

Batteridrivna passagerarflygplan är en flygteknisk omöjlighet

Bearbetat utdrag augusti 2021



Saab 340, 34 passagerare.

**Författarna har ett mångårigt förflutet
inom den utvecklande flygindustrin**

© Författarna mars 2020. Får citeras med angivande av källan

Batteridrivna passagerarflygplan är en flygteknisk omöjlighet

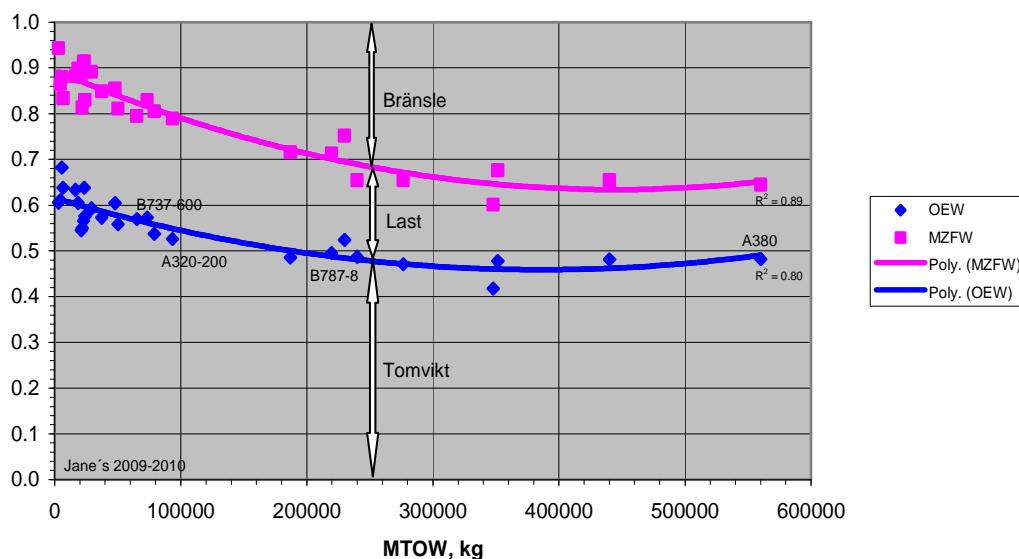
Vi som står bakom detta dokument har ett långt yrkesliv i olika befattningar inom flygindustrin bakom oss. [...] Om det kan göras troligt att någon ny teknologi kan bidra till klimatsmartare flygplan så skulle vi självklart med öppna armar välkomna detta.

Mellan år 1950 och 2000 minskade bränsleförbrukningen per passagerarkilometer till ca hälften. Detta blir ca 1,5 procent/år. Denna takt har med säkerhet nu avtagit då teknologin är "mogen". Det finns ingen betydande styrkt förbättringspotential genom konfigurations- eller andra ändringar. Detta gäller även för materialsidan, där t.ex. kompositer numera utgör en stor andel av strukturen.

Passagerarflygplan drivs nästan uteslutande med fossila bränslen. Under slutet av 1940-talet och början av 50-talet studerades atomdrivna flygplan. Mycket har naturligtvis hänt inom atomkraften sedan dess, men förslag om atomdrivna flygplan skulle nog inte mötas med stående ovationer. På 1980-talet studerades vätgasdrivna flygplan tämligen seriöst, men huvudsakligen med oljeberoende- och inte med klimatförtecken. Ett annat alternativ skulle vara batteridrivna flygplan.

Flygplan är extremt viktskänsliga. Tomvikten utgör 50-60 procent av startvikten och bränslet är en stor post (10-35 procent). Därför har alltid stor möda lagts ner på att minska bränsleförbrukningen, som ju innebär en betydande kostnadspost direkt och indirekt (driver upp flygplanens vikt och därmed pris).

OEW/MTOW resp. MZFW/MTOW sfa MTOW



Tomvikten, OEW, andel av startvikten, MTOW, respektive kvoten av max vikt utan bränsle, MZFW och startvikten.

Som framgår av diagrammet ovan har små flygplan högre tomviktskvot än stora. Detta beror bl.a. på att "det kostar mera att inhysa passagerare än bränsle". Större flygplan är aerodynamiskt och strukturellt effektivare och har oftast längre räckvidder.

Några grundläggande fakta:

- Flygfotogen innehåller (energitätheten) 12,4 kWh/kg bränsle.
- Ett 100 kWh batteri till en Tesla-elbilmodell väger 600 kg = 1/6 kWh/kg. Detta är 1/70-del av flygfotogen!
- Propulsionsverkningsgraden för gasturbinflygmotorer är ca 30 procent.
- En elmotors verkningsgrad kan vara drygt 90 procent.
- Verkningsgraden för mångbladiga höghastighetspropellrar och kapslade fläktar är ca 80 procent.

Energitäthetskvoten mellan flygfotogen och batterier, med hänsyn tagen till ovan angivna verkningsgrader hos olika komponenter, blir då netto ca 30. Dvs. ett kilo fotogen måste ersättas med ca 30 kilo batterier.

Kvoten 30 gäller relativt elbilsbatterier. Vad den blir i en flygtillämpning med mycket strikta säkerhetskrav, med många (snabba) laddningar, mycket högt kontinuerligt effektuttag och med skiftande omgivningstemperatur, har inte gått att utröna.

Antag att 0,25 kWh/kg är inom räckhåll. Då blir viktkvoten batteri/fotogen ca 20. Bränslereserverna (som fotogen) uppgår till 3-5 procent av startvikten. Med kvoten 20 utgör enbart reservbatteriet ca 80 procent av startvikten. Problematiken illustreras i nedanstående tabell för ett mindre 19-sitsigt flygplan:

	Fotogen	Batteri	Anmärkning
Nyttolast, kg	2000	2000	19 passagerare
Tomvikt/startvikt, %	60	55	
Bränsle, kg	1200	4800	Fotogen resp. batteri
Startvikt, kg	8000	15000	
Bränslets energitäthet, kWh/kg	12,4	0,25	Tesla 0,17
Genomsnittsverkningsgrad, %	25	65	
Lagrad nettoenergi, kWh	3700	800¹	1) 4800·0,65·0,25
Varav reserver, kWh	1000	2000²	2) Startviktskorr.

Den ökade bränslevikten (batterierna) leder till kraftigt ökad startvikt. Den lagrade nettoenergin motsvarar 40 procent av reservbränslebehovet. Och då har ingen hänsyn tagits till andra energibehov, som luftkonditionering, kraft och belysning. Flygplanet får inte flyga i kommersiell trafik.

En annan möjlighet skulle kunna vara ett (ladd)hybridflygplan, med normal drift på batteri och med fotogenmotor som reserv.

Det är oklart hur hybridanläggningen skall se ut. Ett alternativ är integrerade motorpaket bestående av kombinerad elmotor/elgenerator, gasturbin med liten fotogentank och ”sammankopplingsanordning”, kanske planetväxel plus bromsar. Dessa system kan även användas för batteriladdning. Reservmaskineriet blir tungt (det måste kortvarigt kunna ge full motoreffekt vid omdrag och stigning, vilket krävs för certifiering), men är trots allt lättare än reservbatterier.

Man kan visa att hybridflygplanet också mycket väl kan väga (och kosta) det dubbla jämfört med det konventionella. Räckvidden är minimal.

Resultaten är oberoende av flygplanens storlek eftersom viktskvoterna är tämligen konstanta oavsett startvikten.

Maximala startvikterna för de vanligt förekommande Airbus A320 och Boeing B737 är omkring 80 ton. För en "dimensionerande" flygning kan 20 procent av startvikten (16 ton) vara bränsle, varav ca fem procentenheter är reserver. Med **tio gånger** bättre batterier än "Teslastandard" och **halva** räckvidden skulle dessa batteriflygplan väga och kosta dubbelt så mycket. Vid starten lagrad elenergi är då ca 100 MWh i 60 ton batterier.

Batterierna skall också laddas på kort tid, flygplan är för dyra för att stå på backen. Helst bör laddningen i ovannämnda fall kunna genomföras på någon halvtimme, vilket innebär en laddeffekt på mer än 200 MW. **Arlanda skulle behöva ett eget kärnkraftverk när flera flygplan laddas samtidigt.**

Utöver energitätheten så finns en lång rad andra batteriflygproblem att adressera. *Motoranläggning*; propeller/fläkt, behövs växellåda, motorreglering. *Installation*; innefattande batteriplacering, åtkomst, utbytbarhet, brandsäkerhet, kabeldragning, temperaturhållning. *System*; kraft, avisning, trycksättning och luftkonditionering. *Laddning*; innefattande mycket stora effektbehov på flygplatserna och kylning av batterierna under laddprocessen. *Batterikostnaden*; som kan bli stor om frekventa (korthållsflygplan) och komplicerade batteribyten erfordras.

Slutsatsen blir således att batteridrivna passagerarflygplan av alla storlekar är flygteknisk och ekonomisk omöjliga, även för mycket korta distanser. Energitätheten i batterier är på tok för låg jämfört med flygfotogen.

Eldrift medför inte heller några särskilda flygtekniska fördelar. Detta gäller även påståenden om "tysta elflygplan". I nästan alla tillämpningar bullrar, p.g.a. höga spetsmaktal, propellern/fläkten mest.

Självfallet kan det finnas användningar, t.ex. inom sportflyget, där eldrift kan vara intressant av olika anledningar.

<i>Patrick Berry</i>	<i>Förprojektering av civila och militära flygplan på Saab. Undervisat i flygtekniska ämnen på LiTH.</i>
<i>Ulf Edlund</i>	<i>Konstruktionschef B3LA, projektledare Saab-Fairchild 340. Chef för strategisk planering civilflygplan, Saab.</i>
<i>Karl-Erik Modin</i>	<i>Aerodynamikavdelningen, Boeing. Typledare aerodynamik, B3LA, JAS 39 Gripen. Operativ ledare Flygteknik, Saab.</i>
<i>Kenneth Nilsson</i>	<i>Ansvarig för förprojektering av civila flygplan på Saab och Deutsche Airbus. "Technical Manager Saab 2000 Program".</i>
<i>Tor Stavöstrand</i>	<i>Flygteknisk inspektör vid Norska luftfartsinspektionen. Saab-specialist i provteknik för aerodynamisk flygprovning.</i>

Baserad på: P. Berry, U. Edlund, K-E. Modin, K. Nilsson och T. Stavöstrand; *Batteridrivna passagerarflygplan är en flygteknisk omöjlighet*, mars 2020 (finns bl.a. hos myndigheten Trafikanalys).