



# Stockholms Tekniska Institut



Bild: Heart Aerospace

## Elektrifiering av Flygbranschen

FROM SHAME TO FAME

Magnus Waltersson | ELKO18 | 25 Feb 2020

Handledare: Cecilia Klugman, Jens Fredin

## Sammanfattning

Flygbranschen har lämnat in sin färdplan till Fossilfritt Sverige<sup>1</sup>. Färdplanen redogör för hur allt Svenskt inrikesflyg ska vara fossilfritt 2030 och alla flygningar som startar från Svenska flygplatser ska var fossilfria 2045. Färdplanen är Flygbranschens bidrag för att uppnå Regeringens mål: Att Sverige ska bli världens första fossilfria välfärdsland.

Ett bidrag till flygbranschens färdplan är att ersätta flygplan som i dag drivs med flygfotogen eller bensen, med eldrivna flygplan, och det redan 2025. Att elektrifiera flygbranschen kommer att ha en stor inverkan även på Elkonstruktörsyrket.

Det kan mycket väl vara så, att just flygbranschen står inför den största förändringen av alla branscher. Ny teknik ska tas fram och utvecklas. Ny infrastruktur ska till och/eller förändras. Helt nya säkerhetsföreskrifter, rutiner och standards ska formuleras. Dessutom så ska branschen lyckas övervinna ett av de svåraste hindren: Människans beteende mönster.

Elektrifieringen av flygbranschen innebär stora möjligheter och skapar nya resmönster. Utvecklingen av flygbranschen innebär också arbetstillfällen för el konstruktörer.

Det här examensarbetet kartlägger hur det ser ut i dag med elektrifieringen av flygplan och flygplatser. Rapporten påvisar även att elektrifierat flyg år 2025 är en realitet, men också att många utmaningar kvarstår. Rapporten visar även på att framtiden ser ljus ut för både flygbransch och El konstruktörer.

---

<sup>1</sup> <http://fossilfritt-sverige.se/>

## Innehåll

1. Inledning .....	5
1.1. Terminologi.....	5
1.2. Bakgrund.....	6
1.3. Syfte .....	7
1.4. Frågeställningar .....	7
1.5. Avgränsningar .....	7
1.5.1. Kategori av flygningar.....	7
1.5.2. Flygplatser .....	8
2. Metod och Material .....	8
3. Teori .....	9
3.1. Flygbranschen.....	9
3.1.1. Dåtid .....	9
3.1.2. Nutid.....	10
3.1.3. Framtid .....	11
3.2. De nordiska länderna.....	11
3.3. Flygtrafik .....	12
3.3.1. Att skapa lyftkraft.....	12
3.3.2. Dagens motorer för flyg .....	14
4. Resultat - Elektrifiering av flygbranschen .....	15
4.1. Pågående projekt i Norden.....	15
4.1.1. NEA .....	15
4.1. Pågående projekt i Sverige .....	16
4.1.1. Green Flyway.....	16
4.1.2. ELISE .....	16
4.2. Elmotor för flyg.....	17
4.3. Batteriteknik i Dag. ....	19
4.3.1. Litiumjon (Li-Jo).....	19
4.3.2. Li-metal.....	21
4.4. Energidensitet.....	21

4.5.	Elflyg i dag.....	22
4.5.1.	Eviation.....	24
4.5.2.	Zunum Aero.....	24
4.5.3.	Heart Aerospace.....	25
4.5.4.	Wright Electric.....	25
4.6.	De Svenska Flygplatserna i dag.....	26
4.7.	De Svenska Flygplatserna i framtiden. ....	28
4.8.	Energitillgång .....	29
5.	Diskussion och slutsatser .....	30
5.1.	Förslag på ytterligare Frågeställningar .....	35
6.	Länkar.....	36
7.	Referenser.....	38

## 1. Inledning

### 1.1. Terminologi

BEV	Battery Electric Vehicle
BLDC	Brush-Less Direct Current
Cabbotage	Ett annat lands flygbolag rätt att trafikerar inom det egna landet.
Holding	Ett flygplan som får cirkla runt en specifik punkt i väntan på sin tur.
IATA	International Air Transport Association. En Internationell organisation representerad av flygbolagen.
ICAO	International Civil Aviation Organization. Ett FN-organ, representerad av FN-medlemsstaternas respektive luftfartsmyndigheter.
Maindeck	Huvudsakligt våningsplan ombord på flygplanet
MTOW	Maximum Take-Off-Weight. En strukturell begränsning som anger flygplanets maximalt tillåtna startvikt.
PHEV	Plug-In Hybrid Electric Vehicle
Turnaround	Den tid som ett flygplan står parkerat mellan ankomst och avgång.

## 1.2. Bakgrund

I ett regeringsbeslut från den 23:e januari 2020, gav regeringen Trafikanalys<sup>2</sup> (Trafikanalys, 2020) i uppdrag att analysera utvecklingen av elflyg. Skälet till detta anges också det i själva beslutet: *”Sverige ska bli världens första fossilfria välfärdsland”* (Regeringen, 2020).

*”Regeringens utgångspunkt är att flyget behövs för ett exportberoende land som Sverige, men att flygindustrin måste ställa om så att klimatpåverkan minskar. Några möjligheter i en sådan omställning är ökad användning av biobränslen som drivmedel och just utveckling av eldrivna flygplan. På kortare sikt är det med tanke på batterikapacitet sannolikt på kortare flygningar som en mera omfattande användning av eldrivna flygplan kan komma att bli aktuellt.*

(Mattias Viklund, Generaldirektör och Chef för myndigheten Trafikanalys).”  
(Trafikanalys, 2020)

Uppdraget till Trafikanalys baserar sig således i huvudsak utifrån miljöskäl. En annan del av trafiksektorn som just nu genomgår en sådan omställning är vägbunden fordonstrafik. Där har man kommit längre och man kan naturligtvis ta lärdom ifrån den sektorn.

Flygbranschen måste alltså även de anpassa sin bransch så att ett fossilfritt Sverige kan bli en realitet.

*”Flygets tre utmaningar i dag är lönsamhet, tillgänglighet och klimat”,*  
(Anders Forslund, forskare, Chalmers, juni 2019)

En del av lösningen på flygbranschens problem är enligt Anders Forslund: Elflyg.

---

<sup>2</sup> <https://www.trafa.se/>

### 1.3. Syfte

Det primära syftet med denna rapport är att kartlägga hur utvecklingen av kommersiellt elflyg framskrider, var branschen befinner sig i dag och om det kan bli aktuellt med kommersiellt elflyg redan år 2025.

Det sekundära syftet är att få en klarare bild om vad elektrifieringen av flygbranschen innebär för Elkonstruktör yrket, men även hur väl rustade flygplatserna är för att kunna hantera elflyg.

### 1.4. Frågeställningar

Är Reguljärt elflyg 2025 en realitet eller utopi?

- ✈ Vilka flygplanstyper finns för Reguljär trafik?
- ✈ Kan de batterityper som finns i dag på marknaden användas till elflyg?
- ✈ Vilken utrustning behövs för laddning?
- ✈ Hur väl rustade är Svenska flygplatser för att kunna ta emot och hantera elflyg och dess *Turnaround*?

### 1.5. Avgränsningar

#### 1.5.1. Kategori av flygningar

I flygbranschen bedrivs flygningar i form av GA-, Taxi-, Charter- eller Reguljär flygningar. GA (General Aviation) är det vi på Svenska kallar privatflyg. Hit hör även flygskolor. Taxi-flyg är precis som det låter, Du beställer en flygresa från en flygplats till en annan på en tidpunkt som passar dig. Charterflygningar är flygningar som köpts av resebyråer och Reguljära flygningar är flygningar som går på specifika destinationer enligt en förutbestämd tidtabell.

Den huvudsakliga kategori av last som transporteras på *Maindeck* anger vilken kategori av flygplan som avses. Det kan antingen vara passagerare (Passagerarflyg) eller frakt/post (Fraktflyg). Även en kombination av dessa kategorier förekommer (Kombiflyg).

Med fossilfritt flyg avses flygplan som går på ren eldrift (elflyg) eller flygplan som använder 100% biobränsle eller en kombination av el/biobränsle (Hybridflyg).

Denna rapport är avgränsad till enbart elflyg. Vidare är denna rapport avgränsad till enbart Passagerarflyg (Aerodyner) och då passagerarflyg i linjetrafik (reguljär trafik) och inte GA- eller Taxiflyg.

## 1.5.2. Flygplatser

I denna rapport är urvalet begränsat till Svenska flygplatser.

## 2. Metod och Material

Denna rapport utgår primärt ifrån litteraturstudier ifrån flygbranschen och då i huvudsak från deras websidor. Utöver det har även intervjuer/samtal gjorts med sakkunniga i aktuell bransch. Samtalen har i huvudsak skett över telefon men även viss konversation över e-post har förekommit. De personerna som jag varit i kontakt med är:

**Henrik Littorin**, Omvärldsanalytiker på Swedavia.

En Intervju mellan fyra ögon över en lunch hanns med innan Covid-19 pandemin fick ordentligt fotfäste i Sverige. Intervjun skedde i SkyCity ute på Arlanda Flygplats den 4:e mars 2020.

Över telefon så har samtal skett med följande personer:

**Anne Sörensson**, projektägare, Green Flyway, Östersunds kommun, 22:a april 2020

**Hans Dunder**, Ordförande i KSAK-Kungliga Svenska Aero Klubben samt projektledare, Förstudie för Green Flyway, 22:a april 2020

Även löpande kontakt under arbetets gång med denna rapport har skett via mail och telefon med **Fredrik Kämpfe**, Branschchef Flyg, Transportföretagen



## 3. Teori

### 3.1. Flygbranschen

#### 3.1.1. Dåtid

Efter andra världskrigets slut 1945, ökade behovet av import och export av råvaror och produkter i många länder. Flygtransporter blev en viktig del av återuppbyggnaden i drabbade länder. De aktörer som då var verksamma i flygsektorn blev fler och fler. I och med att flygtransporter inte längre var begränsat till det egna landets gränser så såg politiker i de olika länderna behovet av att standardisera, inte bara hantering av passagerare, post och frakt, utan även av infrastrukturen.

Ett möte i Montreal med ett antal luftfartsmyndigheter från länder representerade av några av FN's medlemsstater resulterade i Montrealkonventionen (ICAO, 2020). Konventionen är en global lagstiftning som ligger till grund för alla länders luftfartslagar. De olika luftfartsmyndigheterna organiserade sig och bildade ICAO – International Civil Aviation Organisation<sup>3</sup>. Sverige representeras i ICAO av den svenska luftfartsmyndigheten LFV<sup>4</sup>.

Då Myndigheterna reglerar om vad som ska gälla i olika länder, så fanns det ett stort behov av att även standardisera hur flyget ska hanteras rent praktiskt.

En organisation representerade av flygbolagen bildades även den 1945; *International Air Transport Association (IATA)*<sup>5</sup>.

Initialt representerades IATA av 57 medlemmar från 31 länder och i dag är antalet 290 medlemmar fördelat på 120 länder (IATA, 2020). IATA sätter upp standards för flygbranschen.

---

<sup>3</sup> <https://www.icao.int/Pages/default.aspx>

<sup>4</sup> <https://www.lfv.se/>

<sup>5</sup> <https://www.iata.org/>

Svenskarna var tidigt ute med Charterresor. 23:e april 1955 landade det första Charterplanet på Mallorca. Sträckan Arlanda-Palma är ca 2475 km och flygningen krävde 4 mellanlandningar innan man nådde sin destination (Vagabond, 2016).

Över tid så effektiviserades flygplansmotorn och som i sin tur ledde till effektivare flygplan som fick längre räckvidd. Nya destinationer tillkom och framförallt färre mellanlandningar krävdes. I dag kan man flyga reguljärt utan mellanlandning från Doha till Aukland, en sträcka på 14 520 km och som tar 16-17 timmar (Expressen, 2017).

### 3.1.2. Nutid

Ordet "Flygskam" är i dag en exportvara och oavsett om det ligger en sanning i det eller ej, så brottas flygbranschen även med andra problem.

*"Flygets tre utmaningar i dag är lönsamhet, tillgänglighet och klimat",*

(Anders Forslund, forskare, Chalmers, juni 2019)

Att flygandet i sig själv har en negativ påverkan på vår miljö vet vi sedan tidigare (Naturvårdsverket, 2020). Inför klimatmötet i Paris 2015 startades, som ett initiativ av regeringen, Fossilfritt Sverige<sup>6</sup> med målet att bli ett av världens första fossilfria välfärdsländer. Sverige ska vara klimatneutralt 2045 (Fossilfritt Sverige, 2020).

Samtidigt så är Flygbranschen oerhört viktig för landet.

*"Flyget är och kommer för lång tid framöver att vara det trafikslag som kan erbjuda långväga tillgänglighet med rimlig restid." (Axelsson, 2020)*

---

<sup>6</sup> <http://fossilfritt-sverige.se/>

### 3.1.3. Framtid

Flygbranschen står inför en av de största förändringarna sedan kommersiell Non-Stop flygtrafik startades över Atlanten 1961 (El Al, 2020). Elektrifiering av flygplansflottan skulle kunna vara lösningen på flygbranschens utmaningar i framtiden.

Hans Dunder, Ordförande i Kungliga Svenska Aeroklubben – KSAK<sup>7</sup> belyser ytterligare ett problem: tillväxten på piloter.

*”Antalet medlemmar i KSAK har de senaste åren stadigt minskat och andelen kvinnor som flyger är väldigt låg. Om utvecklingen får hålla i sig så har vi snart inga svenska piloter kvar i landet. Ett teknikskifte som innebär att övergå till elflygplan skulle öka intresset för flyg. Tillgängligheten till flygklubbar och flygutbildningar skulle öka och på sikt även öka antalet medlemmar.”*

### 3.2. De nordiska länderna

Efter att de första flygningarna på biobränsle genomfördes 2008 (DI, 2020), meddelade den Norska Avinor<sup>8</sup>, som är den Norska motsvarigheten till Svenska Swedavia, att senast 2040 ska allt Inrikesflyg i Norge vara elektrifierat (SVT, 2019). Ett elflygplan köptes in för testning. Strax därefter köpte även Finavia<sup>9</sup> (Finlands motsvarighet till Swedavia) in ett elflygplan för testning. De nordiska länderna hade nu, om än i väldigt liten skala, påbörjat arbetet med att hitta ett alternativ till det traditionella flygplanen.

De nordiska länderna hade i årtusenden på ett eller annat sätt samarbetat eller allierats i olika konstellationer. Det fanns ett ömsesidigt intresse att även i framtiden värna om Norden som en gemensam ”Handelsplats”. 1971 bildades Nordiska ministerrådet<sup>10</sup> och ett av målen

---

<sup>7</sup> <https://ksak.se/>

<sup>8</sup> <https://avinor.no/>

<sup>9</sup> <https://www.finavia.fi/sv?navref=home>

<sup>10</sup> <https://www.norden.org/sv/nordiska-radet>

var att hålla kvar det nordiska samarbetet, oavsett om ett eller flera av de nordiska länderna gick med i EU eller militära allianser såsom t e x NATO<sup>11</sup>.

Nordiska ministerrådet, tillsammans med Nordiska rådet (Bildat 1952), finansierar projekt via Nordic Innovation<sup>12</sup> som ska leda till förbättringar för de nordiska länderna. Nordic Innovation har en årlig budget på ca 90M NOK (Nordic Innovation, 2020).

Som region så ligger Norden i framkant när det gäller just utvecklingen av elflyg. Flygandet möjliggör ju inte bara resande inom respektive land utan även mellan länder, Det är också tillåtet i vissa länder att bedriva *Cabbotage*. Precis som för det traditionella flyget så är det nödvändigt att resultatet av utvecklingen standardiseras så att t e x samma typ av utrustning används för laddning oavsett flygplats och/eller land Fram till 2018 så hade de nordiska länderna arbetat med utvecklingen av elflyg var för sig.

### 3.3. Flygtrafik

#### 3.3.1. Att skapa lyftkraft

Denna rapport handlar inte om hur ett flygplan kan flyga. Men en förenklad förklaring kommer här för att på så vis förstå vilken betydande roll flygplanets motor har för lyftkraften.

Fyra naturkrafter måste bemästras för att få upp ett flygplan i luften. Dragkraft, Luftmotstånd, Tyngdkraft och Lyftkraft. Dragkraft skapas vanligtvis genom att med hjälp av en eller flera motorer driva flygplanet framåt. Motverkande kraft är Luftmotståndet. Så länge dragkraften är större än luftmotståndet accelererar flygplanet. När luftmotståndet är större än dragkraften, saktar flygplanet in och när Luftmotstånd och Dragkraft är lika stora bibehålls hastigheten.

---

<sup>11</sup> <https://www.nato.int/>

<sup>12</sup> <https://www.nordicinnovation.org/>

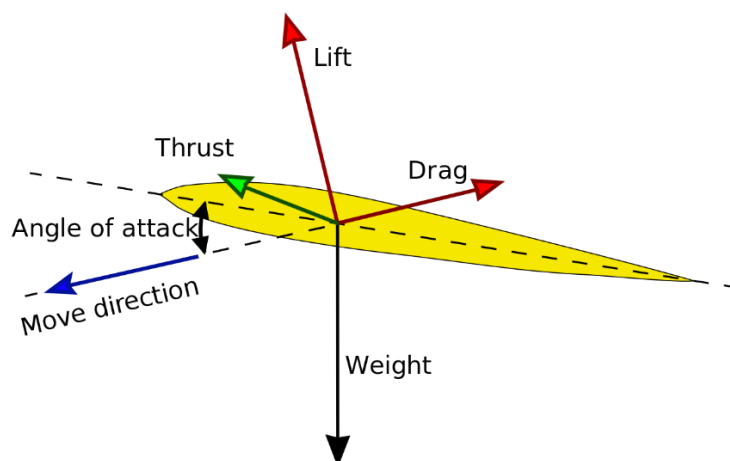


Fig. 1

Källa (Wikipedia, 2020)

När flygplanet med dess vingar rör sig framåt genom luften passerar en del av luften på ovansidan av vingen och en del passerar på undersidan av den samma. Vingens utformning är det som skapar lyftkraft. Genom att vingen utformas på sådant sätt att ovansidan är mer välvd än vingens undersida, som är mer eller mindre plan, så får luften en längre väg för att passera vingen på ovansidan än på vingens undersida. Ett övertryck skapas då på vingens undersida och ett undertryck på vingens ovansida. Eftersom att luftmolekylerna strävar efter att jämna ut tryckskillnaden så möts dessa samtidigt vid vingens bakkant. Eftersom att luften från vingens ovansida kommer med högre hastighet så skapas därför en nedåtriktad luftström vid vingens bakkant.

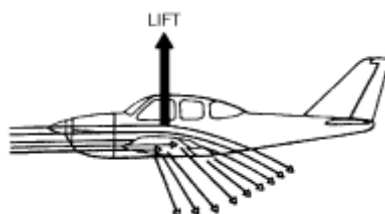


Fig. 2

Källa: (Renard, 2020)

Motverkande kraft till lyftkraften är tyngdkraften. Så länge lyftkraften är större än tyngdkraften så stiger flygplanet. När lyftkraften är mindre än tyngdkraften så sjunker flygplanet. När lyftkraft och tyngdkraft är lika stora, så bibehålls höjden.

Det behövs alltså i princip två saker för att kunna flyga. Något som skapar dragkraft (en motor) och något som skapar lyftkraft, exempelvis en vinge.



Fig 3. Under förutsättning att den är försedd med lämplig framdrivning kan även en lätt och jämntjock stoppskylt flyga. Källa: (Wikiwand, 2020)

Motorn är således en väldigt viktig komponent för att åstadkomma lyftkraft.

### 3.3.2. Dagens motorer för flyg

I dag används i huvudsak tre typer av flygplansmotorer. Kolvmotorer (Bensin), Turboprop (Flygfotogen) samt JET-motorer (Flygfotogen). Dessa motorer drivs i huvudsak på fossilt bränsle. Dagens flygplansmotorer kan drivas med biobränsle.

*”Enligt de internationella specifikationerna för flygbränsle är det idag möjligt att blanda in upp till 50 procent biobaserat jetbränsle i det fossilbaserade jetbränslet”* (Föreningen Svenskt Flyg, 2020).

För att uppnå fossilfritt flyg 2045 så måste antingen bränslet bytas ut till ett fossilfritt bränslealternativ, eller genom att byta motorerna till en motor som kräver ett helt annat typ

av bränsle... elektricitet. Notera att all elektricitet inte är fossilfri. Det beror helt enkelt på vart elektriciteten är producerad.

## 4. Resultat - Elektrifiering av flygbranschen

### 4.1. Pågående projekt i Norden

#### 4.1.1. NEA

I maj 2019 gick Nordic Innovation ut med en förfrågan om förslag på projekt som de kunde finansiera inom ramen för deras program: "Nordic Smart and Mobility and Connectivity program". Ett av de projekt som sökte, och fick finansiering var projektet *NEA*.

**NEA – Nordic network for Electric Aviation** <sup>13</sup>

Inom NEA så kunde all kompetens och expertis samlas under "samma tak". Nätverkets primära mål är att reducera utsläppen av CO<sup>2</sup> för regional flygtransport.

*"We believe that the fastest, most affordable and sustainable transportation for regional travel is electric aviation. To achieve that, we need to gather knowledge and people from many different sectors",*

(Maria Fiskerud, projektledare, NEA.)

NEA's mål:

- ✎ Standardisera infrastrukturen för elflyg i de nordiska länderna.
- ✎ Utveckla affärsmodeller för regional punkt-till-punkt anslutningar mellan de nordiska länderna.
- ✎ Utveckla flygplansteknologi för nordiska väderförhållanden.
- ✎ Skapa en plattform för Europeiskt och globalt samarbete.

---

<sup>13</sup> <https://www.fossilfreeaviation.com/projects/nea>

Inom NEA samlas de aktörer som är verksamma inom flygindustrin för att dela med sig av erfarenheter, kompetenser och resurser. Några av de medlemmarna är bl a Flygbolagen SAS, Iceland Air, Air Greenland, Finnair. Bland övriga aktörer hittar man Svenska Regionala Flygplatser, Swedavia, Finnavia, Avinor m.m.

### 4.1. Pågående projekt i Sverige

#### 4.1.1. Green Flyway

Green Flyway är ett Norsk/Svenskt samarbetsprojekt där man bl a lånar ut Östersunds flygplats och dess hangarer för bl a testning. Den Svenska och Norska luftfartsmyndigheterna lånar även ut en luftrumskorridor mellan Trondheim, Röros och Östersund för testflygningar. Projektägare är Anne Sörensson, Östersunds Kommun.

#### 4.1.2. ELISE

ELISE – Elektriskt Lufttransport I SverigE är ett projekt vars syfte är att samordna utvecklingen av elektriska flygplan i Sverige. Det övergripande målet är att skapa en elektrisk flygindustri och flyginfrastruktur i Sverige.



## 4.2. Elmotor för flyg

### Elmotor utan propeller

En Elektrisk motor utan några som helst rörliga delar, finns det? Ja, det finns faktiskt om än bara i forsknings miljö. I Juni 2018 lyckades forskare från MIT<sup>14</sup> få ett Electroaerodynamically propelled heavier-than-air aeroplane att flyga 60m (MIT, 2020). Tekniken, som kallas "Ion Drive", innebär att man under vingen har en "elmotor" bestående av en ståltråd positivt laddad med +20kV, och strax bakom denna en ståltråd negativt laddad med -20kV.

När jonerna från "plus" -källan rör sig till "minus" -källan kolliderar dom med neutrala luftmolekyler och skapar en "jonisk vind" som får flygplanet att röra sig framåt. Framåtrörelsen av flygplanet gör att dess vingar skapar lyftkraft.

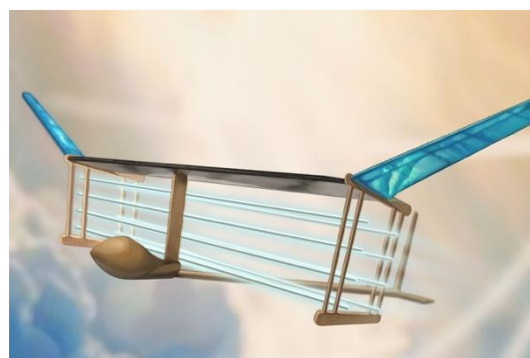


Fig 4. Källa: (MIT, 2020):

### Elmotor med propeller

Siemens utvecklade en BLDC-motor som direkt är avsedd för flygplan redan 2015 (Ny Teknik, 2015). Den elmotorn ger 260kW, men väger endast 50kg, Motorn är tänkt att användas till elflygplan med en startvikt på upp till 2 000kg. Vikt – Effekt förhållandet ligger på ca 5kW/kg att jämföras med elmotorer för elbilar som ligger på 2kW/kg.

En elmotor är högst lämplig som drivkälla för ett flygplan. Få rörliga delar bär gar för lågt slitage och driftunderhåll. Verkningsgraden är dessutom betydligt högre än en konventionell Jetmotor som drivs med flygfotogen. Verkningsgraden för en elmotor ligger på ca 95% att jämföras med 35-40% för förbränningsvarianten. Energidensiteten i flygbränsle är dock

---

<sup>14</sup> <http://www.mit.edu/>

betydligt högre (ca 50 ggr) än i batterier varför Eldrift i dagsläget inte kan ersätta konventionella flygplan fullt ut. På vissa sträckor är det i teorin dock fullt möjligt.

*BLDC*-motorn är särskilt lämpad då den bara har en rörlig del, låg vikt och högt vridmoment.



**Elmotordesign för elektriska flygplan**  
Electric motor design for aviation

Fig 5. Källa: (Chalmers University of Technology, 2020)

### 4.3. Batteriteknik i Dag.

Att komma 60 mil på en laddning för en bil är i dag en realitet. När det gäller batteriets kapacitet för en elbil så är det den körbara sträckan som brukar anges som referens. För flygplan är sträckan inte det primära mätvärdet utan tid. Om energin i din elbils batteri tar slut, så får du lösa resten av din resa för att komma fram till din destination på annat sätt efter att ha stannat bilen. I ett flygplan så är detta inte lika enkelt. Du måste ha tillräckligt med energi för att kunna ta dig till din destination. Du måste även ha energi till att kunna ta dig till en alternativ flygplats i fall omständigheter gör så att du inte kan landa på din primära destination. Trafikbelastningen kan också innebära att du kanske måste vänta (Holding) in annan trafik som har förtur.

Andra faktorer som påverkar beräkningarna för hur mycket energi som behövs för att nå den planerade destinationen är bl a Vindens riktning och styrka & Lufttryck.

Lite förenklat så måste du ha tillräckligt med energi så att du klarar dig enligt följande formel:

$$W_{\text{Dest}} + W_{\text{Alt}} + W_{45\text{min}} = W_{\text{tot}}$$

$W_{\text{Dest}}$	= Energiförbrukning till Destinationen
$W_{\text{Alt}}$	= Energiförbrukning till Alternativ flygplats
$W_{45\text{min}}$	= Energiförbrukning för 45min Holding
$W_{\text{tot}}$	= Total Energiförbrukning

De batterier som finns i dag att tillgå är inte tillräckligt bra för att kunna elektrifiera hela flygplansflottan. Men inom vissa segment inom flygsektorn, så är de fullt tillräckliga.

#### 4.3.1. Litiumjon (LI-Jo)

1817 så upptäcker en ung svensk kemist vid namn August Arfwedson ett nytt grundämne. Hans kollega föreslår att det nyupptäckta ämnet ska kallas Lithion (Forskning & Framsteg, 2016). Lithion, eller Litium som vi i dag benämner det är en viktig beståndsdel i dagens laddningsbara batterier.

Vanligaste förekommande batterityp i dag för elbilar är Litium jon batterier. Batteriet har en hög energitäthet. Litium jon batterier är en familj av batterier där energin utvinns genom att litiumjoner rör sig mellan de olika elektrodmaterialen. Genom att använda sig av olika kemiska sammansättningar i Anod, Katod och elektrolyt så får batteriet olika egenskaper.

Litium jon batterier är den batterityp som kommer initialt att användas i det pågående arbetet med att ta fram Sveriges första passagerarflygplan för kommersiellt bruk.

Med dagens kemiska sammansättning så når Litium jon batterierna ca 50% av sin teoretiska kapacitet (Ny Teknik, 2017)

*Trots nya förbättringar har litium jon batterierna fortfarande en bra bit kvar till samma energitäthet som bensin. Medan de bästa batterierna når upp till en energilagring förmåga på uppåt 250 Wh/kilo så är samma siffra för bensin cirka 13 000. Även om elmotorns högre verkningsgrad tas med i beräkningen är gapet fortfarande stort (Forskning & Framsteg, 2019).*

Forskning och utveckling av nya kemiska sammansättningar pågår för fullt. I Sverige så hittar vi bl a Nortvolt Labs<sup>15</sup> i Västerås och Lifesize<sup>16</sup> i Uppsala.

*"Att byta ut elektrolyten till ett ämne i fast form kan öka Energidensiteten med 2-3 gånger. Nackdelen är dock att den typen av batterier är svårare att snabbbladda." (Forskning & Framsteg, 2019)*

Energidensiteten i batteriet är en väldigt viktig faktor när det ska användas i flygplan. En ny typ av batteri som det forskas kring är Litium-luft-batteri. I teorin kan ett Litium-Luft batteri lagra 5-10 gånger så mycket energi jämfört med dagens batterier (Forskning & Framsteg, 2019). Svårigheten med dessa batterier är att de är så reaktiva d v s att vid kontakt med luft

---

<sup>15</sup> [www.northvolt.se](http://www.northvolt.se)

<sup>16</sup> [www.lifesize.se](http://www.lifesize.se)

så kan det starta en okontrollerad kemisk reaktion, vilket man inte vill råka ut för under flygning.

#### 4.3.2. Li-metal

Toyota använde Litium-metall batterier i de första produktionsserierna av modellen "Prius". Visserligen kan man med Litium-metall batterier få bättre energidensitet än Litiumjon batterierna, men tyvärr har denna typ av batteri hittills visat sig ha betydligt kortare livslängd (antal upp- och urladdningar) samt "En förmåga att explodera" (Popular Mechanics, 2019). Litium-metall batterier används i princip inte alls i dagens elbilar. Nu tror sig forskare att man lyckats komma runt ovan nämnda problem så kanske kommer vi att åter igen få se Litium-metall batterier även i bilar. (Popular Mechanics, 2019).

Det Amerikanska företaget Sion Power<sup>17</sup>, Har de senaste 20 åren försökt att hitta på en lösning som förhindrar att batteriet slits ut för fort och att risken för oönskad brand/explosion inträffar. Företaget hävdar att man har hittat lösningen och marknadsför i dag sitt Litium-metall batteri vid namn *Licerion*. Sion Power's batteri har en energidensitet på 500Wh/kg ([www.sionpower.com](http://www.sionpower.com), april 2020).

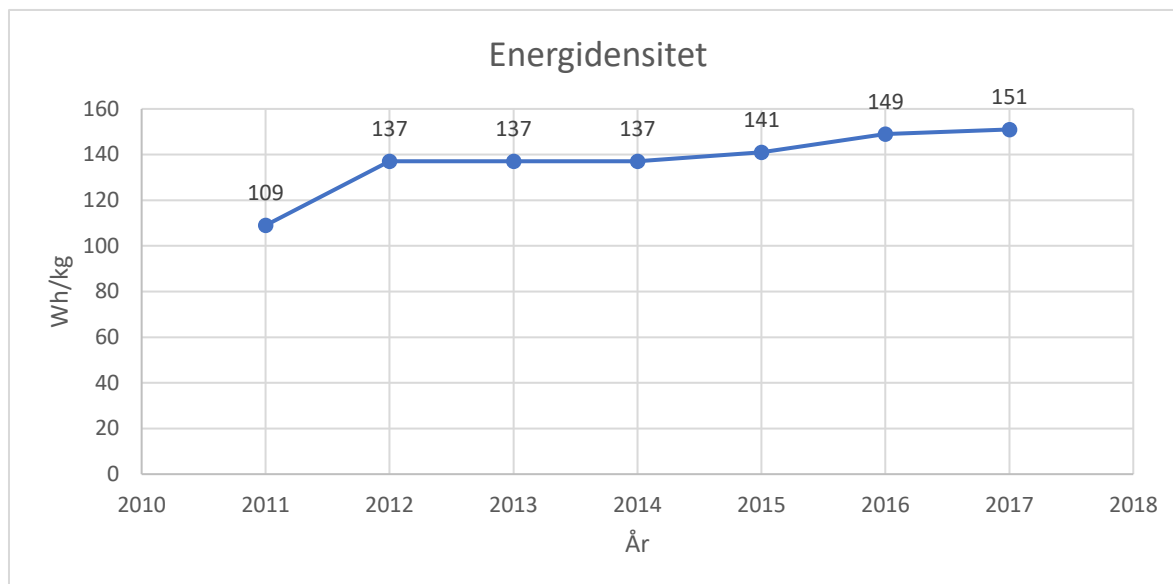
#### 4.4. Energidensitet

Energidensitet mäts i Wattimmar per kilo (Wh/kg). Att få ner vikten på batterier är ju viktigt. Ett batteri med hög energidensitet innebär att du kan få ner vikten på fordonet, alternativt få en längre räckvidd. För flyget är vikten en väldigt viktig parameter eftersom att det är en direkt motverkande kraft till lyftkraften. Batterier med så hög energidensitet som möjligt är därför ett måste.

---

<sup>17</sup> <https://sionpower.com/>

Dagens batterier (För primärt bilindustrin) har en energidensitet som ligger på drygt 150 Wh/kg. En ökning på ca 50% de senaste sex åren (Ny Teknik, 2018).



Tabell 2, Källa: (Ny Teknik, 2018)

#### 4.5. Elflyg i dag

Att byta från konventionell bil till en elbil möttes initialt med skepsis. De vanligaste fördomarna var: "Dålig prestanda", "fula" och hade "kort räckvidd". Dessutom tyckte man att "laddningstiden var för lång" och "möjligheterna till att ladda bilen är för få".

Tesla's<sup>18</sup> grundare, Elon Musk, insåg därför att för att lyckas med en elbil, så måste den motbevisa dessa fördomar. Med den utgångspunkten skapade han Tesla Roadster som tog bort i stort sätt alla "mot" argument. Han insåg också vikten av att infrastrukturen fanns på plats i ett tidigt skede, d v s möjligheten att ladda sin bil snabbt och enkelt.

I dag finns det inte en enda anständig biltillverkare som inte erbjuder en el- eller laddhybrid bil i sitt modellprogram.

---

<sup>18</sup> [https://www.tesla.com/sv\\_se](https://www.tesla.com/sv_se)

Antalet Laddbara bilar (BEV och PHEV) i Sverige 31/12-2019 noterades till 30 272st resp. 77 005 st (Power Circle, 2020)

2020 beräknas antalet sålda elbilar att hamna på ca 51 300 st. Prognosen för 2021 är ca 83 000st och vid 2025, ca 480 000st (Power Circle, 2020)

Den utvecklingen hade inte varit möjlig om inte någon hade tagit täten och visat vägen. Något liknande behöver göras för flygindustrin. När Tesla's Modell S lanserades så kunde den ersätta den vanliga bilen med förbränningsmotor nästan rakt av. Dessutom hade man med hjälp av Tesla's modell "Roadster" kunnat eliminera alla "Mot" argument för elbilar. Men den kunde inte ersätta all sorts vägtrafik. Inom flyget så är det detsamma. Elflygplan finns, och säljs i dag (Pipistrel, 2020) men inte heller det flygplanet kan ersätta alla flygplan.

Anders Forslund, Forskare på Chalmers och även en av grundarna till flygplanstillverkaren Haert Aerospace pekar på tre fördelar som elflyget har jämfört med konventionella flygplan som drivs med fossila bränslen:

*Lönsamhet – Elflyget har 75% lägre bränslekostnader och 50% lägre underhållskostnader.*

*Tillgänglighet – Elflyget kräver kortare landningsbanor, har 50% lägre buller nivå, vilket möjliggör placering av flygplatser på fler ställen än vad som annars är möjligt.*

*Klimat – Elflyg har inga operativa utsläpp alls. Lägst klimat avtryck av all regionaltransport.*

Vartefter energidensiteten förbättras i batterierna så kommer också elflygplanen att nå destinationer som ligger längre bort och med färre mellanlandningar.

Precis som för den vägbundna fordonstrafiken, så kommer högst sannolikt flyget att stå för liknande utmaningar i sin omställning till eldrift. Elflyg i all ära, men vad ska vi ha dom till om

ingen kan ta hand om dom? Det behövs ju inte bara laddningsmöjligheter, utan även flygplatser, med tillhörande service och tjänster som kan betjäna dessa.

Elflyg har bara funnits i ett par år. Den första eldrivna flygningen skedde i Sverige den 5:e juni 2018 på Bromma flygplats (Föreningen Svenskt Flyg, 2018). Det som däremot ännu inte finns, är eldrivet passagerarflyg för kommersiell linjetrafik (Reguljärtrafik). Men planer finns att sätta ett sådant i trafik redan 2025 (Heart Aerospace, 2020).

I dag finns ca 170 tillverkare av Elflygplan världen över. Av dessa är ca 50% är inriktade på flygtaxi verksamhet. 5% är inriktade på Reguljärtrafik och resten privatflyg (Pfeifer, 2019). Av de tillverkare som är aktuella för reguljär trafik finns bl a följande tillverkare:

#### 4.5.1. Eviation

Eviation<sup>19</sup> är ett Israeliskt företag och deras flygplansmodell "Alice", är planerad att sättas i trafik 2022. Det är ett flygplan för reguljär trafik och kan ta 9 passagerare +2 piloter. Batterikapacitet (Li-ion): 920kWh, Flygplanet har en MTOW på 6 350 kg. Eftersom att batteriet väger 3 600 kg, så kan flygplanet ta ca 1130 kg last. Räckvidd ca 1000 km +45 min reserv (Eviation, 2020).

#### 4.5.2. Zunum Aero

Med kapital från Flygplanstillverkaren Boeing<sup>20</sup> och flygbolaget JetBlue<sup>21</sup> så var tanken att få fram ett hybrid flygplan med plats för 12 passagerare plus besättning. Flygplansmodellen är konstruerad på sådant sätt att den enkelt ska kunna konverteras till 100%- eldrift. Räckvidden är på drygt 1100 km och flygplanet har en MTOW på 5 216 kg. Boeing drog sig ur projektet 2019 och Zunum Aero har haft svårt att få ekonomin att gå ihop efter detta. I början på 2020 så har man sagt upp all sin personal och även stängt ner lokalerna. I april

---

<sup>19</sup> <https://www.eviation.co/>

<sup>20</sup> <https://www.boeing.com/>

<sup>21</sup> <https://www.jetblue.com/>



2020 så stängde man ner sin websida (Forbes, 2019). Om projektet kan få ny luft under vingarna återstår att se.

#### 4.5.3. Heart Aerospace

I Göteborg finns flygplanstillverkaren Heart Aerospace sedan 2018. Företaget tillverkar ett hel-elektriskt flygplan för den regionala marknaden. Modellen heter "ES-19" och har plats för 19 passagerare plus besättning. Räckvidden ligger på ca 400km och är planerad att sättas i trafik 2025 (Heart Aerospace, 2020).

#### 4.5.4. Wright Electric

Det amerikanska företaget Wright Electric<sup>22</sup> utvecklar ett flygplan för 186 passagerare. Modellen, som heter Wright 1, är tänkt att sättas i trafik 2030. Första testerna av den nya 1.5MW motorn ska ske under 2021. Räckvidden är beräknad initialt till ca 500 km. Flygbolaget EasyJet är en av de partners som är med i projektet. Det som skiljer Wright 1 från konkurrenterna är att denna använder sig av betydligt fler motorer (electrive.com, 2020).

---

<sup>22</sup> <https://weflywright.com/>

## 4.6. De Svenska Flygplatserna i dag

I Sverige har vi Flygplatser som är Militära, Statliga, Kommunala och Privata. De statliga flygplatserna ägs och drivs av Swedavia<sup>23</sup>. De regionala flygplatserna är kommunala och/eller privata. I dagsläget är de statliga flygplatserna 10 till antalet och dessa är:

IATA kod:	Namn:	Antal Inrikes passagerare 2019:
ARN	Stockholm Arlanda Airport	4 863 316
BMA	Bromma Airport	1 210 479
GOT	Göteborg Landvetter Airport	1 994 215
LLA	Luleå	1 047 684
MMX	Malmö Airport	1 071 783
UME	Umeå Airport	880 739
OSD	Åre / Östersund Airport	440 995
VBY	Visby Airport	433 408
KRN	Kiruna Airport	263 122
RNB	Ronneby	204 455

Tabell 1. Antal passagerare på Statliga flygplatser, Källa: (Swedavia, 2020)

De kommunala och privata flygplatserna, organiseras under Sveriges Regionala Flygplatser - SRF<sup>24</sup>, Inte alla flygplatser finns med här, men i dagsläget är antalet medlemmar 34st (Sveriges Regionala Flygplatser, 2020). Dessa flygplatser fungerar mångt och mycket som matande flygplatser till de statliga men har också viktiga direktförbindelser emellan sig. Även utrikestrafik erbjuds.

Sverige är ett långt land varför väl fungerande transportförbindelser är viktiga. Populationen är dock koncentrerad den södra halvan av landet och då till storstäderna i synnerhet. De 4 största flygplatserna i Sverige sett till antalet passagerare är Stockholm-Arlanda (25,6M), Göteborg-Landvetter (6,6M), Stockholm-Bromma ( 2,3M) och Malmö-Sturup (1,9M). De

<sup>23</sup> <https://www.swedavia.se/>

<sup>24</sup> <https://www.flygplatser.se/>

flesta flygplatserna ligger utspridda från Norr till Söder och skapar bra förbindelser mellan dessa delar av landet.

Förbindelserna i de norra delarna av landet har däremot mer att önska. Vill du t e x resa från Gällivare till Luleå i dag så tar resan med bil ca 2 tim och 40 min. Med flyg kan du resa upp till 2 ggr/dag och resan tar i bästa fall 5 tim och 20 min då du måste flyga via Stockholm-Arlanda. Om direktflyg skulle finnas mellan Gällivare – Luleå, så skulle den resan ta ca 40 minuter.



Fig 6 (Trafikverket, 2013)

#### 4.7. De Svenska Flygplatserna i framtiden.

Förutom de statliga flygplatserna så finns de regionala flygplatserna. De regionala flygplatserna är viktiga för kommunikationen mellan storstäderna och resten av landet. De regionala flygplatserna organiseras av Svenska Regionala Flygplatser – SRF<sup>25</sup>. I dagsläget finns 34 regionala flygplatser (SRF, 2020).

*”De regionala flygplatserna kommer att vara en viktig del för flygbranschen i sin helhet. I och med att elflyg kräver betydligt mindre start och landningsbana och bullrar mindre så kommer möjligheten att anlägga nya flygplatser på ställen där detta inte tidigare varit möjligt.”*

(Hans Dunder, Projektledare förstudie, Green Flyway, april 2020)

*”Vissa sträckor, som Sveg-Östersund t e x, är väldigt bra exempel på där elflyg skulle vara lämpligt. Tåg finns inte, buss och bil har lång restid. Men med elflyg på den sträckan så skulle restiden kunna halveras”*

(Hans Dunder, Projektledare förstudie, Green Flyway, april 2020)

---

<sup>25</sup> <https://www.flygplatser.se/>



Fig 7. Ungefärlig räckvidd för det Svensktillverkade "Heart Aerospace, ES-19" med utgångspunkt från Stockholm.

#### 4.8. Energitillgång

Att flygbranschen ställer om från användandet av fossilt bränsle till eldrivna flygplan har naturligtvis en positiv påverkan för miljön och minskad klimatpåverkan. Men omställningen kommer inte gratis. En ökning av andelen elflyg kräver mer elenergi. Sveriges totala behov av

elenergi är i dag ca 126 TWh. och till 2045 beräknas behovet ligga på ca 200TWh. Bara inom transportsektorn bedöms Elenergibehovet ligga på mellan 19,3 - 31TWh, att jämföras med år 2017 då elenergibehovet låg på ca 2,6TWh. Det är en ökning på ca 650-1100%. (Svenskt Näringsliv, 2020).

Elektrifiering av Transportsektorn kräver även tillgång till ren, fossilfri el, annars uteblir miljövinster. Branschorganisationen *Energiföretagen* har tagit fram en färdplan för att nå fossilfrihet *Färdplan el – för ett fossilfritt samhälle* (Energiföretagen, 2020).

Oavsett miljövinster eller ej, så måste Flygplats hållarna (Swdeavia) precis som andra fastighetsägare, hitta lösningar för energioptimering. Här kommer Elkonstruktören att ha en betydande roll.

## 5. Diskussion och slutsatser

Flyget som transportmedel har lite speciella förutsättningar eftersom det inte avgränsas naturligt av landsgränser. Det är av yttersta vikt att det finns en genomarbetad standard för rutiner och utrustning globalt sett och inte bara inom det egna landet. De nordiska länderna har tagit tag i detta och leder idag utvecklingen av denna standardisering.

Vi kommer även att få se en hel del GA- samt Taxiflyg utvecklas inom kort, både förarlösa drönare och mindre maskiner för 1-5 passagerare. Även här måste det till standardiseringar.

Batteridensiteten i dagens batterier räcker för att kunna driva mindre flygplan på sträckor upp till 500 km. Vilket är fullt tillräckligt för att kunna ersätta den Svenska inrikestrafiken till stor del. För att kunna ersätta hela inrikestrafiken rakt av och utan att förändra dagens rutter och räckvidd, behövs batterier med en energidensitet på ca 400 Wh/kg. Samma siffra för utrikestrafiken ca 1000Wh/kg.

Flyget behövs även i framtiden. Om flygindustrin ska kunna finnas som en del av transportsektorn så måste ett mer hållbart och miljövänligare flyg utvecklas. Vägtransport

industrin är på god väg med elektrifieringen av både personbilar och den tyngre trafiken såsom Bussar och lastbilar. Flygindustrin har mycket att vinna på att titta på deras lösningar.

Det är lätt att i första hand tänka på att flygplan som drivs med en elmotor inte kan ersätta ett traditionellt flygplan på sträckan Stockholm-Bangkok, och det stämmer ju. Batteriernas kapacitet är för dålig för det i dagsläget. Branschen och omvärlden måste ändra fokus på hur ett hållbart flygande kan implementeras.

Här är en liknelse:

I maj 1961 deklarerar USA's president John F Kennedy för den amerikanska senaten att han anser att USA bör landa en människa på månen innan årtiondets slut. 8 år senare skedde den första månlandningen. När arbetet med att kunna landa på månen inleddes så förstod man, förutom att man var bl a var tvungen att uppfinna helt nya material, att man först måste klara av ett antal delmål längs vägen.

Kommer vi att kunna resa till Thailand med elflyg? Säkerligen någon gång i framtiden men inte år 2025.

Flygindustri anpassad för elflyg finns ej etablerad i dag men nya företag tillkommer varje vecka. En anpassad infrastrukturen för elflyg finns inte heller på plats då flygplanstillverkarna ännu inte har definierat någon standard. Det finns däremot ett antal företag som på ett eller annat sätt är involverade i utvecklingen av både Elflyg och Infrastrukturen för densamma. Någon måste vara "först" och visa vägen. Projektet **ELISE** driver dessa frågor i Sverige och Projektet **NEA** samma frågor fast på en Nordisk nivå.

Vad talar FÖR ett framtida elflyg 2025?:

- Behovet . Behovet finns. Först och främst så måste man se de olika trafikslagen i Sverige som en helhet och inte som konkurrenter. Alla trafikslag behövs. Vissa är bäst lämpade för vissa ändamål och sträckor, andra typer för andra.

*"Järnväg finns inte överallt och elflyg är på vissa sträckor överlägsen buss eller bil. Elflyg skulle mycket väl kunna vara en del av kollektivtrafiken."*

Hans Dunder,

Ordförande i KSAK-Kungliga Svenska Aero Klubben

- |                       |  |
|-----------------------|--|
| Lägre driftskostnader | - Få slitagedelar genererar lägre underhållskostnader och gör att bättre lönsamhet kan nås på kortare sträckor.  |
| Lägre buller          | - Elmotorn genererar lägre buller än en förbränningsmotor. I kombination med att kortare landningsbanor behövs så skulle flygplatser därför kunna anläggas på fler platser än vad som i dag är möjligt.  |
| Säkrare.              | - En elmotor kan "Överlastas" under kortare tid och ge mer effekt, vilket en förbränningsmotor inte kan.   |
| Traditionen           | - Sverige har en mångårig tradition av byggande av flygplan. Kompetensen finns. Forskning och utveckling av batterier finns i landet och nya anläggningar för detta byggs nu. En anläggning för storskalig produktion av batterier byggs i Skellefteå av företaget Northvolt ( <a href="http://www.northvolt.com">www.northvolt.com</a> ). |
| Möjligheterna         | - Swedavia tillhandahåller Start- och landningsbana, hangarer m.m i Östersund som en "Testarena". LFV tillhandahåller luftrum för testflygningar.  |



- Tidplanen - "Certifieringen av ett flygplan på 20 stolar eller mer ligger på ca 7-10år, ett med färre än 20 stolar ligger på ca 3-5 år"
- Haert Aerospace's flygplanstyp "ES-19" skulle, om den blir en verklighet, mycket väl kunna ersätta större delen av Svenskt inrikesflyg.

### Vad talar MOT ett framtida elflyg 2025?:

Certifieringsprocessen Med dagens pågående pandemi, är det osäkert hur lång denna process kan ta. Men det kan bara påverka "när", och inte "om".

Konkurrerande verksamhet Om omvärlden fortsätter att se flyget som ett konkurrerande trafikslag, i stället för att se det som ett komplement till andra trafikslag och dagens flyg.

Med min rapport så får man en kartläggning av hur arbetet med elektrifieringen av flygbranschen fortlöper. När det gäller svaret på de underliggande frågeställningarna så har jag kommit fram till följande:

### Vilka flygplanstyper finns i dag avsedd för Reguljär trafik?

Svar: I dagsläget endast en prototyp (Alice), men 2022 beräknas den första certifierade modellen lämna fabriken. När det gäller Sverige så pågår utveckling och 2025 beräknas de första att sättas i trafik.

### Kan de batterityper som finns i dag på marknaden användas till elflyg?

Svar: Ja, med dagens energidensitet för flygningar upp till ca 1 timme plus reserv.

### Vilken utrustning behövs för laddning?

Svar: Ingen utarbetad standard finns i dag för laddning av elflyg. Flera olika företags specifika lösningar kommer initialt att finnas vilket kan ställa till problem för

flygplatshållarna. Av de tillverkare som omnämns i denna rapport så används befintligt teknik, samma som används inom elbilssegmentet. Tekniken finns men optimering för flyg måste till. Långsamladdning i ena änden för att kunna plocka ut snabbaddning i andra.

Swedavia tittar på en lösning liknande den som används på prov i dag för el färjor. Ambitionen är att det ska ta ca 1 timme att ladda ett flygplan för inrikestrafik. För det behövs laddutrustning som klarar ca 1MW. Laddutrustningen som används för elfärjorna A klarar 6MW och färjan laddas på 5-9 min (Hamnen.se, 2019).

### **Hur väl rustade är Svenska flygplatser för att kunna ta emot och hantera elflyg och dess Turnaround?**

Svar: De Svenska flygplatserna är ganska dåligt utrustade för att kunna ta emot och hantera elflyg. Anledningen är att flygplanstillverkarna inte ännu har kommit så långt i utvecklingen och att någon standard inte finns fastställd. Initialt kommer flygbolagen att behöva tillhandahålla ladd utrustning. Vart efter standarder kommer på plats och börjar tillämpas, så kommer även flygplats hållarna att kunna tillhandahålla utrustningen som krävs. Att kunna erbjuda flygbolagen tillgång till både nödvändig utrustning och annan infrastruktur blir en konkurrensfördel.

Svaren på de underliggande frågeställningarna ger svaret på den övergripande frågeställningen:

### **Är Reguljärt elflyg 2025 en realitet eller utopi?**

Svar: Realitet

### 5.1. Förslag på ytterligare Frågeställningar

Under mitt arbetet med denna rapport så dyker det upp ytterligare intressanta spår med helt nya frågeställningar. Vissa berör själva flygplanen och andra själva flygplatsen. Nya frågeställningar som inte behandlas i denna rapport men kan vara intressanta att jobba vidare på om tillfälle ges. Alla frågeställningar tas inte upp här nedan utan bara de som på något sätt är relaterade till rollen som Elkonstruktör. Följande frågeställningar tar jag med mig in i min fortsatta karriär:

Kan incheckningsförfarandet effektiviseras för att på så sätt förenkla resandet?

På vilket sätt skulle en flygplats kunna fungera som en "energi-hubb"?

På vilka sätt kan man energioptimera en flygplats?

Kan man ladda ett elflygplan hemifrån?

Hur ska affärsmodellen se ut för elflyget?

Kan V2G fungera för elflygplan?

Hur hanterar man laddningsförfarandet av elflyg i en explosiv miljö?

Hur ska en standardiserad mjukvara se ut för laddning av elflyg?

Hur påverkas laddningsbara batterier av snabba förändringar i omkringliggande miljö, såsom tryckförändringar, temperaturförändringar, vibrationer m.m.?

## 6. Länkar

Regeringens uppdrag om att analysera utvecklingen av elflyg	<a href="http://www.regeringen.se/uppdrag-analysera-utvecklingen-elflyg.pdf">www.regeringen.se/uppdrag-analysera-utvecklingen-elflyg.pdf</a>
Trafikanalys	<a href="https://www.trafa.se/">https://www.trafa.se/</a>
Fossilfritt Sverige	<a href="http://fossilfritt-sverige.se/">http://fossilfritt-sverige.se/</a>
Energiföretagen	<a href="https://www.energiforetagen.se/">https://www.energiforetagen.se/</a>
Energiföretagens Färdplan	<a href="https://www.energiforetagen.se/sa-tycker-vi/energiforetagen-arbetar-for-ett-fossilfritt-sverige/fardplan-el--for-ett-fossilfritt-samhalle/">https://www.energiforetagen.se/sa-tycker-vi/energiforetagen-arbetar-for-ett-fossilfritt-sverige/fardplan-el--for-ett-fossilfritt-samhalle/</a>
Transportföretagen-Flyg	<a href="https://www.transportforetagen.se/?branch=5">https://www.transportforetagen.se/?branch=5</a>
Flygbranschens Färdplan	<a href="http://fossilfritt-sverige.se/wp-content/uploads/2018/04/ffs_flygbranschen.pdf">http://fossilfritt-sverige.se/wp-content/uploads/2018/04/ffs_flygbranschen.pdf</a>
ELISE	<a href="https://elise.aero/">https://elise.aero/</a>
NEA	<a href="https://www.fossilfreeaviation.com/projects/nea">https://www.fossilfreeaviation.com/projects/nea</a> <a href="https://youtu.be/kzBK9UcopUA">https://youtu.be/kzBK9UcopUA</a>
Green Flyway	<a href="https://greenflyway.se">https://greenflyway.se</a>
Nordic Innovation	<a href="https://www.nordicinnovation.org/">https://www.nordicinnovation.org/</a>
LFV	<a href="https://www.lfv.se/">https://www.lfv.se/</a>
SRF	<a href="https://www.flygplatser.se/">https://www.flygplatser.se/</a>
Swedavia	<a href="https://www.swedavia.se/">https://www.swedavia.se/</a>

KSAK <https://ksak.se/>

Batteriföreningen <https://batteriforeningen.se>

Northvolt <https://northvolt.com/>

Sion Power <https://sionpower.com>

Pipistrel <https://www.pipistrel-aircraft.com/>

Eviation <https://www.eviation.co/>

Heart Aerospace <https://heartaerospace.com/>

*"Elmotordesign för flygplan"*

Ett kandidatarbetet

från Chalmers

<https://odr.chalmers.se/bitstream/20.500.12380/255333/1/255333.pdf>

## 7. Referenser

- Axelsson, S. (den 28 03 2020). *www.fossilfritt-sverige.se*. Hämtat från Färdplan: Flygbranschen: [http://fossilfritt-sverige.se/wp-content/uploads/2018/04/ffs\\_flygbranschen.pdf](http://fossilfritt-sverige.se/wp-content/uploads/2018/04/ffs_flygbranschen.pdf)
- Chalmers. (den 09 12 2019). *Nyheter*. Hämtat från Satsar dubbelt på elflyg: <https://www.chalmers.se/sv/nyheter/Sidor/Satsar-dubbelt-pa-elflyg.aspx>
- Chalmers University of Technology. (den 04 05 2020). *Elmotordesign för elektriska flygplan*. Hämtat från [odr.chalmers.se/](http://odr.chalmers.se/): <https://odr.chalmers.se/bitstream/20.500.12380/255333/1/255333.pdf>
- DI. (den 15 02 2020). *Hållbart Näringsliv*. Hämtat från [www.di.se](http://www.di.se): <https://www.di.se/nyheter/malet-elflyg-ska-ge-fossilfritt-regionalflyg/>
- Dunder, H. (den 09 04 2020). Projektledare Förstudie Green Flyway. (M. Waltersson, Intervjuare)
- El Al. (den 06 05 2020). *The 1960s*. Hämtat från El Al: <https://www.elal.com/en/About-ELAL/About-ELAL/History/Pages/Decade-60.aspx>
- electrive.com. (den 02 02 2020). *Wright Electric works on large electric passenger plane*. Hämtat från [www.electrive.com](http://www.electrive.com): <https://www.electrive.com/2020/02/02/wright-electric-works-on-large-electric-passenger-plane/>
- Energiföretagen. (den 05 03 2020). *Färdplan el – för ett fossilfritt samhälle*. Hämtat från Färdplan el – för ett fossilfritt samhälle: <https://www.energiforetagen.se/sa-tycker-vi/energiforetagen-arbetar-for-ett-fossilfritt-sverige/fardplan-el--for-ett-fossilfritt-samhalle/>
- Eviation. (den 29 04 2020). *Aircraft*. Hämtat från [www.eviation.co](http://www.eviation.co): <https://www.eviation.co/aircraft/>

Expressen. (den 07 02 2017). *NYA FLYGET SLÅR REKORD – ÄR VÄRLDENS LÄNGSTA*. Hämtat från [www.expressen.se](https://www.expressen.se/allt-om-resor/flyg-1/nya-flyget-slar-rekord--ar-varldens-langsta/): <https://www.expressen.se/allt-om-resor/flyg-1/nya-flyget-slar-rekord--ar-varldens-langsta/>

Forbes. (den 02 07 2019). *Boeing Backs Away From Zunum Aero, Founders Struggle To Raise Money After Laying Off Staff*. Hämtat från [www.forbes.com](https://www.forbes.com/sites/jeremybogaisky/2019/07/02/zunum-aero-nears-zero-founders-struggle-to-raise-money-after-laying-off-staff/): <https://www.forbes.com/sites/jeremybogaisky/2019/07/02/zunum-aero-nears-zero-founders-struggle-to-raise-money-after-laying-off-staff/>

Forskning & Framsteg. (den 02 11 2016). *Grattis Litium!* Hämtat från Forskning & Framsteg: <https://www.nyteknik.se/fordon/kraftfull-elmotor-for-flygplan-6394352>

Forskning & Framsteg. (den 07 03 2019). *Myten om superbatteriet*. Hämtat från Forskning & Framsteg: <https://fof.se/tidning/2019/2/artikel/myten-om-superbatteriet>

Fossilfritt Sverige. (den 05 03 2020). *Fossilfritt Sverige*. Hämtat från Fossilfritt Sverige: <http://www.fossilfritt-sverige.se>

Föreningen Svenskt Flyg. (den 07 06 2018). *Aktuellt*. Hämtat från Premiär för elflyg i Sverige: <https://www.svensktflyg.se/2018/06/premiar-for-elflyg-i-sverige/>

Föreningen Svenskt Flyg. (den 16 04 2020). *I fokus*. Hämtat från Biojet: <https://www.svensktflyg.se/i-fokus/biojet/>

Heart Aerospace. (den 08 05 2020). *Herat Aerospace*. Hämtat från [www.heartaerospace.com](https://heartaerospace.com/): <https://heartaerospace.com/>

IATA. (den 19 04 2020). *The Founding of IATA*. Hämtat från [www.iata.org](https://www.iata.org/): <https://www.iata.org/en/about/history/>

ICAO. (den 05 05 2020). *Montrealkonventionen*. Hämtat från [eur-lex.europa.eu](https://eur-lex.europa.eu/): [https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:22001A0718\(01\):SV:HTML](https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:22001A0718(01):SV:HTML)

Jakob Andreasson, J. B. (2018). *Chalmers Tekniska Högskola*. Hämtat från [www.chalmers.se](http://www.chalmers.se):  
<https://odr.chalmers.se/bitstream/20.500.12380/255333/1/255333.pdf>

MIT. (den 21 11 2020). *Mit News*. Hämtat från MIT: <http://news.mit.edu/2018/first-ionic-wind-plane-no-moving-parts-1121>

Naturvårdsverket. (den 06 05 2020). *Flygets Klimatpåverkan*. Hämtat från [www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se): <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Klimat/Tre-satt-att-berakna-klimatpaverkande-utslapp/Flygets-klimatpaverkan/>

Nordic Innovation. (den 20 04 2020). *About us*. Hämtat från [www.nordicinnovation.org](http://www.nordicinnovation.org):  
<https://www.nordicinnovation.org/about-us>

Ny Teknik. (den 31 03 2015). *Kraftfull elmotor för flygplan*. Hämtat från Ny Teknik:  
<https://www.nyteknik.se/fordon/kraftfull-elmotor-for-flygplan-6394352>

Ny Teknik. (den 14 12 2017). *Batteriforskarnas upptäckt kan öka elbilarnas räckvidd*. Hämtat från Ny Teknik: <https://www.nyteknik.se/fordon/batteriforskarnas-upptackt-kan-oka-elbilarnas-rackvidd-6888801>

Ny Teknik. (den 16 02 2018). *Fordon*. Hämtat från [www.nyteknik.se](http://www.nyteknik.se):  
<https://www.nyteknik.se/fordon/energidentitet-i-elbilsbatterier-sa-har-den-utvecklats-6899136>

Pfeifer, S. (den 17 06 2019). *Electric Planes: the revolution has some snags*. *Financial Times*.

Pipistrel. (den 08 05 2020). *Alpha Electro*. Hämtat från [www.pipistrel-aircraft.com](http://www.pipistrel-aircraft.com):  
<https://www.pipistrel-aircraft.com/aircraft/electric-flight/alpha-electro/>

Popular Mechanics. (den 29 08 2019). *Lithium Metal Could Soon Replace Lithium Ion in Batteries*. Hämtat från Popular Mechanics:



<https://www.popularmechanics.com/cars/hybrid-electric/a28859683/lithium-metal-replace-lithium-ion-batteries/>

Power Circle. (den 14 04 2020). *Elbilsläget 2018*. Hämtat från [www.infogram.com](http://www.infogram.com):

<https://infogram.com/elbilslaget-2018-1h1749rjvkrq4zj?live>

Power Circle. (den 27 04 2020). *LADDBARA BILAR I SVERIGE 2012-2020*. Hämtat från

Elbilsstatistik.se: <https://www.elbilsstatistik.se/elbilsstatistik>

Regeringen. (den 25 04 2020). Hämtat från

<https://www.regeringen.se/490713/contentassets/b24cb620f26344a7994f45800c705ded/rb-i-6-i2020-00185-us-uppdrag-att-analysera-utvecklingen-avseende-elflyg.pdf>

Renard, K. (den 22 01 2020). *Gluefox.com*. Hämtat från Varför flyger flygplan?:

<http://www.gluefox.com/flygsim/wingfoils/flygbernoulli.htm>

SRF. (den 08 05 2020). *Flygplatser*. Hämtat från Svenska Regional Flygplatser:

<https://www.flygplatser.se/flygplatser/>

Swedavia. (den 04 05 2020). *Globalassets*. Hämtat från Statistik:

<https://www.swedavia.se/om-swedavia/statistik/>

Swedavia. (den 21 04 2020). *Om Swedavia*. Hämtat från Roll och Uppdrag:

<https://www.swedavia.se/om-swedavia/roll-och-uppdrag/>

Svenskt Näringsliv. (den 05 05 2020). *Högre elanvändning år 2045. Samhällsutvecklingen och klimatomställningen kräver mer el*. Hämtat från [www.svensktnaringsliv.se](http://www.svensktnaringsliv.se):

[https://www.svensktnaringsliv.se/fragor/miljo-energi-klimat/hogre-elanvandning-ar-2045-samhallsutvecklingen-och-klimatomstall\\_746596.html](https://www.svensktnaringsliv.se/fragor/miljo-energi-klimat/hogre-elanvandning-ar-2045-samhallsutvecklingen-och-klimatomstall_746596.html)

Sveriges Regionala Flygplatser. (den 09 05 2020). *De regionala flygplatsernas miljöarbete*.

Hämtat från [www.flygplatser.se](http://www.flygplatser.se): <https://www.flygplatser.se/de-regionala-flygplatsernas-miljoarbete/>

SVT. (den 01 05 2019). *Norge satsar stort på eldrivna flygplan*. Hämtat från

[www.svt.se/nyheter](http://www.svt.se/nyheter): <https://www.svt.se/nyheter/vetenskap/norge-satsar-stort-pa-eldrivna-flygplan>

Trafikanalys. (den 02 05 2020). *Trafikanalys*. Hämtat från Trafikanalys: <https://www.trafa.se/>

Trafikanalys. (den 20 02 2020). *Vilka möjligheter har elflyget?* Hämtat från Vilka möjligheter har elflyget?: <https://www.trafa.se/luftfart/elflyg-9107/>

Trafikverket. (den 29 07 2013). *Trafikprognos för Svenska Flygplatser 2030*. Hämtat från

[www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se): <https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1363860/FULLTEXT01.pdf>

Transportstyrelsen. (den 09 05 2020). *Flygplatsstatistik*. Hämtat från

[www.transportstyrelsen.se](http://www.transportstyrelsen.se):  
<https://www.transportstyrelsen.se/sv/luftfart/Statistik/Flygplatsstatistik/>

Vagabond. (den 22 11 2016). *Charterns Historia - Så såg solresur ut på 50-talet*. Hämtat från

[www.vagabond.se](http://www.vagabond.se): <http://www.vagabond.se/artiklar/artiklar/20150802/charterns-historia-60-ar-av-langtan-till-solen/>

Wikiwand. (den 05 05 2020). *Lyftkraft*. Hämtat från <https://www.wikiwand.com/>:

<https://www.wikiwand.com/sv/Lyftkraft>