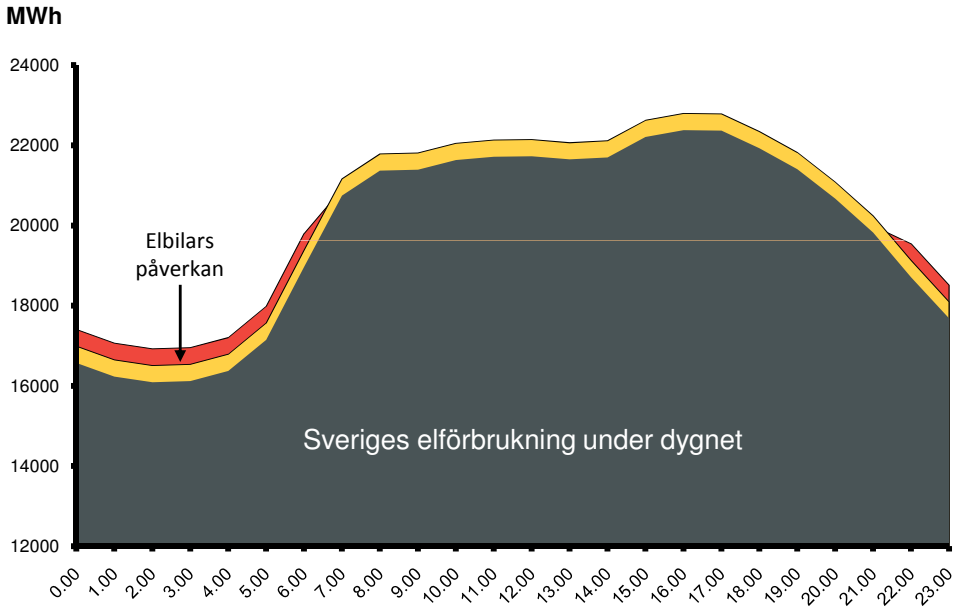
<p>En medelstor elbil förbrukar 3 000 kWh per år, att jämföra med en normalstor eluppvärmd villa som drar runt 20 000 kWh</p>
---

Att den genomsnittliga körsträckan i de flesta ekonomier är begränsad till mellan 4–6 mil per dag<sup>44</sup> och det faktum att bilarna vilar samtidigt som deras ägare gör det, det vill säga att laddningen sker nattetid, gör att de allra flesta utredningar – oavsett vilket industriland som avses – kommer till ungefär samma slutsatser:

Elanvändningen påverkas marginellt, mindre än 10 procent vid över 50 procents elbilspenetration. **EPRI:s** slutsats är att om 60 procent av personbilarna i USA skulle ersättas av elbilar ökar energibehovet med sju till åtta procent. **Världsnaturfonden** i Tyskland kommer till ett resultat på mellan fyra och 10 procent.<sup>45</sup> Så länge en större del av laddningen sker under nattetid (off-peak) kan en stor del av bilparken vara elbilar och hanteras av det befintliga elsystemet. Laststyrning under kalla (elvärme) eller varma (AC) dagar, liksom under dygnspikar, kan lösa en stor del av lastproblemen, men lokala nätförstärkningar kan sannolikt behövas.

<sup>44</sup> Enligt en utredning från konsultföretaget McKinsey utgör den första milen 38 % av total körsträcka i Sverige. De två första milen svarar för 57 % och de fem första milen för 80 % av all bilkörning.

<sup>45</sup> WWF Deutschland, Auswirkungen von Elektroautos auf den Kraftwerkspark und die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland, 2009



Figur 19: Elsystemets påverkan av en miljon elbilar i Sverige. (Förbrukningsdata från Svenska Kraftnät)

Sverige kan tas som exempel för att validera dessa slutsatser. Figur 19 visar den svenska elförbrukningen under dygnets timmar (ett snitt av belastningen 2008). Kurvprofilen återkommer i princip i alla länders elsystem även om amplituden – effekt/energi – varierar. Sverige har ungefär 4 miljoner bilar och vi har i exemplet antaget att 1 miljon av dem är elbilar som förbrukar 2 kWh per mil, och i snitt körs 5 mil per dag. Med dessa schematiska antaganden<sup>46</sup> är slutsatserna att:

- Det behövs ungefär 4 TWh för att förse en miljon elbilar med kraft. Sveriges energiproduktion 2008 var ca 146 TWh. En miljon bilar motsvarar alltså mindre än tre procent.
- Vid en jämn fördelning av laddningen under dygnet ökar belastningen med mellan 1,9 till 2,6 procent beroende på tidpunkt.
- Om 75 procent av laddningen sker under nattetid ökar belastningen med mindre än en procent under dagtid och ca fem procent under nattetid.

Enligt Energimyndighetens<sup>47</sup> prognos kommer Sverige år 2030 att ha en elproduktion på 175 TWh jämfört med dagens cirka 145 TWh. Av det svarar vattenkraften för 68 TWh, kärnkraften för 72 TWh, kraftvärme i industrin för 8 TWh, kraftvärme i fjärrvärmesystemet för 19 TWh och vindkraften för 7 TWh. Det innebär att Sverige kan exportera 25 TWh el år 2030. Detta beror på ökad elproduktion men också på en

46 Detta är principiella genomsnittsberäkningar där stora lokala variationer kan förekomma

47 [www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se)

blygsam ökning av elanvändningen. Om samtliga bilar i Sverige då (cirka 4,5 miljoner) också gick på el skulle det innebära en elförbrukning på mindre än 20 TWh.

Om visionerna besannas skulle det räcka med vindkraft för att försörja elbilar med el. Inom EU:s ramprogram finns en plattformorganisation för vindkraft. I visionsdokumentet "Wind Energy – A Vision for Europe in 2030" antas att vindkraftsproduktionen kan öka från 83 TWh år 2005 till 965 TWh år 2030. Det motsvarar 23 procent av Europas elkonsumtion som förväntas öka med 50 procent under samma period. Det finns nu runt 50 000 installerade vindkraftverk i Europa. Med större anläggningar och högre effekter skulle den skisserade ökningen kunna ske med ytterligare ca 40 000 vindkraftverk. I USA lanserades 2006 ett scenario där 20 procent av elkonsumtionen skulle försörjas av vindkraft.<sup>48</sup> Det innebär en förändring av installerad vindkrafteffekt från 11 GW år 2006 till 300 GW 2030. Det motsvarar en energiutveckling från ca 50 TWh till 1 300 TWh och med samma antaganden som ovan, ca 55 000 kraftverk. Visionsdokumenten adderar alltså ca 2 000 TWh vindkraft till världens elproduktion, vilket i princip skulle räcka till att försörja världens bilbestånd med el. I kontexten av den här studien kan vi konstatera att det skulle räcka om 20 procent av visionerna blir verklighet även för det mest positiva scenariot för elbilar.

## Marknaden för el till laddhybrider och elbilar

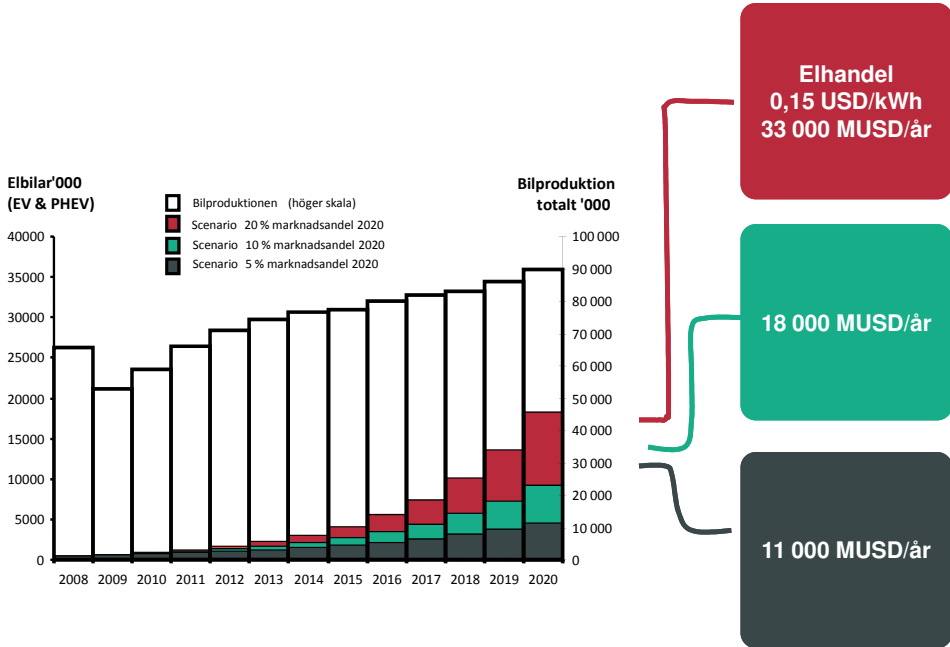
I den föregående delen konstaterade vi att försäljning av el för laddning med låga effekter inte kan generera tillräckliga intäkter för att täcka investeringen i laddstolpar, om inte kompletterande affärsvärden finns. Men det betyder inte att det är en obetydlig marknad. Vare sig det rör sig om ett befintligt motorvärmarruttag eller en publik laddstation så kommer en ökad elbilspark att skapa ytterligare elbehov.

Marknadens storlek står i direkt proportion till antalet elbilar och hur mycket de används. I studiens scenarier innebär det att den direkta marknaden år 2020 kommer att omfatta mellan 11 och 33 miljarder USD per år med antagandet att en elbil förbrukar 3 000 kWh/år och elpriset i genomsnitt är 0,15 USD/kWh. Det är inte en obetydlig marknad, men den är väsentligt mindre än den marknaden för bensin och diesel som den tränger undan.

---

48 U.S. Department of Energy, 2008, *20 % Wind Energy by 2030*





Figur 20: Elmarknaden för att försörja elbilar

## Marknaden för investeringar i förnybar energi

Enligt IEA<sup>49</sup> förväntas investeringarna i elkraftproduktionen fram till år 2030 bli drygt 7000 miljarder USD. Större delen av dessa investeringar kommer att ske i kraftverk för fossila bränslen, företrädesvis kol. Det finns som anledning att tro att elbilar kan bli en viktig drivkraft för global omställning till mer miljövänlig elproduktion.

Med ett utsläppstak kommer alltid ett ökat elbehov att generera investeringar i ren elproduktion. Elbilen transformerar därför in en sektor – transportsektorn – i systemet med utsläppsrättigheter som annars står utanför den. I den mån det finns ett system med utsläppsrätter kommer därför elbilen att driva en marknad för renare elproduktion, och särskilt för förnybar energi. Inom EU finns ett system<sup>50</sup> sedan år 2005 som förväntas stärkas i tredje fasen, från år 2013. Det fanns förhoppningar om att ett globalt system skulle skapas vid FN:s klimattmöte i Köpenhamn 2009, men så skedde inte. Förväntningarna är dock att ett system skapas i den nära framtiden.

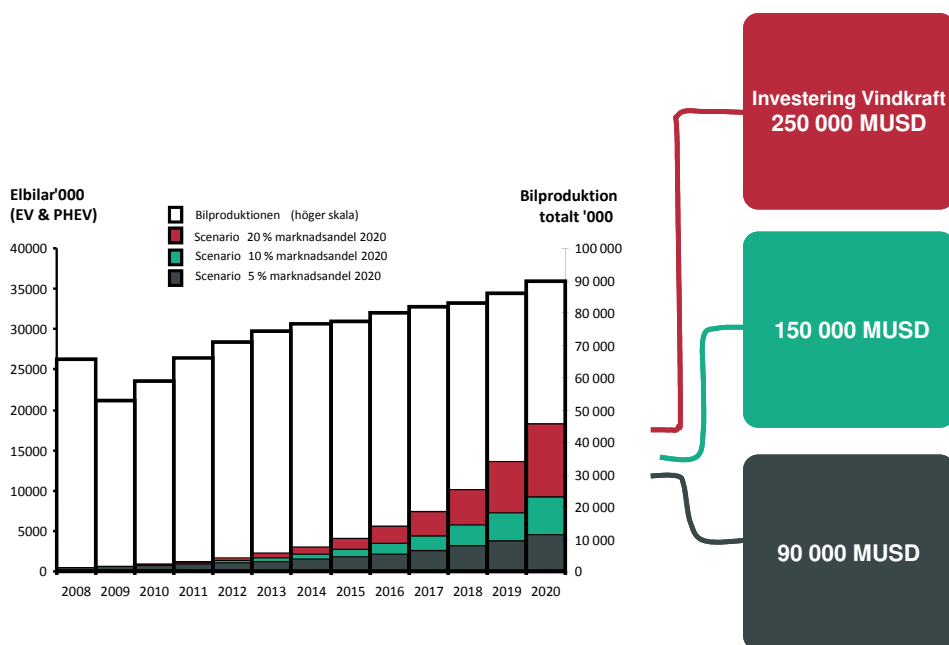
Elbilar kommer därför på sikt att driva investeringar i kraftproduktionen och typen av kraft avgör marknaden. I resonemangen som förts har det antagits att elbilar kan

49 IEA, World Energy Outlook 2009

50 Europaparlamentets och Europarådets direktiv 2003/87/EC

komma att påverka marknaden för förnyelsebar energi. I beräkningsexemplen används vindkraft, men även andra hållbara energikällor som sol- och vågkraft är naturligtvis aktuella, liksom kärnkraft och ren kolkraft om den tekniken etableras. Vindkraft är dock för närvarande ett av de mer kostnadseffektiva alternativen med investeringskostnaderna på cirka 6–10 SEK per kWh per år på land och dubbelt så mycket till havs.<sup>51</sup> Om man antar ett genomsnitt på 9 SEK per kWh/år (1,2 USD) som ingångsdata<sup>52</sup> i den här studiens scenarier kommer elbilar att driva investeringar på mellan 90 till 250 miljarder USD år 2020.

En av de viktigaste slutsatserna när det gäller produktionen av el för bilar är att det kvantitativa tillskottsbehovet är rimligt, till och med så lågt och att det i industrialiserade länder som Sverige faktiskt ligger inom ramarna för effektiviseringspotentialen i övrigt.



Figur 21: Energitransportinvesteringar direkt drivna av elbilar

## Positionen för svensk industri

Antagandet att elbilar skapar efterfrågan på klimatvänlig elproduktion innebär att tillverkare av vindkraftverk, solkraft och vågkraft gynnas. Även om svensk industri inte

<sup>51</sup> Källa: Svensk Vindenergis Lathund

<sup>52</sup> Enligt Power Circle och programmet Vind i Tankarna motsvarar snittinvesteringen i havsbaserad vindkraft ca 25 000 SEK per bil, vilket ligger i linje med ovanstående antaganden.

har någon större systemverksamhet inom dessa områden finns ett stort värde i marknaden av insatsprodukter och kringstrukturer. Dessa har tidigare presenterats i rapporter i skriftserien **Framtida Tillväxtmöjligheter för Sverige**:

**Mer raffinerade produkter**

- vedbaserade bioraffinaderier höjer kilovärdet på trädet

**Var ligger horisonten?**

- Stor potential men stora utmaningar för vågkraften

**Hetast på marknaden?**

- Solenergi kan bli en av världens största industrier

**Vindkraften tar fart**

- en strukturell revolution?

**Förnybara energikällor**

- hela elmarknaden i förändring

## Slutsats: Goda förutsättningar för svensk industri inom elbilens värld

Rapportens slutsats är att elbilsmarknaden kommer att växa även om takten är osäker. Konsekvenserna av en växande elbilsmarknad innefattar eldistribution och tjänster, kraftnät och kraftproduktion.

- Uppbyggnaden av laddinfrastrukturer är en förutsättning för att elbilar blir ett praktiskt alternativ för konsumenter.
- Utbyggnaden av smarta elnät är inte enbart beroende av elbilsmarknaden, men elbilarna kan vara den starkaste drivkraften för investeringar.
- Elbilar kommer att ge upphov till ett ökat elbehov och därmed driva kapacitetsinvesteringar i förnybara energikällor

För svensk industri finns många möjligheter inom dessa tillväxtområden: positionerna är mycket starkare i "elbilens värld" jämfört med vad positionen idag är i "förbränningsmotorernas värld". Svenska företags internationella konkurrenskraft är starkast inom värdesystem utanför fordonsindustrin – särskilt inom kraftdistribution, kontrollsystem, automation och kommunikationsteknik.

De industriella möjligheterna och utmaningarna för Sverige finns inom följande områden:

- Svensk industri har stor kompetens och starka globala marknadspositioner inom kraftinfrastruktur i form av transmissions- och distributionsnät inklusive kontroll och automationssystem. Inom dessa områden har svenska företag stora förutsättningar att konkurrera framgångsrikt.
- Laddningssystem är ett investeringsområde som kan bli betydande och dessutom öppnar för innovativa affärsmodeller. Det finns ett nära samband med elnätstekniken vilket innebär ett potentiellt tillväxtområde för svensk industri.
- Genom samarbeten med företag i andra branscher skulle leveranserna i anslutning till elnäten kunna utökas med kommunikationslösningar och IT-funktioner för smarta elnät.
- Sverige har goda förutsättningar för att vara testmarknad och brukarland för elbilar och laddhybrider. Det krävs dock mer omfattande satsningar på nationell och kommunal nivå för att vara internationellt attraktivt.

# Källor

- Bil Sweden, 2008, En liten bok om bilskatter
- Bleijs Cyriacus IEC, 2008, Charging infrastructure for electric vehicles and PHEVs
- Blue Institute, 2009, Förnybara Energikällor
- Boston Consulting Group, 2009, The Auto Industry and the Environment
- Boston Consulting Group, 2010, Batteries for Electric Cars
- Chamon Marcos, Mauro Paolo, Okawa Yohei, International Monetary Fund, 2008, Mass car ownership in the emerging market giants
- Deutsche Bank, 2008, Electric Cars: Plugged in Batteries must be included
- Electric Power Research institute (EPRI), 2007, Environmental Assessment of Plug-In Hybrid Electric Vehicles, Volume 1: Nationwide Greenhouse Gas Emissions
- Electric Power Research institute (EPRI), 2007, The Power to Reduce CO2 Emissions
- Elforsk, 1999, El för fordon Rapport 99-30
- Elforsk, Bergman Sten, 2008, Laddhybrider Rapport 08-10
- Elforsk, Kairos Future, 2008, Plug-in road 2020
- Elforsk, Rapport 07.50, 2007, El från nya anläggningar
- Energimyndigheten, 2003, Trygg Energiförsörjning
- Energimyndigheten, 2006, Energiläget i Sverige
- Energimyndigheten, 2008, Koldioxidvärdering av energianvändning
- Energimyndigheten, 2008, Transportsektorns Energianvändning 2007
- Energimyndigheten, 2009, Kunskapsunderlag Angående Marknaden för Elfordon och Laddhybrider
- ETC, Robert Aronsson, Presentation, 2008, Batterier för el- och hybridbilar
- EU, 2003, Energiinfrastruktur och försörjningstrygghet
- EU, 2006, European Technology Platform Smart Grids
- EU, 2006, European Technology Platform SmartGrids Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future
- EUCAR, 2008, Description and detailed energy and GHG balance of individual pathways, Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the

European context, WELL-TO-TANK Report Version 3.0

EUCAR, 2009, The Electrification of the Vehicle and the Urban Transport System, Recommendations on key R&D by the European Automotive Manufacturers

European Wind Energy Technology Platform 2006, Wind Energy: A Vision for Europe in 2030

Folkpartiet, 2009, Bered Europaväg för elbilen

Globaliseringsrådet, 2008, Gör Sverige till ett elbilens pionjärland

GridWise Alliance, 2004, Action Plan

GridWise Alliance, Kema, 2008, The U.S. Smart Grid Revolution KEMA's Perspectives for Job Creation

GTM Research Leeds David J., 2009, The Smart Grid in 2010: Market Segments, Applications and Industry Players

IEA, 2005, Prospects for Hydrogen and Fuel Cells

IEA, 2006, World Energy Outlook

IEA, 2008, World Energy Outlook

IEA, 2009, Reducing Greenhouse Gas Emissions with Hybrid-Electric Vehicles An Environmental and Economic Analysis

IEA, 2009, World Energy Outlook

Johansson Lars B., Johansson Thomas B., 2003, Om järnvägens miljöeffekter

Kågeson Per, 2006, Plug-in som partiell lösning av personbilars energitillförsel  
Vilka effekter skulle de få på utsläppen av koldioxid?

KFB, 2000, Batteribilen rullar in

Massachusetts Institute of Technology, 2008, On the Road in 2035, Reducing Transportation's Petroleum Consumption and GHG Emissions

McKinsey, 2009, Roads toward a low-carbon future: Reducing CO<sub>2</sub>-emissions from passenger vehicles in the global road transportation system

Naturvårdsverket & Energimyndigheten, 2004, Kontrollstation 2004 underlag till utvärderingen av Sveriges klimatstrategi

Nordic Energy Perspectives, 2008, Millions of electric cars in the Nordic countries-impacts on the Nordic electricity system

Oak Ridge National Laboratory, 2006, Impact of Plug-in Hybrid Vehicles on the Electric

- Odell Tom, General Motors, 2008, Plug-In Electric Vehicles Standards
- OICA, 2007, The Auto Industry and the Environment
- Power Circle, 2009, Energiutmaningen
- Shell Deutschland, 2009, Shell PKW-Szenarien bis 2030 – Fakten, Trends und Handlungsoptionen für nachhaltige Auto-Mobilität
- SMHI, Rummukainen Markku, 2009, Debattartikel SPCI, Jorden blir varmare
- Spiegelberg, Siemens, 2008, All electrical car in it's environment – enabler and interfaces
- Stern Nicholas, 2006, Stern Review on the Economics of Climate Change
- Svensk Energi, 2009, Energiteknik under utveckling
- The Energy Policy Initiatives Center, University of San Diego School of Law, 2006, San Diego Smart Grid Study
- University of California, 2005, Reducing Greenhouse Gas Emissions with Hybrid-Electric Vehicles: An Environmental and Economic Analysis
- US Department of Energy, 2009, Vehicle Technologies Program, Energy Storage Research and Development
- US Department of Energy, The Electricity Advisory Committee, Smart Grid, 2008, Enabler of the New Energy Economy
- WWF Deutschland, Institut für ZukunftsEnergieSysteme, 2009, Auswirkungen von Elektroautos auf den Kraftwerkspark und die CO2-Emissionen in Deutschland
- WWF, Kendall Gary, 2008, Plugged In, The end of oil age

## Bilaga 1: Batterimarknaden

Utvecklingen av batteriteknik för bilar leds av japanska och koreanska tillverkare med **Toyota-Panasonic** och **Samsung-Bosch** i spetsen. **NEC** producerar prototypbatterier för **Nissan**. **Sanyo** tillverkar batterier för **Honda** och **Ford** och ökar produktionskapaciteten med när tre gånger i sin fabrik i Sumoto, Japan. **LG Chemical** har kontrakt med **Hyundai** och **Kia**. **Samsung-Bosch** investerar 500 MEUR i en fabrik i Korea som tas i drift 2011.<sup>53</sup> Även **Hitachi** och **Mitsubishi** investerar stort i ökad produktion.

Bakom det ligger en målmedveten satsning på forskning och utveckling under lång tid samt erfarenheterna från dator och telefonapplikationer. Men marknaden är ung, dynamisk och oöverskådlig. Allianser byggs, positioner flyttas fram, små forskningsföretag köps upp och helt nya spelare dyker upp i en ständig ström. Det är många som vill vara med om att dela på en marknad som kommer att vara värd flera hundra miljarder kronor om tioåret. Men den faktiska produktionskapaciteten är fortfarande låg. Fabriker för de nya litiumjoncellerna finns med några få undantag än så länge endast på pappret. En del bedömare gör gällande att 100 000 exemplar av **Chevy Volt** tar i anspråk 30 procent av den tillgängliga kapaciteten.

För att möta efterfrågan och Asiens dominans genomförs stora satsningar i USA och Europa. I USA stimulerar regeringen via **Department of Energi** utvecklingen av elbilsteknik genom att utlysa 2 400 MUSD i statligt stöd. En och en halv miljard går till batteriutveckling.<sup>54</sup> De är främst de större batteritillverkarna som får ta del av pengarna, vilket lett till en hel del kritik inte minst från de start-up-företag som blev utan tilldelning. **Johnson Controls** och **A123 Systems** får 299,2 resp. 249 MUSD. GM får totalt 241 MUSD fördelat på tre olika program.

I Europa har **Johnson Control – Saft** redan startat tillverkning av litiumjonbatterier i Frankrike. I Tyskland har Daimler och kemibolaget **Evonik Degussa** öppnat en fabrik norr om Dresden. Renault söker statligt stöd för en egen batterifabrik i Frankrike. Japanska företag investerar också i Europa. **Nissan** annonserade nyligen planer på fabriker i England och Portugal. Investeringen på i storleksordningen 550 MEUR, kommer att sysselsätta 550 personer.<sup>55</sup> **Toyota** förbereder tillverkning av hybridbilar i Europa och i samband med det förväntas också fabriker för batteritillverkning. Även indiska **Tata Motor** undersöker möjligheterna till batteritillverkning i England.

53 [www.autonews.com](http://www.autonews.com), 10 sept 2009

54 US Today, 4 sept 2009

55 [www.just auto.com/article.aspx?id=102370](http://www.just auto.com/article.aspx?id=102370)



Dessutom satsar Kina hårt på batteriteknik. **BYD Auto** ägs av en stor kinesisk batteritillverkare med 10000 ingenjörer verksamma inom laddbar batteriteknologi. **BYD** är också först i världen med att serietillverka en laddhybrid som finns tillgänglig redan nu (2009) för den kinesiska marknaden, med planer på export till i första hand USA.

I Japan och Kina är fordonsbatterier föremål för mer eller mindre uttalad statlig styrning och koordinering. Kina kommer enligt uppgift att investera motsvarande 12 miljarder kronor. Tiden kommer att visa om Europa och USA hamnar ännu mer på efterkälken, eller om det är möjligt att med hjälp av kraftsamling och samordning komma ifatt.

Batteritillverkare	Biltillverkare	Batterityp
A123 Systems – USA i allians med Continental AG	General Motors, Daimler Buses North America, Think	Litium-jon (litium järnfosfat)
Altairnano – USA	Phoenix Motorcars, Lightning Car Company	Litium-titan
Axeon – England	Porsche	Litium-Jon
BYD – Kina	Egenutvecklad PHEV och andra kinesiska fordonstillverkare, även samarbete med VW	Litium-Jon
E-One Moli Energy – Taiwan	BMW Mini-E	Litium-Jon
Electrovaya – Kanada	Eventuell leverantör till framtida elfordon från Tata	Litium-Jon
EnerDel – USA	Var påtänkt leverantör till Think	Litium-Jon
GS Yuasa – Japan	Samarbete med Mitsubishi	Litium-Jon
Hitachi Vehicle Energy – Japan	bl.a. GM	Litium-Jon
Johnson Controls	Samarbete med SAFT, Mercedes, GM, SAIC (Kina), Ford	Litium-Jon
LG Chemical – Sydkorea	Hyundai, Kia, GM Volt, Opel Volt samt Cadillac Watt	Litium-Jon
Li-Tec – Tyskland	I konsortium med Evonik, BAFS, VW	Litium-Jon
NEC – Japan	Producerar prototypbatterier till Nissan	Litium-Jon
Panasonic EV Energy Co – Japan ( Joint venture mellan Toyota och Matsushita Electric Industrial)	Framtida Toyotafordon	Litium-Jon NiMH
Sanyo, Japan	Nickel Metall-batterier för Honda och Ford	NiMH
SB LiMotive Co – Sydkorea, 50/50 ägt bolag av Samsung och Bosch		Litium-Jon
Valence Technology – USA		Litium-jon (litium järnfosfat)

Tabell 3: Viktigare batteriföretag för fordonsindustrin

## Bilaga 2: Pågående projekt

Uppbyggnaden av elbilssamhället pågår redan, även om bilarna än så länge är få. Biltillverkarna har många modeller för snar lansering, elbilen får ökad uppmärksamhet i media och allmänheten är intresserad. Företag, kommuner och andra världen över utreder, planerar och profilerar sig för miljön och för sin framsynthet. Laddstolpar installeras trots att behovet än så länge är närmast obefintligt. Det sker också större demonstrationsprojekt som tar helhetsgrepp och inkluderar allt från förnyelsebar energi via smarta elnät till elbilsparkeer. Dessa projekt är typiska samarbeten mellan energibolag, leverantörer, biltillverkare och kommuner och finansieras delvis med statliga bidrag. I den här bilagan redovisas ett antal pågående projekt. Genomgången gör inte anspråk på att vara komplett, utan är ett medel för att ge en uppfattning om den omfattande rörelse som pågår på alla håll i världen.

### Sverige

Gröna Bilen är ett demonstrationsprojekt i samarbete mellan Volvo, Vattenfall, Göteborg Energi, Energitekniskt Centrum (ETC) och ABB. Volvo utvecklar tillsammans med ETC hybridfordon samt batteriteknik och laddningsstationer byggs av Vattenfall och Göteborg Energi. Även betalningssystem med kreditkort ingår i försöket. Testperioden pågår mellan 2009–2010 och VINNOVA är delfinansiär för projektet.

Det gotländska projektet Smart Mobility Gotland går ut på att öka intresset och utveckla den infrastruktur som behövs för elbilar. Projektet vänder sig initialt mot småföretagare. Produkt Gotland, som driver projektet, hoppas snart kunna erbjuda olika leasinglösningar för företagare som vill börja köra elbil. Gotlands Energi AB, som tillsammans med Gotlands kommun och Produkt Gotland finansierar projektet, kommer att sätta upp laddstolpar runt om på ön. På Gotland finns omkring 30 000 bilar och om alla dessa bilar drevs med elkraft räknar projektansvariga med att det skulle motsvara sex vindkraftverk. Koldioxidutsläppen bedöms minska med över 70 000 ton/år.

Stockholm stad och Fortum placerar ut laddstolpar i P-hus och parkeringar och testkör ett antal konverterade Toyota Prius. Ambitionen är att installera 100 laddstolpar år 2010.

Fortum är också engagerat i Norra Djurgårdsstaden – som av Stockholms stad utsetts till en miljöstadsdel. Bland annat ska stadsdelen vara fossilbränslefritt senast år 2030 och klimatpåverkan i området måste år 2020 understiga 1,5 ton koldioxidekvivalenter per invånare. I konceptet ingår också infrastrukturer för uppladdning av elbilar.

Power Circle, som är en samarbetsorganisation för elkraftföretag, medverkar i ett antal demonstrationsprojekt. Ett är Green Highway som innebär att E14 mellan Sundsvall och Trondheim ska bli en elektrifierad vägsträcka med laddstationer och elbilar som också tar tillvara de turistiska värdena kring natur och fjäll. Andra projekt siktar på ökad kunskap om elbilar och handel samt bilpooler för studenter.

## Danmark

Danmark har ambitionen att 10 procent av alla bilar ska vara eldrivna inom några år och den danska regeringen har lovat att med hjälp av skatter uppmuntra en övergång från oljebaserade bilar till elfordon samt minska koldioxidutsläppen med 21 procent till år 2012. Världskapet för FN:s klimatkonferens år 2009 och att landet betraktas som det mest energieffektiva inom EU förpliktigar ytterligare och ett antal projekt med olika intressenter har startats. EDISON, som står för "Electric Vehicles in a Distributed and Integrated Market using Sustainable Energy and Open Networks", är ett viktigt symbolprojekt som adresserar hela energisystemet från vindkraft till smarta laddningssystem. Huvudintressenter är DONG Energy och det regionala Östkraft tillsammans med Siemens, IBM, EURISCO och Danmarks Tekniska Universitet. Projektet är delfinansierat av danska staten. IBMs intresse är att studera och bygga system som balanserar vindkraftproduktionen mot laddningsbehov och beteende.

Även Better Place har ett samarbete med DONG Energy och en elbilsflotta introducerades med ett hundratal fordon lagom till klimatkonferensen i slutet av år 2009. Renault levererade bilarna som ska klara 15 miles körning mellan laddningarna och batterierna kom från Nissan. Tjugotusen laddstationer planeras att vara installerade till år 2011. Investeringen sägs på sikt motsvara 770 MDKR <sup>56</sup>.

## Norge

Oslo kommun investerar i laddningsstationer för parkeringshus och subventionerar både laddning och parkering. Elbilar är momsbefriade i Norge.

## Tyskland

Tyskland kommer att satsa 500 miljoner EUR på utvecklingen av elbilsmarknaden. Målet är att en miljon elbilar ska rulla på tyska vägar år 2020 och över fem miljoner år 2030. Bland annat vill man bygga upp en effektiv infrastruktur för elbilar. Elbolagen Vattenfall och RWE har startat elbilskampanjer i Tyskland tillsammans med BMW och Daimler. Vattenfalls och BMW:s satsning i Berlin med 50 eldrivna BMW Mini ingår i ett test för att se hur infrastrukturen för eldrivna bilar behöver byggas ut. Vattenfall har arrangerat ett stort antal laddpunkter runt om i den tyska huvudstaden.

---

56 Tekno 360

## England

Flera projekt pågår i England och regeringens ambition är att investera hundra miljoner pund för att stödja utvecklingen av miljövänliga transportsystem. Projekten omfattar bl.a. eldrivna transportfordon hos statliga myndigheter som t ex postverket. I London kommer taxibilarna till viss del att bli eldrivna. I flera städer planeras uppsättning av publika laddstationer och en av huvudintressenterna är det franska energibolaget EDF.

## Italien

I Italien lanserar Daimler AG sitt storskaliga projekt UEM, Urban Electric Mobility, som kommer att resultera i mer än hundra elbilar i storstadsregioner som Rom och Milano. ENEL, det italienska energibolaget, kommer att installera flera hundra laddstolpar i städerna Rom, Milano och Pisa.

## Frankrike

Franska staten satsar motsvarande 15 miljarder SEK för att stimulera marknaden för elbilar. En miljon laddstationer ska byggas till år 2015 och till år 2020 ska över fyra miljoner laddstationer finnas runt om i Frankrike. Frankrike planerar precis som England att publika organisationer ska fungera som demonstrationsprojekt i större skala. La Poste, dvs. franska posten, har en ambition om 10000 elbilar inom fem år. Även här är Renault tilltänkt leverantör, och stöds också genom lån att anlägga elbils- och batteritillverkning. Även Peugeot och Daimler erhåller lån.

## USA

I USA pågår flera omfattande pilot- och demonstrationsprojekt som sträcker sig från kraftproduktion till betalningssystem. Ett av de större leds av EPRI och General Motors. Projekten inkluderar en mängd företag i över trettiosju stater som ska utgöra grund för en övergång till eldrivna fordon i stor skala, något som också stöds av den sittande regeringen vilka utlovar en miljon elfordon ska finnas på amerikanska vägar år 2015. I Kalifornien säljs redan smarta laddningsstationer med betalningsfunktion till parkeringsbolag enligt en vinstdelningsmodell där San José är en av pionjärstäderna. Andra projekt som prövar det integrerade systemet med smarta nät pågår bland annat i Boulder, Colorado. I Oregon har Renault–Nissan ett projekt tillsammans med Portland General Electric för att utvärdera tillgänglighet och kvalitet på ett nät av laddstationer. Better Place och California Bay Area har tillsammans ett infrastrukturprojekt som omsluter en miljard USD för att bygga laddningsmöjligheter för elbilar från Renault. På Hawaii finns pågående projekt som handlar om att utveckla snabbbladdningsteknik med Hyundai och lokala energibolag som intressenter samt ett av Better Places projekt med modeller för infrastruktur och tänkta batteribytesstationer.

## **Israel**

Israel ska investera en miljard USD för att bygga en serviceinfrastruktur för elbilar, omfattande 500 000 laddstolpar och 200 bytesstationer. Elbilar får en stor momssänkning jämfört med bensin- och dieselmotorer. Satsningen sker i samarbete med Better Place. De första serietillverkade elbilarna från Renault kommer att levereras i år 2011.

## **Australien**

I Australien samarbetar Better Place med AGL Energy i ett projekt med målsättningen att det ska finnas mellan två och tre hundra tusen laddningsstolpar inom fem år.

## **Japan**

Japan har genom landets största kraftföretag, Tokyo Electric Power Company, drivit ett projekt som dels innebär att bolagets egna tjänstebilar byts mot elfordon och dels att gratis el levereras vid ett antal laddstationer runt Tokyo varav en är en snabbbladdningsstation. Till år 2013 ska över tusen laddstolpar finnas på plats. Yokohama har varit försöksplats för flera elbilsprogram och bilpoolsprojekt och det finns en stark koppling till att kritiska komponenter som motorer och omriktare ska tillverkas i Nissans anläggning i staden.

## **Kina**

Även Kina tänker sig att bygga ett landsomfattande nät av laddstationer, med början i Beijing och Shanghai. Det är det statliga elnätbolaget som är den drivande aktören, men även den snabbt växande bilindustrin, med ledande elbiltillverkare som BYD, har aktiva intressen i uppbyggnaden av infrastrukturer. Staden Chongqing har uttryckt mål som att bli ett världsklasscentrum för elbilar. Ford är en av deltagarna tillsammans med kinesiska Changan Auto Group och staden Denver i USA. Målet är att finna vägar för utvecklad och hållbar energi som baseras på elfordon och grön stadsplanering.

# VINNOVAs publikationer

Februari 2010

För mer info eller för tidigare utgivna publikationer se [WWW.VINNOVA.SE](http://WWW.VINNOVA.SE)

## VINNOVA Analys

### VA 2010:

- 01 Ladda för nya marknader – Elbilens konsekvenser för elnät, elproduktionen och servicestrukturer
- 02 En säker väg framåt? – Framtidens utveckling av fordonssäkerhet

### VA 2009:

- 01 Svenska tekniker 1620 - 1920
- 02 Effekter av statligt stöd till fordonsforskning – Betydelsen av forskning och förnyelse för den svenska fordonsindustrins konkurrenskraft. *För kortversion på svenska respektive engelska se VA 2009:11 och VA 2009:12*
- 03 Evaluation of SIBED. Sweden – Israeli test bed program for IT applications. *Finns endast som PDF*
- 04 Swedish possibilities within Tissue Engineering and Regenerative Medicine
- 05 Sverige och FP7 – Rapportering av det svenska deltagandet i EUs sjunde ramprogram för forskning och teknisk utveckling. *Finns endast som PDF*
- 06 Hetast på marknaden – Solenergi kan bli en av världens största industrier
- 07 Var ligger horisonten? – Stor potential men stora utmaningar för vägkraften
- 08 Vindkraften tar fart – En strukturell revolution?
- 09 Mer raffinerade produkter – Vedbaserade bioraffinaderier höjer kilovärdet på trädet
- 10 Förnybara energikällor – Hela elmarknaden i förändring
- 11 Sammanfattning – Effekter av statligt stöd till fordonsforskning. *Kortversion av VA 2009:02, för engelsk kortversion se VA 2009:12*
- 12 Summary – Impact of Government Support to Automotive Research. *Engelsk kortversion av VA 2009:02, för svensk kortversion se VA 2009:11*
- 13 Singapore – Aiming to create the Biopolis of Asia
- 14 Fight the Crisis with Research and Innovation? Additional public investment in research and innovation for sustainable recovery from the crisis.

- 15 Life Science Research and Development in the United States of America – An overview from the federal perspective. *Finns endast som PDF*
- 16 Two of the "new" Sciences – Nanomedicine and Systems Biology in the United States. *Finns endast som PDF*
- 17 Priority-setting in the European Research Framework Programme
- 18 Internationellt jämförande studie av innovationssystem inom läkemedel, bioteknik och medicinteknik
- 19 Investering i hälsa – Hälsoekonomiska effekter av forskning inom medicinsk teknik och innovativa livsmedel
- 20 Analysis of Chain-linked Effects of Public Policy – Effects on research and industry in Swedish life sciences within innovative food and medical technology
- 21 Research Priorities and Priority-setting in China
- 22 Priority-Setting in U.S. Science Policies
- 23 Priority-Setting in Japanese Research and Innovation Policy

### VA 2008:

- 01 VINNOVAs Focus on Impact – A Joint Approach for Impact Logic Assessment, Monitoring, Evaluation and Impact Analysis
- 02 Svenskt deltagande i EU:s sjätte ramprogram för forskning och teknisk utveckling. *Finns endast som PDF*
- 03 Nanotechnology in Sweden – an Innovation System Approach to an Emerging Area. *För svensk version se VA 2007:01*
- 04 The GSM Story – Effects of Research on Swedish Mobile Telephone Developments. *För kortversion på svenska respektive engelska se VA 2008:07 och VA 2008:06*
- 05 Effektanalys av "offentlig såddfinansiering" 1994 – 2004
- 06 Summary – The GSM Story – Effects of Research on Swedish Mobile Telephone Developments. *Kortversion av VA 2008:04, för kortversion på svenska se VA 2008:07*
- 07 Sammanfattning – Historien om GSM – Effekter av forskning i svensk

mobiltelefoniutveckling. *Kortversion av VA 2008:04, för engelsk kortversion se VA 2008:06*

- 08 Statlig och offentlig FoU-finansiering i Norden
- 09 Why is Danish life science thriving? A case study of the life science industry in Denmark
- 10 National and regional cluster profiles – Companies in biotechnology, pharmaceuticals and medical technology in Denmark in comparison with Sweden
- 11 Impacts of the Framework Programme in Sweden
- 12 A benchmarking study of the Swedish and British life science innovation systems. Comparison of policies and funding. *Finns endast som PDF*
- 13 Looking over the Shoulders of Giants – A study of the geography of big pharma R&D and manufacturing operations. *Finns endast som PDF*
- 14 Utvärdering av MERA-programmet

## VINNOVA Information

### VI 2010:

- 01 Transporter för hållbar utveckling
- 02 Fordonsstrategisk Forskning och Innovation FFI

### VI 2009:

- 02 Forskning om chefskap. Presentation av projekten inom utlysningen Chefskap; förutsättningar, former och resultat. *För engelsk version se VI 2009:03*
- 03 Research on the managerial tasks: condition, ways of working and results. *Finns endast som PDF. För svensk version se VI 2009:02*
- 04 Högskolan utmaningar som motor för innovation och tillväxt – 24-25 september 2008
- 05 VINNOVA news
- 06 Årsredovisning 2008
- 07 Innovationer för hållbar tillväxt. *För engelsk version se VI 2009:08*
- 08 Innovations for sustainable Growth. *För svensk version se VI 2009:07*
- 09 Forska&Väx
- 10 Ungdomar utan utbildning – Tillväxtseminarium i Stockholm 4 mars 2009
- 11 Cutting Edge – Swedish research for growth
- 12 Mobilitet, mobil kommunikation och bredband – Branchforskningsprogram för IT & telekom. Projektkatalog
- 13 Forskning och innovation för hållbar tillväxt

## VINNOVA Policy

### VP 2009:

- 01 TRANSAMS uppföljning av "Nationell strategi för transportrelaterad FUD" åren 2005 – 2007. Två uppföljningar – en för 2005 och en för 2006 – 2007. *Finns endast som PDF*
- 02 VINNOVAs internationella strategi – att främja hållbar tillväxt i Sverige genom internationellt forsknings- och innovationssamarbete

## VINNOVA Rapport

### VR 2010:

- 01 Arbetsgivarringar: samverkan, stöd, rörlighet och rehabilitering – En programuppföljning
- 02 Innovations for sustainable health and social care – Value-creating health and social care processes based on patient need. *För svensk version se VR 2009:21*
- 03 VINNOVAs satsningar på ökad transportsäkerhet: framtagning av underlag i två faser. *Finns endast som PDF*
- 04 Halvtidsutvärdering av TSS – Test Site Sweden – Mid-term evaluation of Test Site Sweden. *Finns endast som PDF*

### VR 2009:

- 01 Affärsutveckling inom trämaufaktur och möbler – hur skapas effektivare värdekedjor? *Finns endast som PDF*
- 02 Användarna och datorerna – en historik 1960 – 1985
- 03 First Evaluation of the Berzelii Centra Programme and its centres EXSELENT, UCFB, Uppsala Berzelii & SBI Berzelii
- 04 Evaluation of SAFER – Vehicle and Traffic Safety Centre at Chalmers – a Centre of Excellence with financing from VINNOVA. *Finns endast som PDF*
- 05 Utvärdering av forskningsprogrammet SkeWood. *Finns endast som PDF*
- 06 Managing and Organizing for Innovation in Service Firms – A literature review with annotated bibliography. *Finns endast som PDF*
- 07 Den tjänstedominanta logiken – Innebörd och implikationer för policy.
- 08 Tjänster och relaterade begrepp – Innebörd och implikationer för policy.
- 09 Underlag för VINNOVAs satsningar inom transportsäkerhetsområdet. *Finns endast som PDF*
- 10 Utmaningar och kunskapsbehov – Om

- innovation, ledning och organisering i nio olika tjänsteföretag. *Finns endast som PDF*
- 11 De två kulturerna på Internet – En utmaning för företag, myndigheter och organisationer. Huvudrapport
  - 12 Uppföljning av VINN NU-företag
  - 13 Kartläggning av svensk FoU inom området IT och miljö – med fokus på teknikens indirekta och systemmässiga effekter. *Finns endast som PDF*
  - 14 Forska&Väx – Hållbar tillväxt genom forskning och utveckling i Små- och Medelstora Företag
  - 15 Tjänsteinnovationer för tillväxt
  - 16 Behovet av genusperspektiv – om innovation, hållbar tillväxt och jämställdhet. Utvärdering. *Finns endast som PDF*
  - 17 Ekonomisk omvandling och makrologistiska kostnader. *Finns endast som PDF*
  - 18 En undersökning av innovativa företags syn på strategiskt utvecklingsarbete i spåret av lågkonjunkturen. *Finns endast som PDF*
  - 19 The Public Sector – one of three collaborating parties. A study of experiences from the VINNVÄXT programme.
  - 20 Från hantverkskilt till hästföretag – Genusperspektiv på innovation och jämställdhet
  - 21 Innovationer för hållbar vård och omsorg – Värdeskapande vård- och omsorgsprocesser utifrån patientens behov. *För engelsk version se VR 2010:02*
  - 22 Organising Work for Innovation and Growth. Experiences and efforts in ten companies
  - 23 Mid Term Evaluation of the Institute Excellence Centres Programme
  - 25 The Innovation Platform
  - 26 Citizens' Services – Nordic and Baltic Research Needs
  - 27 Kina och internet – Tillväxt och tilltro
  - 28 eGovernment of Tomorrow – Future scenarios for 2020
  - 29 Organisationsformernas betydelse i klusterverksamhet – Att organisera klusterarbete är en ständigt pågående process som ställer höga krav på ledarskap och långsiktig strategi
  - 30 Inomhusskidbacke i Lindvallen, Sälen. *Finns endast som PDF*
  - 31 Kartläggning av svenska klusterinitiativ. *Finns endast som PDF*
  - 32 Service Innovations in Sweden Based Industries – Aiming for 30-60 % revenue increase/Tjänsteinnovationer i Sverigebaserad tillverkningsindustri – Med sikte på 30-60 % intäktsökning
  - 33 Chinese Views on Swedish Management – Consensus, conflict-handling and the role of the team
  - 34 First Evaluation of the second, third and fourth Round of VINNOVA VINN Excellence Centres – FASTE, SUS, FUNMAT, CHASE, GHZ, MOBILE LIFE, iPACK, HERO-M, PRONOVA, BIOMATCELL, WINQUIST, SUMO, BIMAC INNO, WISENET and AFC
  - 35 International Evaluation of PLUS Competence Centre – at Chalmers. *Finns endast som PDF*







**Produktion & layout:** West Studios/Anders Gunér, [www.weststudios.se](http://www.weststudios.se)

**Tryck:** Edita Västra Aros AB

Februari 2010

**Försäljning:** Fritzes Offentliga Publikationer, [www.fritzes.se](http://www.fritzes.se)

Rapporten ger en helhetsbild och belyser den globala marknad som övergången till elbilssamhället kan skapa. När oljan byts mot elektricitet påverkas många värdesystem i grunden och det ger stora konsekvenser, både tekniska och ekonomiska. På samma sätt som bensinbilen har format mycket av den värld vi lever i idag, är det därför möjligt för elbilen att ta över i stafetten och föra utvecklingen vidare mot en bättre miljö och större energihushållning. Som drivkraft kan elbilen påverka stora delar av världens infrastrukturer såväl som kravställare som symbol.

ISBN 978-91-86517-00-7, ISSN 1651-355X



VERKET FÖR INNOVATIONSSYSTEM – SWEDISH GOVERNMENTAL AGENCY FOR INNOVATION SYSTEMS

VINNOVA, SE-101 58 Stockholm, Sweden Besök/Office: Mäster Samuelsgatan 56

Tel: +46 (0)8 473 3000 Fax: +46 (0)8 473 3005

VINNOVA@VINNOVA.se www.VINNOVA.se