

Aircraft Based Observations

Flyplansobservationer

Från 30-talet till idag

Flygplansobservationer - en historik

1910 talet

- The Weather Bureau, föregångaren till National Weather Service, börjar med de första försöken att genomföra mätningar av atmosfären från flyg.



Flygplansobservationer - en historik

1930 talet

- The Weather Bureau behövde expandera sina mätningar av "upper air", som hittills gjorts med mätinstrument monterade på drakar samt till viss del ballonger.
- Påbörjar ett program med väderflygningar där mätinstrument monteras på flygplan. Mäter tryck, temperatur och relativ fuktighet.
- Privatpiloter kontrakterades för uppdraget att insamla data upp till en höjd minst 13500 fot. För varje tusentals fot över minimihöjd utgick en bonus.
- Mot slutet av 30-talet ville the Weather Bureau ha mätningar som sträckte sig upp till minst 16500 fot. Och nu började en del av piloterna att ta med sig djur upp på väderflygningarna.

Flygplansobservationer - en historik

1930 talet



- Dom medföljande djuren var tänkta att fungera som gruvarbetares kanariefåglar.
- 1938 skrotades programmet med flygplansobservationer till förmån för ballonger (PILOT / radiosond).

Flygplansobservationer - en historik

1940 talet

- 1944 signeras Chicago konventionen, där annex 3 till denna utgör grunden för alla styrande dokument gällande civil luftfart. Och 1947 grundas ICAO - International Civil Aviation Organization
- Civilflyget ökar i omfattning efter krigsslutet och man börjar återigen ta emot observationer från flygplan. Men nu utan dedikerad meteorologisk mätutrustning.
- I USA uppstår två rapport format PIREP och AIREP. Där den senare av ICAO kommer att kodifieras och benämnas Routine-AIREP. Routine-AIREP var ursprungligen rapporter av tryck och temperatur som lämnades längs flyggrutten.

Flygplansobservationer - en historik

1970 talet

- Nya flygplan var utrustade med ombordelektronik (avionik) som kunde beräkna vindstyrka och vindriktning.
- Jetflygplan är nu dominerande och även (statiska) temperaturen måste räknas ut utifrån hastighet och uppmätt temperatur.
- Mot slutet av 70-talet skickas Routine-AIRMET allt oftare automatiskt, utan piloters inblandning.

Flygplansobservationer - en historik

1980 talet

- Försök med ASDAR - Aircraft to Satellite Data Relay
- Kommunikation från flygplan till geostationära vädersatelliter.
- Relativt dyrt system som krävde att flygplanen utrustades med tung extra utrustning.



Flygplansobservationer - en historik

1980 talet

- Moderna flygplan är nu utrustade med FMS/FMC (Flight Management System/Computer) samt ACARS (Aircraft Communications, Address and Reporting System) dvs en datalänk för kommunikation med markstationer.
- 1985 startar australiensiska Bureau Of Meteorology ett projekt med ANSETT Australia som kom att heta AMDAR - Aircraft Meteorological DATA Relay
- AMDAR är mjukvarulösning som använder FMS och ACARS för att leverera meteorologiska data.

Flygplansobservationer - en historik

1990 talet

- 1990 - USA (FAA och NOAA/NWS) påbörjar sitt AMDAR program med flera deltagande flygbolag.
- 1993 - KNMI och KLM påbörjar ett AMDAR projekt, som blir ett av EUMETNET's observationsprogram, E-AMDAR.
- 1998 - SAS börjar leverera data till E-AMDAR.

Flygplansobservationer - en historik

2000 talet

- Runt 2000 finns det AMDAR program på plats i Australien, Nordamerika, Europa, Asien (Kina och Japan) och Sydafrika.
- Utveckling sker för att kunna mäta och rapportera ytterligare väderparametrar:
 - Relativ fuktighet - kräver en hårdvarulösning
 - Turbulens - mjukvarulösning med befintliga accelerometer men beräkningsintensiv (EDR - Eddy Dissipation Rate, DEVG - Derived Equivalent Vertical Gust velocity)
 - Isbildning - kräver en hårdvarulösning

Flygplansobservationer - en historik

2000 talet

- I samband med utveckling av nya sensorer för relativ fuktighet, turbulens och isbildning uppstod TAMDAR.
- TAMDAR startades av AirDat LLC, senare uppköpt av Panasonic och ägs nu av FLYHT Aerospace Solutions Ltd.
- TAMDAR har sen 2004 levererat observationer med temperatur, vind, relativ fuktighet, turbulens och isbildning.
- Till skillnad från AMDAR så distribueras inte TAMDAR "fritt på GTS" utan kostar för varje användare av datat.

Flygplansobservationer - en historik

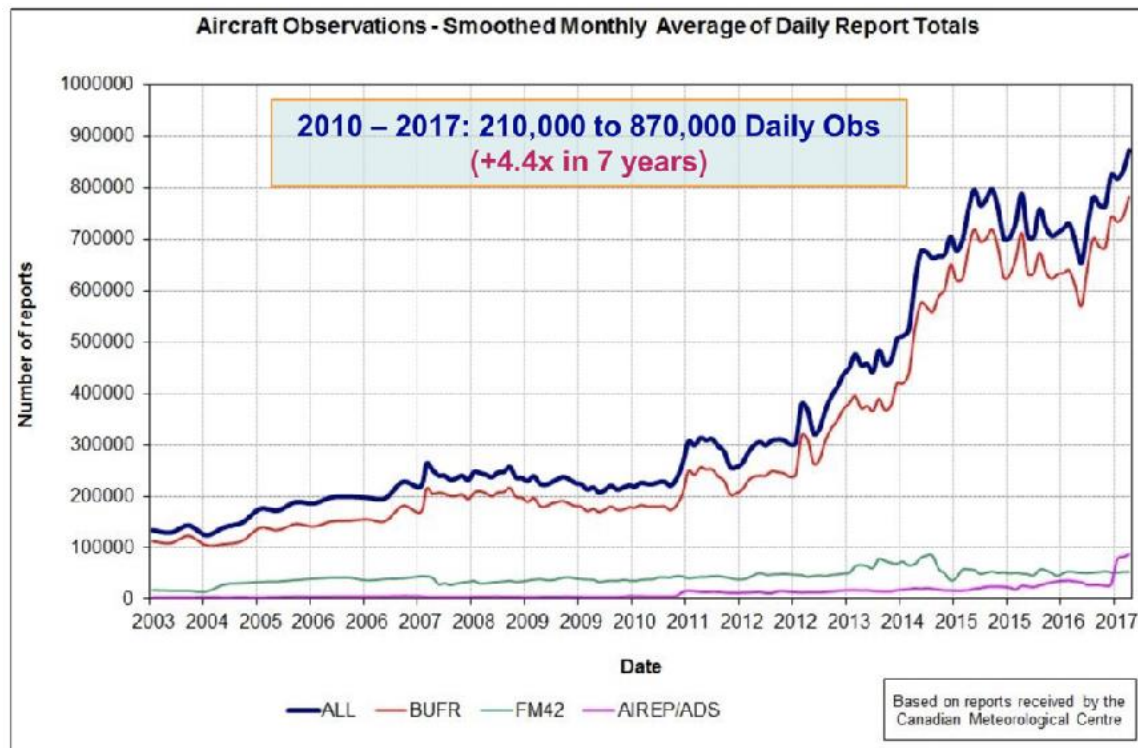
2000 talet



Flygplansobservationer - en historik

2010 talet

- Användandet av flygplansobservationer har ökat konstant, men vädertjänsterna behöver hitta mer kostnadseffektiva lösningar för att fortsätta att öka datamängderna.



Flygplansobservationer - nutid

- Krav/önskemål finns från användarna (NWP/prognosmet) om ökade observationsvolym, framför allt observationer tätare i tiden.
- I Europa finns länder som köper extra observationer från viktiga/känsliga flygplatser, utöver de observationer som bekostas av EUMETNET (var 3'e timme.)



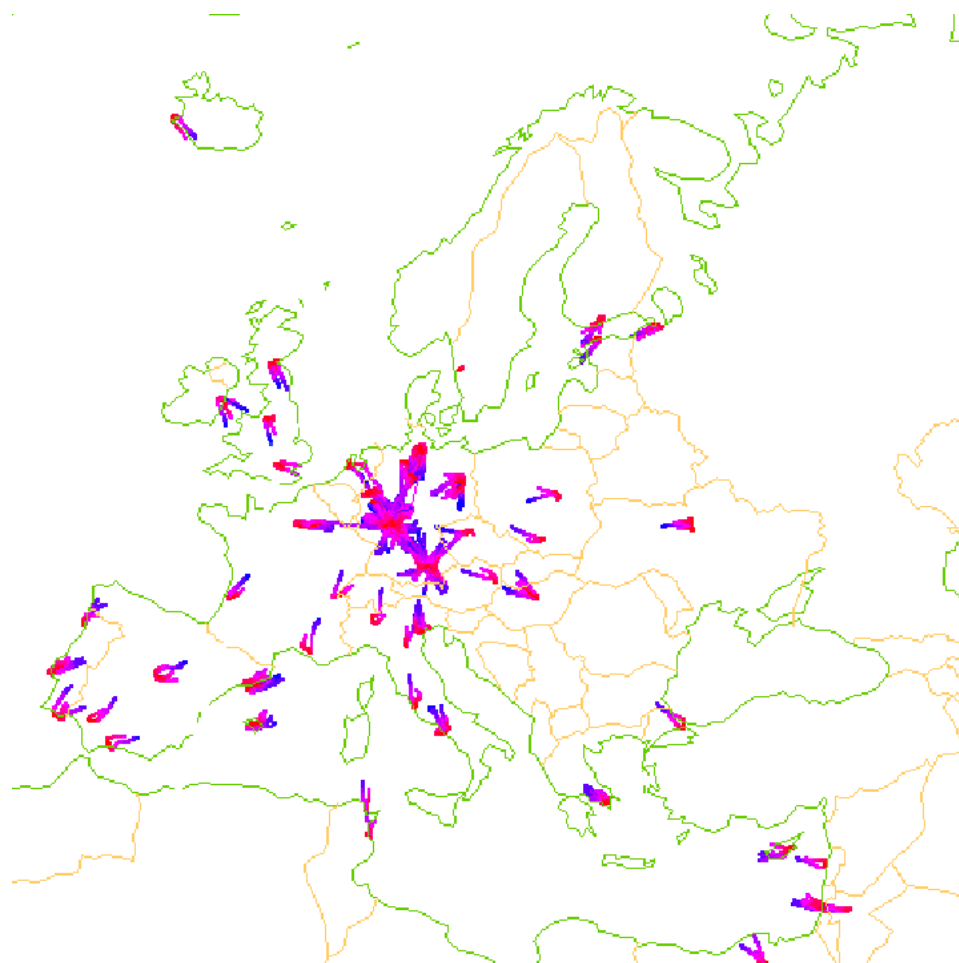
Flygplansobservationer - nutid/framtid

- AMDAR volymerna i Europa kommer inte öka framöver - snarare minska
- AMDAR observationer från fler regionala flygplatser - kan bli möjligt först när flygplansflottorna uppgraderas.
- Troligen kommer turbulensrapportering att införlivas i observationerna.
- 8st fuktsensorer flyger hos Lufthansa, ovisst om viljan/resurserna finns för att utöka dessa observationer.



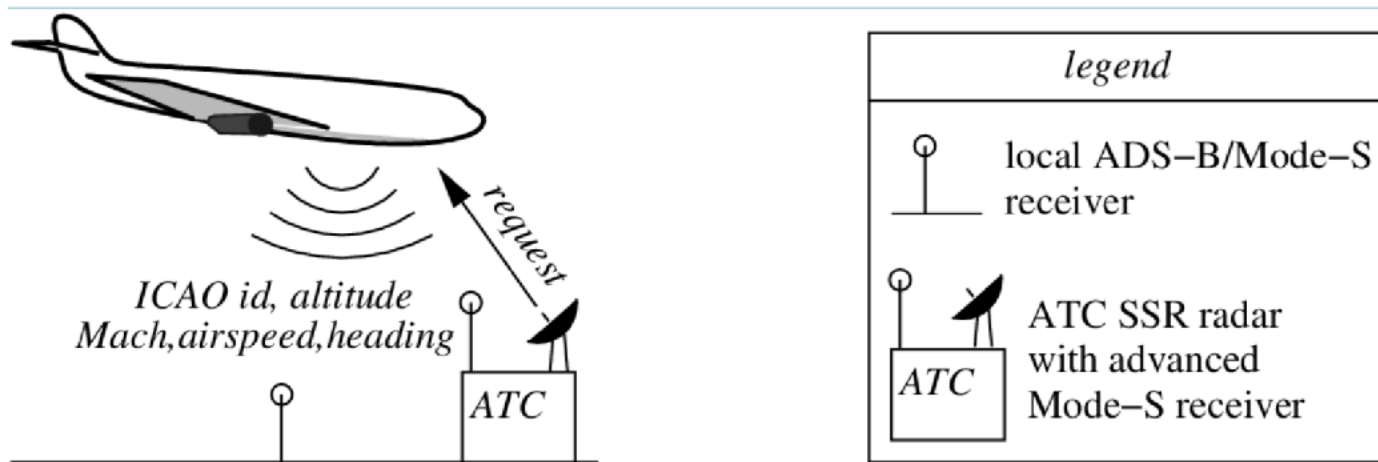
Flygplansobservationer - nutid/framtid

- Alla E-AMDAR med fukt under perioden 16-23 oktober 2019



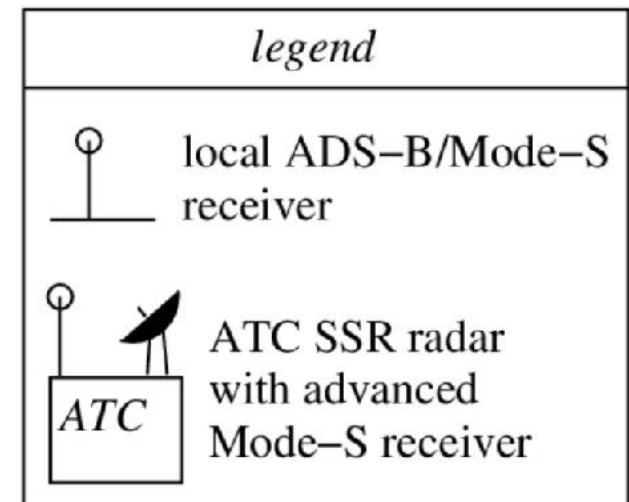
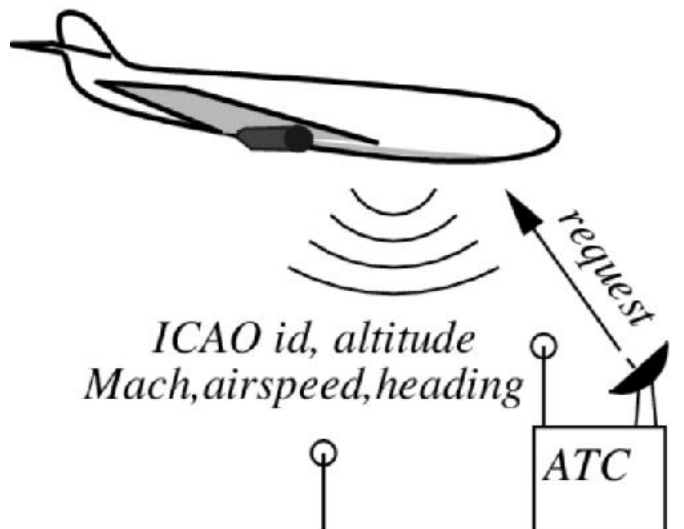
Flygplansobservationer - nutid/framtid

- ADS-B (Automatic Dependent Surveillance - Broadcast) och Mode-S EHS (Mode Select Enhanced Surveillance) är standard för alla flyg med MTOW > 5700kg eller max hastighet > 250 KTS.
- Via SSR (sekundär radar) kan trafikledningen numera få tillgång till flygplanens navigations data - samma data som möjliggjorde för flygen att beräkna vind och temperatur.

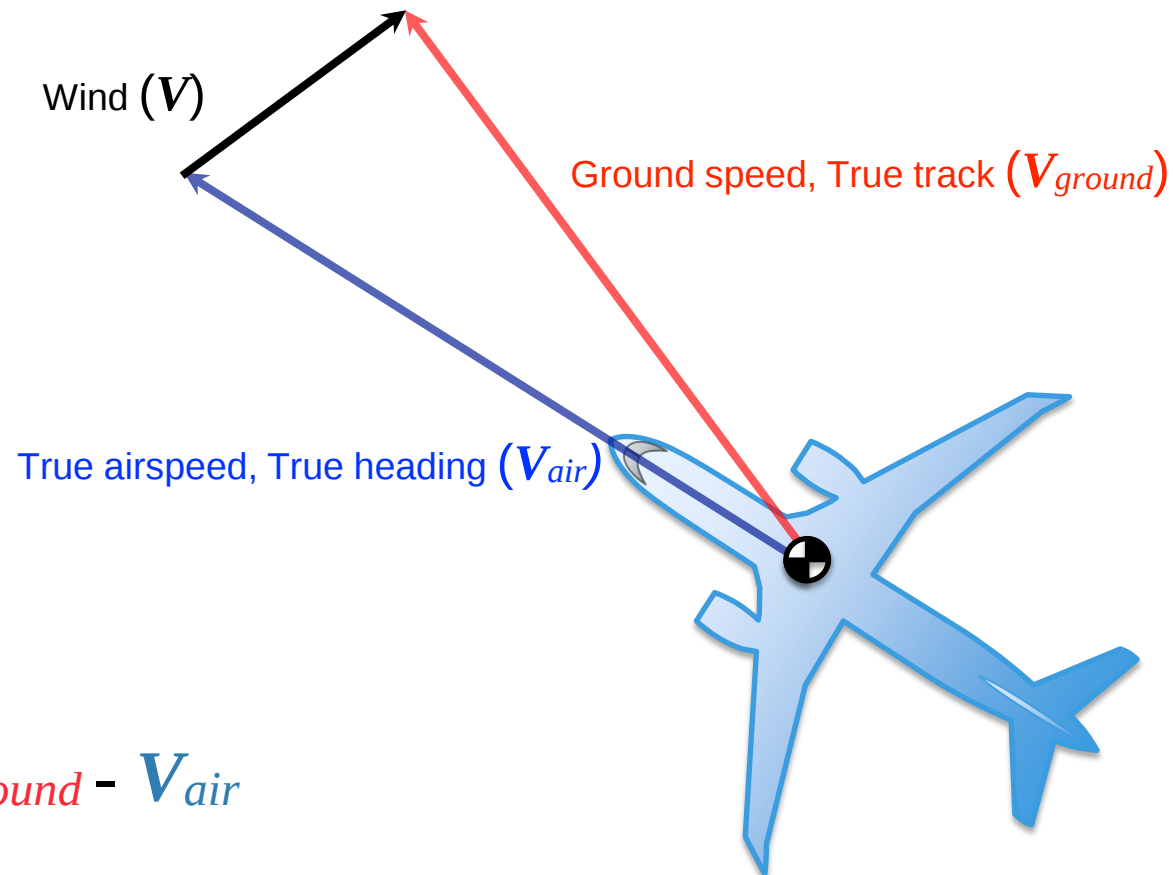


Flygplansobservationer - Mode-S

- ADS-B (Automatic Dependent Surveillance - Broadcast) transponder med Mode-S (Mode Select) är snart standard för alla flyg med MTOW > 5700kg eller max hastighet > 250 KTS.
- Via SSR (sekundär radar) kan trafikledningen få tillgång till flygplanens navigations data.
- Data kan uppdateras så ofta som var 4'e sekund.



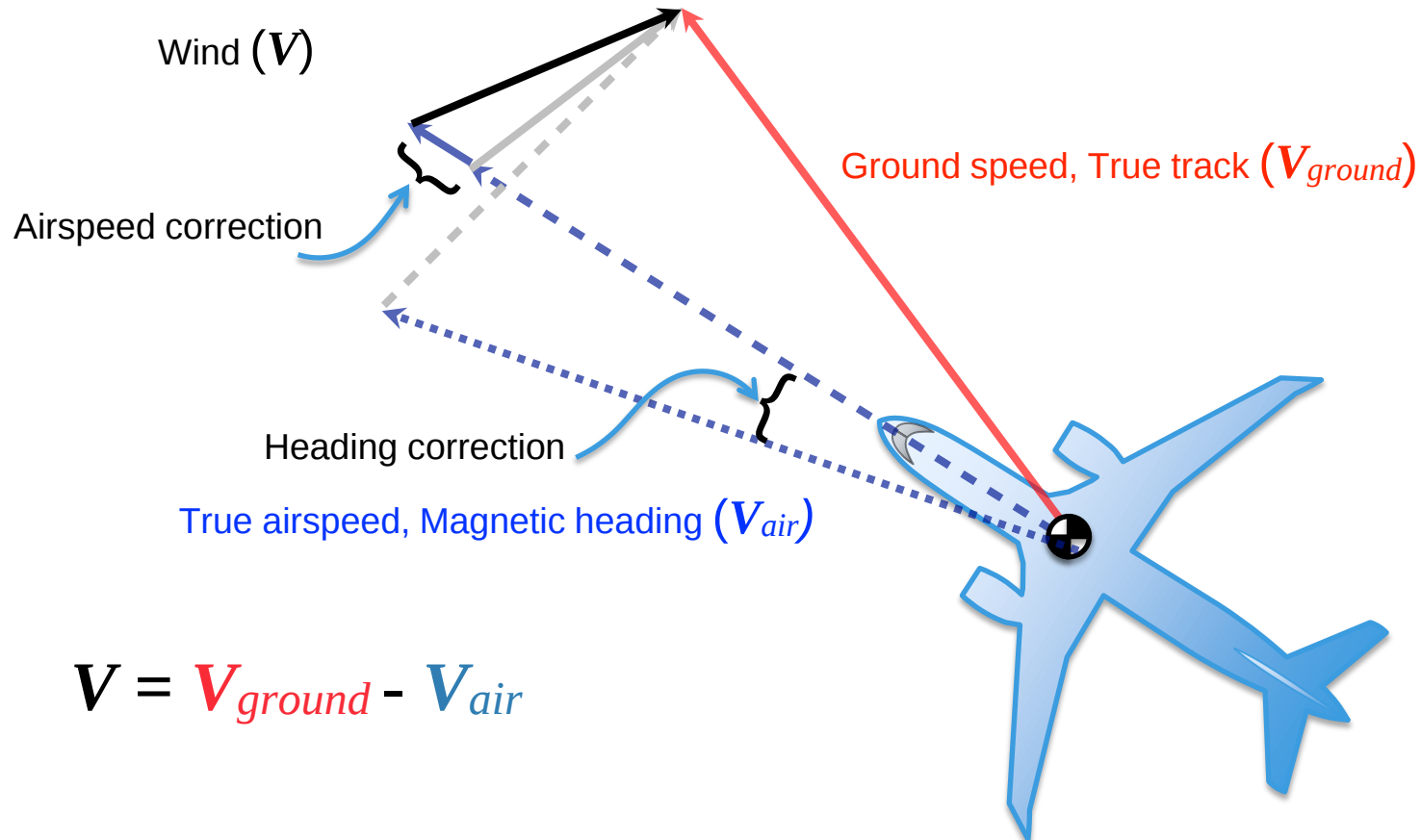
Beräkna vinden från Mode-S data



$$V = V_{ground} - V_{air}$$

Beräkna vinden från Mode-S data

Vissa korrektioner måste göras för att förbättra värdena på vinden.



$$V = V_{ground} - V_{air}$$

Beräkna temperatur från Mode-S data

- Vindar som beräknats med korrektion av både heading och True airspeed har samma kvalitet som vindar från AMDAR och radiosonder. Och dessa observationer kan fås de flesta flyg i kommersiell luftfart.
- Det ger möjlighet att i nästan realtid få vinddata från större flygplatser.

Beräkna temperatur från Mode-S data

Temperaturen hos den omgivande luften kan räknas ut genom att använda Mach talet, M , ljudhastigheten c och flygplanets "sanna" hastighet i luften V_{air} .

Mach talet M är kvoten mellan flygplanets hastighet och ljudhastigheten i den omgivande luften.

$$M = \frac{V_{air}}{c}$$

där ljudhastigheten c kan skrivas som

$$c = \sqrt{\gamma RT}$$

där γ är kvoten mellan värmekapaciteten vid konstant tryck respektive konstant volym $\frac{c_p}{c_v}$ vilket get följande approximativa för temperaturen:

$$T = \frac{1}{\gamma R} \left(\frac{V_{Air}}{M} \right)^2 \approx \left(\frac{V_{Air}}{38.975M} \right)^2$$

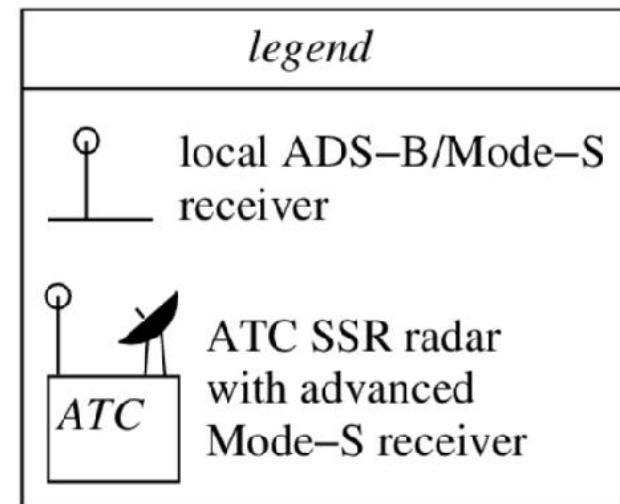
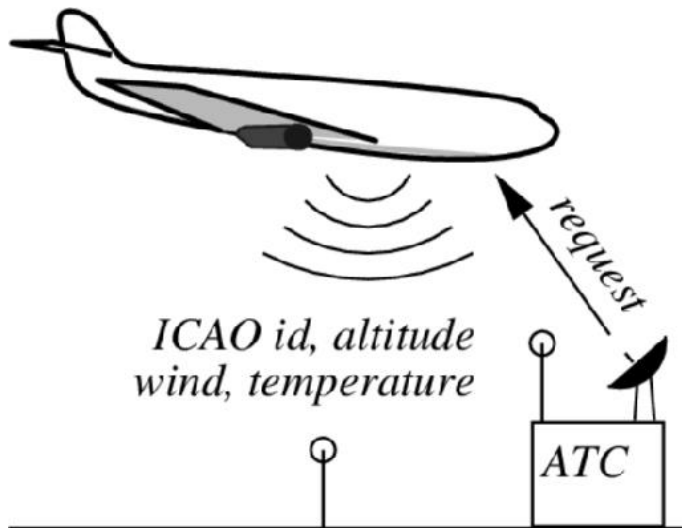
Beräkna temperatur från Mode-S data

$$T = \frac{1}{\gamma R} \left(\frac{V_{Air}}{M} \right)^2 \approx \left(\frac{V_{Air}}{38.975M} \right)^2$$

- Med detta relativt enkla uttryck borde det vara lätt att ta fram temperaturen, eller...
- Tyvärr har Mach talet och True Airspeed för låg upplösning för att ge helt tillfredsställande värden på temperaturen.
- Framför allt värden under star och landningsfasen har för dålig kvalitet, under en-route fasen är kvaliteten nästan likvärdig med AMDAR

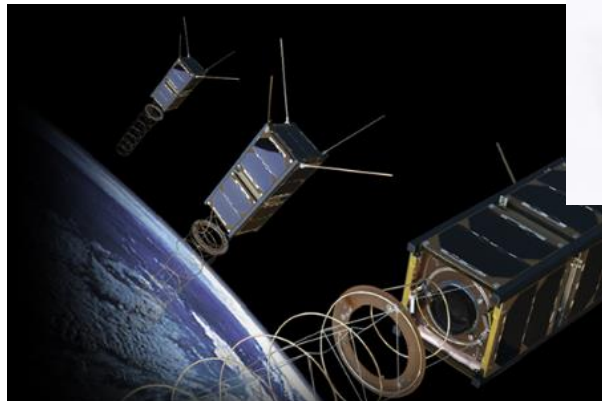
Mode-S MRAR

- Finns viljan finns datat...
- Utöver flygplanens navigations data kan trafikledningen även efterfråga ett minnes register i ADS-B transpondern som innehåller allt som en AMDAR kan innehålla.
- Dessa förfrågningar görs för närvarande inte i Sverige, men troligtvis av radarn på Kastrup.



Mode-S

- Hur får man tag på all den här datan då?
- Det finns några olika vägar:
 - Överenskommelser med flygtrafikledningen/flygplatser om dataleveranser
 - Montering av egna markbaserade mottagare
 - Från satellit

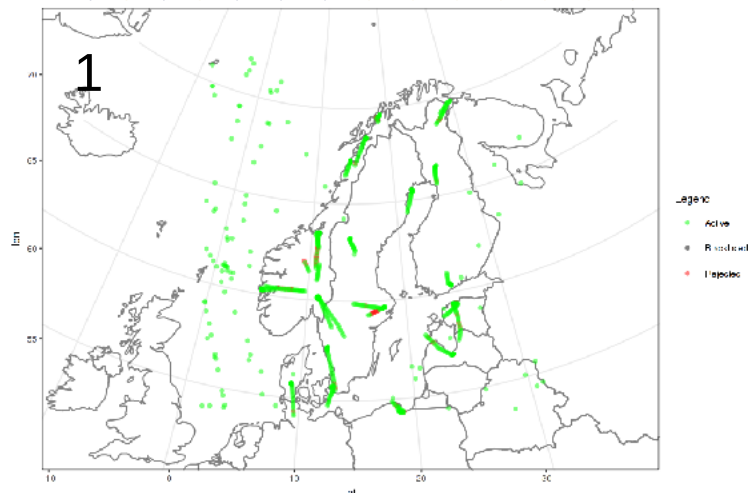


Mode-S

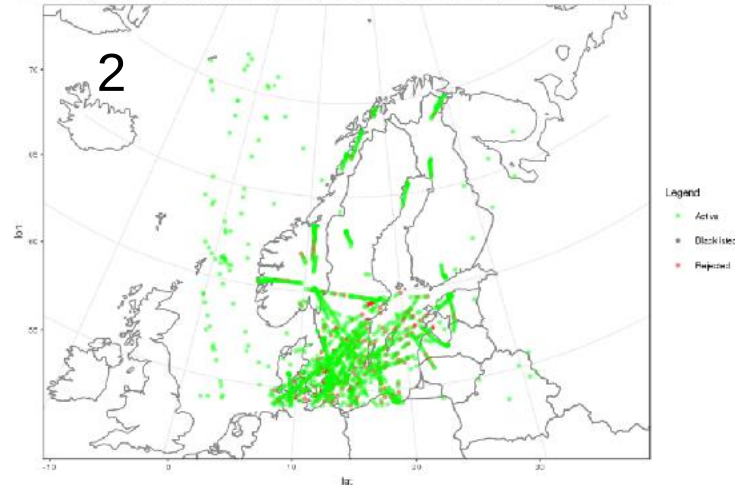
- Vad är nyttan med den stora mängden data/observationer?
- Flera observationer som ligger nära varandra i rum och tid kan förbättra den låga kvaliteten på den "uppmätta" temperaturen.
- Fördel för modeller med Rapid Updating.
- Möjliggör näst intill realtids övervakning av fenomen som temperaturinversioner och wind shear på större flygplatser.

Exempel på ökade datamängder

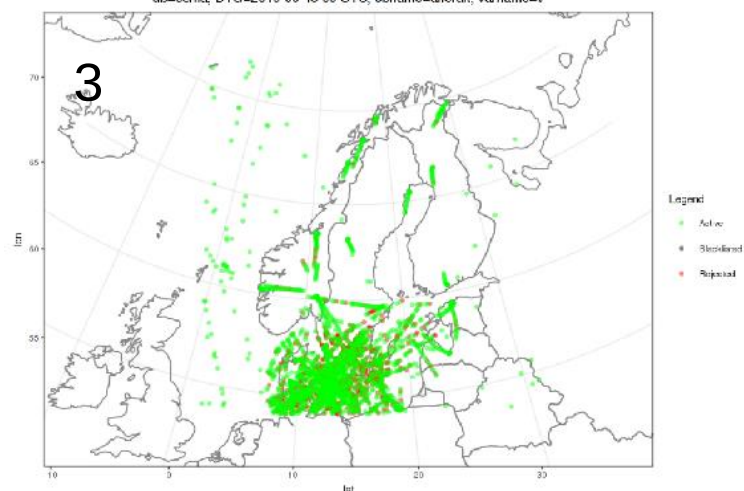
CY43 EHS: Observation Usage
db-ecma, DTG: 2019-09-15 09 UTC, obname=aircraft, varname=v
levels: 1500, 2500, 4000, 6500, 0500, 12500, 17500, 22500, 27500, 35000, 45000, 60000, 80000, 92500, 100000



CY43 EHS: Observation Usage
db-ecma, DTG: 2019-09-15 09 UTC, obname=aircraft, varname=v
levels: 1500, 2500, 4000, 6500, 0500, 12500, 17500, 22500, 27500, 35000, 45000, 60000, 80000, 92500, 100000



CY43 EHS: Observation Usage
db-ecma, DTG: 2019-09-15 09 UTC, obname=aircraft, varname=v



1. Operationell med AMDAR och ADS-C

2. Mode-S från LFV samt AMDAR och ADS-C

3. Mode-S från LFV och NAVIAIR samt AMDAR och ADS-C

Slut