Till den det berör
Vart är elbilar på väg? Dagens trend leder till att globala koldioxidutsläpp, bilvikter och bilpriser ökar.

Orsaken till att elbilar ökar koldioxidutsläppen är att de är beroende av den globala elproduktionen som till stor del baseras på fossila bränslen. Utöver brukandet av elbilar ger produktion och skrotning av dem ytterligare koldioxidutsläpp. Detta gäller särskilt produktion av batterier. Koldioxidutsläpp ur ett LivsCykelAnalys-perspektiv (LCA) är enkla att beräkna överslagsmässigt, men man måste beakta att olika branschers tidsåtgång för förändring varierar kraftigt. Bilbranschens produktförnyelse är betydligt snabbare än densamma för elkraftbranschen.

Ofta tillgodoräknas övergången till fossilfri elkraftproduktion som om den redan vore genomförd vid bedömning av dagens elbilars koldioxidutsläpp, trots att övergången gradvis förmodas att genomföras de kommande 50 åren. Detsamma gäller också att inverkan på dagens koldioxidutsläpp från såväl osäkra teknologisteg som framtida återvinning av batterier intecknas. Effekten blir att de verkliga koldioxidutsläppen från de närmsta generationerna av elbilar är mycket högre än vad som torgförs.

Dessutom styr ofta nationella ideologiska, populistiska och ekonomiska särintressens utvecklingen mot elbilar med stora batterier, vilket leder till att dessas vikt och pris stiger. Effekterna blir mindre energieffektiva fordon och att ekonomiskt svaga personer får problem att transportera sig elektrifierat.

För att få en ärlig bild av bilarnas verkliga koldioxidutsläpp måste man balansera förändringstakten hos olika branscher samt undvika att tillgodoräkna sig en orealistisk teknikutveckling.

För att exemplifiera svagheterna i dagens färdriktning mot elbilar belyses först några centrala frågeställningar kring bilars koldioxidutsläpp och ekonomi de närmsta 20-30 åren. Därefter redovisas överslagsberäkningar av koldioxidutsläpp för bilar som produceras, brukas och skrotas på den globala marknaden. Antaganden för överslagsberäkningarna återfinns i slutet av detta mail. Några centrala frågeställningar:

- **Hur stora koldioxidutsläpp fås från gruvdrift, mineralutvinning och cellproduktion, dvs från batteriproduktion?** Idag produceras i stort sett alla elbilsbatterier i länder vars elproduktion genererar höga koldioxidutsläpp. Takten i omställningen mot elektrifierade bilar borde balanseras mot framförallt batterileverantörers visade ambitioner att förlägga verksamhet till länder med trovärdig omställning mot fossiloberoende elproduktion. När kommer

batterileverantörer, t ex CATL, LG Chem och Panasonic, att öppet och transparent redovisa sin verksamhets prognostiserad koldioxidutsläpp över tiden för gruvdrift, mineralutvinning och cellproduktion?

- **Måste en elbil byta sitt batteri under sin livslängd?** Batteriers åldring beror av ett antal fenomen. Åldring som beror av några fenomen (t ex degradering av katod-/anodmaterial respektive elektrolyt) är relativt enkla att förutse då de i princip åldras nästintill linjärt med tiden. Denna typ av åldring kan mätas med hyfsad noggrannhet i laboratorium. Åldring som beror av andra fenomen (t ex körcykel, effektnivå vid laddning, vibrationer, korrosion) är svåra att förutse då de i princip orsakar en åldring som beror av bilens handhavande och konstruktion. Dessutom är dessa fenomen inte ortogonala. Denna typ av åldring tarvar stort underlag från bilar i "real world operation". Med andra ord, idag vet ingen med säkerhet vilken livslängd ett batteri kommer att ha. Om 5-10 år börjar elbilar från början av 2010-talet att ha uppnått medellivslängden för bilar. Det finns redan idag publik info som påstår att bortemot 5-10% av dessa första elbilar bytt sina batterier. Kommer det att bli legio att alla elbilar har bytt batteriet under sin livslängd? Eller kommer elbilarna att skrotas ut i förtid pga av att batteribyte är för dyrt? Båda fallen leder till ökade koldioxidutsläpp: den första pga att ett extrabatteri behöver produceras; den andra pga att en ny bil behöver produceras i förtid. Biltillverkarnas tystnad kring batteriernas livslängd är talande. När kommer biltillverkarna, t ex Tesla, VW och Volvo Cars, att öppet och transparent kommunicera livslängden på sina elektrifierade bilars batterier utifrån ett "real world operation" perspektiv?

- **Varför gav Sverige högst bonus till de elektrifierade bilar som ökar koldioxidutsläppen mest?** Varför satsade politiker på elbilar med stora batterier? Ett batteri från Volvo EX90 eller Tesla Model S räcker till 5-10 st PHEVs (Plugin Hybrid Electric Vehicles). Var och en av dessa PHEVs räcker för att elektrifiera en kunds dagliga behov av körsträcka. Eller omvänt, Sveriges bonus hade kunnat ge väsentligt högre reduktion av koldioxidutsläppen från brukandet av bilar jämfört med hur politikerna styrde. När skall de som ideologiskt driver elbilar som det alena saliggörande ta ett reell miljöansvar och stödja de bilar som är bäst för klimatet?

- **Är det politiskt acceptabelt att dyra elbilar försvårar för ekonomiskt svaga personer att transportera sig?** Priset för en elbil är ~50-75% högre än motsvarande fossilbränslebil. Ju mindre bil desto större prisskillnad. Jämför t ex VW Up med VW e-Up eller XC90 med EX90. Huvudskälet är att bilens produktkostnad, dvs kostnaden för samtliga ingående komponenter i bilen, stiger kraftigt för elbilar jämfört med fossilbränslebilar. Produktkostnaden för elbilars batteri kommer att ligga på nästan samma nivå som produktkostnaden för resten av bilens alla komponenter när batterierna produceras i hög volym. Med produktkostnad som bas tillkommer transportkostnader, påslag, avgifter, skatter, etc innan bilen säljs för ett pris till slutkund. Om vi utgår från att företagen i värdekedjan skall överleva så är avgifter och skatter de enda fria variablerna för att påverka pris till kund. Det torde vara självklart att elbilar inte kan subventioneras alltför frikostigt under någon längre tid. Effekten av den bestående prisskillnaden blir att ekonomiskt svaga personer inte kommer att ha förutsättningar att växla från fossilbränslebil till elbil. En följdeffekt är att om man hårdnackat håller fast vid elbilar så ökar risken påtagligt att elektrifiering av bilar på bred front avstannar. Detta är inte bra för koldioxidutsläppen. Ånyo, när skall de som ideologiskt driver elbilar som det alena saliggörande ta ett reell miljöansvar och stödja de bilar som är bäst för klimatet?

- **Är det politiskt acceptabelt att subventionerade elbilar gynnar ekonomiskt starka köpare samtidigt som koldioxidutsläpp ökar och bilparken fördyras?** När man styr med ideologi, populism, skatter, avgifter och bidrag kan man få precis vilka effekter man vill. Ett exempel är Sveriges tidigare bonus/malus där bonus-delen för elbilar ökade koldioxidutsläppen samtidigt som malus-delen ökade intäkter till staten. Vilka var köparna av elbilarna? Skattefinansierade organisationer och företag som ville framstå som miljömedvetna? Välbeställda privatpersoner som ville vara "first on the block"? Den breda massan av bilkunder lyser tydligt med sin frånvaro. En grupp som sticker ut är välbeställda bilkunder där bonus sänkte tröskeln för att skaffa sig en subventionerad extrabil. Eftersom jag känner till flera i denna grupp misstänker jag att totala antalet är mycket högt, särkilt bland företagsbilar. När skall myndigheter, t ex Trafikanalys, öppet och transparent redovisa såväl svenska som globala effekter på koldioxidutsläpp från olika kundgrupper i den svenska bilparken?

- **Varför försöker man efterlikna det föråldrade "bensinstationsupplägget" när den framtida tekniken växer fram?** Snabbladdning av stora batterier kräver höga effekter och stora investeringar i elsystemet eller energilagret vid laddstationen. Dessutom vet man med säkerhet att högeffektladdning förkortar batteriers livslängd. Av någon underlig anledning eftersträvar man ett bil- och tanksystem för elbilar som vi lämnar i och med att fossilbränslen fasas ut. Tänk om och nyttja de stora fördelarna som den nya tekniken erbjuder och fokusera bilar: som är energieffektiva med låga koldioxidutsläpp ur ett LCA-perspektiv: som höjer trafiksäkerheten och har excellenta köregenskaper; som möjliggör för ekonomiskt svaga personer att transportera sig med elektrifierad bil; som enkelt kan laddas hemma samtidigt som behov av nyinvesteringar minimeras i elkraftsystemet. Dvs en hållbar bilpark med Serie-HEVs där räckvidsförlängaren initialt består av en förbränningsmotor för biobränsleinblandning som gradvis ersätts med en bränslecell allteftersom fossilbränslet ersätts med vätgas som energibärare.

Överslagsberäkningar av koldioxidutsläpp sammanfattas enligt:

Förtydliganden till ovanstående figur:

- PHEV = Plugin Hybrid Electric Vehicle
- Parallell-PHEV = **Stor förbränningsmoto**r för att klara **maxeffekt** för väglasten och att återladda batteriet när detta tömts. Förbränningsmotorn är svår och dyr att emissionsanpassa.
- Serie-PHEV = **Liten förbränningsmotor** för att klara **medelenergin** för väglasten och att återladda batteri när detta tömts. Förbränningsmotor är enkel occh billig att emissionsanpassa.

Några kommentarer i anslutning till diagrammet ovan:

- Ovanstående resultat stämmer väl med de LCA Volvo Cars gjorde i början av 1990-talet då vi kom fram till att en Serie-PHEV var det bästa för att minska koldioxidutsläppen. De stora skillnaderna idag jämfört med början av 1990-talet är att:
    - Koldioxidutsläppen vid brukande av fossilbränslebilar har mer än halverats. T ex EU:s

lagkrav om tillåtna CO2-utsläpp för biltillverkare mätta som "fleet average" är starkt bidragande till denna halvering.
    - Aluminiuminnehållet i bilar har ökat kraftigt för att kompensera för bilars viktökning (särskilt i tyngre elbilar). Produktion av aluminium genererar signifikant mer CO2 jämfört med produktion av traditionella material.
- I referens [1] anger Volvo Cars drygt 50% så höga CO2-utsläpp för brukande av XC40 Elbil jämfört med mina överslagsberäkningar. Dvs, om Volvo Cars underlag är korrekt borde stapeln för brukande för Volvo XC40 Elbil i diagrammet ovan vara drygt 50% högre. I analogi borde EX90:s stapel för brukande också stiga. Resultaten från VW:s LCA-beräkningar, se [2], där de jämför koldioxidutsläppen från en VW Golf Diesel med en VW e-Golf stämmer relativt väl med mina beräkningar.
- Vid beräkning av koldioxidutsläpp för produktion av bil utan batterier har jag använt Volvo Cars underlag. Om jag istället använt VW:s underlag hade staplarna för produktion av bil utan batteri sjunkit 30-50%. En orsak till skillnaden är att VW underlag beräknas på lite äldre bilar med relativt lågt aluminiuminnehåll.
- Vid beräkning av koldioxidutsläppen för produktion av batterier har jag använt batteriernas energiinnehåll i form av nettokapacitet i stället för bruttokapacitet. Om bruttokapacitet använts hade staplarna för produktion av batteri stigit 5-10%.
- Om Kinas elmix används för brukande och batteriproduktion stiger dessa staplar med ca 10%. Kina är världens största elbilsmarknad och batteriproducent.
- Om Sveriges reduktionsplikt från 2017/-18 appliceras under bilens hela livslängd med svensktillverkad HVO kommer dieselbilarnas stapel för brukande att mer än halveras. Obs, detta gäller inte om HVO (eller för den del andra biobränslen) tillverkas med den globala elmixen.
- Om svenska elmixen appliceras försvinner i stort sett stapeln för brukande för elektrifierade bilar.

Exempel på centrala frågeställningar som saknar svar:

- **Kommer en stor del av elbilsbatterierna att behöva bytas under bilens livslängd?** Som sagt, ingen kan med säkerhet prediktera batteriernas livslängd i bilar. Med tiden kommer "trial & error" att bygga kompetens hos bilindustrin om batteriernas livslängd. Dessvärre blir denna kompetens med all sannolikhet svårtillgänglig på

grund av att den kommer att utgöra en viktig konkurrensfaktor på liknande sätt som kvalité är idag.

- **Hur snabbt sjunker de globala koldioxidutsläppen vid batteriproduktion?** Idag är dessa utsläpp beroende av den globala fossilberoende elproduktionen. Ledtiderna för signifikanta förändringar av elkraftsystemet motsvarar 2-5 bilgenerationer. Dessutom, vill och kan t ex Kina som producerar flest batterier idag förändra sitt elkraftsystem till fossiloberoende?
- **Vem skall betala ett högst sannolikt batteribyte?** Pga av lagkrav, framförallt i Kalifornien, kan man nog påstå att fordonstillverkare och leverantörer känner sig relativt trygga i att batterier kommer att klara 8 års livslängd eller en körsträcka om 16000 mil. Självfallet är detta lagkrav centralt när biltillverkare optimerar batterisystemet; men vad händer efter 8 år/16000 mil? Med en sannolikhet gränsande till visshet kommer kunder som äger äldre bilar att sitta med "Svarte Petter".
- **Vilka blir förlorarna på att priset för begagnade bilar stiger?** Pga av ökad produktkostnad stiger priset för såväl nya som begagnade bilar. Dessutom innebär materialvärdet i batterier dels att begagnade bilars priser stiger, det att det blir attraktivt att skrota ut bilar i förtid vilket också innebär att begagnade bilars priser stiger. Med en sannolikhet gränsande till visshet kommer kunder som är beroende av att köpa äldre bilar att sitta med "Svarte Petter".

Slutsatser:

- **De närmsta bilgenerationerna är elbilar negativa för klimatet.**
- **Elektrifiering av bilparken bör balanseras mot omställningen av elproduktionen till fossiloberoende.**
- **PHEVs med batterier som klarar kunders dagliga behov av körsträcka och som har ett pris så att vanliga medborgare har råd att köpa dem är bäst för klimatet (och i stort sett ur de flesta övriga rationella perspektiven).**
- **Det är tydligt att för kommande bilgenerationerna är koldioxidutsläpp:**
    - **I det korta perspektivet lägst från en Serie-HEV á la BMW i3 REX.**
    - **I det långa perspektivet lägst från en Serie-HEV á la Toyota Mirai med en ombalanserad drivlina till ett 10-15 kWh energioptimerat**

batteri och en liten vätgasdriven bränslecell som klarar att kontinuerligt leverera bilens behov av medelenergi.

Hälsningar
Urban Kristiansson
PhD inom Elkraftteknik
F.d. Adjungerad Professor i Automotive Engineering på Chalmers
Pensionär efter ~30 år på Volvo Cars med strategier för elektrifierade bilar

Ps. Mailet har skickats till ca 120 st: vänner & kollegor; ingenjörer & forskare inom fordonsindustrin, akademi & institut; tidningsredaktioner; myndigheter; politiker; m fl. Vänligen sprid gärna mailet vidare.

Randvillkor för överslagsberäkningarna:

- Bilarna produceras, brukas och skrotas i Europa, USA, Kina, Japan, ... dvs i princip hela världens bilpark.
- Bildata typ tjänstevikt, bränsleförbrukning (WLTP), batteristorlek, ... är hämtade från referens [3].
- Vid bilproduktion har jag antagit att koldioxidutsläppen är 10 [kg CO2 / kg bil), se [1], ... detta värde är högt för bilar med lågt aluminiuminnehåll.
- Batteriets specifika energi på cellnivå har antagits vara 0,15 [kWh / kg]
- Vid batteriproduktion har jag antagit att koldioxidutsläppen är 160 [kg CO2 / kWh] fördelade enligt (för exempel på underlag se [4]):
    - 80 [kg CO2 / kWh] från gruvdrift
    - 10 [kg CO2 / kWh] från mineralutvinning
    - 70 [kg CO2 / kWh] från celltillverkning
- Vid brukande av bilen har jag antagit:
    - 2,7 [kg CO2 / liter] från diesel
    - 2,9 [kg CO2 / liter] från bensin
    - 0,5 [kg CO2 / kWh] från elförbrukning (global elmix)
- Vid skrotning av bilen har jag antagit att koldioxidutsläppen är 0,5 [kg CO2 / kg bil], se [1]

Exempel på referenser:
[1] Volvo Cars - Carbon footprint report - Volvo C40 Recharge
[2] VW - Life Cycle Analysis of the Climate Impact of Electric Vehicles
[3] Auto-Data, https://www.auto-data.net/se
[4] IVL - M Romare L Dahllöf - The life cycle energy consumption and CO2 emissions from lithium ion batteries - 20170603.