



Stockholm, 2020-11-10

Yttrande angående Trafikanalys rapport TA 2020:12 Elflyg - början på en spännande resa

Innehåll

1. Bränsle för framdrivning av flygplan
2. Certifieringsklasser för flygplan
3. Batteridrivet elflyg
4. Norskt inrikesflyg
5. Inrikesflyg i Sverige
6. Luftfartsskydd och kabinsäkerhet
7. Flygoperativa överväganden
8. Slutsatser

Sammanfattning

Rapporten från Trafikanalys om elflyg (TA 2020:12), hädanefter Rapporten, är angelägen och omfattande och förefaller relevant vad gäller omvärldsbeskrivningen av forskning och utveckling av möjliga drivmedel för flygplan i det längre perspektivet 15–50 år, eller mer, då vätgas och syntetiska bränslen sannolikt blir de dominerande drivmedlen.

I det kortare perspektivet, 5–15 år, som lämnas stort utrymme i studien, är dock slutsatserna tveksamma eller dåligt underbyggda. Exempelvis är förhoppningen att flera mindre orter i Sverige skulle kunna bindas samman med trafik av batteridrivet flyg inte realistisk av skäl som redovisas nedan. Även matartrafik med batteridrivna flygplan till större flygplatser från befintliga regionala flygplatser måste uteslutas av ekonomiska och flygoperationella skäl under denna period. Redan idag löper flera flygplatser risk att läggas ned, t.ex. flygplatsen i Norrköping, och eventuella förberedelser för eldrift torde inte förbättra flygplatsens lönsamhet.

På flera håll i världen pågår projekt för elektrisk framdrivning av flygplan som ibland kallas ”e-flight”. Flertalet av dessa projekt handlar om att skapa en *elektrisk drivkälla*, motor, där energin vanligen antas komma från bränsleceller som drivs av vätgas. Konceptet är intressant såtillvida att det kan skalas upp och förhoppningsvis anpassas till större flygplan. *Batterielektrisk* framdrivning har emellertid stora begränsningar och kan f.n. endast tillämpas för de allra minsta flygplanen.

Det noteras dock att Swedavia på Arlanda (Swedavia Airports) visar en banderoll i Terminal 5, som säger att en tredjedel av det svenska inrikesflyget kan börja ersättas av elflygplan om ungefär fem år, se bild på sidan 12. Rapportens bedömning är emellertid att ca 2 % av det svenska inrikesflyget skulle kunna ersättas av elflyg. Vi noterar även att Swedavia meddelar att Åre/Östersund är redo för första elflyget hösten 2020¹.

Vi konstaterar också att den nödvändiga teknologin ännu så länge endast finns på ritbord och i företagens projektpresentationer per video. Den, speciellt i Sverige, pågående starka marknads-

¹ <https://www.swedavia.se/om-swedavia/presskontakt/swedavia-lanserar-strategi-for-elflyg--are-ostersund-redo-for-forsta-elflyget-hosten-2020/>



föreningen av förhoppningar om ett snart elflyg riskerar emellertid leda till att verkningsfulla insatser i miljöfrågor inom flyget försenas eller försvåras.

Sverige behöver emellertid ett pålitligt och säkert regionalflyg, särskilt i Norrlands inland där infrastruktur för övriga trafikslag saknas eller har låg standard och tillgänglighet. Lämpliga, säkra och effektiva flygplan för regionalflyg finns sedan länge på marknaden och opereras av godkända operatörer på befintliga flygplatser. Denna trafik, som i viss utsträckning subventioneras genom upphandling, bör utvecklas och bedrivas i större omfattning för bättre tillgänglighet och lägre biljettpriser och subventionerna bör ökas så att större flygplanstyper kan sättas in på dessa linjer. Jämförelsen med norskt inrikesflyg är inte relevant i sammanhanget, eftersom förutsättningarna i viktiga avseenden skiljer sig från svenska behov och möjligheter för inrikesflyg (4).

Den ”klimatnytta” som förutses genom att ersätta befintliga regionalflygplan i Sverige med ett tänkt elflyg är ogenomtänkt och orealistisk. Sålunda saknas en miljöanalys av hela produktionskedjan från råmaterial till färdig produkt, livslängdsaspekter och återvinning för de tänkta elflygplanen. Kostnaderna för utveckling av ny och oprövad teknologi måste balanseras mot andra dokumenterade och effektiva miljöåtgärder i samhället.

Vi ifrågasätter starkt även påståendet att ett batteridrivet flygplan för 19 passagerare kan utvecklas i Sverige och certifieras enligt CS-23 på ca fem år². Varken reella resurser eller dokumenterad erfarenhet och kompetens för konstruktion, utveckling och produktion av flygplan har redovisats av företagen i Rapporten.

Konstruktion, utprovning och produktion av flygplan är en mycket omfattande och tidsödande process och det gäller inte bara att få en propeller att snurra med hjälp av en elmotor, utan att få ett integrerat system av framdrivning, aerodynamik, tillförlitlighet och säkerhet att fungera som en enhet under svåra driftförhållanden.

Den teknologi för eldrift som redan används för markfordon kan varken kopieras eller skalas upp för flygbruk. Ett exempel är hantering av brand i stora batterier som i princip är omöjlig att släcka. Exempelvis brann nyligen sju Teslabilar i en anlagd brand i Malmö och någon släckning av branden lyckades inte, trots stora resurser. Ett så kallat Viktigt Meddelande till Allmänheten (VMA) utfärdades på grund av risken för farlig rök och gas i området. Rökutveckling och brand ombord på flygplan är i alla lägen synnerligen kritiska händelser och kräver släckning med system ombord och omedelbar landning. På stora flygplan finns omfattande varnings- och släckningssystem för brand i motorer och kabinutrymmen, samt skyddsutrustning för personal och passagerare.

En nisch för eldrift som emellertid kan utvecklas i framtiden, är små batterielektriska flygfarkoster för mycket korta sträckor i ”mega-städer”, s.k. Urban Air Mobility Vehicles, vilket även nämns i Rapporten. Redan idag förekommer denna typ av transporter med helikopter med landningsplatser på hustaken, för att på så sätt undvika köer och andra hinder på gatunätet. Eldrift kan i detta fall vara ett sätt att öka potentialen för sådana transporter, bland annat tack vare att man slipper hantering av brandfarliga vätskor i städernas kritiska områden.

²<https://www.msn.com/sv-se/nyheter/vetenskap/s%C3%A5-ska-heart-aerospace-bygga-sveriges-f%C3%B6sta-elflygplan/ar-BB19IFT3>

Svensk förening för flygteknik och rymdteknik
Huvudföreningen, Stockholm
The Swedish Society of Aeronautics and Astronautics
Main branch, Stockholm



På sidan 44 i Rapporten, första stycket, uppges felaktigt att flera olyckor med bränder i batterier ombord har drabbat Boeing 737. Detta gäller emellertid Boeings nyaste modell 787 som en tid hade flygförbud på grund av brand i batterier ombord. Boeings senaste variant av 737 (Max) har emellertid f.n. flygförbud på grund av automatiska system ombord som kan göra flygplanet instabilt i tippled.

För analys av tekniska möjligheter och begränsningar för eldrivet flyg hänvisas för övrigt till andra källor, exempelvis Staack et al.³ och referenser i denna.

1. Bränsle för framdrivning av flygplan

Kommersiell flygtrafik kan i stort delas in i fyra områden beroende på flygsträckan, nämligen; global-, medeldistans-, kortdistans/regional- och lokaltrafik, se t.ex. Airbus zero-emission concept⁴. För närvarande används uteslutande s.k. jetbränsle för de tre första kategorierna, medan lokal flygtrafik till viss del även använder flygbensin. En intensiv utveckling av flygteknik för andra drivmedel än jetbränsle och flygbensin (bulkbränsle) pågår, förutom i europeiska Airbus och Boeing i USA, även i andra länder med flygindustri. Vätgas är basen som drivmedel i dessa koncept, antingen som förbränning i nuvarande strål- eller propellerturbinmotorer, eller i kombination med s.k. bränsleceller⁵. Högkomprimerad vätgas (flytande) har en energitäthet som är en faktor 3 gånger högre än jetbränsle och flygbensin, dock erhålls inte samma fördelar avseende volym varför mycket stora bränsletankar kommer att krävas. Teknologin är dock skalbar och kan i princip användas för samtliga flygsträckor och klasser av flygplan. Airbus bedömer att deras första flygplan enligt zero-emission konceptet kan vara färdigt år 2035.

Förutom den tekniska utvecklingen, i första hand när det gäller lagringen av bränslet ombord, anses processen för *certifiering* (2), vara svår och tidsödande, eftersom det handlar om ett paradigmskifte för drivmedel i flygplan. Revision av internationella normer och regler inom flygteknik tar erfarenhetsmässigt lång tid i anspråk, men framförallt är utprovning och verifikation av tekniska och flygoperationella egenskaper mycket omfattande, tidskrävande och komplicerade (jfr. problemen med Boeings 737 Max-flygplan). Observera att detta inte enbart gäller teknologin för ny framdrivning och nya bränslen, utan även innefattar fullskaleprovning av flygplanets säkra livslängd - säkerhet är alltså det enskilt viktigaste kriteriet för nya flygplan.

Flygindustrin är unik såtillvida att såväl drifterfarenheter som erfarenheter från olyckor tas om hand och används i teknisk och operativ utveckling – ett iterativt förfarande. Tack vare detta har riskerna för olyckor med (stora) flygplan kontinuerligt minskat och är numera av storleksordningen ett haveri med omkomna per 4 miljoner flygningar. Antalet omkomna i flygolyckor är några hundra per år i hela världen, dvs i samma storleksordning som för vägtrafiken i Sverige. Denna säkerhetsnivå utvecklas ständigt, vilket är nödvändigt för allmänhetens förtroende.

Nedan visas en ruta med uppgifter om energiinnehåll i olika slag av bränsle⁶. Det bör noteras att en elektrisk drivkälla har högre verkningsgrad än motsvande turbinmotor för bulkbränsle.

³ https://ftfsweden.se/wp-content/uploads/2020/04/AEC2020_ElectricAircraft_I-Staack_paper335.pdf

⁴ <https://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2020/09/airbus-reveals-new-zeroemission-concept-aircraft.html>

⁵ <https://sv.wikipedia.org/wiki/Br%C3%A4nslecell>

⁶ <https://spbi.se/uppslagsverk/fakta/berakningsfaktorer/energiinnehall-densitet-och->



BASFAKTA OM ENERGIINNEHÅLL

Energiinnehåll per kg och per liter för flygfotogen/vätgas/batterier

- flygfotogen (JET A1) 12 kWh/kg och 9,6 kWh/liter
- flytande vätgas 33,3 kWh/kg och 2,36 kWh/liter (dvs för samma energiinnehåll blir volymen fyra ggr större än för flygfotogen)

REF: Journ. Physic Energy 1 (011001)

- batterier 0,25 kWh/kg (bästa idag) och man hoppas på batterier med 0,5 kWh/kg om kanske 10 år.

2. Certifieringsklasser för flygplan

Certifiering av civila flygplan sker i enlighet med två huvudsakliga normklasser, de europeiska CS-23 och CS-25, samt motsvarande amerikanska normer FAR-23 och FAR-25. CS- och FAR-normerna, är i väsentliga delar harmoniserade. CS-25/FAR-25⁷ (1165 sidor), för s.k. trafikflygplan, är betydligt mer omfattande än normerna CS-23/FAR-23⁸ (33 sidor), för s.k. Normal-, Utility-, Aerobatic- och Commuter- Aeroplanes. Skillnaderna gäller i första hand konstruktion, redundancy (reserv eller dubblering av system), prestanda och risknivåer för olika system ombord. Saabs 340⁹ och Saab 2000¹⁰-flygplan är de senaste svenska trafikflygplanen och exempel på moderna trafikflygplan för 30 – 50 passagerare certifierade enligt dåvarande JAR-25 och FAR-25. Saab 340 var för övrigt det första flygplan som certifierades samtidigt enligt de europeiska och amerikanska normerna. Dessa modeller anses för övrigt vara de säkraste i kategorin för mindre/medelstora trafikflygplan. Saab 340 och Saab 2000 utvecklades av Saab i Linköping på 1980–90-talen.

CS-23/FAR-23-flygplan får ha en högsta startvikt av 8 618⁸ kg (19 000 lbs) och <20 passagerare. Erfarenhetsmässigt räknar man skrovets, vingarnas och motorernas vikt som 50 – 55 % av maxvikten (ca 4 500 kg) och 19 passagerare + 2 besättning och bagage väger i genomsnitt 2 000 kg. Således återstår, avrundat till närmaste hundratal: 8600 - (4 500 + 2 000) = 2 100 kg för bränsle eller batterier.

CS-23/FAR-23-normerna har även lägre krav på hållfasthet i strukturen och flygplanen är följaktligen klenare byggda, exempelvis i skrov och vingar. Även när det gäller prestanda är kraven lägre för avbruten start, stigförmåga med reducerad dragkraft (motorbortfall) och pådrag vid avbruten inflygning, med mera. Provflygningsprogrammen är även avsevärt mindre omfattande. Sälunda erbjuder CS-23/FAR-23 generellt en lägre flygsäkerhetsnivå och har större operativa begränsningar än CS-25/FAR-25-certifierade trafikflygplan. Detta kan accepteras om operativa begränsningar tillämpas, vilket dock medför en lägre regularitet bland annat på grund av väder- och vindförhållanden. CS-23/FAR-23-flygplan används framgångsrikt för trafik till avlägsna och svårtillgängliga områden där effektiv infrastruktur saknas, eller för kortare flygsträckor i områden med många närliggande flygplatser och gynnsamma väderförhållanden.

Utredningen av det s.k. Oskarshamnshaveriet i Sverige 1989, då 16 personer omkom, med ett FAR-23-flygplan avsett för 17 passagerare, visar emellertid på flera bidragande faktorer till

⁷ https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/cs-25_amendment_25.pdf

⁸ <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/CS-23%20Amendment%205.pdf>

⁹ https://en.wikipedia.org/wiki/Saab_340

¹⁰ https://en.wikipedia.org/wiki/Saab_2000



haveriet vilka kan härledas både till begränsade krav för flygutprovning och bristande hänsyn, eller insikt, om flygoperativa begränsningar för flygplanet. Det bakre tyngdpunktsläget för flygplanet hade överskridits i och med att personer med högre vikt än den i linjetrafiken använda standardvikten för passagerare hade placerats längst bak i flygplanet. Flygbolaget hade tillämpat ett system för standardvikter på passagerare och bagage som var avsett för större flygplan grundat på statistiska antaganden om fördelning av passagerare ombord. Markorganisationen och lastningen på startflygplatsen saknade särskilda rutiner för vägning och placering av passagerare och bagage och kände inte heller till de snävare begränsningarna för vikt och balans för den aktuella flygplanstypen. Erfarenheterna från haveriet har lett till en ökad allmän kunskap och kännedom om vikt- och balansproblem som i viss utsträckning gäller även för CS-25/FAR-25-flygplan, om än inte lika markant. Vidare rådde turbulens och, för flygplanstypen, stark sidvind vid inflygningen, samtidigt som utfällning av vingklaffar och kraftigt motorpådrag gjordes. Flygutprovningen hos tillverkaren hade inte omfattat samtidigt av dessa faktorer, vilket heller inte krävdes för certifieringen enligt FAR-23.

Passagerartrafik med CS-23/FAR-23-flygplan bör ändå inte uteslutas. Verksamheten måste dock ske med insikt och tillämpning av de olika begränsningar som följer av den mindre omfattande utprovningen och certifieringen, vilket utredningen av haveriet 1989 i Sverige visar.

3. Batteridrivet elflyg

Batteridrivet elflyg har en smal nisch för tillämpning såsom skolflyg, hobbyflyg och liknande. Teknologin är inte skalbar och energitätheten för jonbatterier är avsevärt lägre än för jetbränsle och flygbensin, se ovan. Batterierna utvecklas, om än långsamt, men har en teoretisk övre gräns som är endast 2–3 gånger högre än dagens kapacitet¹¹. Energitätheten för flygfotogen/flygbensin kan således fortfarande vara 25–30 gånger högre än för ett batterisystem, trots en högre möjlig verkningsgrad för ett elektriskt drivsystem i flygplan.

I jämförelse med jetbränsle och flygbensin krävs således en vikt av i storleksordningen 20–30 gånger högre för ett batteri med samma energiinnehåll som de flytande drivmedlen, vilket tillsammans med riskerna för ohanterlig brand ombord är batteridrivet flygs största svårigheter. Vikt och volym på batterier för större flygplan och längre flygsträckor blir följaktligen oöverstigliga.

Vidare är den totala miljöbelastningen för framställning och destruktion eller eventuell återvinning av batterier fortfarande okänd och kan till och med visa sig vara större än för användning av bulkbränsle i flygplan. Miljöbelastningen för framställning av laddningsström bör även beaktas i detta sammanhang. Under alla förhållanden är miljövinsten helt försumbar för den flygtrafik som enligt Rapporten skulle kunna ersättas med batteridrivna flygplan.

Batteridrift är således, för överskådlig tid, förbehållet små privat- eller sportflygplan för kortare flygsträckor. Ett sådant har för övrigt nyligen certifierats av EASA:s CS-23, Pipistrel Velis Electro¹², ett ultralätt flygplan för två personer med en högsta startvikt av 428 kg. Det är emellertid ett synnerligen stort steg att certifiera ett passagerarflygplan med flera motorer, jämfört med ett ultralätt flygplan för ”vackert-väder” flygning. En annan tänkbar tillämpning är, som nämnts ovan, Urban Air Mobility Vehicles.

¹¹ <https://fof.se/tidning/2019/2/artikel/myten-om-superbatteriet>

¹² <https://www.pipistrel-aircraft.com/aircraft/electric-flight/velis-electro-easa-tc/>



Flygets globala CO₂-utsläpp (3), uppgår till 915 miljoner ton och 80% av utsläppen sker på distanser längre än 1500 km¹³. Svenskt inrikesflygs andel av de totala svenska utsläppen på 52 miljoner ton är 0,9 % (= 0,47 miljoner ton). Detta motsvarar en andel av 0,0005 av flygets totala utsläpp. Endast en liten del av detta (ca 2 %) kan vara möjlig att ersätta med batteriflyg, vilket gör utsläppsminskningen helt försumbar – ca en hundratusende del (0,00001).

Det förtjänar även nämnas att utsläppen per trafikflygplan minskat med ca 70 % under de senaste 50 åren¹⁴, i första hand tack vare utveckling inom flyg- och motorteknik, vilket torde vara unikt inom transportsektorn. Svenska etablerade aktörer inom industri och akademi kan ta åt sig en avsevärd del av äran för denna utveckling, som fortfarande pågår intensivt tack vare forskning och utveckling i akademi och industri, såväl i Sverige som internationellt. Ett aktuellt område är t.ex. utveckling inom det s.k. More Electric Aircraft (MEA), som innebär att olika system och aggregat ombord på flygplanen och styrning av dessa elektrifieras. Vidare utvecklas nya metoder för tillverkning av bl.a. motorkomponenter med s.k. additiv tillverkning, vilket är en teknik som i många fall radikalt minskar material och energiåtgång vid tillverkningen, samtidigt som flygplanen kan göras lättare och därigenom bränslesnålare. Inom båda dessa teknologier är svenska aktörer inom akademi och industri etablerade och i vissa fall världsledande.

Emissionerna från flygtrafik (1,9 – 3 % av transportsektorns) härrör till ca 95 % från flygplan med fler än 100 passagerarplatser. Vidare uppskattas det att under dygnets alla timmar finns ca 10 000 av dessa flygplan i luften samtidigt med ca 1,2 miljoner passagerare ombord¹⁵. Det totala antalet trafikflygplan i världen är f.n. ca 26 000 och bedöms öka till ca 48 000 år 2039¹⁶, vilket är en fördubbling i många regioner. Emellertid kan ökningen komma att revideras nedåt som en följd av den rådande pandemin. Det är följaktligen uppenbart att det är utvecklingen av flygplan inom de större kategorierna som bör prioriteras. Samtidigt framstår flyg som det svåraste transportslaget att byta ut nuvarande drivmedel för och logiskt sett är potentialen för minskad miljöpåverkan ca 97 % för andra transportslag.

Även ett livscykelperspektiv för flygplanen måste beaktas, både när det gäller energiåtgång och produktion av batterier. Kostnaden och miljöpåverkan från utvinning av råmaterial och för en eventuell återvinning är också viktiga att ha med i bilden. För närvarande återvinns inte större jonbatterier, eftersom någon kommersiell teknologi ännu så länge saknas. Hur en storskalig internationell produktion av batterier kan påverka hälsa och miljö behöver också utredas.

En nyligen publicerad rapport¹⁷ från United Nations Conference on Trade and Development, UNCTAD redovisar den ändliga tillgången på råmaterial för batterier i olika regioner på jorden. Rapporten pekar även på att barnarbete utnyttjas i stor utsträckning i gruvor för råmaterial, men uppger samtidigt att detta förväntas upphöra år 2025.

Uppgifter om batterikapacitet, -vikt, degradering av prestanda och livslängd är svepande för elflygplan som är tänkta för svenskt inrikesflyg, liksom flygplanets tillsatsvikt, dvs tillgänglig vikt för bränsle, passagerare och bagage. Vidare saknas nödvändiga uppgifter om

¹³ <https://www.atag.org/facts-figures.html>

¹⁴ [NRIA 2020](#)

¹⁵ <https://www.travelandleisure.com/airlines-airports/number-of-planes-in-air>

¹⁶ <https://www.statista.com/statistics/262971/aircraft-fleets-by-region-worldwide/>

¹⁷ https://unctad.org/system/files/official-document/ditccom2019d5_en.pdf



dimensioneringsunderlag, styrsystem, underleverantörer av material, systemkoncept, verktygsutveckling, ritningsunderlag, verkstadskompetens och uppnådda normer avseende kvalitetssystem, allt detta är krav som gäller för utveckling och produktion av flygplan.

Enligt ovan är tillgänglig vikt för batterier i ett CS-23-flygplan ca 2 100 kg. Detta motsvarar ca 5 batterier av den typ som används i en Teslabil. Ett sådant batteri består bl.a. av ca 63 kg litium och mer än sju tusen mindre celler som sammankopplas internt. För varje elflygplan skulle således åtgå ca 300 kg litium, förutom andra råmaterial såsom mangan, nickel och kobolt.

Heart Aerospace, som i Rapporten uppges ta fram ett batterielektriskt flygplan, uppger emellertid batteriernas vikt i deras planerade ES-19-flygplan till mellan 2 750 och 2 900 kg. Batterierna skall placeras i de fyra motorernas kåpor, naceller, och bestå av 30 paket med vardera 504 laddningsbara celler. Varje nacelle innehåller således $30 \times 504 = 15\,120$ celler och för de fyra motorerna sammanlagt 60 480 celler. Varje cell är cylindrisk och ca 18 x 65 mm, vilket är något större än ett s.k. AA-batteri (ca 14 x 50 mm), som används i ficklampor och dylikt¹⁸. Risken för kortslutning, läckage eller andra fel i ett så stort antal celler torde inte vara försumbar och kunna leda till brand eller explosion, som måste kunna omhändertas omedelbart och på ett säkert sätt ombord på ett flygplan. I videon uppges den totala verkningsgraden för det elektriska drivsystemet till ca 85 %, vilket är högre än ett motsvarande propellerturbinsystem för aktuellt hastighetsintervall¹⁹, som är 55 – 60 %. Samtidigt påpekas att elmotorer för framdrivningen är lättare än turbinmotorer.

Jonbatterier har en ändlig livslängd, i första hand vad gäller antal laddningscykler, men även en gradvis degradering av prestanda kan förväntas under användningstiden. Laddningen av stora batteripaket måste ske med hjälp av komplicerade algoritmer för att undvika överhettning. Heart Aerospace uppger en livslängd, i antalet uppladdningar till mellan 1000 och 3000. För en kommersiellt lönsam flygtrafik med den aktuella storleksklassen av flygplan bör flygplanet användas för minst 10 flygningar per vardagsdygn, dvs ca 2 000 flygningar per år. Om man utgår från en livslängd på 2 000 laddningar innebär det att batteriet måste bytas ut var 12:e månad, om det inte byts ut på varje destination. Livslängden för batterier påverkas även av hur djupt urladdningen sker och batterierna bör inte urladdas helt före uppladdning.

Kostnaden för jonbatterier visar för närvarande en minskande trend och det är svårt att få någon tillförlitlig uppgift om priset för ett Teslabatteri eller liknande, men en rimlig uppskattning är 50 000 – 75 000 kr. I grova drag skulle detta innebära att ett flygplanbatteri kan kosta ca 250 000–375 000 kr att fördelas på 12 månader dvs ca 20 000–30 000 kr/månad, per flygplan. Flygmateriel är generellt dyrare än materiel för markfordon m.h.t. särskilda krav på säkerhet och tillförlitlighet, så den verkliga kostnaden för batterier som kan godkännas för flygbruk blir sannolikt betydligt högre. Vidare tillkommer kostnader för hantering av mellan 2 000 och 3 000 kg farligt avfall per år och flygplan. Ovan angivna kostnader är således i underkant och svåra att bära för mindre flygbolag, även om energikostnaden för driften blir lägre. Det är en öppen fråga huruvida marknaden i slutänden är villig att betala ett högre biljettpris för en osäker och i alla avseenden försumbar "klimat effekt".

¹⁸<https://www.youtube.com/watch?v=FNpivXQ7ihQ&t=1s>

¹⁹https://en.wikipedia.org/wiki/Propulsive_efficiency_-_/media/File:Gas_turbine_efficiency.png



Diskussion av utvecklings- och inköpskostnader för elflygplan ingår inte i direktiven för utredningen, men har fundamental betydelse för elflygets möjligheter. Utvecklingen av Saabs flygplan 340 tog ca sex år att genomföra och kostnaden uppskattas till ca 6 miljarder kronor i dagens penningvärde. Saab 340 är dock ett CS/FAR/JAR-25 flygplan och betydligt mer omfattande vad gäller konstruktion, prestanda och produktion, men å andra sidan fanns en gedigen erfarenhet och en befintlig produktionskedja för flygplanstillverkning tillgänglig i Saab och i ett tidigt skede även i dåvarande Fairchild Aircraft i USA. Utan dessa resurser hade utvecklingen tagit avsevärt längre tid och till högre kostnader. För ett ställningstagande angående elflygets möjligheter krävs nödvändigtvis en affärsplan där flygplanets utvecklings- och inköpskostnader redovisas och jämförs med de fördelar som förutspås med batteridrift.

Innan konstruktion och tillverkning av ett nytt flygplan får börja måste ett mycket stort antal steg tagas av den tänkte tillverkaren och ett Design Organisation Approval (DOA) erhållas av EASA²⁰. I Sverige finns för närvarande fem giltiga DOA, det senaste utfärdades år 2010²¹. Vidare måste tillverkaren ha tillgång till verkstäder och personal för utformning av komplexa detaljer och arbetet måste löpande följas upp av flygsäkerhetsmyndigheterna. Ett omfattande program för flygutprovning av en prototyp måste också godkännas och genomföras innan en produktion får påbörjas.

Det är påfallande för projekten om batteridrivna flygplan att uppgifter om prestanda och produktionsfaktorer endast omnämns summariskt och i svepande ordalag av de tänkta tillverkarna, utan någon specifikation av väsentliga parametrar. Såvitt bekant har hittills inget nyutvecklat passagerarflygplan för batteridrift provflugits.

4. Norskt inrikesflyg

Önskemålen om elektrifiering av inrikesflygtrafiken i Norge behandlas i Rapporten. Det förefaller som att utredaren menar att en sådan utveckling kan tjäna som pilotprojekt för en motsvarande utveckling i Sverige. Detta skulle kunna påskynda en utveckling mot att mindre svenska orter inom några år skulle kunna knytas samman tack vare elflyg.

Förutsättningarna för norskt och svenskt inrikesflyg är emellertid i viktiga avseenden olika. Nätet av s.k. kortbaneflyplasser i Norge började utvecklas i mitten av 1960-talet och kom att bestå av ca 25 flygplatser med rullbanor av ca 800 meters längd²². Flertalet av dessa ligger på öar utanför den norska västkusten. Det ansågs viktigt att befolkningen på dessa öar skulle ha tillgång till en ”hovedflyplass”, dvs en större flygplats med förbindelser inom och utom landet, inom högst en timmes restid²³. En viktig orsak var att man, bland annat av beredskaps- och försörjningsskäl (fiskerinäringen), ville undvika att öarna avfolkades.

Öarnas topografi är dock sådan att konventionella flygplatser är svåra att anlägga. Därför skapades ett nationellt regelverk för kortbaneflyplasser, som till stora delar fortfarande gäller²⁴. Reglerna, är översiktliga och omfattar ett fåtal sidor jämfört med normer och rekommendationer i ICAO:s

²⁰ <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/ifu/doa-team-leader-investigation-summary.png>

²¹ https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/EASA_DOA-20052014.pdf

²² <https://snl.no/kortbaneflyplass>

²³ Vaerøy lufthavn – dess tillkomst och drift – Samferdselsdepartementet – Steen, Karlsson, Rosenqvist (1991)

²⁴ <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2002-12-03-1382>



Annex 14 Aerodromes²⁵ (ca 350 sidor). Regelverket för kortbaneflygplatserna vilar på förutsättningarna för s.k. STOL-flygplatser (Short Take-Off and Landing. The International Civil Aviation Organization (ICAO) definierar STOLports som ”unique airports to serve airplanes that have exceptional short-field capabilities”²⁶. Dessa flygplatser byggdes för att passa trafik med dåvarande De Havilland Canadas Twin Otter flygplan (DHC-6), ett robust högvingat turbopropflygplan med fast landställ och 19 passagerarplatser, som byggts i nära ett tusen exemplar. Med tiden har flera av kortbaneflygplatserna byggts ut med förlängda rullbanor och kan ta emot större flygplan. I övriga fall anses en utbyggnad vara omöjlig eller ekonomiskt oförsvarbar, varför behovet av ett mindre, modernt flygplan med STOL-egenskaper söks och med annan energikälla än de nuvarande planens flygfotoendrift. I och med en generell policy om övergång till allmän elektrifiering av inrikesflyget i Norge har intresset kommit att fokuseras på företag som uppger sig kunna leverera flygplan med elektrisk drivkälla och lämpliga prestanda för kortbanorna.

För längre inrikesdistanser med eldrift i Norge har Airbus visat intresse, men har dragit sig ur under våren 2020²⁷.

5. Inrikesflyg i Sverige

Inrikes flygtrafik, i såväl Norge som Sverige, präglas av svåra driftförhållanden, såsom perioder med dålig sikt, låg molnhöjd, mörker, höga vindhastigheter, hala landningsbanor och isbildningsförhållanden. Dessa faktorer hanteras effektivt och säkert tack vare utveckling över tid både vad gäller flygplan och operativ drift.

Linjetrafik med stora flygplan bedrevs tidigt av Linjeflyg och SAS på de större civila och vissa av de militära flygplatserna. I slutet av sextioalet började ett stort antal mindre flygplatser med ca 800 m banlängd anläggas med de norska kortbaneflygplatserna som förebild. Dessa trafikerades enligt tidtabell i huvudsak med Bromma som destination med flygplan för 8–19 passagerare, vanligen Twin Otter. Sålunda byggdes många flygplatser i kommunal regi för att betjäna huvudstaden, vanligen med en morgon- och en kvällstur. Ofta fanns företag på orten med som delfinansiär och bidrog med en stor del av passagerarunderlaget.

Som exempel kan nämnas flyglinjer till Bromma från: Västervik, Hultsfred, Oskarshamn, Emmaboda, Anderstorp, Ljungby, Växjö/Uråsa, Karlskoga, Trollhättan, Skövde, Torsby, Hagfors, Borlänge, Gävle, Kramfors, Sveg, Söderhamn, Hudiksvall, Lycksele, Vilhelmina och Gällivare. Flygplatserna med tidtabellbunden trafik försågs med en enkel typ av radiofyrrar för inflygning under s.k. instrumentväderförhållanden, åtminstone i den ena banriktningen. Med tiden har de allra flesta av dessa småflygplatser som haft reguljär flygförbindelse lagts ned. Orsaken är allt högre kostnader för infrastruktur, men även på grund av att andra medel för kommunikation förbättrats tack vare utbyggnad av väg- och tågtrafik. Behovet av inrikes flygförbindelser från mindre orter har följaktligen minskat radikalt.

För drift av flygplatser krävs numera en omfattande infrastruktur i form av fälthållning, inflygnings- och banbelysning, upprätthållande av hinderfrihet, snöröjning, mätning av bromsverkan och förbättring av denna, brand- och räddningstjänst, väderobservationer och -

²⁵ file:///C:/Users/rkrol/Downloads/an14_v1_cons.pdf

²⁶ <https://en.wikipedia.org/wiki/STOLport>

²⁷ <https://steigan.no/2020/05/el-flydrommen-kraesjlander/>

Svensk förening för flygteknik och rymdteknik
Huvudföreningen, Stockholm
The Swedish Society of Aeronautics and Astronautics
Main branch, Stockholm



prognoser, flygtrafikledning, markpersonal för lastning och lossning, bränslepåfyllning, m.m. Kraven och standarden på dessa tjänster har under åren utvecklats tack vare flygets unika system med återkoppling och styrning grundat på säkerhetsutredningar, erfarenheter och observationer, men samtidigt har de nödvändiga tjänsterna blivit allt dyrare. Det är inte sannolikt att de mindre flygplatserna och deras tidigare flyglinjer kan komma att öppnas igen med ett incitament om att möjliggöra ”klimatneutralt” flyg för ett fåtal. En utökad flygtrafik inom Sverige, på grund av en tänkt elektrifiering, är således inte trolig. För övrigt utnyttjas redan mindre flygplan i den subventionerade regionaltrafiken och opereras med hög säkerhet och regularitet tack vare stor erfarenhet och kompetens i flygbolagen.

Emellertid finns 45 godkända instrumentflygplatser i Sverige²⁸. Transportstyrelsens föreskrifter för drift av Godkänd flygplats kan också hämtas från hemsidan. På 4 av dessa bedrivs upphandlad trafik med mindre flygplan, 3 är militära och inte öppna för civil trafik, 8 kan med mindre åtgärder sannolikt öppnas för reguljär trafik, medan resterande 30 redan har tidtabellsbunden flygtrafik i mer eller mindre stor omfattning. Flygplatser som bedöms vara möjliga att till rimlig kostnad utrusta och åter öppna för regelbunden trafik är Borlänge, Kramfors/Sollefteå, Mora/Siljan, Skövde, och Sälen (Mountain Airport). Dessa flygplatser har rullbanor som är längre än ca 1 000 m, vilket gör dem lämpliga för flygplan upp till ca 50 eller fler passagerare. På dessa flygplatser bör regionalflyget uppmuntras och subventioneras för större turtäthet, lägre priser och vid behov större flygplan.

6. Luftfartsskydd och kabinsäkerhet

Även luftfartsskyddsaspekter, dvs. det som i flygsammanhang kallas för *Security* (6), måste numera i högre grad betraktas, både på marken och i luften. Som noteras i Rapporten finns inga krav om säkerhetskontroll av passagerare, gods och bagage på flygplatsen för flygplan med färre passagerarplatser än 20. I de fall då en flygresa betjänar en större flygplats, måste passagerare, gods och bagage som inte genomgått säkerhetskontroll vid avgången, hanteras i särskild ordning på den större flygplatsen, vilket ökar hanteringskostnaderna för de mindre flygplanen. Flygplan som certifierats enligt CS-23 behöver inte heller vara utrustade med säkerhetsdörr till cockpit och krav om kabinpersonal saknas också, liksom toalettmöjlighet. Rörelsehindrade personer kan inte beredas resa med dessa flygplan, eftersom assistans saknas ombord för utrymning av planet i händelse av haveri. För CS-25 flygplan är reglerna för kabinsäkerhet mycket omfattande beredas, se t.ex. EASA:s Cabin Safety Requirements²⁹, som omfattar ca 380 sidor.

Ett passagerarunderlag för den tänkta trafiken med inrikes elflyg torde av reskostnadsskäl utgöras främst av personer i ledande ställning, samt personer med god ekonomi och höga krav på säkerhet och service. Det är en öppen fråga i vilken utsträckning dessa kategorier är villiga att acceptera en lägre securitynivå vid flygresan. Utvecklingen, i bland annat USA, pekar på ett av säkerhetsskäl ökat anlitanande av mindre privatägda s.k. taxi- eller firmaflygplan. Ett utökat allmänt linjenät med elflygplan i Sverige, i den mån sådana blir tillgängliga, ter sig således även av dessa skäl både osannolikt som ojämnt.

²⁸ <https://www.transportstyrelsen.se/sv/luftfart/flygplatser-flygtrafiktjanst-och-luftrum/Svenska-flygplatser1/Godkandacertifierade-instrumentflygplatser/>

²⁹ <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/1%20-%20Study%20on%20CS-25%20Cabin%20Safety%20Requirements-easa.2008.c18.pdf>



7. Flygoperativa överväganden

Det framgår i Rapporten, dock utan analys av något faktaunderlag, att en räckvidd av ca 400 km med elflyg anses vara möjlig inom 5 år, med ett flygplan som f.n. uppges utvecklas i Sverige³⁰. Det är dock oklart om detta avser ”kommersiell” räckvidd eller total räckvidd. Definition av kommersiell räckvidd och operating range saknas för övrigt i Rapporten. På kortare distanser, som det här är fråga om, måste även aktionstiden beaktas. För kommersiellt flyg, oavsett om flygplanet är certifierat enligt CS-23 eller CS-25, måste drivmedel medföras för flygning från A till B och till en, eller i vissa fall två, alternativa flygplatser, en bränslereserv om 30 min över det längst bort belägna alternativet, samt en viss s.k. routereserv. För såväl destinations- som alternativa flygplatser måste väderunderlag, flygplatsprognoser (Terminal Area Forecast, TAF), föreligga före flygningens början.

Eftersom sträckan Stockholm – Visby nämns i Rapporten som en möjlig destination för elflyg, finns det anledning att titta närmare på förutsättningarna för denna route. Bränsleberäkningen består av följande delar: markkörning före start, stigning, marschflygning, inflygning, routereserv 3 - 5 %, pådrag och stigning om inflygning på destinationen misslyckas, flygning till alternativ flygplats, 30 minuter flygning i väntläge, inflygning för landning. Därutöver krävs energi för avisning av propellrar och vingar/stjärtparti, samt för värme/luftkonditionering i kabinen och i tillämpliga fall även för trycksättning av kabinen.

För elflygplanet som presenteras i det s.k. ELISE-projektet³¹ anges en marschhastighet på 180 knop (knop används inom civil luftfart för fart och nautisk mil för sträcka). Under stigning och inflygning är farten lägre, så att nettohastigheten över marken bör sättas till ca 165 knop för de flygsträckor som är aktuella.

Med dessa värden blir flygtiden Stockholm – Visby, ca 44 minuter plus sex minuter för inflygning. Närmaste alternativflygplats till Visby är Stockholm/Skavsta, som liksom Visby har TAF H24. Flygtiden till alternativet Stockholm/Skavsta är ca 29 minuter plus tid för inflygning och en routereserv på ca 3 minuter, samt ca 2 minuter för markkörning före start. För denna sträcka behövs således en aktionstid hos flygplanet på minst: $2+50+35+3+30=120$ min, dvs 2 timmar i vindstilla. I praktiken måste man även räkna med rådande höjdvindar, vilka sällan eller aldrig är noll utan kan planeringsmässigt antas vara 30 knop på den aktuella flyghöjden <3 000 m, vilket ökar tidsåtgången i en riktningen och eventuellt även till en alternativ flygplats. I verkligheten kan höjdvindarna uppgå till 60 knop, eller i vissa fall ännu mer.

För trafik mellan Östersund och Sundsvall, som även nämns som en tänkbar sträcka för elflyget, ger motsvarande beräkning vid handen att aktionstiden även här bör vara minst 2 timmar med Umeå som alternativ, eller om Örnsköldsviks flygplats är öppen minst 1 timme och 45 minuter i vindstilla.

För flygning till mindre flygplatser, som saknar TAF, måste planeringen ske med två alternativa flygplatser med TAF, vilket även gäller om destinationens TAF anger sämre väder än ”landningsväder”.

³⁰ <https://heartaerospace.com/about/>

³¹ <https://www.ainonline.com/aviation-news/air-transport/2020-09-23/heart-unveils-electric-propulsion-system-es-19-airliner>



Rapportens avsnitt om möjliga destinationer inom 400 km för elflyget i Sverige, inom tidsramen 5 – 10 år, är vilseledande, eftersom flygplanens prestanda inte är tillgängliga och praktisk tillämpning av bestämmelserna för kommersiellt flyg inte beaktats tillräckligt. Det framgår även i rapporten att några lättnader av Transportstyrelsens bestämmelser inte kan förväntas.

8. Slutsatser

Projekten för utveckling av batteriflygplan är ensidigt beskrivna i Rapporten och utgår från uppgifter från företag, samt saknar väsentliga uppgifter för flygoperativa prestanda, såsom tillsatsvikt, m.m, förutom vissa svepande uppgifter om räckvidd och banlängdskrav.

Satsningar på batteriflyg för svensk inrikestrafik är för närvarande varken rimliga, nödvändiga, eller realistiska. Teknologin för en sådan omställning finns ännu inte. Enligt Rapporten sker ca 2 % av inrikesflygningarna i Sverige med flygplan för 19 eller färre passagerare, vilket medför att endast något tusental passagerare per år skulle kunna åtnjuta transport med batteridrivet elflyg. Den intäktsökning som förutspås för flygplatser som idag bedriver linjetrafik (med konventionella flygplan) är av allt att döma marginell med tanke på batteriflygplanens förhållandevis ringa kapacitet och trafikarbete. Kostnader för bygge av ny infrastruktur och distribution av elkraft, samt för laddningsstationer är hittills okända tillkommande faktorer.

Vidare är det osannolikt att mindre flygföretag kan finansiera inköp av nya flygplan och drift, med tanke på ett mycket litet intäktsunderlag för trafik med mindre flygplan. En särskild serviceorganisation och utbildning av personal för elflyg är också nödvändiga innan kommersiell drift kan startas.

Mot bakgrund av erfarenheter från etablerade flygplanstillverkare, måste påståendet om att ett nystartat svenskt företag inom ca fem år kan utveckla och certifiera ett produktionsklart passagerarflygplan med helt ny teknologi för framdrivning, starkt ifrågasättas. Det är särskilt bekymmersamt att ett statligt bolag tillsammans med media, okritiskt vidarebefordrar budskap från företagens marknadsföring och inleder planering av infrastruktur, m.m, för en teknologi som hittills endast finns i reklambudskapen.



Arlanda Terminal 5 i oktober 2020

En osäker satsning på utveckling av batteriflyg för inrikes passagerartransport riskerar att lyfta potentiella FoU-medel från meningsfull forskning och utveckling av motorer och ersättningsdrivmedel för den överväldigande majoriteten av flygplan.

Som ett mellansteg i utvecklingen av drivmedel för flygplan, bör satsningen ökas på inblandning av biobränsle i bulkbränslet. Detta är en redan tillgänglig teknologi som kan användas för alla typer av flygplan. På längre sikt torde dock vätgas vara det mest effektiva och realistiska bränslet för flygplan. En eventuell ökning av kondensstrimmor från vätgasdrivna flygplan, kan undvikas i den flygoperativa fasen genom strategiskt val av flyghöjd, en metod som för övrigt redan tillämpas för militärt flyg.