

**Vi upplever sedan ett par årtionden att det blir allt varmare på vår planet. Det får anses vara obestridligt att denna uppvärmning orsakas av de allt större utsläppen av växthusgaser, framför allt CO<sub>2</sub>. Av dessa utsläpp har trafiken en stor andel som dessutom blir allt större. Utsläppen från trafiken måste därför minskas om vi skall kunna skydda klimatet. Denna uppställning behandlar olika tekniska alternativ för Sverige till minskat CO<sub>2</sub>-utsläpp, med kommentarer.**

*Jag, Birger Tiberg, är civilingenjör, med järnvägsintresse sedan barnsben och uppvuxen i Sverige, men flyttade 1980 till Schweiz, där jag nu är bosatt. Efter min pensionering engagerar jag mig aktivt i svensk järnvägspolitik, bl.a. med flera konkreta förslag till hur trafiken kan återupptas på ett urval nedlagda järnvägar.*

**Det kommer fram att en ordentlig satsning på järnvägen är en *absolut nödvändig* förutsättning för att kunna uppnå uppsatt klimatmål för transporterna.**

**[Citat från Angela Merkel](#)<sup>46</sup>: ”Only with rail we will achieve our climate goals”**

## Innehåll

### Sidan

- 2 Sammanfattning
- 4 Järnväg
- 7 Flygresande
- 10 Fartygstrafik
- 12 Personbilar
- 13 Lastbilar
- 15 Bussar, Annan motoriserad vägtrafik
- 16 Inlandsbanerapport
- 17 Fossilfria drivmedel
- 18 Batterier
- 19 Eldrift allmänt
- 21 Avlägsnande av CO<sub>2</sub> från luften
- 22 Slutkommentarer
- 23 Bilaga 1 – Batteriflyg
- 29 Bilaga 2 – Elvägar
- 30 Referenser

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter</b> <b>resande och gods</b>
-------------------	--------------------------------------------------------

## Sammanfattning

Att förlita sig på att det enbart räcker med att försöka göra all nuvarande väg- och flygtrafik klimatvänlig, är tyvärr att tro på det omöjliga! Väg- och speciellt flygtrafiken *måste* reduceras, och om det inte finns andra alternativ för transporterna skadas dagens ekonomi. Alternativet är att släppa klimatmålet vilket skulle försvåra eller till och med förstöra levnadsbetingelserna för kommande generationer. Detta kanske låter drastiskt, men det är tyvärr realitet!

Det är därför en gåta för mig varför Trafikverket, med stöd av Regeringen och Riksdagen, i praktiken fortfarande försvårar för den i klimatskyddet oundgängliga järnvägen! Att det tyvärr förhåller sig så visas av många exempel, se kapitlet ”*Järnväg*”.

Dokumentet sammanställer tekniska möjligheter i Sverige för att eliminera transporternas negativa inverkan på klimatet, men också vilka möjligheter som *inte* är användbara. I detta sammanhang skall även IVAs omfattande delrapport omnämnas: [”Så klarar Sveriges transporter Klimatmålen”](#)<sup>19</sup> Rapporten behandlar de allmänna förutsättningarna för att uppnå klimatmålet inom transportsektorn.

Det billigaste och enklaste sättet att minska CO<sub>2</sub>-utsläppet från trafiken är naturligtvis att minska på transporterna. Avlägsnande av CO<sub>2</sub> ur atmosfären är dyrare än detta. Coronakrisen har visat på en utmärkt möjlighet att ”träffas” virtuellt via dator och därigenom undvika många resor.

Här behandlas bara hur resterande transporter kan göras klimatneutrala. Även olika föreslagna alternativ presenteras, som dock visat sig vara orealistiska. De olika trafikslagen behandlas på dessa två sidor endast kortfattat, utförligare på de följande sidorna.

När det gäller **flygtrafik** är överflyttande av resande till tåg i största möjliga utsträckning det mest realistiska alternativet. Att fortsätta flyga som idag och samtidigt göra flyget klimatneutralt är tyvärr *inte möjligt*. Biobränsle (finns bara i begränsad omfattning) och syntetiskt fossilfritt flygbränsle är *inte klimatneutrala*, när de används i flygtrafik på hög höjd (8-12 km). Samma förbehåll gäller väte som bränsle, där det dessutom är mycket osäkert om tekniken är praktiskt användbar. *Oanvändbara* alternativ för trafikflyg är batteridrift och solpanelsdrift.

För **personbilar** gäller överflyttande av resande till kollektivtrafik (främst till tåg) som ett mycket intressant alternativ. Batteridrift är bara intressant om batterierna och/eller elkraften för laddningen är framställda på ett hållbart sätt, vilket idag tyvärr inte gäller i alltför många fall, se kapitlet ”*Batterier*”. Bränsleceller med fossilfritt framställt väte kan vara klimatvänliga om ingen fossilkraft används för tillverkning. Det tillkommer att strömförsörjningen måste byggas ut i båda fallen, vilket kanske är möjligt bara i begränsad omfattning, se kapitlet ”*Eldrift allmänt*”. *Oanvändbara* med syftet att göra biltrafiken klimatvänlig är hybridbilar och själva tekniken att göra bilar självkörande.

*Sammanfattningen fortsätter på nästa sida*

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter</b> <b>resande och gods</b>
-------------------	--------------------------------------------------------

### *Sammanfattning - fortsättning*

För **godstransporter på väg** är likaledes ett överflyttande av dessa till järnväg och sjötransport i största möjliga utsträckning det mest realistiska alternativet, antingen tåg eller båt för hela sträckan eller i kombination väg/järnväg/båt-transport. Svenskt biobränsle för lastbilar finns, men tyvärr bara i begränsad omfattning. Bränslecellsdrift står inför ett införande, men varutransport på väg kräver flera gånger mer elkraft än järnvägstransport, se kapitlet ”*Eldrift allmänt*”. Endast på försöksstadium är induktion i vägbanan och kombinationen batteri/kontaktledning. *Oanvändbara* för längre transporter är tyvärr ren batteridrift och ren eldrift från kontaktledning.

För långväga **bussar** gäller delvis liknande förutsättningar som för godstransporter på väg.

**Järnvägen** är således ett outhärligt alternativ. En viktig orsak är att det åtgår flera gånger mindre energi för transporter på räls än på landsväg (och naturligtvis även med flyg). Mängden elenergi är tyvärr begränsad, så det gäller att utnyttja denna på bästa sätt, dvs. på järnväg där detta är möjligt.

Det går naturligtvis inte att flytta *alla* transporter till järnväg, men det kommer ändå att bli så många att järnvägen måste inrättas för att klara denna ökande trafik, istället för att som idag i praktiken misskötas. För att inrätta järnvägen för kraftigt ökad trafik ingår inte bara ökat underhåll och nya stambanor, utan också en ordentlig satsning på befintliga järnvägar, nybyggnad och återuppbyggnad av järnvägar samt uppskjutande av det dyra och onödiga ERTMS.

B. Forsberg och A. Müller skriver att en stor del av vägtransporterna i hela Sverige måste flyttas över till järnväg för att vi skall klara klimatmålet och samtidigt behålla mobiliteten. Se kapitlet ”*Inlandsbanerapport*”

Det måste hänföras till **drömmier** att förlita sig på att det plötsligt skall dyka upp en hittills okänd helt ny revolutionerande teknik, eller att förlita sig på en teknik som ännu inte är utprovad, varken tekniskt, ekonomiskt eller miljömässigt. Denna skulle göra att vi kan resa och även transportera gods på samma sätt som idag men ändå kunna skona klimatet.

Det ställs stora förhoppningar på tekniska innovationer och att marknaden skall lösa detta problem. Men, vad gör vi om denna nya teknik inte skulle infinna sig eller inte visa sig fungera som tänkt? När det gäller tekniska innovationer får dessa *inte leda till att problem istället uppstår på annat håll*, vilket vi tyvärr sett alltför ofta sedan industrialiseringen inleddes för ca. två sekler sedan.

Allt eftersom det kommer fram nya fakta, tar jag upp dem i detta dokument.

jarnvag.ch	<b>Hållbara transporter</b> resande och gods	
------------	-------------------------------------------------	--

## Järnväg

Av innehållet i detta dokument ser man att en *omfattande omflyttning av transporter till tåg är en nödvändig förutsättning* för att kunna uppnå klimatmålet.

Tåg företagen har också denna åsikt enligt en [notis i Järnvägsnyheter.se](http://www.jarnvag.ch/nyheter/2017/05/20170520-notis-i-jarnvagsnyheter.se) <sup>35</sup>

Denna omflyttning av transporterna kommer att leda till en mycket stor trafikökning på järnvägen, som i sin tur i första hand kräver en upprustning men även en bitvis större utbyggnad för att klara de ökade transporterna. Två exempel på detta:

- 1: Om 20% av bilresande byter till tåg medför detta ett *mer än fördubblat* tågresande.
- 2: Om hälften av bilresande byter till tåg medför detta ett nästan *fyrdubbelt* tågresande.

För beräkningen har använts trafikarbetet i Sverige 2017, se

<http://www.jarnvag.ch/Trafikutvecklingen.pdf> <sup>2</sup>

**Kapaciteten och tillförlitligheten** på järnvägen är tyvärr *alltför bristfälliga* i dagsläget för att klara denna tillströmning av resande och gods. En förbättring av tillförlitligheten och även en utbyggnad blir därför nödvändig, se under avsnittet "*Åtgärder för järnvägen*". Viktigt är naturligtvis i första hand att järnvägen inte missgynnas, utan underhålls på ett betydligt bättre sätt än vad Trafikverket visat sig klara av idag!

Då tåg på räls har mycket lägre rullmotstånd än gummihjul på asfalt behövs mycket mindre energi per ton för att framföra fordon på järnväg än på landsväg. När det gäller elenergi kan denna därmed utnyttjas mycket effektivare för tågtransporter än för elektriska landsvägs-transporter. Detta är framför allt viktigt då tillgången på elkraft är begränsad, se kapitlet "*Inlandsbanerapport*" och "*Eldrift allmänt*".

En begränsande faktor sedan järnvägens barndom är dock att man inte kan lägga räls överallt. Det krävs därför ofta en kombination av järnvägs- och landsvägstransport, med omlastning mellan dessa, numera oftast med hela containrar som lastas om. Även transport av lastbilar på biltransportvagnar på järnväg används sedan länge på olika håll i världen.

De idag kända praktiskt användbara framdrivningssystemen på järnvägen baseras idag på:

Eldrift för tåg med kontaktledning eller strömskena, eldrift med batterier eller eldrift med bränsleceller som använder hållbart väte. Elen måste då naturligtvis komma från fossilfria källor, framför allt från vattenkraftverk, solceller och vindkraftverk. Se också kapitlet "*Eldrift allmänt*".

Förbränningsmotordrift med dieselolja eller med fossilfritt motorbränsle

Jag går här inte in på mer eller mindre "exotiska" tekniska lösningar, som t.ex. [Magnetsvävtåg](#) <sup>16</sup>. Den tekniken är visserligen känd sedan mycket länge, men har ännu inte kommit till praktisk användning för långa sträckor och höga hastigheter, detta av olika skäl. Tre KTH-professorer visar i [en artikel i GP](#) <sup>24</sup> att magnetsvävtåg är ointressanta för långa järnvägssträckor.

*Kapitlet Järnväg fortsätter på nästa sida*

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter resande och gods</b>
-------------------	--------------------------------------------------

### *Järnväg – fortsättning*

**Missgynnande:** Järnvägen är således en ytterst viktig komponent för att kunna uppnå klimatmålet, även om den inte är den enda. Strävan att istället aktivt verka för att lägga ned järnvägar med bra trafikunderlag, som [Karlsborgsbanan](#)<sup>17</sup> och [Lysekilsbanan](#)<sup>18</sup> försvårar istället möjligheten att uppnå klimatmålet. Denna strävan måste därmed upphöra, liksom avlägsnande av spår på stationer. Om det byggs hus på de ytor som på detta sätt blivit fria från spår, försvårar (och fördyrar) man möjligheten att senare åter bygga upp järnvägen, när tågtrafiken ökar. Vidare måste det bli ett slut på satsningen för mer flygresande, se Sälens flygplats<sup>3</sup> och Arlanda<sup>4</sup>

Trafikverkets strävan, med Regering och Riksdag bakom sig, att aktivt verka för nedläggning av persontrafiken på flera järnvägar och istället sätta in bussar skulle öka CO<sub>2</sub>-utsläppet ytterligare och påskynda avfolkningen av mindre orter. Som nu senast Lysekilsbanan och Halmstad – Värnamo. Orsaken är att inte alla skulle byta från tåg till buss (med lägre komfort och längre restid), utan många skulle börja köra bil istället, sluta resa eller till och med flytta från orten.

Olle Ek och Christian Guldborg på TFK-Transportforsk har skrivit rapporten [Regionala Järnvägar](#)<sup>47</sup> I denna visar de på betydelsen av regionala järnvägar, några citat:

*”I en tid med både ett akut behov av klimatomställning och ett behov av en rättvis utveckling mellan stad och landsbygd finns det starka skäl att ta vara på de befintliga regionala järnvägar som kan erbjuda bra trafiklösningar tillsammans med miljöanpassade gods- och persontransporter.”*

*”Öka samhällsaktörernas insikt i att utvecklingen av de regionala järnvägarna avgörs av det lokala respektive regionala engagemanget och intresset.”*

*”Visa på möjligheterna till självstyre för förvaltningen av infrastrukturen för de regionala järnvägarna kombinerat med en robust medelstildelning.”*

I Schweiz gäller i många områden dessa tre punkter, vilket räddat många mindre järnvägar.

I artikeln [Lokalt engagemang räddar hotade banor](#)<sup>52</sup> hänvisas till rapporten [Regionala Järnvägar](#)<sup>47</sup> och dessutom kritiseras Trafikverkets agerande när det gäller Lysekilsbanan.

**ERTMS:** Konsultbolaget Ramböll visar i en [utredning](#)<sup>34</sup> att införande av ERTMS i Sverige skulle leda till så graverande fördyringar för järnvägen, att transporter flyttas över till väg, vilket i sin tur leder till ökade CO<sub>2</sub>-utsläpp och att Sverige får ännu svårare att klara klimatmålet!

I en [riskanalys utförd för Trafikverket](#)<sup>50</sup> påpekas att järnvägsbranschen kan få stora ekonomiska svårigheter genom införandet av ERTMS. Detta leder till att godstransportföretag kommer att läggas ner och godstransporter att överföras från järnväg till landsväg.

Ett exempel visar hur ERTMS tyvärr lett till [omlagring av järnvägstransport till vägtransport](#)<sup>48</sup>

ERTMS (ETCS) var tänkt att bli ett gemensamt signalsystem för hela Europa. Men, enligt uppgift (2021), har det ”inte blivit så, utan det finns 50 olika versioner. I Sverige har vi tre icke kompatibla ERTMS-system.”

I Riksrevisionens rapport 2018 [Nytt signalsystem för järnvägen](#)<sup>49</sup> anges att Trafikverket förväntade sig 25 % högre kapacitet med ERTMS. Detta har i praktiken inte kunnat infrias, utan tyvärr resulterat i en viss minskning av kapaciteten! I rapporten kritiseras handläggningen vid införandet av ERTMS.

*Kapitlet Järnväg fortsätter på nästa sida*

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter</b> <b>resande och gods</b>
-------------------	--------------------------------------------------------

### *Järnväg – fortsättning*

I GNSS ingår GPS och det ryska Glonass. Faller Glonass från, så finns GPS kvar, om den inte störs ut, vilket antas ha varit fallet vid vissa NATO övningar. Detta kan bli fallet t.ex. som hämnd för sanktioner efter det ryska överfallet på Ukraina. Glonass omfattas dessutom av EU:s sanktioner om ”dual-use items”.(civil och militär användning)

**Kostnadsutveckling järnväg – lastbil:** Prof. Bo-Lennart Nelldal visar i sin sammanfattning [Kostnadsutveckling järnväg-lastbil](#)<sup>39</sup> hur utvecklingen tyvärr går i riktning från tåg- till lastbilstransport, vilket ökar CO<sub>2</sub>-utsläppet. Denna negativa utveckling är bland annat en följd av en medveten satsning från politikerna för att främja lastbilstransport.

### **Åtgärder för järnvägen**

Ett flertal av de nödvändiga åtgärderna tar längre tid att förverkliga. Men det är bråttom att ställa om transporterna till järnväg och sjöfart för att vi skall kunna uppnå klimatmålen inom de tidsfrister vi ställt upp. För att lyckas med detta måste vi börja *redan nu* med verksamma åtgärder som kan genomföras direkt:

- sluta upp med strävan att lägga ner järnvägar
- ta bort banavgifterna
- skjut på införandet av dyr och onödig ERTMS
- ta bort inrikes moms på 6 % för persontågstrafik.
- lägg på 25 % moms för inrikes resor med flygtrafik
- underhåll järnvägen bättre än vad Trafikverket gör idag

För att klara mobiliteten kommer trafiken på järnvägen att öka. Denna måste därför byggas ut för ökad trafik:

- elektrifiering av hela bannätet
- fler mötesspår, förlängda mötesspår
- fler dubbelspår
- nya/återuppbyggda järnvägar
- vid ev. stopp på en järnvägssträckning säkerställa alternativa transportvägar
- mer fordon, mer personal m.m.

Att avstå från att förbättra för järnvägen skulle antingen leda till att

- mobiliteten måste minskas vilket påverkar dagens ekonomi negativt, eller så
- måste klimatmålet släppas vilket skulle bli mycket negativt för kommande generationer och ge Sverige ett mycket dåligt rykte!

**Bristen på kompetens** uppges tyvärr vara mycket stor när det gäller järnvägen, riskerar därmed att försvåra en satsning! Se artikeln:

[Kompetensbristen när det gäller personal inom svensk järnväg är besvärande:](#)<sup>62</sup>

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter resande och gods</b>
-------------------	--------------------------------------------------

## Flygresande

Flyget är idag starkt subventionerat: Befrielse från CO<sub>2</sub>-avgifter och från bränsleskatt m.m. Flyget är en stor orsak till utsläpp av drivhusgaser. Kraftigt bidragande är att utsläppet på hög höjd (ca. 8-12 km) har större inverkan på klimatet än utsläpp av samma mängd CO<sub>2</sub> på marknivå. Flyghöjden måste därför sänkas, förutom att flygfotogen som bränsle måste ersättas av något annat för att få bort det klimatskadande utsläppet. Även utsläpp av vattenånga på hög höjd har negativ inverkan på klimatet. Vattenånga är restprodukt från vätgas.

**Att avstå från resande** som hittills gjorts med flyg är naturligtvis det billigaste och enklaste sättet att minska CO<sub>2</sub>-utsläppet, vilket faktiskt kan bli en varaktig följd av Coronapandemin. Jag tänker här på virtuella möten samt semester på hemmaplan. I det följande behandlas dock hur övrigt resande kan behållas men utan att förorsaka negativ klimatpåverkan. För detta finns det flera alternativ, varav inte alla är realistiska:

**Överflyttning** av flygresande över land **till järnväg** är det **viktigaste alternativet**, till en teknik som är välbeprövad. Där snabbtåg finns är dessa ett mycket bra alternativ. För avstånd över 1 000 km måste nattåg sättas in i mycket högre utsträckning än idag, speciellt internationellt. Sådana nattåg var tidigare vanliga, men utkonkurrerades av lågprisflyg, som överhuvud taget inte täcker sina kostnader. Även järnvägsförvaltningarnas ointresse bidrog till nedläggningen av nattågslinjer. Långväga tågresande i Europa har därmed tyvärr *gjorts allt svårare* de senaste ca. 30 åren, men numera syns tack och lov en ljusning på detta område.

**Biobränsle** och **syntetiskt fossilfritt framställt flygbränsle**, som metanol och etanol, är tyvärr **inte klimatneutrala** när de används på hög flyghöjd (ca. 8-12 km), där inte bara mängden CO<sub>2</sub>-utsläpp (kg) i sig bidrar till klimatuppvärmningen. Detta finns beskrivet i en [rapport från tyska Umweltbundesamt](#)<sup>21</sup> En 3-5 ggr så stor inverkan som från CO<sub>2</sub>-utsläpp vid markytan rapporteras. Exakt hur mycket större bidraget till klimatuppvärmningen är från CO<sub>2</sub>-utsläpp när detta sker på hög höjd är dock ännu inte klarlagt, se också en år 2019 publicerad [artikel i Wissenschaft.de](#)<sup>22</sup> Sammanfattat kan man därför ännu inte med bestämdhet säga i vilken grad som utsläppen av bland annat CO<sub>2</sub> på hög flyghöjd påverkar klimatuppvärmningen, det vill säga hur denna förstärkning (RFI) är beroende av flyghöjden. Helt klart är dock att Inverkan är mycket större på hög höjd än från utsläpp av samma mängd CO<sub>2</sub> nära markytan. Se också artikeln ” [Contrail cirrus radiative forcing](#)”<sup>23</sup>

Men, det kan finnas en möjlighet att kunna flyga klimatneutralt, nämligen användning av fossilfritt hållbart bränsle *tillsammans med* en begränsning av flyghöjden så att de beskrivna förstärkande höghöjdseffekterna av utsläppen inte uppträder. Detta orsakar dock ökad bränsleförbrukning, som naturligtvis inte är önskvärd, men är nog priset vi få betala för att göra trafikflyget hållbart. Inte att förglömma att tillgången på fossilfritt bränsle är begränsad, se avsnittet ”*Fossilfria drivmedel*” Tillsammans med dyrare bränsle och begränsning av utrymmet för flygrörelser kommer flyget att minska och bli betydligt dyrare. Vi får därmed räkna med motstånd från flygindustrin. Men något annat sätt att göra trafikflyget hållbart ser jag tyvärr inte och det måste naturligtvis bekräftas att denna möjlighet är reell.

*Kapitlet Flygresande fortsätter på nästa sida*

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter resande och gods</b>
-------------------	--------------------------------------------------

### *Flygresande fortsättning*

**Väte** som energikälla för **bränslecellsdrift** eller som **bränsle för jetdrift**. Det är mycket osäkert om dessa tekniker kan komma till användning inom överskådlig framtid för att minska flygets negativa påverkan på klimatet. Detta finns beskrivet i [Slutsatser och rekommendationer från Flygets Miljökommitté Hösten 2007](#)<sup>53</sup> På sidan 39 avfärdar flygutredaren Arne Karyd till och med väte för flygplansdrivning, och anför olika skäl till detta:

1. Ökat utsläpp även av vattenånga på hög höjd har en negativ inverkan på klimatet,
2. Svårigheten att lagra flytande väte vid  $-242^{\circ}\text{C}$  till  $-252^{\circ}\text{C}$  utan att alltför mycket försvinner genom avdunstning,
3. Hög kostnad för bränslet,
4. Säkerheten med flytande väte måste garanteras.

**Solpaneler** på flygplanet för framdrivning av trafikflyg är **fullständigt orealistiskt**.

För exemplet Fokker 50-300, 50 stolar, med längden 25.2 m och spännvidden 29 m skulle det behövas en solpanelsyta på minst 100 m x 140 m. Det säger sig självt att detta är fullständigt orealistiskt! Dessutom måste solpanelerna på vingarnas översida tåla ett betydande undertryck.

Med framtida bättre teknik skulle denna yta kunna minskas något, men fysiken sätter här gränser för vad som är möjligt. Inte att förglömma att det krävs solljus (eller i alla fall dagsljus) för att detta skall fungera. Beräkningen är gjord för  $60^{\circ}$  nordlig bredd (linjen Fagersta - Hallstavik) och gäller där för vår- och höstdagjämning. För norra Sverige behövs en ännu större yta och under den mörka årstiden och på natten är detta en omöjlighet!

**Luftskepp** (Zeppelinare) skulle kunna vara ett alternativ till resor med flygplan och fartyg.

Men, det som verkar vara till mest nackdel till Zeppelinarna är:

1. Den låga hastigheten som gör att en Zeppelinare inte kan göra så många turer över Atlanten per vecka som ett flygplan vilket gör det hela dyrare.
2. Känsligheten för vädret.

Andra nackdelar

3. Svårigheten att hitta lämpliga ställen att angöra.
  4. Hindra att luftskeppet höjer sig när passagerare stiger av.
  5. Hur skall man få luftskeppet in i och ut ur hangaren när vinden ändrar sig.
- Det finns säkert fler nackdelar med Zeppelinare.

Allt detta talar emot Zeppelinare för långväga passagerartrafik. Det finns tyvärr ingen, för mig bekant, artikel där detta utretts ingående.

En rapport från 2011 "[Luftskeppens återkomst – rapport 2](#)" redogör närmare för luftskepp för godstransporter.



jarnvag.ch	<b>Hållbara transporter</b> <b>resande och gods</b>
------------	--------------------------------------------------------

### *Flygresande fortsättning*

**El-drift med batterier** för kommersiellt flyg är helt **orealistisk**. Detta uttalande bygger på:

1. Batterier med dagens bästa Li-teknik har alltför låg kapacitet för flyg på längre sträckor. Flygkonstruktören Kenneth Nilsson skriver i en artikel om kommersiellt trafikflyg i Svensk Flyghistorisk Tidskrift 4/2019 <sup>29</sup> Citat: ”*Slutsatsen blir att batteridrivna passagerarflygplan av alla storlekar är flygtekniskt och ekonomiskt omöjliga, även för mycket korta distanser. Energitätheten i batterier är på tok för låg jämfört med flygfoto-gen.*” Se även K. Nilssons och P. Berrys artikel i Ny Teknik ”[Batteriteknik i större skala – flygtekniskt omöjligt](#)” <sup>1</sup> Kommersiellt flyg på korta avstånd är inte möjligt av konkurrensskäl, här är landtransport billigare och även snabbare från dörr till dörr
2. K. Nilsson, P. Berry med flera har publicerat artikeln [Batteridrivna passagerarflygplan är en flygteknisk omöjlighet](#) <sup>67</sup>
3. **Om** man skulle lyckas utveckla batterier med tillräcklig lagringskapacitet för flyg på längre sträckor, skulle det finnas så mycket energi per kg batteri, att detta skulle explodera vid en kortslutning. **Beräkningarna** till detta redovisas i **bilaga 1**.

Att redan dagens litiumbatterier är farliga ombord på flygplan visades mycket drastiskt vid en störtning 2010 av ett fraktflygplan i Dubai som orsakades av litiumbatterier i lasten, vilka fattat eld: [Artikel i Gulf Times](#) <sup>54</sup> Citat: ”*Investigators say the crash highlights the risks posed by lithium batteries, which are prone to overheating leading to intense fires.*”

En [Youtube-film](#) <sup>30</sup> i NBC News visar tydligt vad som händer när 5000 Litiumbatterier i en flygcontainer tar eld.

IATA har sedan 2016 [stränga föreskrifter](#) <sup>27</sup> när det gäller Li-batterier i passagerarflygplan. Se även [föreskrifter från FAA](#) <sup>28</sup> Hur förespråkarna för elflyg kan få dessa säkerhetskrav att gå ihop med mer än tusenfalt starkare framdrivningsbatterier, det är för mig en fullständig gåta.

VTI har gett ut en litteraturstudie: [Det kommersiella elflyget – verklighet eller dröm?](#) <sup>36</sup> Citat ur denna: ”*slutsats (...) att stora helelektrifierade flygplan ligger långt in i framtiden, om de någonsin lyckas. Däremot (...) potential för en ny marknad på mindre regionalflyg.*”

En ny rapport från Trafikanalys: [Rapport 2020:12 Elflyg början på en spännande resa \(trafa.se\)](#) <sup>57</sup>

Redan med batteridrift för bilar har faror visat sig, speciellt vid olyckor, se kapitlet ”Batterier”

Sverige har idag (2019) inget officiellt program för hur utsläppen av drivhusgaser från flyget skall reduceras. Därför är det för mig också en gåta hur [uttalade klimatmål](#) <sup>2</sup> skall gå ihop med ökad flygtrafik, några exempel:

1. Sälens flygplats har byggts ut för mer trafik, se <http://www.jarnvag.ch/salen.pdf> <sup>3</sup>
2. Swedavia har på direkt fråga ännu inte kunnat svara på hur trafikflyget skall kunna göras klimatvänligt.

En ytterligare nackdel med det omfattande flygresandet över hela världen, förutom utsläpp av klimatskadande gaser: Sjukdomar får lättare att sprida ut sig så att det uppstår pandemier, som nu senast Covid-19

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter resande och gods</b>
-------------------	--------------------------------------------------

## Fartygstrafik

**Persontrafik:** Det har framkommit förslag på att ersätta flyget över Atlanten med fartygstrafik för att göra resorna över hav hållbara. Följande redovisning visar dock att det motsatta snarare skulle bli resultatet! För att visa detta har jag plockat fram två exempel för att kunna jämföra flyg- och fartygstrafik.

1. Det moderna fartyget [Queen Mary 2](#)<sup>42</sup> är enligt uppgift det enda fartyg som idag används för passagerartrafik över Atlanten, förutom som kryssningsfartyg. Fartyget behöver enligt tidtabellen 7-8 dagar för [Southampton – New York](#)<sup>43</sup>, ca. 6 000 km och har sex motorer på totalt 117 320 kW. Fartyget kan ta 2 695 passagerare.

Om det antas att motorerna går med 70 % effekt fås följande:

82 120 kW i genomsnitt för 7 x 24 h blir 13 800 MWh energiåtgång för överfarten. eller  
5 120 kWh per passagerare för överfarten = 18 430 GJ, eller

**534 lt. drivmedel per pass.** (omräkningsfaktor 34.5 MJ/lt. för drivmedel)

Om man istället skulle kunna ta ombord dubbla antalet passagerare, så åtgår teoretiskt **267 lt. drivmedel per pass.** vilket fortfarande är mer än för en atlantflygning, se nedan. Komforten minskar samtidigt starkt: små hytter, trängsel i restauranger, barer och aktiviteter, inskränkningar i vissa aktiviteter. Jag anser det självklart att man önskar en helt annan komfort om man skall tillbringa en hel vecka i sträck till sjöss, mot för om det bara rör sig om några timmar eller upp till ett dygn.

2. Detta jämför jag med [Bristol Britannia](#)<sup>44</sup>, ett långdistansflygplan, konstruktion från 1952-60: turboprop, serie 310, 139 passagerare, max. räckvidd 7 130 km, Flyghöjd max. ca. 7 500 m och tank för 30 320 liter flygfotogen, enligt [Airvectors: Bristol Britannina & Vickers Viscount](#)<sup>45</sup><https://airvectors.net/avbrtn.html>

En full tank räcker alltså gott och väl för ca. 6 000 km Sydengland – New York, vilket blir mindre än. 30 320 lt. / 139 pass. = **mindre än 218 lt. drivmedel per pass.**

Anmärkning. Jag har räknat med en äldre flygplanstyp, en modernare typ skulle antagligen dra mindre drivmedel per passagerare.

### Dessa två exempel visar därmed följande.

1. Bränsleförbrukningen för en överfart över Atlanten är per passagerare mindre eller mycket mindre i ett flygplan än i ett motordrivet passagerarfartyg.
2. Förutsatt hållbart bränsle och reducerad flyghöjd är flyget därmed minst lika klimatvänligt som resan med motordrivet fartyg, tvärt emot vad många kanske tror...

Även om det här bara rör sig om två exempel, är resultatet så tydligt att det kan anses vara representativt.

Se även: <https://www.expressen.se/allt-om-resor/kryssning-varre-an-flyg-enligt-ny-undersokning/><sup>7</sup>

*Kapitlet fartygstrafik fortsätter på nästa sida*

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter resande och gods</b>
-------------------	--------------------------------------------------

### *Fartygstrafik fortsättning*

#### **Godstrafik**

Citat ur en [artikel i Svenska Dagbladet](#) <sup>25</sup>: ”Landets inrikes sjöfart släpper ut mycket mer föroreningar och växthusgaser än man tidigare trott. (...) den inrikes sjöfarten därmed har större miljöpåverkan än exempelvis inrikesflygen ..”

#### **Eldrift**

Batteriframdrivning för fartygstrafik lär inom överskådlig tid bara komma i fråga för korta avstånd. Detta gäller framför allt färjetrafik där den redan börjat användas. För längre avstånd är batterivikten ett hinder på samma sätt som för lastbilstrafiken, dvs. lastvikten skulle begränsas starkt. Här kan bara komma i fråga fossilfritt bränsle och vätgas+bränsleceller. I det senare fallet blir elförbrukningen hög, då 60-70 % av energin går förlorad vid omvandlingarna el → vätgas → bränslecell → el.

Tillgången av fossilfritt bränsle är mycket begränsad, se kapitlet ”Fossilfria drivmedel” Detta bränsle kan därför bara komma ifråga i högst begränsad omfattning.

## Personbilar

**Byte av transportmedel** till eldrivet tåg, buss eller cykel hör naturligtvis till de bästa sätten att minska utsläppen av drivhusgaser. Detta förutsätter dock att dessa alternativ är attraktiva: tidtabell, tillförlitlighet, åkkomfort och pris, vidare att det finns separata cykelbanor. Även självkörande minibussar presenteras som ett framtida alternativ till personbilar, mer om detta i kapitlet "Bussar". För E-bikes och E-sparkcyklar gäller samma förbehåll som för eldrivna personbilar. En trevlig bieffekt av att byta till tåg eller buss är att hälsan förbättras, vilket är bevisat vetenskapligt.

**Eldrift med batterier** för omställning av Sveriges personbilsflotta är redan på gång. Men tyvärr blir personbilarna därmed *inte automatiskt* klimatvänliga. Mer om detta i kapitlet "Batterier". Kortfattat handlar det om att utvinningen av batteriråvarorna och tillverkningen av batterierna måste vara hållbara, vilket de till en mycket stor del tyvärr inte är idag. Vidare att elen till batteriladdningen måste vara hållbar, vilket kan bli en kritisk fråga med begränsad elströmproduktion och -distribution. Mer om detta finns i rapporten [Elektrifiering av Sveriges Transportsektor](#)<sup>51</sup> från Svenskt Näringsliv feb. 2020. Se även kapitlet "Eldrift allmänt"

**Syntetiska drivmedel för drift av bilar** kan visserligen framställas fossilfritt, men behöver betydligt mer elenergi än samma drift med batterier. Se också avsnittet "Eldrift allmänt"

**Biodrivmedel** (helt eller delvis) används redan idag till en liten andel av personbilsflottan. Hur denna andel kan ökas beror på tillgången av inhemskt biodrivmedel, som tyvärr är mycket begränsad, och av att biodrivmedlet framställs hållbart. Se kapitlet "Fossilfria drivmedel".

Övergång till **bränslecellsdrift** med fossilfritt framställd vätgas är en teknik som har börjat användas, ännu i mycket liten skala. Även här handlar det om tillgången på hållbar elkraft för vätgasproduktionen.

**Hybridbilar** och **laddhybridbilar** får i detta sammanhang bara anses som en liten delösning vid övergången till fossilfri framdrivning av bilar. Det måste betonas att i hybridbilar kommer all energi från drivmedlet, antingen direkt till motorn eller omvägen över batteriet. För laddhybridbilar gäller delvis samma sak. En viss minskning av den praktiska drivmedelsåtgången rapporteras i båda fallen, om än i begränsad omfattning.

Att ställa om till **självkörande bilar** skulle *inte* minska utsläppen av drivhusgaser, för det spelar knappast någon roll för bränsleförbrukningen vem som sitter vid ratten, en förare eller en robot. Och dessutom: Om självkörande bilar har framtiden för sig finner jag vara högst tveklaktigt. Vägtrafiken är ytterst komplex, men måste ändå kunna behärskas av ett datorprogram med kameror och andra sensorer. Ett flertal svåra olyckor rapporteras, där orsaken är att bilen varit självkörande. Ansvarsfrågan måste även klargöras, det vill säga vem som är ansvarig vid en eventuell olycka: den som sitter i bilen, biltillverkaren, bilförsäljaren eller någon annan? Sitter biltillverkaren utomlands kompliceras ansvarsfrågan ytterligare, osv. Att tekniken ännu inte är färdigutvecklad visas av en dödsolycka i april 2021 med en självkörande elbil som körde av vägen in i ett träd i Texas, USA.

**Sammanfattat** är det därmed osäkert hur Sveriges hela personbilsflotta kan göras hållbar, speciellt i dagens läge. Batteridrift gör tyvärr inte automatiskt personbilar hållbara, i värsta fall kan klimatet faktiskt skadas mer genom en omställning till batteridrift. Batteritekniken går dock framåt, så i en nära framtid kan kanske batterierna göras hållbara, men problemet kvarstår att det kanske inte finns tillräckligt med hållbar elkraft för denna omställning inom rimlig tid.

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter resande och gods</b>
-------------------	--------------------------------------------------

## Lastbilar

Lastbilar körs idag framför allt på dieselolja, vilket tyvärr bidrar till att skada klimatet. Lastbilstrafiken är i praktiken starkt subventionerad, då dess kostnader inte täcks och lastbilarna tillåts bli allt längre och tyngre utan att pålagorna ökas i motsvarande grad. Överlast och överträdelse av hastighetsbestämmelser är inte ovanliga. Dessutom får den i praktiken illegala cabotage-trafiken fortgå utan tillräckliga motåtgärder, vilket även skadar inhemska åkerier.

Den för klimatet viktigaste åtgärden är dock att minska förbrukningen av dieselolja. Bästa sättet för detta är naturligtvis att minska godstransporterna, men efter detta kommer åtgärder för att göra kvarvarande godstransporter klimatneutrala, här finns det olika alternativ:

**Överflyttning** av godstransporter **till järnväg och sjöfart** i största möjliga utsträckning är, efter minskade transporter, det **mest intressanta** alternativet, till en teknik som är välbeprövad och till en kostnad som kan överblickas. Detta kan antingen göras med tåg(sjö)frakt hela vägen, eller i kombination med kortare vägtransport: Hela lastbilen eller bara trailern (påhängsvagnen) lastas på biltransportvagnen, vilket förekommer på många håll i Europa och Nordamerika. Som alternativ lastas containrar eller själva godset om mellan tåg/fartyg och lastbil. I detta sammanhang måste Sveriges regering och Trafikverket upphöra med att i praktiken missgynna godstransporter på järnväg, som man idag tyvärr gör:

1. Vanskött underhåll av järnvägen
2. Höga banavgifter som höjs ännu mer,
3. Borttagande av spåranslutningar till industrier
4. Införande av onödig och störningskänslig ERTMS där utrustningen för denna i loken skall betalas av godsbolagen själva, se [Rambölls utredning](#)<sup>34</sup>

**Biodiesel** som ersättning för dieselolja är ett av alternativen, det är dock mycket osäkert om det kommer att finnas tillräckligt med inhemsk biodiesel i framtiden. Viktigt är också att biodieseln framställs hållbart, Se vidare i kapitlet ”*Biodrivmedel*”.

**Bränslecellsdrift** med fossilfritt framställd vätgas är en teknik som man räknar med står inför ett snart genombrott. Totala elkraftåtgången för lastbilstransporten är dock flera gånger högre än för transport av samma mängd gods på järnväg. Detta är mycket viktigt då tillgången på elkraft är begränsad, se kapitlet ”*Eldrift allmänt*”.

**Induktion i vägbanan** för att överföra elenergi är ännu på **försöksstadium**. Bland annat måste det klaras ut hur tekniken klarar snö och is, samt säkerhetsaspekter. Och, man måste betänka att eldrift för lastbilar *alltid* kräver många gånger mer energi än godståg, räknat per ton transporterat gods. Detta oberoende av energiöverföring och framdrivningsteknik för lastbilen.

*Kapitlet Lastbilar fortsätter på nästa sida*

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter resande och gods</b>
-------------------	--------------------------------------------------

### *Lastbilar - fortsättning*

**Elvägar**, dvs eldrift helt under kontaktledning kan på goda grunder anses vara fullständigt **orealistisk** av kostnadsskäl, utom på vissa korta sträckor. Enbart uppsättandet av kontaktledning skulle inte heller öka kapaciteten på vägnätet. Det skall betonas att två järnvägsspår erfarenhetsmässigt motsvaras i kapacitet av mer än tio vägfiler, hur mycket mer beror på omständigheterna.

I artikeln [Elvägar för lastbil – Kejsarens nya kläder](#)<sup>20</sup>, införd i Ny Teknik 2016-09-16, avskriver innovator Sten Lövgren helt elvägar för lastbil. I artikeln anförs även högre olycksrisk orsakad av kontaktledningsstolparna längs vägarna.

I Wikipedia finns en artikel på tyska om [kontaktledning för godstransporter](#)<sup>37</sup>. Tekniken är över 100 år gammal, men används bara för korta sträckor. I artikeln finns även bilder på elvägar.

Se mer detaljerat i *bilaga 2 "Elvägar"*. Ett omtänkande hos Trafikverket när det gäller en planerad satsning på elvägar verkar dock nu vara på gång.

**Kombinationen batteridrift/kontaktledning** är ännu på försöksstadiet.

**Batteridrift** till 100% skulle för tunga och långväga transporter falla på den höga batterivikten, som begränsar lastkapaciteten och/eller räckvidden.

**Energiåtgång** är en mycket viktig faktor i detta sammanhang. Det går åt betydligt mindre energi att transportera på järnväg än på landsväg. Och, i själva verket körs lastbilar med en annan form av framdrivning, som diesel med låg verkningsgrad. Framdrivning med bränsleceller med hållbart framställt väte är på utvecklingsstadium, men där tyvärr den mesta energin går förlorad i omvandlingarna  $el \rightarrow väte \rightarrow bränslecell \rightarrow el$ . I dessa två fall är skillnaden i energiåtgång ännu större gentemot tågtransport, som alltså blir ännu fördelaktigare än vägtransport. Genom att alltmer el kommer att användas, bland annat för transporterna, kommer det antagligen att bli svårt att få tag i tillräckligt mycket elkraft från hållbara källor (vattenkraft, vind, solceller). Det är då viktigt att denna elenergi sätts in där den gör mest nytta, dvs. tågtransport i största möjliga utsträckning. Se också kapitlet: *"Eldrift allmänt"*

**Lastbilsvikt:** Det är allmänt bekant att Sverige redan nu tillhör de länder i Europa som tillåter de längsta och tyngsta lastbilarna. Genom detta kan godset transporteras billigt på väg och ge lastbilarna konkurrensfördel gentemot tåg- och fartygsfrakt. Ett förslag att öka både längden och tillåtna lasten ytterligare skulle öka vägtransportens konkurrenskraft ännu mer, d.v.s. föra över ännu mer frakt till vägtransport. Citat ur rapporten [Klimatmål på villovägar?](#)<sup>32</sup> *"En ökning av den tillåtna totalvikten hos tunga lastbilar från 64 till 74 ton reducerar bränsleförbrukningen per tonkilometer, men samtidigt leder sjunkande transportkostnader till att gods flyttas från järnväg till väg"* Ett sådant förfarande går stick i stäv mot att Sverige utlovat att föra över transporterna från väg till järnväg och sjöfrakt i avsikt att främja klimatskyddet, se: <http://www.jarnvag.ch/Trafikutvecklingen.pdf><sup>2</sup> sidan 5. Det har dessutom visats att [vägslitaget ökar i fjärde potens med axeltrycket](#)<sup>26</sup>.

## **Bussar**

**Fossil diesel** och **fossil naturgas**, bland annat, används idag för drivning av bussar vilket orsakar klimatskadande utsläpp och måste därför ersättas. ”**Naturgas**” är tyvärr en missvisande beteckning, då denna gas kommer från fossiler – den korrekta beteckningen är istället självklart ”**Fossilgas**” eller ”**Fossil naturgas**”

**Etanol** används redan idag i viss utsträckning för drift av bussar. Förutsättningen för att göra busstrafiken hållbar med detta bränsle är att etanolen framställs utan användning av fossilråvaror.

**Biodiesel** är ett tänkbart alternativ till diesel, dock är det mycket tvivelaktigt att det skulle finnas tillräckligt mycket av detta drivmedel som framställs hållbart. Se kapitlet ”*Fossilfria drivmedel*”

**Syntetisk diesel** kan vara CO<sub>2</sub>-neutral om den framställs utan användning av fossilråvaror, detta är på försöksstadiet.

**Trådbuss** är en gammal beprövad teknik, som dock endast kan användas i städer. Detta av kostnadsskäl (kontaktledningen), se kapitlet ”*Lastbilar - Eldrift*”

**Batteridrift** har börjat användas för korta sträckor i städer. För att användning av batterier inte skall orsaka indirekta utsläpp av CO<sub>2</sub> finns flera krav, se kapitlet ”*Batterier*”.

**Kombinationen kontaktledning/batteri** har också börjat användas.

**Byte till eldrivna fordon**, med direktmatning av elkraften, är ett mycket bra sätt att minska utsläppen av drivhusgaser från bussarna: byte till trådbuss, samt i större städer till spårväg och tunnelbana. Det finns också systemet spårstyrda bussar på gummihjul. Dessa kräver både styrskena och kontaktledning och används i bland annat Paris.

Utanför större städer är för långväga bussturer det bästa alternativet eldrivet tåg, medan för kortare sträckor och tätt mellan hållplatser kan bussen vara det bättre alternativet, men då med fossilfri framdrivning

**Självkörande minibussar** är ännu i utvecklingsstadium och det har uttalats förhoppningar om att detta trafikmedel i framtiden kan bli ett alternativ till vanliga bussar i normal trafik. Det har dock uppstått tvivel mot detta, som framgår av följande: I Schweiz har sex städer testat självkörande minibussar, med nedslående resultat. Om det över huvud taget skall bli möjligt att kunna köra dessa som avsett räknar man med att det kommer att dröja mer än tio år<sup>38</sup> Det måste betonas att normal vägtrafik är mycket komplex och kräver mycket av trafikanterna. Sensorer plus datorprogram för att bemästra allt detta är knappast möjligt att utveckla, åtminstone inom överskådlig tid. **Självkörande minibussar är därmed idag ointressanta i vanlig blandad trafik.**

## **Annan motoriserad vägtrafik**

Tas inte upp här: motorcyklar, mopeder, traktorer, m.m. då de har liten betydelse för utsläppet av klimatskadande gaser.

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter</b> <b>resande och gods</b>
-------------------	--------------------------------------------------------

## **Inlandsbanerapport**

B. Forsberg och A. Müller skrev i maj 2021 rapporten [Inlandsbanans tid är nu](#) <sup>58</sup> Som titeln säger handlar denna rapport om Inlandsbanan och att denna måste förbättras. Men i rapporten påpekas också att en stor del av vägtransporterna i hela Sverige måste flyttas över till järnväg för att vi skall klara klimatmålet och samtidigt behålla mobiliteten. Detta överensstämmer med vad jag kommit fram till. Några citat ur rapporten:

Citat nr. 1: *”Flera svenska forskningsstudier visar på svårigheterna att öka produktionen av **biodrivmedel** till ens någonting i närheten av de ambitioner som finns i samhället. Råvaran räcker helt enkelt inte. Då är ändå Sverige ett land med god tillgång till både skogs- och odlingsmark, i förhållande till vår befolkningens mängd”* Detta överensstämmer med vad som står i kapitlet *”Fossilfria drivmedel”* i föreliggande dokument.

Citat nr. 2: *”Ett motsvarande problem tornar nu även upp sig vad gäller **elektifieringsambitionerna** (...) Enligt det elektrifieringsscenario Energimyndigheten redovisar i en nyutkommen rapport väntas den svenska elförbrukningen öka kraftigt under de närmaste 30 åren, från 140 TWh till 234 TWh. Rapporten missar dock att inkludera elförbrukningen från de på senare tid lanserade satsningarna på järnsvamp och fossilfritt stål av LKAB och H2 Green Steel. (...) Räknar man även dessa projekt landar den förväntade elanvändningen år 2050 på 300 TWh, d.v.s. mer än en fördubbling jämfört med idag. Även om Sverige för närvarande har en överproduktion av el är det mycket svårt att se hur utbyggnaden av förnybar el (...) skall kunna möta denna enorma efterfrågeökning”* Se också kapitlet *”Eldrift allmänt”* i föreliggande dokument.

Citat nr. 3: *”Det är kraftfullheten i den **fossila energin**, främst oljan, som möjliggjort vårt massmobila samhälle (...) Energibehållningen från förnybara energilösningar som sol och vind är radikalt mycket lägre (...) Med erkännande av sådana realiteter ter det sig utomordentligt angeläget att samhället strategiskt satsar på transportslagen med bäst förutsättningar i omställningen från fossilt till förnybart. Framför allt innebär det satsning på energieffektiva före mer energiintensiva transportslag. Som tumregel är järnvägstransporter cirka tio gånger mer resurseffektiva än landsvägstransporter.”*

Jag rekommenderar också övriga delar av Inlandsbanerapporten.



<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter</b> <b>resande och gods</b>
-------------------	--------------------------------------------------------

## Fossilfria drivmedel

Dessa kan delas upp i syntetiska drivmedel ...

Etanol och Metanol som framställts hållbart är exempel på fossilfria drivmedel.

Väte som framställts hållbart (= ”grönt” väte) kan användas som fossilfritt drivmedel, antingen direkt eller efter omvandling i elektricitet i bränslecell. Vid omvandlingarna el > väte > bränslecell > el går ca. 2/3 av energin förlorad. Se vidare under kapitlet ”flygresande”

...samt biodrivmedel:

Tvivelaktiga råvaror som ingår i biodrivmedel gör detta tyvärr inte hållbart. Speciellt råvaran palmolja är här inte bra, då skogar avverkas för palmoljeplantagerna, vilket är negativt för klimatet.

Import av biodrivmedel bör *inte* ske, biodrivmedlet skulle då saknas i andra länder för omställning till fossilfritt, och därmed inte minska totala utsläppen av växthusgaser på vår planet. Per Kågesson skriver i en [rapport 2019 till Regeringskansliet](#)<sup>32</sup> *Klimatmål på villovägar?*, citat: ”För närvarande importeras mer än 80 procent av vår biodrivmedelsförbrukning, och av den volymen består ungefär två tredjedelar av HVO (biodiesel) som till hälften framställts ur palmoljeprodukter. EU-kommissionen bedömde nyligen att HVO, baserad på palmolja och biprodukten PFAD, till följd av indirekta markeffekter ger upphov till större utsläpp av koldioxid än om man kör fordonen på fossil diesel (European Commission 2019).”

[Fossilfria drivmedel för att minska transportsektorns klimatpåverkan](#)<sup>13</sup> är en rapport från Riksdagens Trafikutskott. Citat ur denna på sidan 176: ”En svensk forskargrupp vid IVL Svenska Miljöinstitutet och Lunds universitet har gjort uppskattningar av hur stor den svenska biodrivmedelsproduktionen kan vara 2030.

*Den försiktiga uppskattningen kommer fram till ungefär 15 TWh svensktillverkade drivmedel, medan den mer ambitiösa uppskattningen ger ungefär 28 TWh svensktillverkade drivmedel 2030.”*

Detta skall jämföras med [förbrukningen 2019](#)<sup>14</sup> av de viktigaste drivmedlen för vägfordon:  
Bensin inklusive låginblandad etanol och biobensin **24 TWh**

Diesel inklusive inblandad biodiesel **48 TWh**

Härav ses tydligt att för vägfordon kan inhemska biodrivmedel endast till en mindre del ersätta fossila drivmedel. Speciellt skall nämnas diesel, varav en stor del används till lastbilstrafik.

Det tillkommer flygbränsle, förbrukning **12 TWh** år 2017

Som framgår ovan finns det inhemskt biodrivmedel, om än i alltför begränsad omfattning. Hur detta skall användas blir därför en viktig fråga.

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter</b> <b>resande och gods</b>
-------------------	--------------------------------------------------------

## Batterier

**Eldrift med batterier** är en teknik som redan finns idag och blir allt vanligare, i första hand för personbilar. Viktigt i detta sammanhang är dock att titta på:

1. Utvinningen av råvarorna till batterierna
2. Tillverkningen av batterierna
3. Laddningsströmmen till batterierna
4. Vad som skall hända med uttjänta batterier

Om man inte ser upp här, så kommer elektriciteten till en eller flera av dessa punkter från kol-, olje- eller gaskraftverk. Därmed har man genom bytet till batteridrift kanske vunnit bara minimalt eller inget alls för klimatet eller i värsta fall indirekt till och med förorsakat ökat utsläpp av klimatskadande gaser! Själva bytet till batteridrift är alltså *ingen garanti* i sig för minskade utsläpp av drivhusgaserna! Mer information om detta finns i en [rapport från IVL](#) <sup>5</sup> som belyser klimatpåverkan från produktionen av elbilsbatterier. Sammanfattat saknas det ännu tillräckligt med data för att göra ett klart uttalande över hur omställning till batteridrift för personbilar minskar de totala utsläppen av CO<sub>2</sub>. Det finns även en [studie gjord av Agora-Verkehrswende](#) <sup>6</sup> (tyvärr bara på tyska) som kommer till ungefär samma slutsats:

Det måste säkerställas att punkterna 1. till 4. ovan inte förorsakar CO<sub>2</sub>-utsläpp  
... för att en omställning till batteridrift skall vara meningsfull för klimatskyddet.

I dagens läge är det tyvärr mycket osäkert om dessa krav uppfylls.

Det krävs även att hänsyn tas till miljön och arbetarskyddet för att en omställning till batteridrift skall vara meningsfull för klimatskyddet. Detta är tyvärr ofta inte fallet, vilket framgår av en [Artikel i VCS-Zeitung](#) <sup>40</sup> (VCS = Verkehrsclub der Schweiz).

Prof. em. Evert Andersson skriver om eldrift: *"Eldrift via batterier är inte alls problemfritt. För det första släpper man ut mängder av klimatgaser vid tillverkningen, inte bara från batterier, utan från biltillverkningen överhuvudtaget. POLESTAR uppger själva att det blir ett klimatgasutsläpp på ca 23 ton CO<sub>2</sub>e vid tillverkningen. Det säger de ska succesivt minska och det får vi verkligen hoppas. Säg att det blir 20 ton per bil med den teknik man kan se inom de närmaste 5 åren. Om 5 miljoner svenska bilar ska ersättas så blir det 100 Mton CO<sub>2</sub>e (...) Det kommer väl successivt att minska, men särskilt lätt blir det inte, eftersom mycket av tillverkningen sker i länder med stora utsläpp, och som kommer att ha stora utsläpp under lång tid (typ Kina, Korea, Japan till exempel). Säg att man så småningom kommer ner till hälften, d v s 10 ton per bil. Det är fortfarande 50 Mton för en svensk bilgeneration som varar i ca 18 år."* Anm: De angivna mängderna 23, 20, 10 ton CO<sub>2</sub>e gäller bara tillverkningen av batteriet, inte av bil + batteri.

**Batteridrift är idag därmed *inte* automatiskt klimat- och miljövänlig!**

Utvecklingen av batterier går dock snabbt framåt, så klimat- och miljövänligheten för nya batterier förväntas allmänt bli bättre med tiden.

MEN, batterier med högspänning har tyvärr tillfört en ny risk, som hittills har visat sig vid olyckor med elbilar, enligt en artikel i [Teknikens Värld](#) <sup>66</sup>

Se även kapitlet *"Elkraft allmänt"* om tillgången på elkraft.

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter</b> <b>resande och gods</b>
-------------------	--------------------------------------------------------

## Eldrift allmänt

### Energiförbrukning

Det är väl känt att transport på väg kräver flera gånger mer energi än samma transport på räls. Orsaken är framför allt det många gånger högre rullmotståndet för gummihjul på asfalt, jämfört med stålhjul på stålräls. En uppgift visar på 15 ggr mer på väg än på räls, se Sten Lövgren: [sammanställning av rullmotståndet](#).<sup>60</sup> En annan uppgift visar på 5-7 ggr högre rullmotstånd på väg än på räls. Verkligheten torde ligga någonstans inom detta intervall (dvs. 5-15 ggr mer).

Viktig i detta sammanhang är dock den verkliga energiförbrukningen. För denna tillkommer också andra faktorer som: luftmotstånd, verkningsgrad energi → arbete samt lastfaktor. Dessa faktorer ändrar inte på det förhållandet att vägtransport förbrukar mycket mer energi per ton och km än tågtransport. Utgående från rapporten *Energieffektiv järnväg Styrmedel mot klimatmålen*<sup>63</sup> kan man räkna fram att lastbilstransport kräver 5-6 ggr mer energi än tågtransport, räknat per ton last och km. Detta oberoende av om lastbilen drivs av dieselolja eller av bränsleceller (med vätgas). Framdrivning av lastbilen med el direkt från kontaktledning kräver visserligen lägre energiförbrukning än dieselolja eller bränsleceller, men ändå mer än på järnväg, i detta fall ca. 2-3 ggr. mer. Men, kontaktledningsdrift på väg kräver mycket höga investeringskostnader, se bilaga 2 "Elvägar" och kan därför inte betraktas som ett realistiskt alternativ. Batteridrift kan inte heller komma i fråga för lastbilstransporter över långa avstånd, då de tunga batterierna skulle begränsa lastkapaciteten och/eller transportavståndet.

Av detta framgår det tydligt att för klimatvänliga godstransporter på väg kan endast bränslecellsdrift och hållbart inhemskt bränsle komma i fråga, det senare dock endast i begränsad omfattning på grund av den knappa tillgången på sådant bränsle, se kapitlet "Biodrivmedel". Återstår alltså bränslecellsdrift med hållbart framställt väte. Elenergiförbrukningen blir som nämnts 5-6 ggr högre än transport på räls!

*Kapitlet Eldrift allmänt fortsätter på nästa sida*

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter resande och gods</b>
-------------------	--------------------------------------------------

## *Eldrift allmänt - fortsättning*

### **Tillgång på elkraft**

Svenskt Näringsliv gav i feb. 2020 ut rapporten [Elektrifiering av Sveriges Transportsektor](#)<sup>51</sup> Citat ur sammanfattningen i denna rapport: "Om stora delar av transportsektorn elektrifieras bedöms efterfrågan på el öka med cirka 26 TWh i Sverige. Det medför inte bara behov av ökad elproduktion utan även av ytterligare nätkapacitet. Det finns redan idag kapacitetsbrist på flera platser i elnätet och en snabb elektrifiering av transportsektorn riskerar att försenas på grund av kapacitetsbrist" Rapporten visar på svårigheten att täcka behovet av elkraft för att kunna elektrifiera hela vägtrafiken inom målet senast 2050. Se också Svenska Kraftnäts rapport [Långsiktig marknadsanalys 2021](#)<sup>59</sup>

**Elförsörjningen** i Sverige måste byggas ut, enligt rapporten [Bråttom att rusta för fördubblad elanvändning](#)<sup>61</sup> för 670 miljarder kr för att möta en väntad fördubbling av elförbrukningen, från 140 till 310 TWh. Detta skulle inte bara täcka den förväntade ökade efterfrågan från vägtrafiken, se ovan, utan framför allt ökad användning inom industrin.

Elkraft kan också framställas hållbart i fossilkraftverk, där CO<sub>2</sub> avlägsnas direkt ur rökgaserna, s.k. CCS-teknik.

Tyvärr försvåras den kraftiga utbyggnaden av fossilfri elförsörjning (vattenkraft, vindkraft och solenergi) av att det har kommit fram uppgifter om ökat motstånd mot att bygga ut vindkraften. Detta försvårar omställningen till helt fossilfri el.

**Kärnkraft** som alternativ belastar förstås inte klimatet, men har andra kända nackdelar, som katastrofrisk (Tjernobyl, Fukushima) och radioaktivt avfall. El från nybyggda kärnkraftverk kan enligt uppgift från flera källor dessutom vara *dyrare* än el som kommer från solceller och vindkraftverk och är därmed knappast aktuell som källa för hållbar elenergi.

**Fusionsenergi** framställs ofta som lösningen för att få nästintill obegränsad tillgång på elenergi. Men tyvärr har tekniken för detta visat sig synnerligen svårbemästrad, Trots många decenniers arbete för många miljarder Euro har man inte lyckats göra tekniken användbar, det vill säga att mycket mer energi erhålls än man stoppar in i processen. Om det inom överskådlig framtid kommer att lyckas är mycket osäkert.

Allt detta är för mig ett mycket kraftigt argument för att flytta över så många transporter som möjligt från väg till energisnålare järnväg. Därigenom kan den inte obegränsade tillgången på hållbar elenergi utnyttjas mycket effektivare för transport och utbyggnadsbehovet för elförsörjningen begränsas.

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter</b> <b>resande och gods</b>
-------------------	--------------------------------------------------------

## Avlägsnande av CO<sub>2</sub> från luften

För att uppnå klimatmålet finns kanske ytterligare en möjlighet: Avlägsna CO<sub>2</sub> ur luften och bind denna varaktigt. Det finns olika förutsättningar som styr hur och om detta skall lyckas. En av dessa förutsättningar är koncentrationen CO<sub>2</sub> i luften – med hög koncentration går det lättare att avlägsna önskad mängd CO<sub>2</sub>, dvs. det blir billigare, medan det omvända gäller för låg koncentration CO<sub>2</sub>. Hög koncentration finns direkt i rökgaser från förbränning och här har man kommit rätt långt i att avlägsna CO<sub>2</sub>

IVA (Ingenjörsvetenskapsakademin) höll 2019 ett seminarium om koldioxidinfångning. Seminariet ”Så fångas koldioxid och lagras i marken” spelades in och kan [ses här](#)<sup>64</sup> I seminariet rör det sig framför allt om CO<sub>2</sub> i hög koncentration, intressant i industriella processer.

När det gäller CO<sub>2</sub>-infångningen finns det två huvudalternativ:

1. CCS: fånga upp CO<sub>2</sub> från förbränning av fossil – förhindrar att ytterligare CO<sub>2</sub> släpps ut.
2. BECCS: fånga upp CO<sub>2</sub> från förbränning av biomassa – avlägsnar CO<sub>2</sub> ur atmosfären

Men föreliggande dokument ”Hållbara transporter” handlar om utsläpp från trafiken, utsläpp som späds ut direkt i atmosfären, varvid koncentrationen blir låg, 400 ppm eller 0.04 %. Vid denna låga koncentration är det mycket svårare och därmed mycket dyrare att tekniskt avlägsna önskad mängd CO<sub>2</sub>. CO<sub>2</sub>-infångning och lagring är i detta fall i praktiken inget alternativ till att minska CO<sub>2</sub>-utsläppet.

När det gäller CO<sub>2</sub>-utsläpp från trafiken är med dagens kända teknik därför de enda framkomliga vägarna att minska detta utsläpp genom att

1. transportera mindre,
2. ställa om framdrivningen till hållbart
3. flytta över transporterna till mindre energikrävande transporter, järnväg och båt, som då drivs hållbart.

Just detta presenterar jag i föreliggande dokument ”Hållbara transporter”.

Tänkvärt är det som forskare säger 2020 på Chalmers, i artikeln [Vi måste plocka bort koldioxid från atmosfären](#)<sup>65</sup> Citat: ”Potentialen för negativa utsläpp är dock sannolikt begränsad och vi får aldrig tappa fokus på uppgiften att minska våra utsläpp så långt som möjligt.”

**Slutsats:** För transporterna (resor, gods) är CO<sub>2</sub>-infångning därmed *inget alternativ* till minskat CO<sub>2</sub>-utsläpp.

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter</b> <b>resande och gods</b>
-------------------	--------------------------------------------------------

## Slutkommentarer

Med dagens kunskaper är hållbart trafikflyg troligen möjligt, men med mycket stora inskränkningar: kraftigt ökade kostnader och därmed minskat flyg. Hållbar flygtrafik *i dagens omfattning* är däremot en **omöjlighet**.

När det gäller eldrift för markfordon med batterier måste tillverkningen, laddningen och skrotningen vara hållbara, vilket till stor del *inte* är fallet idag. I värsta fall riskerar vi annars att *öka* det totala CO<sub>2</sub>-utsläppet genom att ställa om från oljebaserad bensin och diesel till batteridrift.

Tillgången på hållbara drivmedel är begränsad och räcker inte för en omställning av all väg- och flygtrafik, här måste prioriteras och kompletteras med alternativ.

Om man i Sverige ställer om till inhemska drivmedel och inhemsk energi skulle de viktiga transporterna i Sverige samtidigt bli mindre sårbara vid kriser ute i världen, som idag Rysslands angreppskrig mot Ukraina. Det bör också sägas att för många oljefält måste alltmer olja mm. användas bara för att utvinna den olja som i slutänden kommer till nytta, oljeutvinningen blir därmed allt ineffektivare och dyrare per liter olja och belastar klimatet och miljön alltmer. Detta gäller framför allt ”Fracking”

Det har visat sig vara mycket svårt att uppfylla ett av Sveriges klimatmål: ”...minska utsläppen av växthusgaser från inrikes transporter, exklusive flyg, med 70 procent från 2010 till 2030.” Men en god början är att sluta behandla järnvägen styvmoderligt, vilket man tyvärr gör idag!

Som avslutning måste sägas att hos ledande personer i politik och i Trafikverket måste ett omtänkande äga rum, om transporterna skall kunna göras hållbara. Hittills har väg- och flygtrafik gynnats, medan järnvägen samtidigt kommit i andra hand eller till och med missgynnats (nedläggningar, bristfälligt underhåll, ökade pålagor). Utbyggnad av dyr och onödig ERTMS leder till en oönskad omlagring av transporter bort från järnväg till väg! I framtiden måste istället **järnvägen få en mycket större vikt** när det gäller transporterna. **Omedelbara åtgärder** för detta:

- upphör med att arbeta för att lägga ner järnvägar
- ta bort banavgifterna
- skjut på införandet av dyr och onödig ERTMS
- ta bort inrikes moms på 6 % för persontågstrafik
- lägg på 25 % moms för inrikes resor med flygtrafik
- förbättrat underhåll av järnvägen

Allteftersom nya fakta kommer fram, flyter dessa in i detta dokument.

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter</b> <b>Bilaga 1 Batteriflyg – sidan 1</b>
-------------------	----------------------------------------------------------------------

## Är trafikflyg med batteridrift teoretiskt möjligt eller inte?

**Sammanfattat** visar beräkningarna att kommersiellt trafikflyg med batteridrift för längre flygsträckor knappast är möjligt! Orsakerna till detta är:

1. Nuvarande batterier har för liten laddningstäthet för trafikflyg på längre avstånd.
2. **Om** det skulle gå att konstruera batterier med tillräcklig laddningstäthet för denna trafik, skulle dessa explodera vid en eventuell kortslutning. En kortslutning måste därför uteslutas till 100%, om batteriflyg skall kunna användas för kommersiellt trafikflyg på längre avstånd! Denna 100% säkerhet ser jag tyvärr som en omöjlighet!

**För beräkningarna** har propellerflyg valts, då det inte är möjligt att driva jetflygplan med elektricitet. En flygplanstyp har utvalts: Propellerflygplanet **Fokker 50-300** med max. motoreffekt 2050 kW. Uppgiften för Fokker 50-300 kommer från Arne Karyd, liksom övriga uppgifter nedan. I beräkningarna förutsätts samma vikt för elmotorerna som för dagens flygplansmotorer.

Det förutsätts total flygsträcka 700 km

Start: 300 km/h x 2 min = 10 km

Stigning: 350 km/h x 8 min = 47 km

Landning: 520 km/h x 10 min = 87 km

Start + stigning + landning: 144 km (=10+47+87)

Marschfart 520 km/h: 700 km – 144 km = 556 km → 64 min (=556km / 520km/h)

Energibehov per motor för hela flygningen:

Start: 2050 kW x 100% x 2 min = 68 kWh (=2050 x 2/60)

Stigning: 2050 kW x 80% x 8 min = 219 kWh (=2050 x 80% x 8/60)

Marschfart: 2050 kW x 70% x 64 min = 1530 kWh (=2050 x 70% x 64/60)

Landning: 2050 kW x 50% x 10 min = 171 kWh (=2050 x 50% x 10/60)

Totalt energibehov för ena motorn **1988 kWh** (=68 + 219 + 1530 + 171)

Totalt energibehov för två motorer + 33% reserv: 1988 kWh x 2 motorer + 33 % = **5300 kWh**

Det har för enkelhetens skull antagits att elmotorerna har 100% verkningsgrad och att de väger lika mycket som motorerna för flygplansbränsle. Detta stämmer inte helt, verkningsgraden ligger under 100% och elmotorerna är snarare tyngre än motorerna för bränsle. Vidare tillkommer energi för uppvärmning, avisning, roderservo, belysning och avionik. Allt detta gör att eldrift kommer i ett ännu sämre läge än vad som här redovisas och förstärker därmed det negativa uttalandet för batteriflyg, utöver beräkningen här.

I **del 1** av beräkningarna används dagens bästa batteriteknik och i **del 2** ett fiktivt batteri med 23 ggr högre laddningstäthet (Wh/kg)

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter</b> <b>Bilaga 1 Batteriflyg – sidan 2</b>
-------------------	----------------------------------------------------------------------

### **Del 1: Dagens bästa batteriteknik (330 Wh/kg) (enligt min kännedom, 2020)**

Med skalfaktor 60 % blir användbar laddningstäthet **200 Wh/kg**, som används i exemplen 1A & 1B.

#### **Exempel 1A**

För exemplet Fokker 30-500 med 700 km flygsträcka skulle då batterivikten bli 5300 kWh / 200 Wh/kg = **26.5 ton**. Detta skall jämföras med den totala vikten **20.82 ton** för Fokker 50-300, enligt: <https://www.airliners.net/aircraft-data/fokker-50/218> <sup>55</sup>

Det säger sig själv att detta är en orimlighet!

#### **Exempel 1B**

Om vi tar bort bränslevikten 1 750 lt flygbränsle och hälften (25) av sittplatserna kan vi istället lasta ca. 4 500 kg batterier (totalvikten för 1 750 lt bränsletank + 25 x 110 kg/sittplats). Denna insparade vikt kan istället användas för 4.5 ton batterier, vilka kan lagra 900 kWh (= 330 Wh/kg x skalfaktor 60% x 4 500 kg batterier)

För start, stigning och landning åtgår enligt förra sidan  $68 + 219 + 171 = 458$  kWh med flygsträckan för start + stigning + landning  $10 + 47 + 87 = 144$  km

Flyg i marschfart  $2\,050$  kW x 70% =  $1\,435$  kW  
 $442$  kWh /  $1\,435$  kW = 0.31 h

Med marschfart 520 km/h fås då 160 km flygsträcka (= 520 km/h x 0.31 h)

Teoretiskt blir totala flygsträckan således  $144 + 160 =$  **304 km**

Den verkliga flygsträckan inkl. start och landning är därmed mindre än 304 km. I beräkningen av den verkliga flygsträckan måste reservenergi som i exempel 1 C tas med, för att kunna angöra ett reservflygfält, cirkla i luften över flygfältet och 10% reservenergi. Den planerade flygrutten blir därmed mycket kortare än den teoretiska 304 km. dvs. så kort att den bli ointressant utom kanske i något specialfall.

*Med dagens bästa batteriteknik är batteridrift för kommersiellt trafikflyg på längre flygsträckor därmed en omöjlighet!*

**Anm:** Det räknas i denna bilaga (exempel 1A, 1B, 1C och 2) med den *teoretiska* möjligheten för batteriflyg. Det skall betonas att det som inte ens är teoretiskt möjligt är det ännu mindre i praktiken.



**Exempel 1 C**

**Om 10 år har** kanske laddningstätheten kunnat ökas till 500 Wh/kg, med skalfaktor 80 %.

Beräkning analogt exempel 1B ger en teoretisk flygsträcka på maximalt **630 km** med ett flygplan med bara *halva antalet sittplatser* mot för i dagens läge brukligt. 4.5 ton batteri med 500 Wh/kg med 80% skalfaktor blir 1 800 kWh.

Detta skulle räcka teoretiskt för Arlanda – Visby, avståndet fågelvägen **230 km**. Det tillkommer tillräckligt med laddning för en reservflygplats, i detta fall Skavsta med avståndet **150 km** från Visby och reserv för att kunna cirkla rund i 45 min, vilket i detta fall motsvaras av en flygsträcka på 150 km med reducerad effekt (2/3), vilket i energiförbrukning motsvaras av **100 km** i marschfart. Slutligen 10 % ruttreserv på 230 + 150 km = **38 km** Totalt blir detta, att tillräckligt mycket energi behövs för **ca. 520 km** flygsträcka. Det angivna 4.5 ton tunga batteriet med laddningstäthet 500 Wh/kg batteri skulle därmed räcka för flyg Arlanda – Visby. Efter landningen måste batteriet laddas upp igen. Om vi antar 1 timme för att ladda batteriet med 2 250 kWh (= 4500 kg x 500 Wh/kg) + 10 % förluster behövs ca. 2.5 MW. Med 400 V laddningsspänning behövs mycket tjocka kablar för 6 250 A. Antagligen måste flygplatsen bygga ett energilager för att reducera erforderligt momentant effektbehov för ström som kommer utifrån till flygplatsen för laddningen. Detta utgör i praktiken ett ytterligare hinder för det egentligen omöjliga elflyget. Det skall betonas att beräkningen gjorts för att få en grov uppskattning av effektbehovet.

I ett framtida elflygplan behövs mycket tjocka elkablar som skall överföra flera tusen A. Dessa kablar som förbinder batterierna med motorerna blir därför mycket tunga. Gentemot den teoretiska beräkningen ovan måste därför antalet passagerare och/eller räckvidden begränsas för att flygplanet inte skall bli för tungt. Kabelvikten måste beräknas från fall till fall. Den beror framför allt på maximal motorstyrka, kabellängd, spänning och hur kablarna kan kylas.

Och ytterligare ett hinder för elflyget: Med laddningstätheten i batteriet 500 Wh/kg = 1 800 kJ/kg frigörs 1 800 kJ per kg fulladdat batteri direkt vid en kortslutning. Om man räknar på samma sätt som i exempel 2 får man följande resultat:

**Litium** och **aluminium** tar eld i luft och reaktionsprodukterna hettas upp vidare.

**Mangan, järn, kobolt, nickel** och **koppar** smälter och upphettas vidare till kokpunkten.

De gjorda beräkningarna gäller visserligen bara för rena metaller, men det kan på goda grunder förväntas att även andra metaller, icke-metaller och kemiska föreningar i ett så starkt batteri kommer att reagera på ungefär liknande sätt. Om ett flytande ämne, som till exempel vatten, finns i batteriet skulle detta förångas omedelbart, vilket leder till explosion! Det kan även inträffa att kemiska föreningar sönderfaller, med ännu obekanta följdverkningar. Och inte minst måste påpekas att det med största sannolikhet uppstår en kedjereaktion, så att en kortslutning med medföljande brand eller explosion i ett batteri mycket snabbt sprider sig till de andra batterierna.

*Även om det därmed inte blir lika allvarliga konsekvenser som i exempel 2 får man räkna med att verkningarna kan bli så stora att ett flygplan störtar.*

## Del 2 – exempel 2: Laddningstäthet 15.5 ggr högre (3 100 Wh/kg) än dagens bästa batteriteknik

Som del 1 visar måste en betydligt högre laddningstäthet utvecklas för att batteritekniken skall vara intressant för trafikflyg på längre avstånd. I denna del räknas därför med en fiktiv laddningstäthet som är 15.5 ggr högre än dagens bästa batteriteknik:  $15.5 \times 200 \text{ Wh/kg} = 3\,100 \text{ Wh/kg} = 11\,200 \text{ kJ/kg}$

(Anm. 15.5 ggr har valts för att få en teoretisk flygsträcka på 700 km)

Den insparade vikten för flygbränsle, 1 750 kg, inkl. bränsletank, kan användas helt för batterier. Vi får då  $1\,750 \text{ kg batteri} \times 3\,100 \text{ Wh/kg} = 5\,425 \text{ kWh}$  lagerkapacitet. Enligt sidan 1 räcker detta teoretiskt för 700 km flyg.

**MEN**, det rör sig om en mycket stor energimängd per kg batteri, som skall tappas långsamt. Om det istället skulle uppstå en kortslutning i batteriet frigörs hela energimängden på en gång i batteriet, som därmed hettas upp. Följande beräkning visar vad som då skulle hända i detta fiktiva batteri.

### Följden av en kortslutning i ett fulladdat batteri, laddningstäthet 3 105 Wh/kg

Det är naturligtvis omöjligt att förutsäga hur dessa batterier skulle se ut, för då skulle man kunna tillverka dessa redan idag. För beräkningen har därför förutsatts att det ingår samma metaller som i dagens litiumbatterier eller av andra material som har ungefär liknande egenskaper som dessa metaller: litium, aluminium, mangan, järn, kobolt, nickel och koppar. Dessa andra material kan bestå av kemiska föreningar med dessa eller med andra metaller. Beräkningarna på nästa sida är medvetet en mycket stor förenkling, men är ändå en fingervisning på vad som skulle hända vid en kortslutning i batteriet.

I tabellen nedan visas egenskaperna för metallerna:

	Värmekapacitet J/(kg-K)	Smältpkt	Kokpkt	Smältvärme kJ/kg	Förångningsvärme MJ/kg	Flampunkt
<b>Litium</b>	3600	180.5 °C	1342 °C	432	21.0	180 °C
<b>Aluminium</b>	900	660 °C	2467 °C	386	10.5	555 °C
<b>Mangan</b>	480	1246 °C	2061 °C	219	4.85	
<b>Järn</b>	440	1538 °C	2861 °C	247	6.27	
<b>Kobolt</b>	420	1495 °C	2927 °C	275	6.39	
<b>Nickel</b>	440	1455 °C	2913 °C	298	6.31	
<b>Koppar</b>	380	1085 °C	2527 °C	206	4.73	

Källa: nuclear-power.net, [nuclearpowerradiation.tpub.com](http://nuclearpowerradiation.tpub.com) <sup>56</sup>

Det antas att värmekapaciteten förblir ungefär konstant upp till kokpunkten.

**Vid en kortslutning frigörs 3 100 Wh/kg = 11 200 kJ/kg energi, vilket leder till en extremt stark temperaturökning.**

Beräkning av energimängd för att hetta upp från 0 °C till smältpunkten, smälta, fortsatt hetta upp till kokpunkten och till sist förångning metallerna. Det har för enkelhetens skull räknats med uppvärmning från 0°C.

### **Litium**

...till smält- och flampunkten 180°C:  $(180-0) \times 3.6 \text{ kJ/kg} = 648 \text{ kJ/kg}$

Metallen tar eld i luft när den smälter och reaktionsprodukten hettas upp vidare.

Men om metallen inte tar eld händer följande:

...till kokpunkten:  $(180.5-0) \times 3.6 \text{ kJ/kg} + 432 \text{ kJ/kg} + (1\ 342-180.5) \times 3.6 \text{ kJ/kg} = 5\ 263 \text{ kJ/kg}$

...till kokpunkten + fullständig förångning =  $5\ 263 \text{ kJ/kg} + 21\ 000 \text{ kJ/kg} = \mathbf{25\ 263 \text{ kJ/kg}}$

### **Aluminium**

...till flampunkten 550°C:  $(555-0) \times 0.9 \text{ kJ/kg} = 500 \text{ kJ/kg}$

Metallen tar eld i luft vid 555 °C och reaktionsprodukten hettas upp vidare.

Men om metallen inte tar eld händer följande:

...till kokpunkten:  $(660-0) \times 0.9 \text{ kJ/kg} + 386 \text{ kJ/kg} + (2\ 467-660) \times 0.9 \text{ kJ/kg} = 2\ 606 \text{ kJ/kg}$

...till kokpunkten + fullständig förångning =  $2\ 506 \text{ kJ/kg} + 10\ 500 \text{ kJ/kg} = \mathbf{13\ 106 \text{ kJ/kg}}$

### **Mangan**

...till kokpunkten:  $(1\ 246-0) \times 0.48 \text{ kJ/kg} + 219 \text{ kJ/kg} + (2\ 061-1246) \times 0.48 \text{ kJ/kg} = 1\ 208 \text{ kJ/kg}$

...till kokpunkten + fullständig förångning =  $1\ 208 \text{ kJ/kg} + 4\ 850 \text{ kJ/kg} = \mathbf{6\ 058 \text{ kJ/kg}}$

**Överskottsenergi** efter fullständig förångning  $\mathbf{5\ 142 \text{ kJ/kg}}$  (=11 200 - 6 058)

### **Järn**

...till kokpunkten:  $(1\ 538-0) \times 0.44 \text{ kJ/kg} + 247 \text{ kJ/kg} + (2\ 861-1\ 538) \times 0.44 \text{ kJ/kg} = 1\ 506 \text{ kJ/kg}$

...till kokpunkten + fullständig förångning =  $1\ 508 \text{ kJ/kg} + 6\ 270 \text{ kJ/kg} = \mathbf{7\ 776 \text{ kJ/kg}}$

**Överskottsenergi** efter fullständig förångning  $\mathbf{3\ 424 \text{ kJ/kg}}$  (=11 200 - 7 776)

### **Kobolt**

...till kokpunkten:  $(1\ 495-0) \times 0.42 \text{ kJ/kg} + 275 \text{ kJ/kg} + (2\ 927-1\ 495) \times 0.42 \text{ kJ/kg} = 1\ 504 \text{ kJ/kg}$

...till kokpunkten + fullständig förångning =  $1\ 504 \text{ kJ/kg} + 6\ 390 \text{ kJ/kg} = \mathbf{7\ 894 \text{ kJ/kg}}$

**Överskottsenergi** efter fullständig förångning  $\mathbf{3\ 306 \text{ kJ/kg}}$  (=11 200 - 7 894)

### **Nickel**

...till kokpunkten:  $(1\ 455-0) \times 0.44 \text{ kJ/kg} + 298 \text{ kJ/kg} + (2\ 913-1\ 455) \times 0.44 \text{ kJ/kg} = 1\ 580 \text{ kJ/kg}$

...till kokpunkten + fullständig förångning =  $1\ 580 \text{ kJ/kg} + 6\ 310 \text{ kJ/kg} = \mathbf{7\ 890 \text{ kJ/kg}}$

**Överskottsenergi** efter fullständig förångning  $\mathbf{3\ 310 \text{ kJ/kg}}$  (=11 200 - 7 890)

### **Koppar**

...till kokpunkten:  $(1\ 085-0) \times 0.38 \text{ kJ/kg} + 206 \text{ kJ/kg} + (2\ 527-1\ 085) \times 0.38 \text{ kJ/kg} = 1\ 166 \text{ kJ/kg}$

...till kokpunkten + fullständig förångning =  $716 \text{ kJ/kg} + 4\ 730 \text{ kJ/kg} = \mathbf{5\ 896 \text{ kJ/kg}}$

**Överskottsenergi** efter fullständig förångning  $\mathbf{5\ 304 \text{ kJ/kg}}$  (=11 200 - 5 896)

**Slutsats:** Beräkningen visar att en kortslutning skulle leda till att både litium och aluminium tar eld och att reaktionsprodukterna upphettas vidare. De andra metallerna kommer att förångas helt. Det hela går mycket snabbt varför det alltså blir synnerligen allvarliga konsekvenser av en kortslutning, d.v.s. en explosion. De gjorda beräkningarna gäller visserligen bara för rena metaller, men det kan på goda grunder förväntas att även andra metaller, icke-metaller och kemiska föreningar i ett så starkt batteri kommer att reagera på liknande sätt. Om ett flytande ämne, som till exempel vatten, finns i batteriet skulle detta förångas omedelbart, vilket också leder till explosion! Det kan även inträffa att kemiska föreningar sönderfaller, med ännu obekanta följdverkningar. Och inte minst måste påpekas att det med största sannolikhet uppstår en kedjereaktion, så att en kortslutning med medföljande explosion i ett batteri mycket snabbt sprider sig till de andra batterierna.

Sådana kraftiga batterier kan därmed snarast betraktas som bomber, som man långsamt tappar på energi! En kortslutning skulle därmed leda till att ett flygplan med sådana batterier inte skulle störta utan explodera i luften! Ingen skulle överleva.

*Om kortslutning i ett batteri inte kan uteslutas till 100% är därför kommersiellt trafikflyg på längre sträckor med batteridrift en omöjlighet!*

Birger Tiberg 8. okt. 2021

## Elvägar

### **Eldrift för vägtrafik helt under kontaktledning är för långa sträckor helt orealistisk. även om tekniken skulle visa sig fungera!**

Att utrusta alla statliga vägar, 98 500 km<sup>9</sup>, i Sverige med kontaktledning skulle uppskattningsvis kosta i storleksordningen 1 600 miljarder kr. För beräkningen har ett schablonvärde ca. 4 milj./km använts, för ny kontaktledning över ett järnvägsspår. Om det räknas med denna kostnad och att det per körfil på väg behövs dubbel kontaktledning, att en körfil per riktning utrustas med kontaktledning och att dessutom åtgärder behövs för att förhindra elolyckor med oskyddade trafikanter vid nedfallen kontaktledning, kan kostnaden uppskattas till minst ca. 16 milj./km väg, eller ca. 1 600 miljarder för 98 500 km väg. (M. Börjesson m.fl. räknar med 25 milj./km, se nedan) 1 600 miljarder motsvarar *en tredjedel* av Sveriges BNP på 4 791 miljarder under ett år (2017)<sup>10</sup> Man kan också räkna på annat sätt: Om vi antar att [Trafikverkets budget \(2018\)](#)<sup>11</sup> skulle fördubblas från 57 till 114 miljarder per år och att denna ökning av budgeten (57 miljarder) helt skulle användas till att bygga kontaktledning över de statliga vägarna skulle det ta ca. minst 28 år att bli färdig och då har man bara gett sig i kast med lastbilstrafiken, nämligen att försöka göra denna utsläppsfri. Man får heller inte glömma underhållskostnaden för kontaktledningen. Om man senare vill öka kapaciteten genom att bygga ut vägen, måste också kontaktledningen flyttas ut, vilket fördyrar utbyggnaden.

Den mycket höga kostnaden 1 600 miljarder *motsvarar* nybyggnad av 8 000 km ny dubbelspårig elektrisk järnväg, med en uppskattad byggkostnad till ca. 200 milj./km, eller *spårlängden* 16 000 km. Jämför med *spårlängden* drygt 15 600 km på Sveriges nuvarande järnvägsnät 2019 [enligt Trafikverket](#)<sup>12</sup> Det bör betonas att jag *inte* föreslår att bygga ytterligare 16 000 km järnväg, utan detta är endast avsett som en kostnadsjämförelse. Järnvägen måste i framtiden byggas ut för mer trafik, men inte i denna stora omfattning och inte så snabbt.

I rapporten [Samhällsekonomiska kalkyler för elvägar](#)<sup>31</sup> räknas med kostnaden 25 milj./km väg för uppsättande av kontaktledning (se avsnitt 3.7.) För 957 km väg (Sthlm -Gbg/-Malmö) blir detta 24 mdr. SEK. I avsnitt 5 uppskattas att ca. 33 % av koldioxidutsläppet från den tunga lastbilstrafiken kan minskas på detta sätt. MEN, vad som skall ske med resterande 67 % av koldioxidutsläppet från den tunga lastbilstrafiken *redovisas dock inte*. Samma kostnad (24 mdr.) skulle uppskattningsvis räcka för att elektrifiera (för 4 milj./km) den resterande delen (2 241 km) av Sveriges järnvägsnät som är utan kontaktledning och dessutom bygga ca. 160 km nytt spår med kontaktledning (för 100 milj./km).

Rapporten förespråkar ett offentligt ägande av elvägen, dvs. uppsättningen av kontaktledning skall finansieras av staten, dvs. av skattepengar. Detta står också i rapporten [Klimatmål på villovägar?](#)<sup>32</sup>, citat: "Staten bör själv finansiera elektrifieringen av delar av motorvägsnätet"

I ovannämnda rapport "Samhällsekonomiska kalkyler..." anges (i avsnitt 4.2.) att elväg med tiden dock kan utkonkurreras av andra billigare framdrivningssätt, citat: "...den tekniska utvecklingen efter 2040 är svårförutsägbar. Det råder en betydande osäkerhet kring utvecklingen av både batterier och bränsleceller efter 2040." **En stor investering i elvägar är av detta skäl förknippat med stor ekonomisk osäkerhet!** Se även avsnittet "Ett omtänkande..." på nästa sida.

I rapporten behandlas bara vägtrafik, och det mycket ensidigt positivt. I avsnitt 2.1. står det: "... för transporter som kan utnyttja elvägarna blir vägtransporter billigare och tar volymer från järnväg och sjö" alltså i **direkt motsats** till [Regeringsförklaringen 2019](#): "Allt fler långväga godstransporter ska flyttas från lastbil till tåg och sjöfart" och även i **direkt motsats** till en [Redovisning från Trafikverket](#)<sup>33</sup> 2019 till ett regeringsuppdrag: "Åtgärder för ökad andel godstransporter på järnväg och med fartyg"

Mycket anmärkningsvärt är följande uttalande i avsnitt 4.2.

*"Eftersom järnvägstrafiken är underinternaliserad, dvs den bär inte sina fulla externa kostnader, innebär minskade järnvägstransporter en nytta för samhället. Samhällets vinst av minskat slitage på järnvägen, olyckor, buller och trängsel är större än förlusterna av mindre intäkter av banavgifterna."*

Min åsikt om detta: Mycket ensidigt, ofullständigt och järnvägsfientligt, och därmed också klimatfientligt!

Rapporten är ett publicerat "Working paper". För innehållet står författarna prof. Maria Börjesson, VTI/KTH, Magnus Johansson, VTI, samt Per Kågesson, Nature Associates. Jag anser det vara synnerligen förkastligt att en professor vid KTH får uttala sig på detta oärliga (ensidiga och vinklade) sätt!

**Ett omtänkande hos Trafikverket** verkar dock nu (feb. 2021) vara på gång när det gäller nyttan av elvägar. Se rapporten:

[Regeringsuppdrag - Analysera förutsättningar och planera för en utbyggnad av elvägar](#)<sup>41</sup>

Flera citat ur rapporten:

*"Den snabba batteriutvecklingen har bidragit till att den fordonsflotta som tidigare prognosticerats nyttja en elväg bedöms vara betydligt mindre jämfört med för bara något år sedan."*

*"Det är dock mycket tveksamt om trafikmängderna på det svenska vägnätet räcker till för att en utbyggnad av elvägar ska vara samhällsekonomisk lönsam vid en hög inblandning av biodrivmedel i dieseln enligt aviserad politik fram till 2030. Elvägar är också en betydligt mindre kostnadseffektiv lösning för att reducera utsläppen i transportsektorn jämfört med en hög inblandning av biodrivmedel."*

*"Klimatnyttan vid en storskalig utbyggnad av elvägar är dock mindre än den övergripande målsättningen på en halvering av utsläppen jämfört med 2018 års nivå."*

Birger Tiberg 11. dec. 2021

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter resande och gods</b>
-------------------	--------------------------------------------------

## Referenser

- 1 Nilsson Kenneth, Berry Patrick, "Batteriteknik i större skala – flygtekniskt omöjligt", Ny Teknik, 2019-01 -30, [Använd 2019-09-27]:  
<https://www.nytechnik.se/opinion/batteridrift-i-storre-skala-flygtekniskt-omojligt-6946208>
- 2 Tiberg Birger, Trafikutveckling klimat, 2019-04-29, [Använd 2019-05-20]:  
<http://www.jarnvag.ch/Trafikutvecklingen.pdf>
- 3 Tiberg Birger, Malung-Sälen förslag till återuppbyggnad, [Använd 2019-05-20]:  
<http://www.jarnvag.ch/salen.pdf>
- 4 Carlsson Anders, Notis i Flygtorget 2019-04-25, [Använd 2019-05-20]:  
<https://www.flygtorget.se/Aktuellt/Artikel/?Id=13160>
- 5 Pressmeddelande från IVL 2017-05-29 "Ny rapport belyser klimatpåverkan från produktionen av elbilsbatterier", [Använd 2019-05-20]:  
<https://www.ivl.se/toppnyheter/pressrum/pressmeddelanden/pressmeddelande---arkiv/2017-05-29-ny-rapport-belyser-klimatpaverkan-fran-produktionen-av-elbilsbatterier.html>
- 6 Publikation från Agora Verkehrswende April 2019: «Klimabilanz von Elektroautos - Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial», [Använd 2019-05-20]:  
<https://www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/klimabilanz-von-elektroautos/>
- 7 Ivarsson Måns, notis i Expressen 2018-11-27: "Kryssning värre än flyg enligt ny undersökning", [Använd 2019-05-20]:  
<https://www.expressen.se/allt-om-resor/kryssning-varre-an-flyg-enligt-ny-undersokning/>
- 9 Trafikverket uppgifter daterade 2017-12-31, om Sveriges vägnät  
<https://www.trafikverket.se>
- 10 Uppgifter från Ekonomifakta "BNP – Sverige" 2017
- 11 Trafikverkets verksamhetsplan 2018-2020, daterad 2018-01-10, [Använd 2019-05-20]:  
[https://www.trafikverket.se/contentassets/442e0ad2c9e749aa832ae0c0f612dd15/vp\\_2018-2020\\_med\\_bilagor.pdf](https://www.trafikverket.se/contentassets/442e0ad2c9e749aa832ae0c0f612dd15/vp_2018-2020_med_bilagor.pdf)
- 12 Trafikverkets uppgift om Sveriges järnvägsnät, daterad 2016-06-0, [Använd 2019-05-20]:  
<https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/jarnvag/Sveriges-jarnvagsnat/>
- 13 Riksdagens trafikutskott, 2017/18:RFR13, ISBN 978-91-88607-48-5, "Fossilfria drivmedel för att minska transportsektorns klimatpåverkan" daterad 2018, [Använd 2019-05-20]:  
<https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Transportsektorns%20energianv%c3%a4ndning/>
- 14 Energimyndighetens Statistikdatabas, "Energianvändning i transportsektorn (inrikes och utrikes) uppdelad per bränsleslag, 1970-", [Använd 2019-05-20]:  
[http://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Transportsektorns%20energianv%c3%a4ndning/-/EN0118\\_1.px/?rxid=2317b153-6985-401d-96e3-354d614f9cde](http://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Transportsektorns%20energianv%c3%a4ndning/-/EN0118_1.px/?rxid=2317b153-6985-401d-96e3-354d614f9cde)
- 16 Wikipedia – Maglev, daterad 2019-05-11, [Använd 2019-05-20]:  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Maglev>

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter resande och gods</b>
-------------------	--------------------------------------------------

- 17 Tiberg Birger, Karlsborgsbanan - Förslag till återupptagen tågtrafik, 2018-04-24, [Använd 2019-05-20]:  
<http://www.jarnvag.ch/Karlsborgsbanan.pdf>
- 18 Tiberg Birger, Lysekilsbanan – Förslag till återupptagen regelbunden tågtrafik, 2015-12-15, [Använd 2019-05-20]:  
<http://www.jarnvag.ch/Lysekilsbanan.pdf>
- 19 Delrapport från IVA-projektet Vägval för klimatet juni 2019: "Så klarar Sverige Klimatmålen"  
[Använd 2019-05-20]:  
<https://www.iva.se/globalassets/info-trycksaker/vagval-for-klimatet/transportsystem-slutrapport-2019-06-12-id-132097.pdf>
- 20 Lövgren Sten, artikel i Ny Teknik 2016-09-16, [Använd 2020-03-26]:  
<https://www.nyteknik.se/opinion/elvagar-for-lastbil-kejsarens-nya-klader-6786086>
- 21 Umweltbundesamt 2012, Klimawirksamkeit des Flugverkehrs - Aktueller wissenschaftlicher Kenntnisstand, [Använd 2019-07-23]:  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/klimawirksamkeit\\_des\\_flugverkehrs.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/klimawirksamkeit_des_flugverkehrs.pdf)
- 22 Wissenschaft.de 2019: Klimawirkung von Kondensstreifen verdreifacht sich, [Använd 2019-07-25]:  
[https://www.wissenschaft.de/erde-klima/klimawirkung-von-kondensstreifen-verdreifacht-sich/?utm\\_source=newsletter&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=wissenschaft.de\\_01-07-2019&fbclid=IwAR30h66n2exj3L5VvV06WM3kqQa1pD6oFXynZMEmgWrh6P2qiRc7X-ADU\\_0](https://www.wissenschaft.de/erde-klima/klimawirkung-von-kondensstreifen-verdreifacht-sich/?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=wissenschaft.de_01-07-2019&fbclid=IwAR30h66n2exj3L5VvV06WM3kqQa1pD6oFXynZMEmgWrh6P2qiRc7X-ADU_0)
- 23 Bock & Burkhardt 2019, Contrail cirrus radiative forcing for future air traffic, [Använd 2019-08-02]:  
<https://acp.copernicus.org/articles/19/8163/2019/>
- 24 Andersson Evert, Berg Mats Nelldal Bo-Lennart, Magnettåg är inget realistiskt alternativ, GP, 2018 01-08, [Använd 2019-08-12]:  
<https://www.gp.se/debatt/magnett%C3%A5g-%C3%A4r-inget-realistiskt-alternativ-1.5024917>
- 25 Svenska Dagbladet 2019-09-05, Båtarna större miljöbov än flygen [Använd 2019-09-17]  
<https://www.svd.se/batarna-storre-miljobov-an-flygen>
- 26 AASHO Road Test, Sammanfattning i Wikipedia [Använd 2020-03-26]  
[https://en.wikipedia.org/wiki/AASHO\\_Road\\_Test#cite\\_note-3](https://en.wikipedia.org/wiki/AASHO_Road_Test#cite_note-3)
- 27 Stränga föreskrifter från IATA betr. Li-batterier i flygplan [Använd 2020-01-28]  
<https://www.iata.org/contentassets/05e6d8742b0047259bf3a700bc9d42b9/lithium-battery-update.pdf>
- 28 Stränga föreskrifter från FAA betr. Li-batterier i flygplan [Använd 2020-01-28]  
[https://www.faa.gov/hazmat/packsafe/resources/media/Airline\\_passengers\\_and\\_batteries.pdf](https://www.faa.gov/hazmat/packsafe/resources/media/Airline_passengers_and_batteries.pdf)
- 29 Nilsson Kenneth, Svensk Flyghistorisk Tidskrift 4/2019, sidan 21
- 30 Youtube-film från NBC News 2016: Lithium Batteries Threaten Cargo Planes [Använd 2020-02-21]  
<https://www.youtube.com/watch?v=1Sp-zjRm3Q8>
- 31 Börjesson Maria, Johansson Magnus, Kågesson Per, Samhällsekonomiska kalkyler för elvägar, 2020 [Använd 2020-12-06]:  
<https://www.transportportal.se/transportekonomi-org/WP-2020-2.pdf>
- 32 Kågesson Per, Klimatmål på villovägar? En ESO-rapport om politiken för utsläppsminskningar i vägtrafiken, 2019 [Använd 2020-06-17]:  
[https://eso.expertgrupp.se/wp-content/uploads/2018/12/2019\\_5-Klimatmal-pa-villovagar.pdf](https://eso.expertgrupp.se/wp-content/uploads/2018/12/2019_5-Klimatmal-pa-villovagar.pdf)
- 33 Åtgärder för ökad andel godstransporter på järnväg och med fartyg, redovisning från Trafikverket till ett regeringsuppdrag, 2018 [Använd 2020-06-8]:  
<https://trafikverket.ineko.se/se/atgarder-for-okad-andel-godstransporter-pa-jarnvag-och-med-fartyg-redovisning-av-regeringsuppdrag>



<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter resande och gods</b>
-------------------	--------------------------------------------------

34. Notis i Järnvägsnyheter.se [använd 2020-07-04]:  
<https://www.jarnvagsnyheter.se/20200703/10536/16-miljarder-kostar-ertms-tagbranschens-aktorer>
35. Notis i Järnvägsnyheter.se [använd 2020-10-18]:  
<https://www.jarnvagsnyheter.se/index.php/20190802/8775/jarnvagen-behovs-mstallning-till-fossilfri-transportsektor>
36. Litteraturstudie från VTI, Det kommersiella elflyget – verklighet eller dröm?, 2020, [använd 2021-07-31]:  
[www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1422314&dsid=-7453](http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1422314&dsid=-7453)
37. Oberleitungslastkraftwagen, Wikipedia [använd 2020-10-17]:  
<https://de.wikipedia.org/wiki/Oberleitungslastkraftwagen>
38. «Notstopp wegen ein paar Mücken», K-Tipp nr. 18 2020, sid. 8-9
39. Nelldal Bo-Lennart, Kostnadsutveckling järnväg-lastbil, 2019 [använd 2020-11-02]:  
<https://www.almega.se/app/uploads/sites/9/2019/10/Konkurrens-j%C3%A4rn%C3%A4g-lastbil-Bolle-2019-09-30.pdf>
40. Die Batterie: Knackpunkt der Mobilität, VCS, [använd 2020-11-06]:  
[https://www.verkehrsclub.ch/fileadmin/user\\_upload/30\\_ratgeber/43\\_auto/e-mobility/Batterien\\_D\\_DEF.pdf](https://www.verkehrsclub.ch/fileadmin/user_upload/30_ratgeber/43_auto/e-mobility/Batterien_D_DEF.pdf)
41. Regeringsuppdrag - Analysera förutsättningar och planera för en utbyggnad av elvägar, 2021 [Använd 2021-02-10]:  
[www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1524344/FULLTEXT01.pdf](http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1524344/FULLTEXT01.pdf)
42. Wikipedia: Queen Mary 2 [använd 2021-02-14]:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Queen\\_Mary\\_2](https://en.wikipedia.org/wiki/Queen_Mary_2)
43. Cunard's Queen Mary 2 [använd 2021-02-14]:  
<https://www.seat61.com/queen-mary-2-transatlantic.htm>
44. Wikipedia: Bristol Britannia [använd 2021-02-14]:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Bristol\\_Britannia](https://en.wikipedia.org/wiki/Bristol_Britannia)
45. Airvectors: Bristol Britannia & Vickers Viscount [använd 2021-02-14]:  
<https://airvectors.net/avbrtn.html>
46. Merkel Angela, railtech.com [använd 2021-02-20] :  
<https://www.railtech.com/policy/2021/01/11/angela-merkel-only-with-rail-we-will-achieve-our-climate-goals/>
47. Ek Olle, Guldberg Christian, Regionala järnvägar, TransportForsk 2020 [använd 2021-04-22]:  
<http://www.tfk.se/getfile.ashx?cid=1078055&cc=3&refid=3>
48. Artikel i tidningen Västernorrland [använd 2021-03-21]:  
<https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vasternorrland/ger-upp-jarnvagstransporter>
49. Nytt signalsystem för järnvägen, Riksrevisionen, 2018 [använd 2021-03-21]:  
[https://www.riksrevisionen.se/download/18.65d707c31647e67ea3698656/1534879060217/RiR\\_2018\\_21\\_ANPASSAD.PDF](https://www.riksrevisionen.se/download/18.65d707c31647e67ea3698656/1534879060217/RiR_2018_21_ANPASSAD.PDF)
50. Ny kommersiell riskanalys för ERTMS-införandet, Trafikverket, 2020 [använd 2021-03-23]:  
<https://www.trafikverket.se/om-oss/nyheter/aktuellt-for-dig-i-branschen3/Aktuellt-ERTMS/2020/ny-kommersiell-riskanalys-for-ertms-inforandet/>
51. Obel Fredrik, Sahlén Klara, Xylia Maria, Elektrifiering av Sveriges Transporter, 2020 [använd 2021-04-02]:  
[https://www.svensktnaringsliv.se/material/rapporter/afe0c9\\_elektrifiering-av-sveriges-transportsektorpdf\\_1140277.html/BINARY/Elektrifiering%20av%20Sveriges%20transportsektor.pdf](https://www.svensktnaringsliv.se/material/rapporter/afe0c9_elektrifiering-av-sveriges-transportsektorpdf_1140277.html/BINARY/Elektrifiering%20av%20Sveriges%20transportsektor.pdf)
52. Lokalt engagemang räddar hotade banor, jarnvagar.nu, 2021 [använd 2021-04-22]:  
<https://jarnvagar.nu/lokalt-engagemang-raddar-hotade-banor/>
53. Slutsatser och rekommendationer från Flygets Miljökommitté Hösten 2007 [använd 2021-07-31]:  
<https://www.svenskflyg.se/wp-content/uploads/2011/05/slutsatser-och-rekommendationer-fran-flygets-miljokommitté.pdf>

<b>jarnvag.ch</b>	<b>Hållbara transporter resande och gods</b>
-------------------	--------------------------------------------------

54. Fire caused by lithium batteries: It's high time to manage risks, Gulf Times, 2018 [använd 2021-07-31]:  
<https://www.gulf-times.com/story/617588/Fire-caused-by-lithium-batteries-It-s-high-time-to>
55. Fokker 50, Aircraft Data, 2018 [använd 2021-07-31]:  
<https://www.airliners.net/aircraft-data/fokker-50/218>
56. Nuclear Power Radiation, Table 3 from NEPA Handbook, [använd 2021-07-31]:  
<https://nuclearpowerradiation.tpub.com/hdbk1081/Table-2-Melting-Boiling-And-Ignition-Temperatures-Of-Pure-Metals-In-Solid-Form-33.htm>
57. Elflyg – början på en spännande resa – redovisning av ett regeringsuppdrag [använd 2021-09-08]:  
[https://www.trafa.se/globalashtts/rapporter/2020/rapport-2020\\_12-elflyg\\_borjan-pa-en-spannande-resa.pdf](https://www.trafa.se/globalashtts/rapporter/2020/rapport-2020_12-elflyg_borjan-pa-en-spannande-resa.pdf)
58. Forsberg Björn, Müller Arne, Inlandsbanans tid är nu, [använd 2021-10-07]:  
[www.jarnvag.ch/Inlandsbanerapport\\_2021.pdf](http://www.jarnvag.ch/Inlandsbanerapport_2021.pdf)
59. Svenska Kraftnät, Långsiktig Marknadsanalys 2050, [använd 2022-03-14]:  
<https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2021/langsiktig-marknadsanalys-2021.pdf>
60. Lövgren Sten, VD AMCCT AB Mobil, Rullningsmotståndet:  
<http://www.jarnvag.ch/rullmotstandet.pdf>
61. "Bråttom att rusta för fördubblad elanvändning", Ellevio, 2022-03-10, [använd 2022-03-18]:  
<https://www.ellevio.se/om-ellevio/nyhetsrum/pressmeddelanden/ny-rapport-brattom-att-rusta-for-fordubblad-elanvandning/>
62. Kompetensbristen när det gäller personal inom svensk järnväg är besvärande, Ny Teknik, 2022-03-15, [använd 2022-03-18]:  
<https://www.jarnvagsnyheter.se/20220315/13174/kompetensbristen-nar-det-galler-personal-inom-svensk-jarnvag-ar-besvarande>
63. Fröidh Oskar, Jansson Emil, Energieffektiv järnväg: Styrmedel mot klimatmålen, 2021
64. IVA-Seminarium 2019, Så fångas koldioxid och lagras i marken [använd 20221211]:  
<https://www.iva.se/event/sa-fangas-koldioxid-och-lagras-i-marken/>
65. Anders Lyngfelt, 2020, Vi måste plocka bort koldioxid från atmosfären [använd 20221211]:  
<https://www.chalmers.se/sv/styrkeomraden/energi/nyheter/Sidor/plocka-bort-koldioxid.aspx>
66. Teknikens Värld, 2023, Polisen stoppas från att handskas med elbilar [använd 20230216]  
<https://teknikensvardl.expressen.se/nyheter/bil-och-trafik/elbil-laddhybrid/polisen-stoppas-fran-att-handskas-med-elbilar/>
67. P Berry, U Edlund, K-E Modin, K Nilsson, T. Stavöstrand, Batteridrivna passagerarflygplan är en flygteknisk omöjlighet [använd 20230623] <https://cct.se/sv/Batteridrivna.PDF>

Personlig information från prof. em. Evert Andersson, KTH

Personlig information från doktorand Sten-Erik Björling, Luleå Tekniska Universitet

Personlig information från prof. Patrik Johansson, Chalmers, betr. batterier

Personlig information från flygexperten och utredaren Arne Karyd

Personlig information från adj. prof. Per Norberg, Chalmers