

**SVENSKA
FLYGTEKNISKA
INSTITUTET**

Miljöanpassat flyg - att skilja drömmar från fysik

Dr. Tomas Melin, Docent

Af.RAeS, AIAA, FTF (CEAS).



Om mig:

Tomas Melin, forskare i
flygteknik.

Teknologie Doktor

Flygteknik, KTH, 2006

Docent 2015

Handläggare på
Totalförsvarets Forskningsinstitut

Systemvärderare

Om presentationen

Följande presentationen är mina personliga åsikter och värderingar, jag representerar inte min arbetsgivare.

Bakomliggande Kultur
Lufttransportsystemet
Flygplan
Ekonomi

Elflygplan
Alitogena Bränslen
Andra Teknologier

Framtidsscenarier

Öppen Information

Ej Exportkontoll
Ej Personuppgift

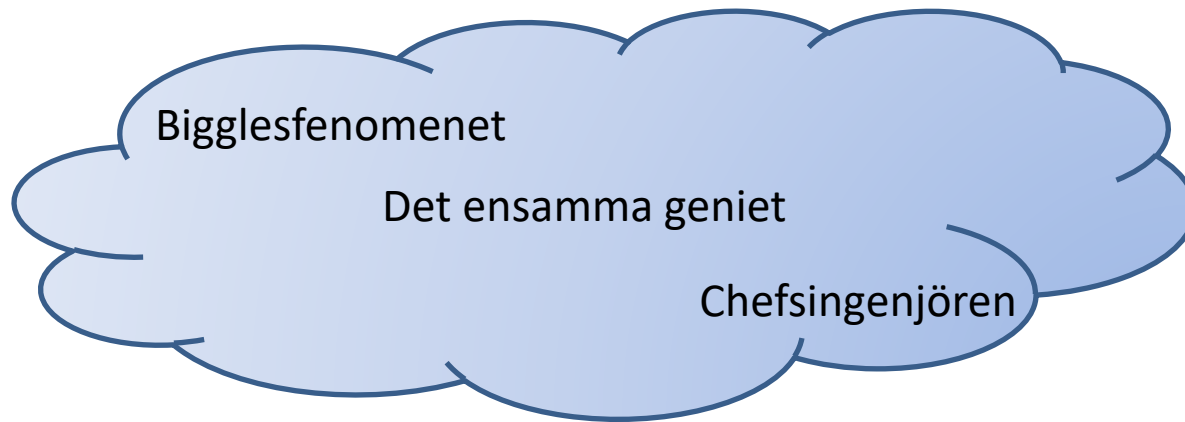
Vad jobbar du med?

Att upprätthålla säkerheten i flygtransportsystemet, och samtidigt leverera tekniska lösningar som är miljömässigt och ekonomiskt sunda.

Flygteknik - Aeronautics

- Läran om konstruktion, produktion och användande av luftfartyg.

Kulturen



Doktrin – Design to Regulation - säkerhetstänk

Systems of Systems

Ekonomiska realiteter

Flygets Ekonomi

Direct Operating Costs (DOC)

- Finansieringskostnader
 - Avskrivningar
 - Ränta
 - Försäkring

Cash Operating Costs (COC)

- Flygkostnader
 - Bränsle
 - Landningsavgifter
 - Besättning
 - Navigationsavgifter
- Underhållskostnader
 - Skrov
 - Motorer

Flygplanet

Total Operating Costs

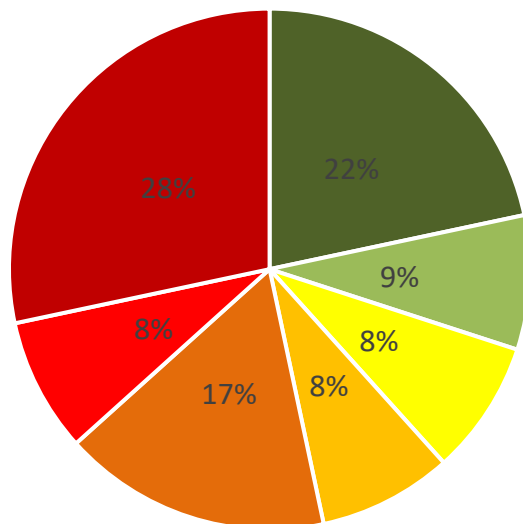
Indirect Operating Costs (IOC)

- Flygplatsutrustning
 - Avskrivning
 - Underhåll
- Administration
 - Biljettförsäljning
 - PR & reklam
 - Ledning och HR
 - Allmän admin.
- Tjänster
 - Passagerartjänster
 - Flygplanstjänster
 - Trafiktjänster

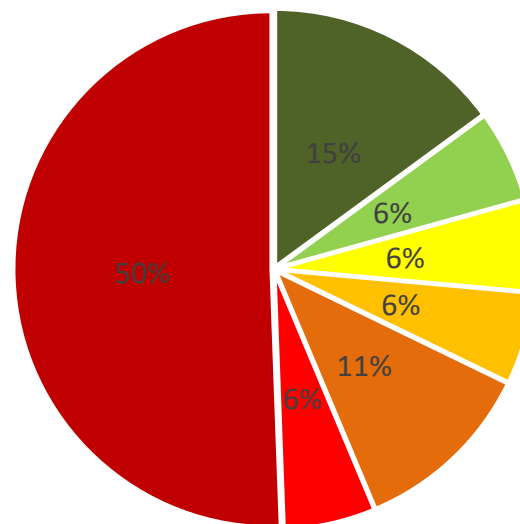
Flygbolaget

COC Billigt bränsle

- Skrov
- Motor
- Piloter
- Kabin
- Navigation
- Landning
- Bränsle

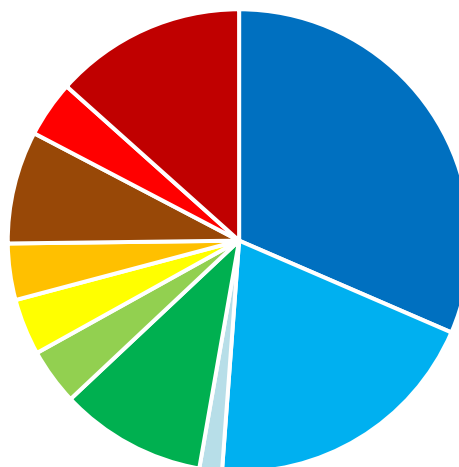


COC Dyrt bränsle



DOC Billigt bränsle

- Finansiering
- Underhåll
- Flygkostnader



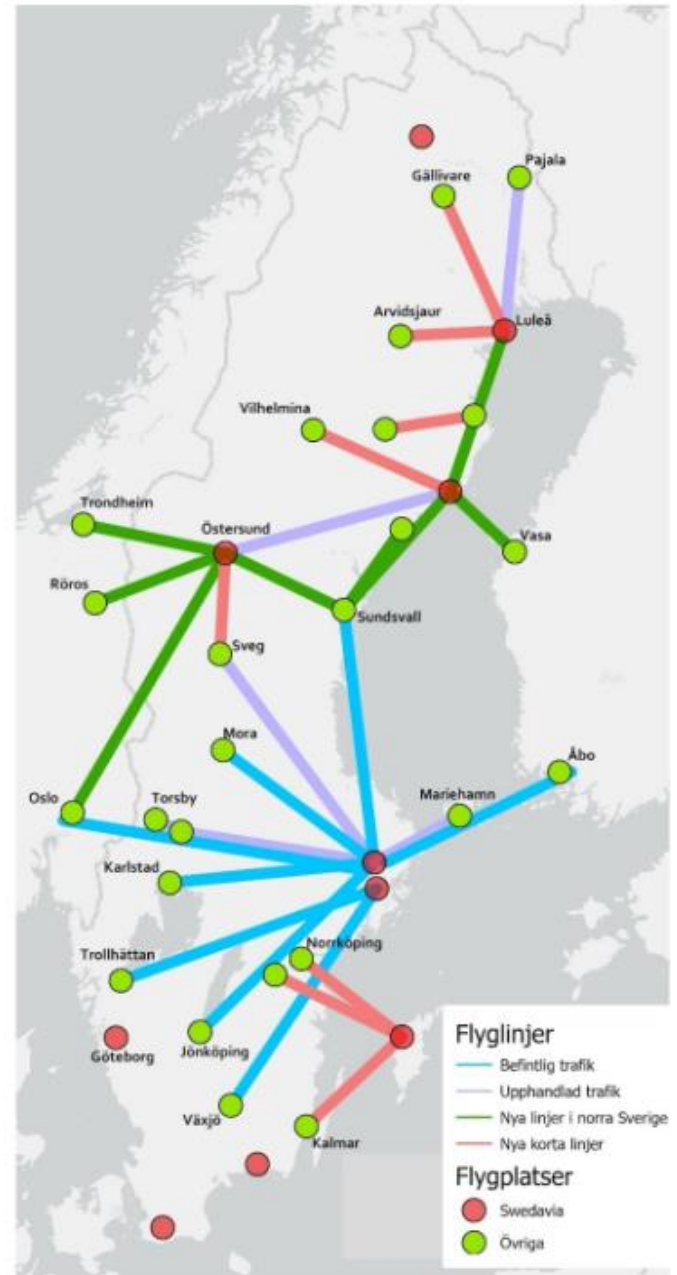
- Avskrivning
- Ränta
- Försäkring
- Skrov
- Motor
- Piloter
- Kabin
- Navigation
- Landning
- Bränsle

Trafikanalys

- Elflyg –
början på en spännande resa
redovisning av ett
Regeringsuppdrag

Rapport 2020:12

2% av Flighterna < 20 PAX



Tidsperspektiv

Omedelbar framtid

- Anpassning av syntetbränslen att fungera i befintlig utrustning.

Kortsiktig förändring

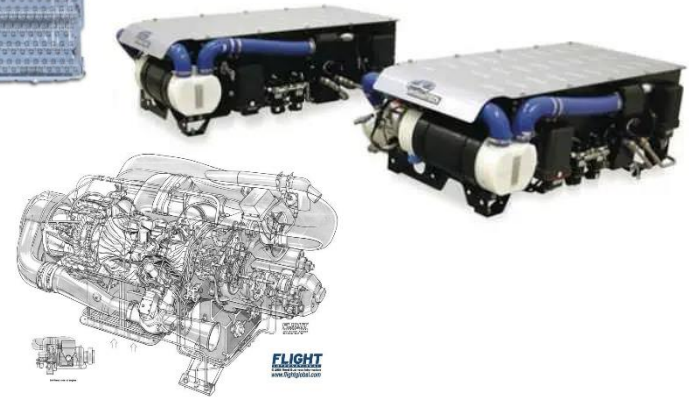
- Anpassning av befintliga system att fungera med diversifierade syntetbränslen

Långsiktig förändring

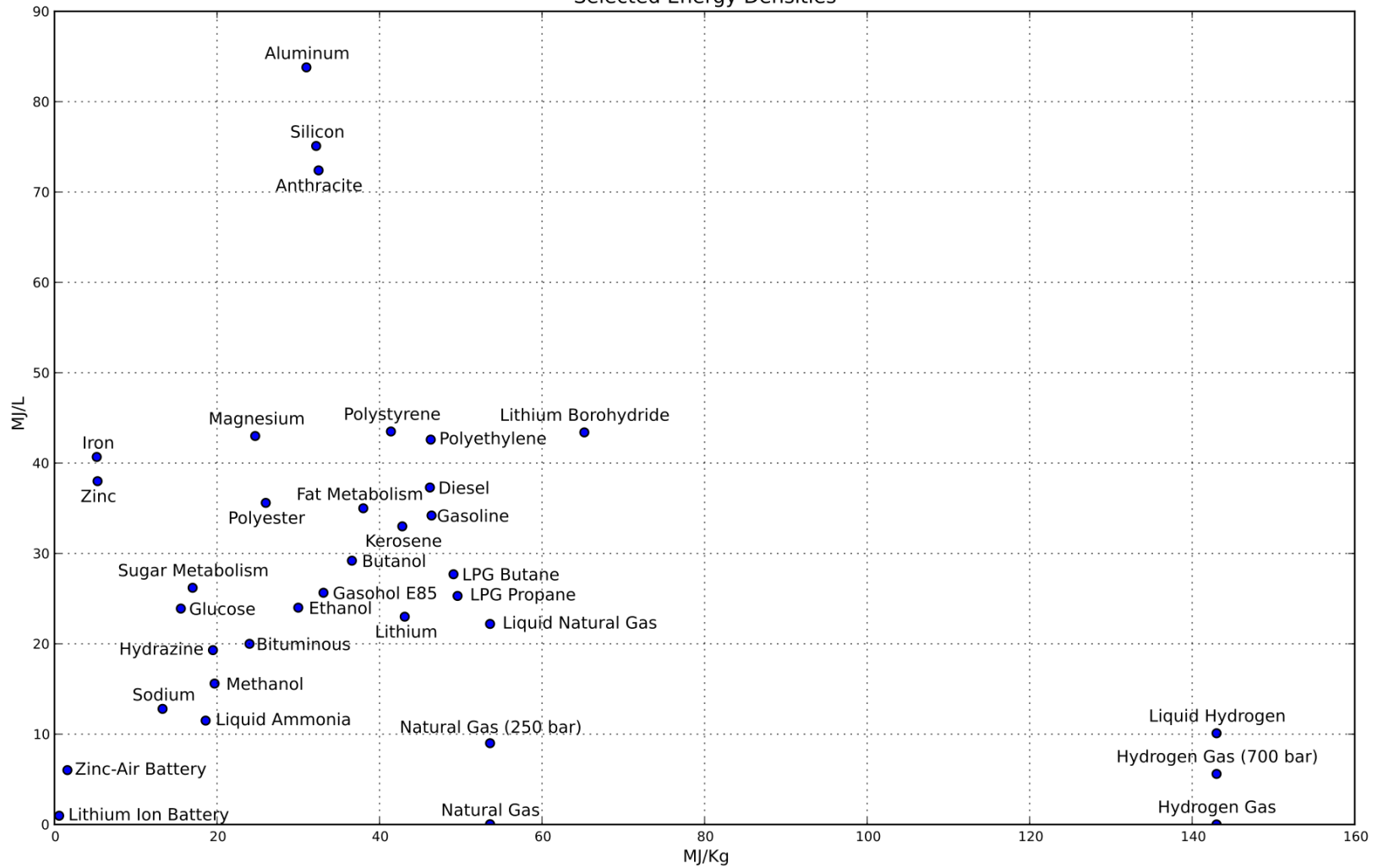
- Nya tekniska system optimerade för syntetbränslen

Alternativa energibärare

- Elektricitet –
 - Batterier
 - Bränsleceller
 - Turboelektriskt
- Alternativa kolväten
 - Biobränsle
 - Elektrobränsle
 - Butan
- Alternativa vätebärare
 - Vätgas
 - Ammoniak
 - Trisilan



Selected Energy Densities





Elektriska Flygplan idag

Pipistrell
Alpha Electro

Räckvidd:	138 km
Ombord:	2 personer
L/D	15
Specifik energi	136 kJ/kg
Batteri	130 kg (23%)

I kommersiell drift.



Elektriska Flygplan idag

Bye Aerospace *Eflyer 2*

Räckvidd:	nom. 400 km
Ombord:	2 personer
L/D	20
Specifik energi	200 kJ/kg*
Batteri	*kg (22-53%)

Under certifiering

19 PAX Flygplan idag

Let L-410



Dornier 228

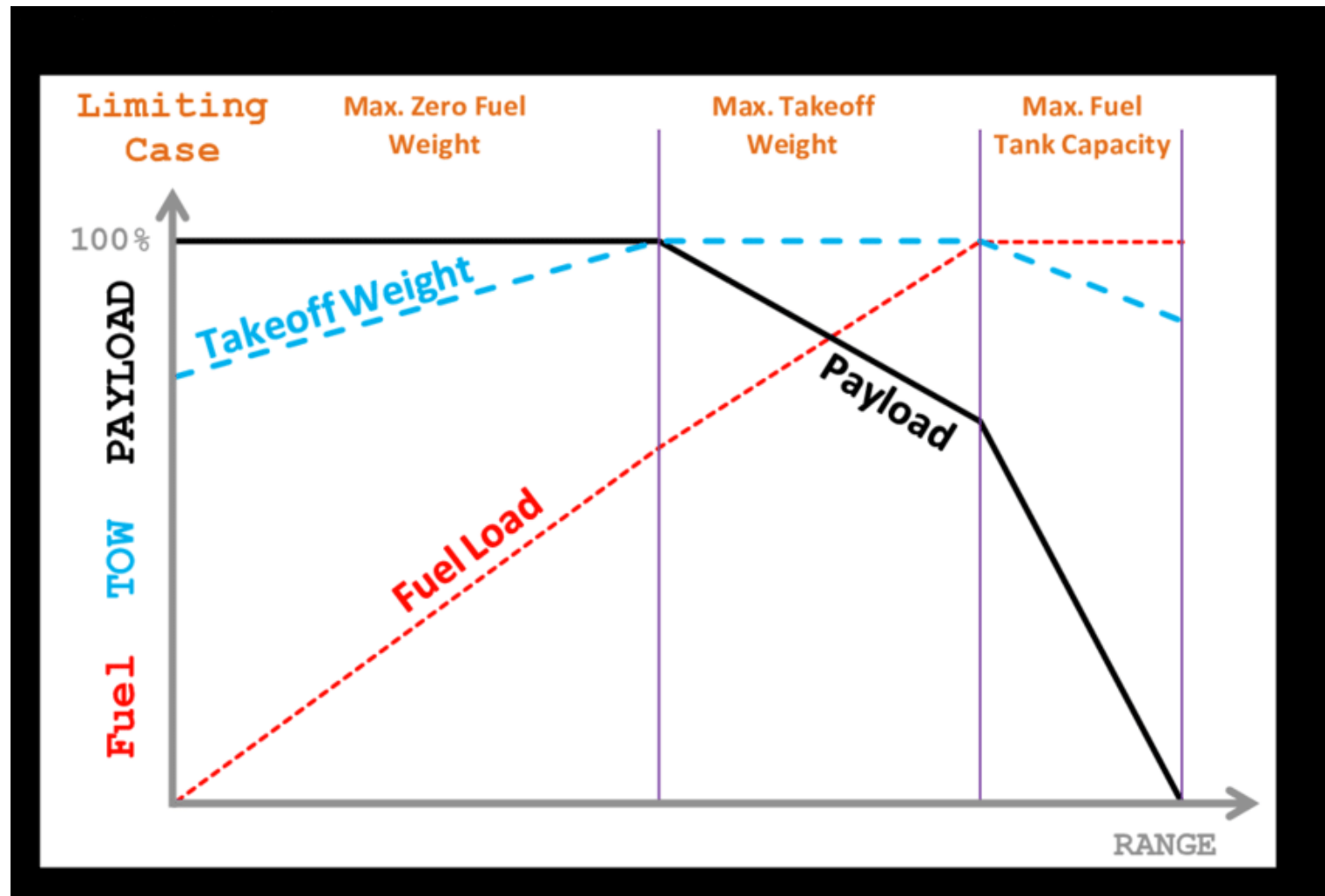


DHC-6 Twin Otter

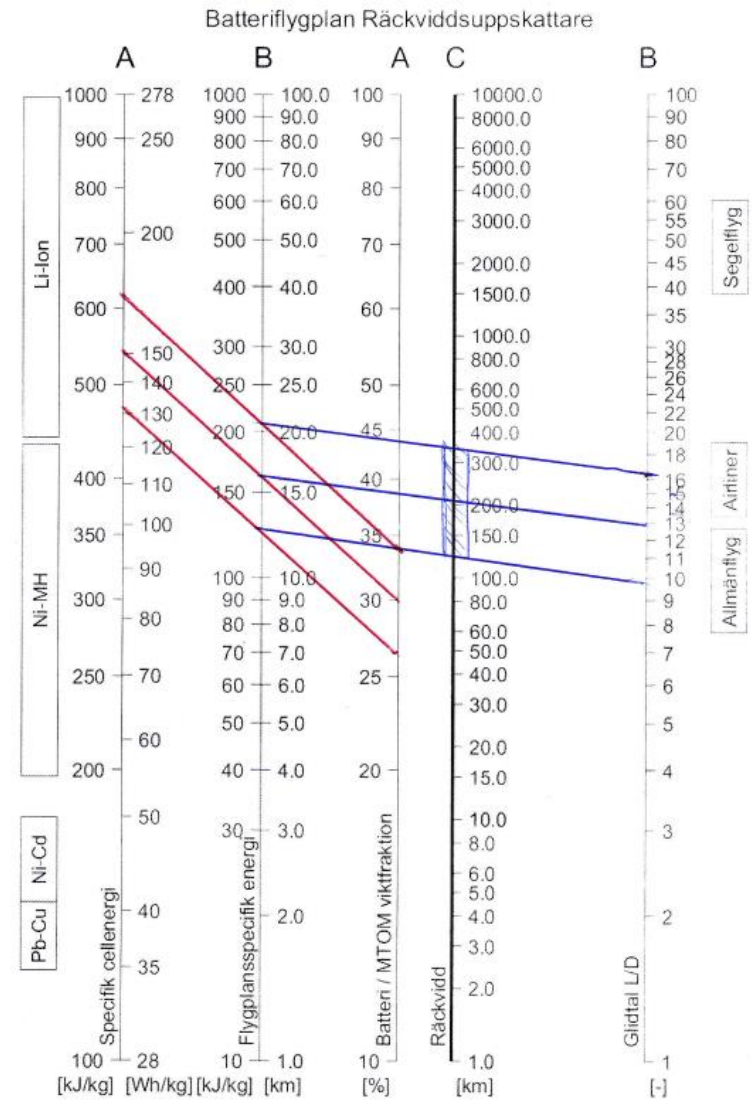
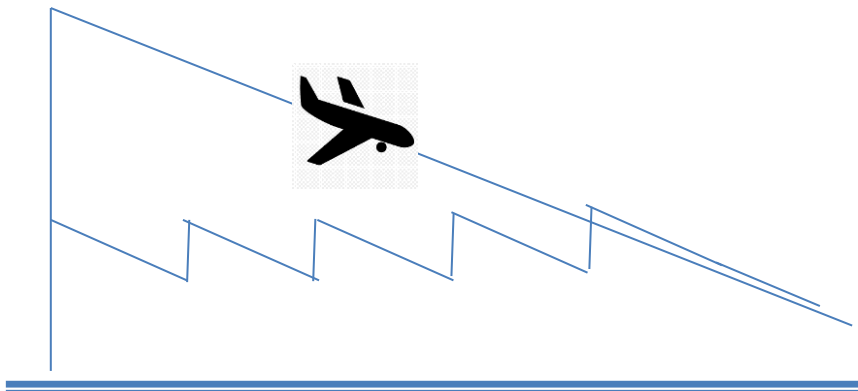


19 PAX Flygplan idag

	MTOW [kg]	Tomvikt [kg]	Last [kg]	Bränsle [kg]	Räckvidd [km]
L-410	6,600	4,200	1,800	1,300 (600)	510
Dornier 228	6,575	3,900	1,960	1,885 (715)	396
Twin Otter	5,670	3,221	1,842	1,175 (607)	185



$$R = \frac{E}{mg} \frac{L}{D} \eta_p$$



Bränsleceller (Vätgas)

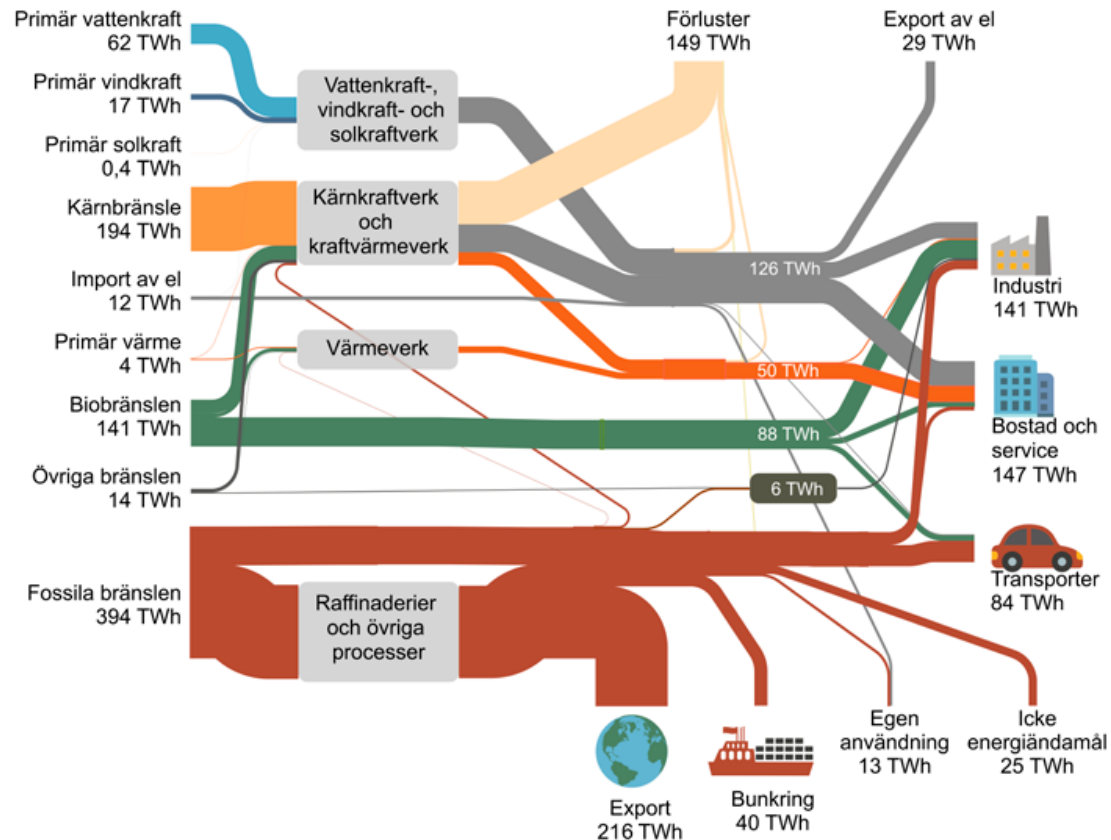
- **DLR - HY4 Aircraft**

- 65 kW
- 3 PAX
- 723 km räckvidd.



Alitogena Bränslen

- Biobränslen
- Elektrobränslen

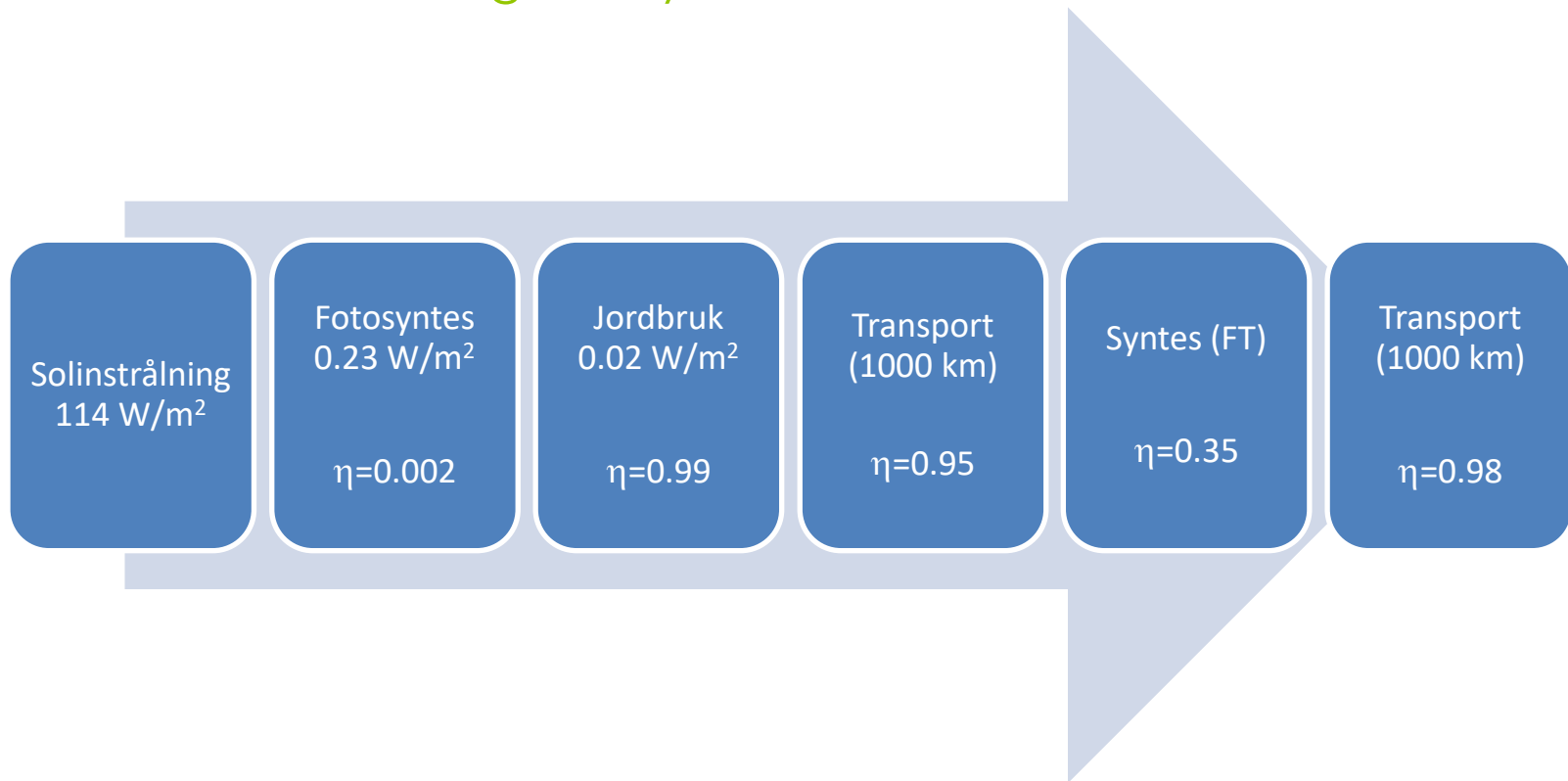


Biobränslen

- OK upp till 50% inblandning, 100% trolig.
 - Begränsningar I Biomassa
 - Begränsning I Markanvändning

Flyget i Sverige - Biobränsle,

markanvändningsanalys



Flyget i Sverige - Biobränsle,

markanvändningsanalys

- Systemverkningsgrad, Sol till tank:

- $\eta = 0.00065$

- Solinstrålning: $1 \times 10^6 \text{ Wh/m}^2$

- Energibehov: $1 \times 10^{13} \text{ Wh}$

10^7 m^2

$1.5 \times 10^{10} \text{ m}^2$

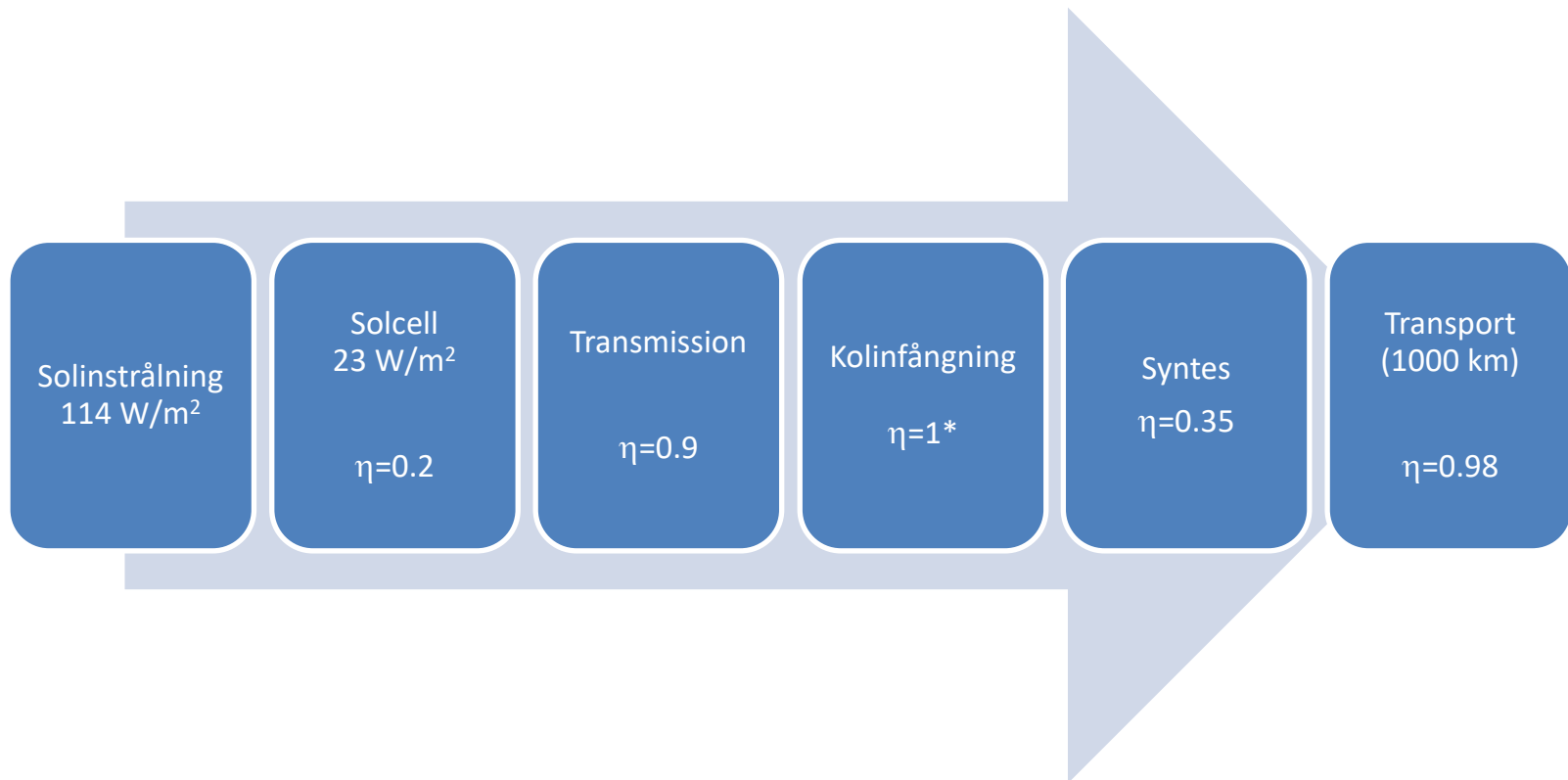
$1.5 \times 10^6 \text{ hA}$

Nödvändig jordbruksmark: 1 500 000 hA

Tillgänglig jordbruksmark: 2 500 000 hA

Flyget i Sverige - Elektrobränsle

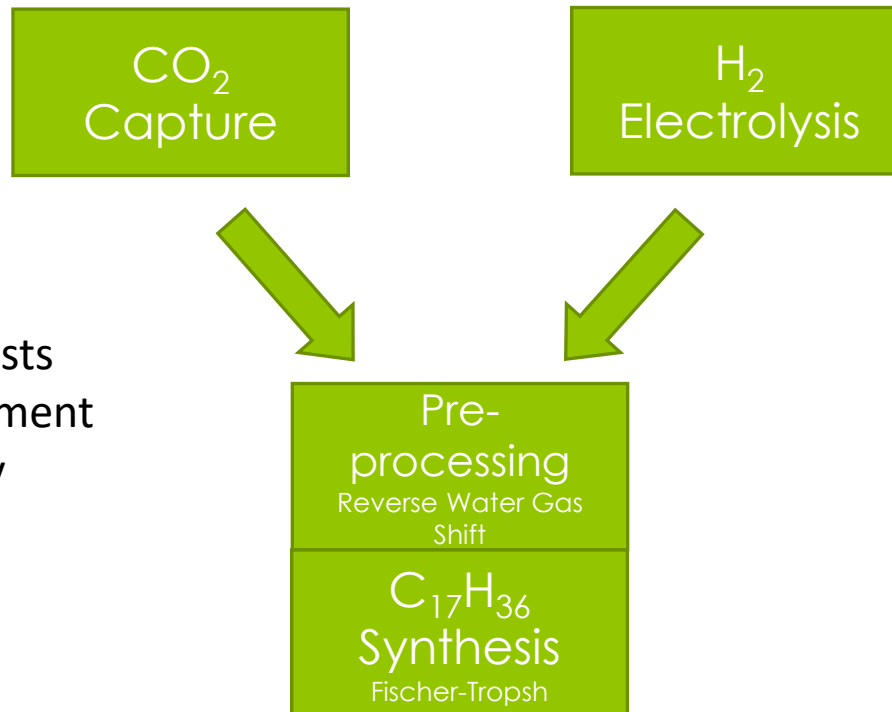
markanvändningsanalys - Solcellskälla



Elektrobränsle, Solcellskälla markanvändningsanalys

- $\eta=6\%$
- Nödvändig mark: 15 000 hA

Synthetic Fuel Generation



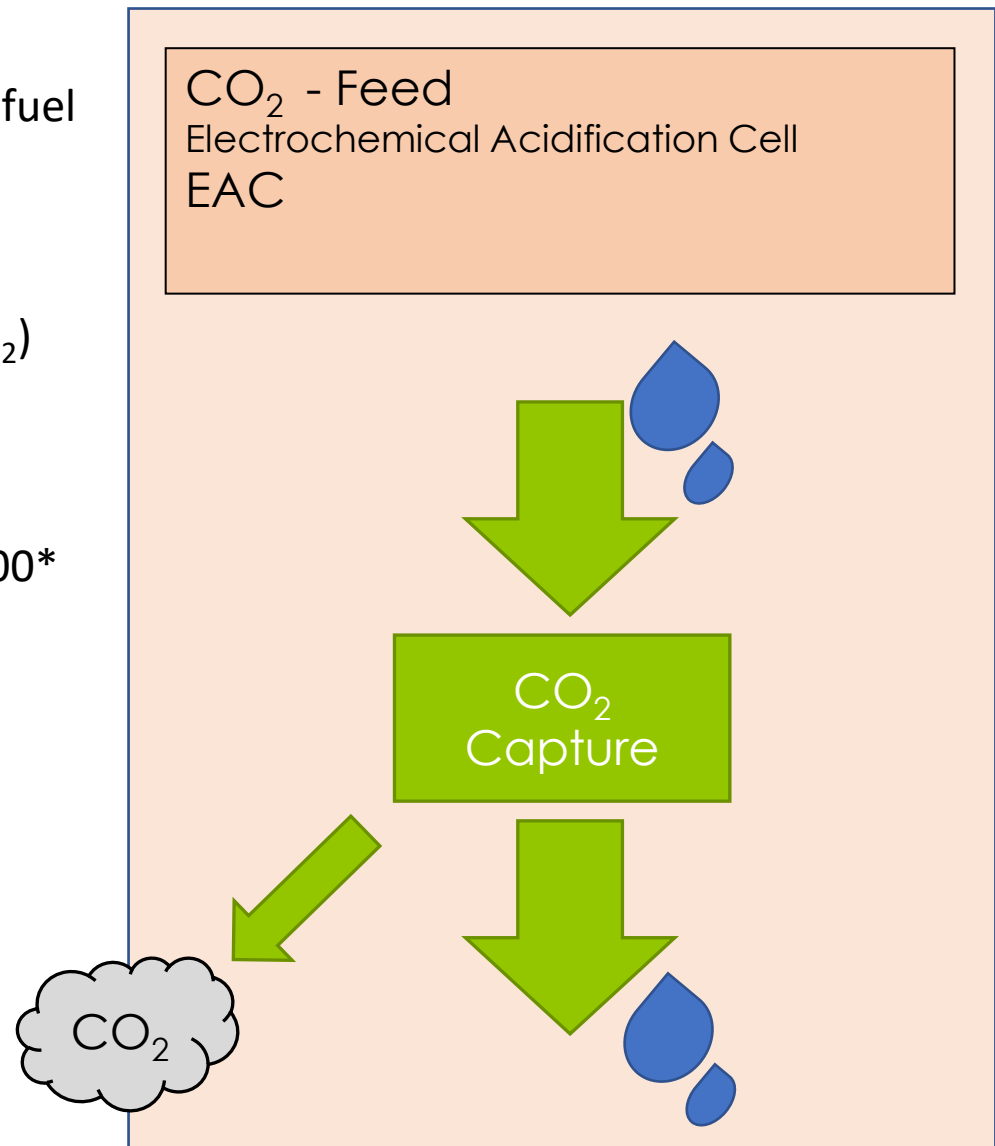
Estimated Fuel Costs

0.5 € / L Investment

30 kWh/L Energy

Feed Carbon Dioxide Production
to manufacture 1000 kg synthetic fuel
(12000 kWh)

- Seawater
 - 31000 m³ (@100 ppm CO₂)
- Electrical energy kWh
 - Pumping 870
 - EAC 17000*
- 3100 kg CO₂ (850 kg C)



H₂ - Feed



Electrolysis

O₂

H₂

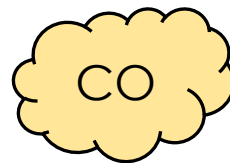
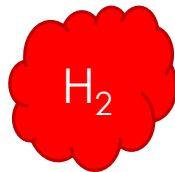
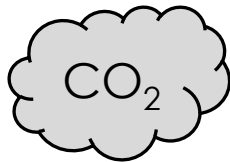
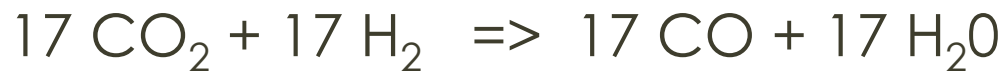
H₂

Feed Hydrogen Gas Production 1000 kg fuel

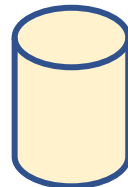
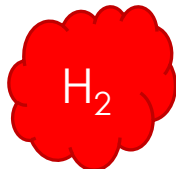
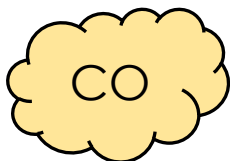
- Freshwater 2000 kg
- Electrical energy kWh
 - Pumping 1
 - Electrolysis 13000
- Output
 - 150 kg H₂ to FT
 - 70 kg H₂ to RWGS
 - 1780 kg O₂

Hydrocarbon Synthesis

- Reverse Water Gas Shift



- Fischer-Tropsch



200 MW Plant, Daily Ops.

Key Technology Parameters

- Carbon Capture
 - 390 Tonne CO₂
 - 3 900 000 m³ seawater processed
- Hydrogen Production
 - 28 Tonne H₂
- Daily Output
 - 125 Tonne Kerosene (157 m³) – 5% Arlanda fuel consumption
 - 220 Tonne O₂

Technology readiness

● **Hydrogen Production** 9

● **Fischer-Tropsch** 9

● **Synthetic fuel use** 7

Regulation / certification

Corrosion

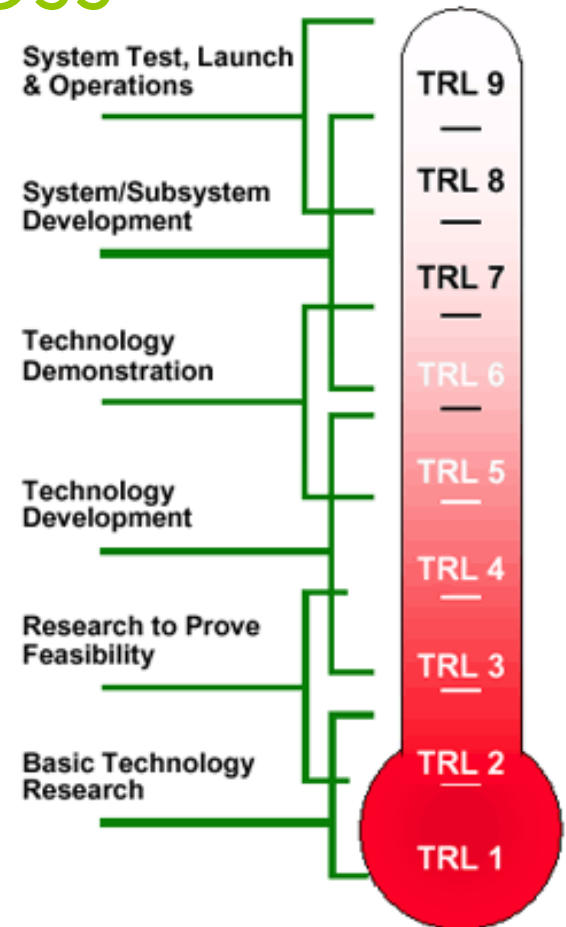
● **Carbon Capture** 5

Scaling,

Fouling

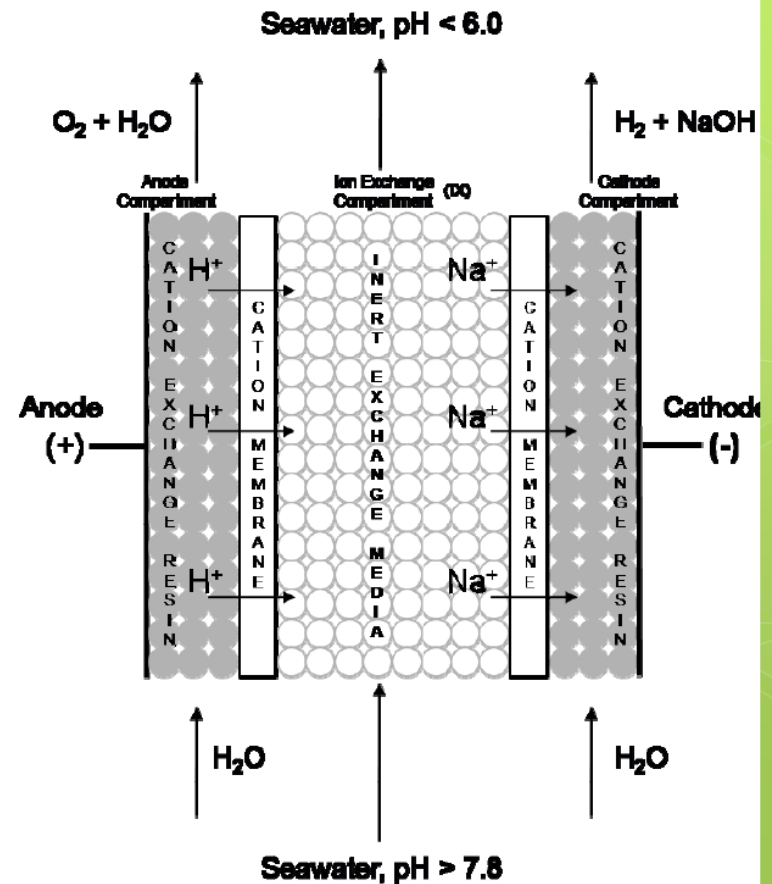
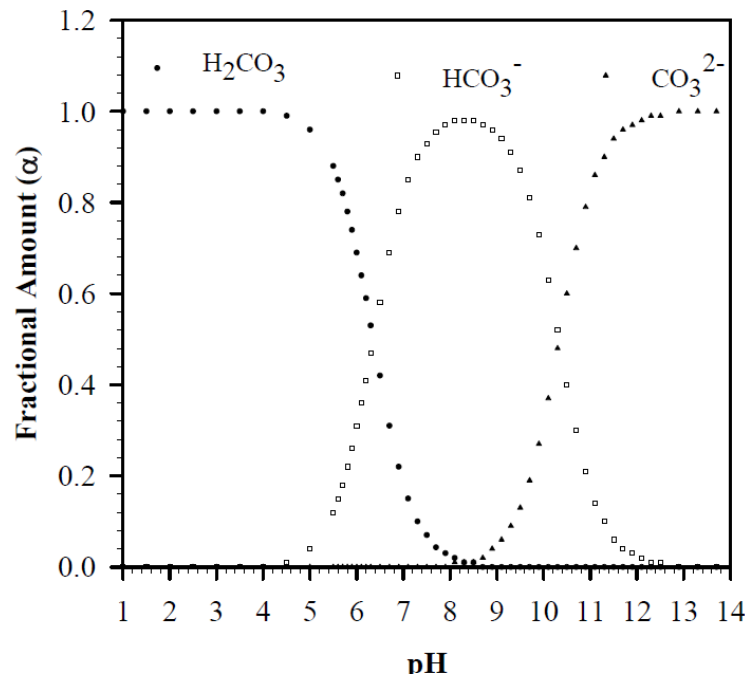
Filtration

Overall Efficiency



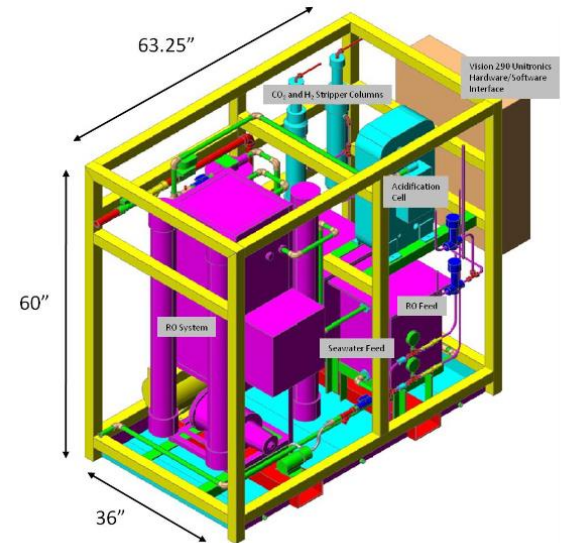
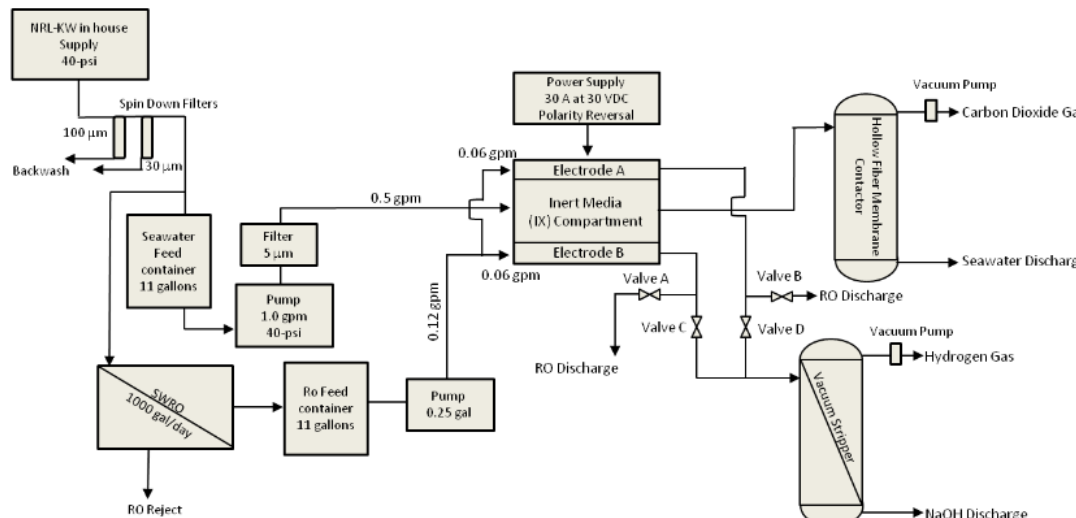
Carbon Capture Seawater

- Concentration CO_2 in Seawater 100



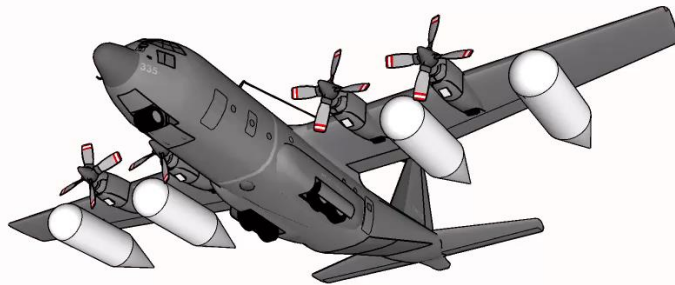
Carbon Capture

- Experimental Electrochemical Acidification Cell
USN – 100W (10g CO₂/min)



Fallstudie, Vätgasdriven TP84

noll-iterations konceptdesign



- 6 Ton H_2
(Var 18 Ton fotogen)
- 94 m³ Tankvolym
 - 4 pylontankar a'
 - 23.5 m³
 - Diameter 2.2 m
 - Längd 8.8 m
 - 2500 kg

