

# ILMAILUN AVIONIikka

## OSA 2: AUTOMAATOJÄRJESTELMÄT

M.Eng, Jukka Hovi, erityisasiantuntija,  
lentotoiminta, Traficom

13.3.2024

# HENKILÖESITTELY

## Oma työkokemus:

- ▶ Aloitin ilmailun perusopinnot 1986
- ▶ Työskentelin 1987-1998 Finnairin tekniikassa "haalarihommissa"
- ▶ 1998-2003 Finnairin Insinööritoimistossa "kravattihommissa"
- ▶ 2003-2012 Finnairin lentotoimintaryhmässä lentoturvallisuustarkastajana
- ▶ 2012 – CAA Finland (Trafi/Traficom) lentoturvallisuusanalyttikkona
- ▶ 1998 – 2005 Sivutoimen lennonopettaja, aiheena "lentokoneen yleistuntemus"

## Koulutustaustaa:


- ▶ Lentokone-elektroniikka asentaja 1986-1987
- ▶ 1990 Yksityislentäjä
- ▶ 1990-1994 Automaatioinsinööri (Ins.)
- ▶ 1995 Business for European Engineers
- ▶ 1998 Lennonopettajan teoriapätevyys
- ▶ 2007 AMK Ins. Sähkötekniikka
- ▶ 2008 M.Eng. Industrial Management

# ESITELMÄN TAVOITTEET & POHJUSTUS

- Tavoite on antaa pintapuolinen käsitys ilmailun teknisten järjestelmien monimuotoisuudesta & monimutkaisuudesta
- Esitelmän (ja sen mahdollisten jatkojen) pintapuolisuus johtuu käytettävissä olevan ajan rajallisuudesta.
  - Ammattilaisille peruskoulutuksen pituus on satoja tunteja (tekninen henkilöstö) ja kymmeniä tunteja (lentomiehistö)
  - Peruskoulutuksen jälkeen tiettyyn lentokonetyyppiin pätevöittävä koulutus kestää suuruusluokkaa 100 tuntia....
- Ilmailussa käytettävä "ammatti-slangi" on melko puhtaasti englannin kieli ja sisältää käsittämättömän määrän lyhenteitä. Tämä rajoittaa vahvasti esitelmän rakentamiseen; ammattikieltä ei yksinkertaisesti voi/kannata yrittää kääntää.
- Olen pyrkinyt lisäämään esitelmän "kalvoihin" linkkejä, joista teemaan voi halutessa paneutua syvällisemmin (Nämä, linkit ovat "luotettavia lähteitä" ja ne sisältävät jatkolinkkejä, jos teemaan haluaa tutustua vielä syvällisemmin.
- Esitelmä on vapaasti lainattavissa / jaettavissa. (Oletan, että esitelmä lisätään EISS- sivuille)

**HUOM!: KESKEYTTÄKÄÄ KOSKA TAHANSA, JOS ON KYSYTTÄVÄÄ!**

# AUTOMAATIOJÄRJESTELMIEN KARKEA JAKO

1. Autopilot/Autoflight
  2. Auto throttle
  3. Auto trim/Yaw Damper/Mach Trim
  4. Auto Brake/Spoilers
  5. Stick Pusher/TCAS
- 

# 1.AUTOPILOT/AUTOFLIGHT

1. Kansankielellä tarkoitettu "Autopilotti" on hyvin kompleksinen kokonaisuus, joka voidaan jakaa esim. kyvykkyyden & roolin perusteella:
  - F/D, eli Flight Director: tarkoittaa käytännössä sitä, että koneen tietokoneet osoittavat ohjaajille visuaalisesti, että mihin suuntaan heidän tulee ohjata konetta (siis ohjataan käsin, automaation osoittamaan suuntaan.)
  - CWS, eli Control Wheel Steering: tarkoittaa sitä, että ohjaaja on "ohjaavinaan" konetta, mutta ohjauskäskyt menevät tietokoneelle, josta "hyväksyttävät" ohjauskomennot välitetään ohjainpinnoille. (Tietokoneet eivät siis toteuta komentoja, jotka eivät ole esim. aerodynaamisesti ko. hetkellä mahdollisia)
  - A/P, eli Auto Pilot: käytännössä tekee "ohjaajien ohjausliikkeet" heidän puolestaan. Tyypillisesti esim. suunnan ja/tai korkeuden muutokset erikseen pyydetyn valinnan mukaisesti. Tähän EI sisälly moottoritehojen säätö, vaan sen osuuden tekee ohjaaja tai ns. A/T, Auto Thrust. (Joka on oma automaation osa-alue);
    - A/T ohjaa siis moottorien tehoja. Sen toiminta filosofia voidaan jakaa kahteen pääteemaan: tehoja säädetään pitämään joko maksimi tehoasetus kulloisenkin hetken rajoitusten perusteella (ns. vakioehto), tai pitämään vakionopeus (muuttuva tehoasetus)
  - AFCS, eli Auto Flight:
    - *"An aircraft autopilot with many features and various autopilot related systems integrated into a single system is called an automatic flight control system (AFCS)."*

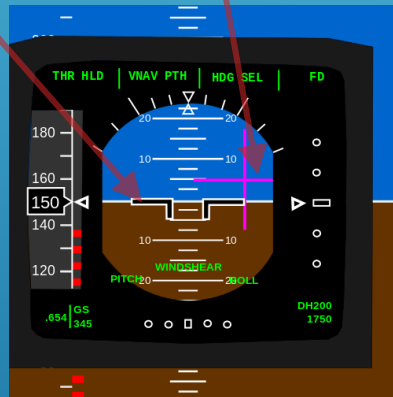
# 1. FLIGHT DIRECTOR

1. "Pinkki ristikko" on se, mikä on tarkoitus "saada kiinni"
2. "Mustat viikset" edustaa koneen tilaa suhteessa tavoitteeseen

"Kaikki hyvin"



"Ohjaa oikealle ja ylös"



"Ohjaa alas, suunta (kaarto OK)"



Tunnettuja & tutkittuja onnettomuuksia tähän teemaan:

Tässä on yksi suunnittelufilosofisen eron esimerkki olemassa:

- ✓ "Länsikalustolla" ohjaajien on tarkoitus "seurata ristikkoa"
- ✓ "Itäkalustossa" on ollut päinvastainen filosofia; "työnä ristikko kohti näytön keskustaa" (eli täysin vastakkaiseen suuntaan reagointi...)

Näillä eroilla ei sinänsä ole merkitystä, jos:

- ✓ Ohjaajat pysyvät kalustossa, joihin heillä on vahva rutiini
- ✓ Ohjaajat aidosti saavuttavat uuden rutiinin...

# CONTROL WHEEL STEERING

1. Perustuu ohjaimissa oleviin voima/asento- antureihin
2. Ohjauspyynnön "voimakkuus" lasketaan koneen tietoneessa
3. "Pynnön luonne" on kulmanopeus, ei kulma (siis kaikkien kolmen akselin suhteen)
  - Eli. Esimerkiksi kaarto aloitetaan poikkeuttamalla ohjaimia eikä "pidetä siinä asennossa", vaan keskitetään kun haluttu asento/tila on saavutettu
  - "Perinteisessä" lentämisessä kone palautuu alkuperäiseen asentoonsa, kun ohjaimien poikkeutus lopetetaan (siviililentokoneet ovat vahvasti aerodynaamisesti stabiileja, joten "häiriöiden poistuessa" ne asettuvat alkuperäiseen asentoon...

[Linkki Skybrary sivustolle](#)

Tunnettuja & tutkittuja onnettomuuksia tähän teemaan:

Ammattipiireissä on ollut paljon spekulatioita, että olisiko kone ollut ohjattavissa CWS- toiminnolla – varsinaiset ohjainvaijerit rikkoutuivat lattian romahduksen myötä, mutta CWS- ohjauksen signaaleille kone olisi VOINUT olla ohjattavissa

[Turkish Airlines painekato & matkustamon lattian romahdus](#)

# AUTOPILOT

1. Käytännössä tekee ohjainpintojen liikkeitä ohjaajien puolesta (mutta ohjaajien muiden "sähköisillä pyynnöillä")
  - Toimii 3D ulottuvuudessa
  - Ei hallitse moottoreiden tehoasetuksia (tämä osuus on joko ohjaajien tai "Auto-kaasun" velvollisuus)

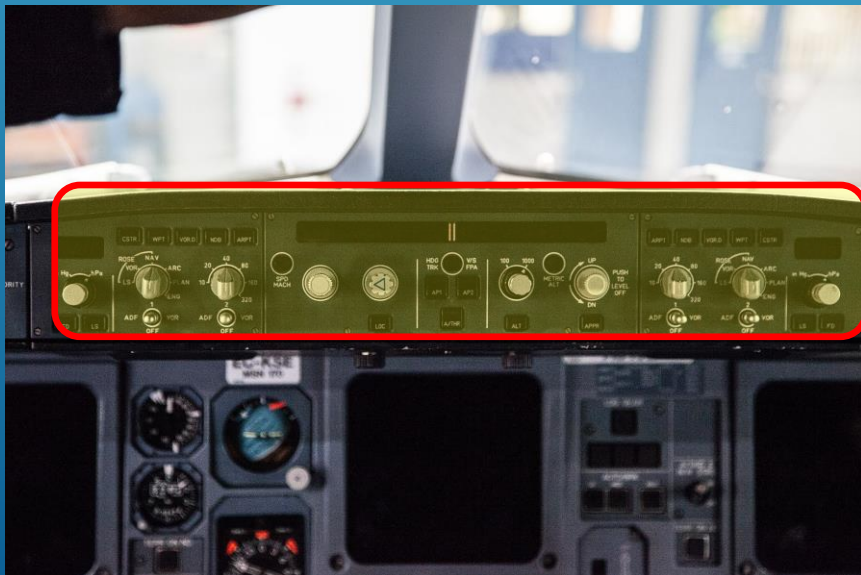
Tunnettuja & tutkittuja onnettomuuksia tähän teemaan:

Lentokoneen ohjaamoergonomiaan on kiinnitetty paljon huomiota esim. tämän onnettomuuden perusteella

## Air Inter Flight 148

Tässä ergonomia aiheutti ongelman.... Autopilotin korkeusvalinnassa on kaksi vaihtoehtoa:

- liukukulma (joka on tyylillisesti n. 3 astetta)
- Pystynopeus (lähestymisessä n. 1500 jalkaa minuutissa)
- Tässä tapauksessa ohjaaja "pyysi" 3.3 asteen liukukulmaa, mutta valitsikin 33(00) jalkaa/min
- Eli vain tuo pieni piste erotti valinnan, eivätkä ohjaajat tiedostaneet





# AUTOFLIGHT

*“An aircraft autopilot with many features and various autopilot related systems integrated into a single system is called an automatic flight control system (AFCS).”*

## 1. Auto flight- konseptin ehkä merkittävimmät ominaisuudet:

- "Long term"- ajattelu... Eli lentokone "ohjelmoidaan" jo maassa merkittäviltä osin... Systemiin tuodaan periaatteessa kaikki ko. lentoon liittyvä data & suunnitelmat ENNEN lentoa
- "Short term" on enemmänkin Autopilot- tasoista puuttumista hetken vaatimiin tilanteisiin...

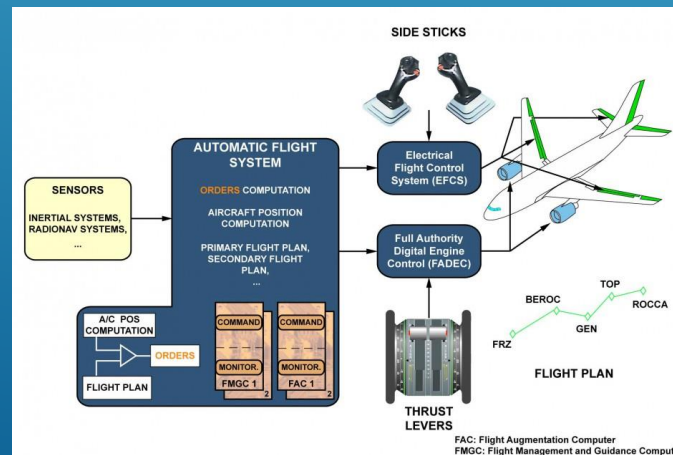
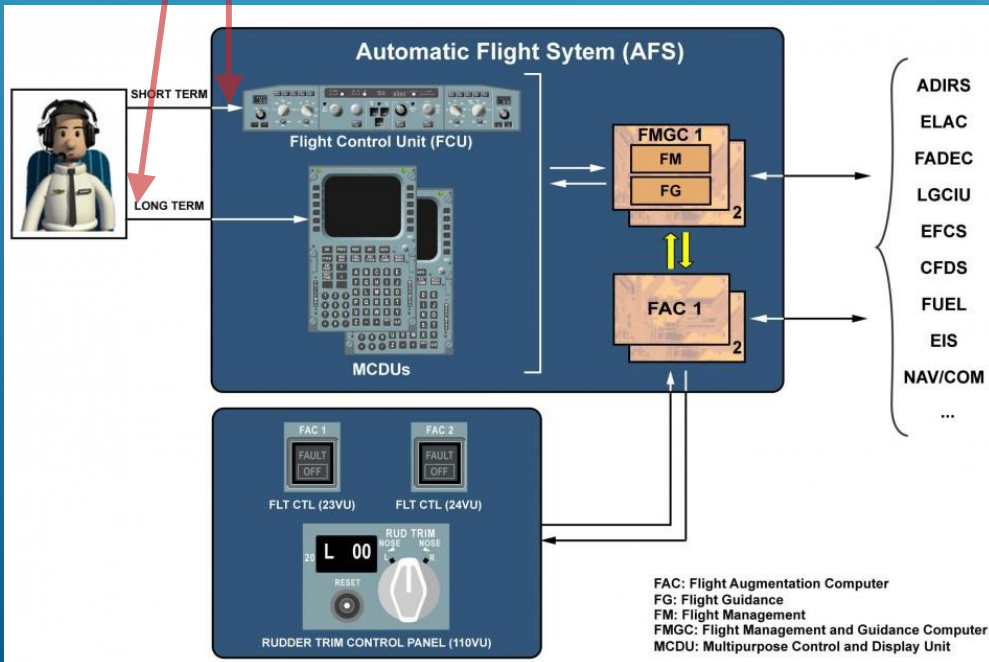
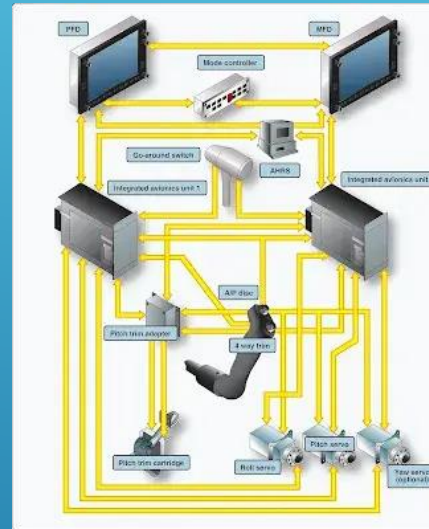
Tunnettuja & tutkittuja onnettomuuksia tähän teemaan:

[Airbus esittelylennon onnettomuus](#)

Tässä automaatio teki laskeutumista, kuten sen järjestelmiin oli ohjelmoitu. Automaatio "ei ymmärtänyt" tilannetta...

[Asiana Airlines Flight 214 San Fransisco](#)

Tässä automaatio teki laskeutumista, mutta se kytkeytyi pois päältä, eivätkä ohjajat tajunneet... Tähän liittyy varmasti myös lentoyhtiön kulttuuri – "Ajetaan AINA Automaatilla", joten rutinia ei syntynyt käsin lentämiseen...

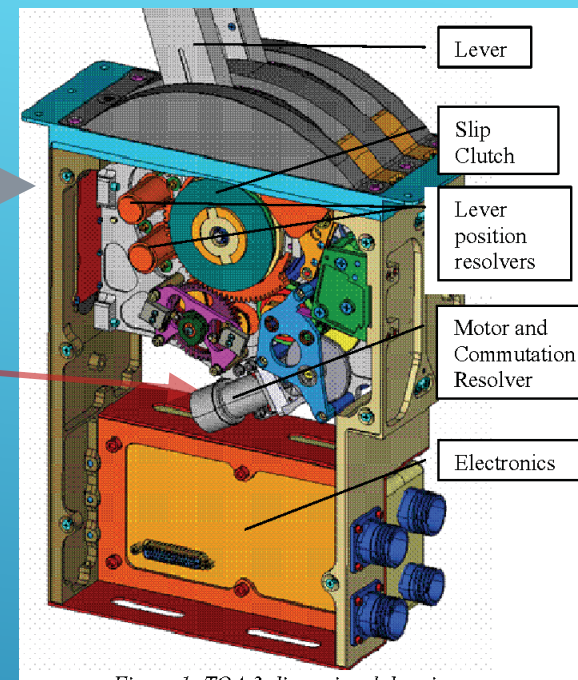


## 2. AUTO THROTTLE

Automaattinen tehonsäätö voidaan jakaa kahteen pääryhmään:

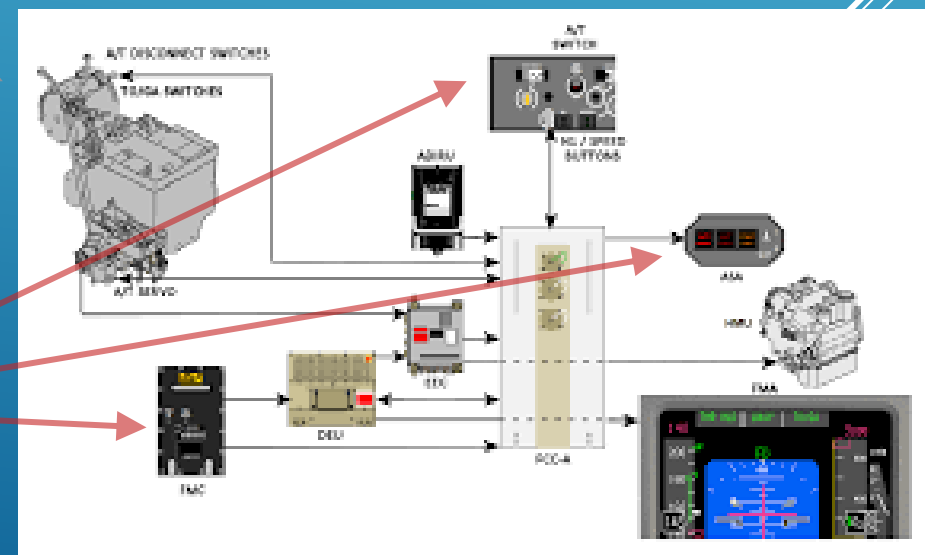
### 1. "Vanhan tyylin", joissa:

- Ohjaamossa olevat tehovivut ovat mekaanisessa yhteydessä polttoainesäätimiin
- "Auto kaasu" liikuttaa näitä ohjaamon vipuja servojen avulla
- Ohjainvivut ovat siis "vaijeriyhteydessä moottoriin", jolloin esim. moottorin vikaantuessa tärinän voi aistia vipua tunnustelemalla
- Tehovivut liikkuvat siis tehoasetuksen mukaisesti



### 2. "Uuden tyylin", FADEC (Fully Authorised Digital Engine Control)

- Ohjaamon tehovivuissa ei ole mekaanista yhteyttä polttoainesäätimiin
- Ohjaajat tai muu automaatio "pyytävät" (eivät "käske") tarvittavia tehoasetusten muutoksia
  - Tehovivut eivät välttämättä liiku (lentokonetyyppikohtainen ominaisuus) "lineaarisesti", vaan vivuille on muutama eri "asetuslovi", joilla ilmaistaan lennon vaihe (Nousu, matkalento, laskeutuminen)
  - Varsinaista tehoasetusta kontrolloidaan muilla automaation "näppäinasetuksilla"



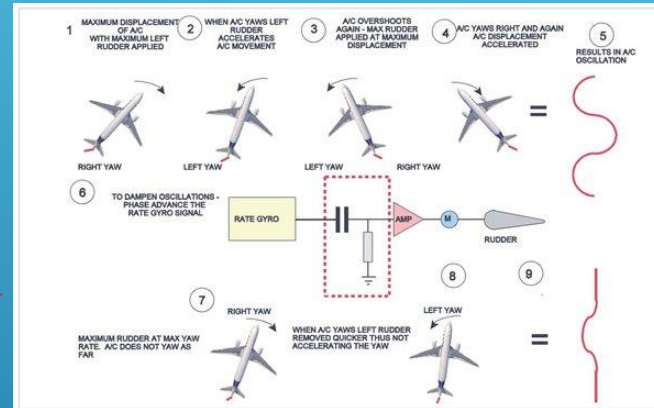
# 3. AUTO TRIM/YAW DAMPER/MACH TRIM

## 1. Auto Trim

- Liikenneluokan lentokoneissa korkeusperäsin trimmi liikuttaa KOKO vakaajaa, ja on vaikuttavuudeltaan huomattavasti voimakkaampi, kuin varsinaisten ohjainpintojen liikuttaminen. => Ohjaimia liikuttamalla EI voi käytännössä "kumota" trimmin voimia....

## 2. Yaw Damper

- Tarkoitettu eliminoimaan lentokoneiden aerodynaamisen "heikkouden" laajalla nopeusalueella
- Ilmiönä tämä tarkoittaa, että takaa katsottuna koneen "pyrstö" alkaa tekemään "kyljellään olevaa kahdeksikon" muotoista heiluriliikettä, jonka kontrollointi on ohjaajien toimesta lähes mahdotonta (Korjaavat ohjausliikkeet ovat ihmismielelle/motoriikalle "180 astetta pielessä")



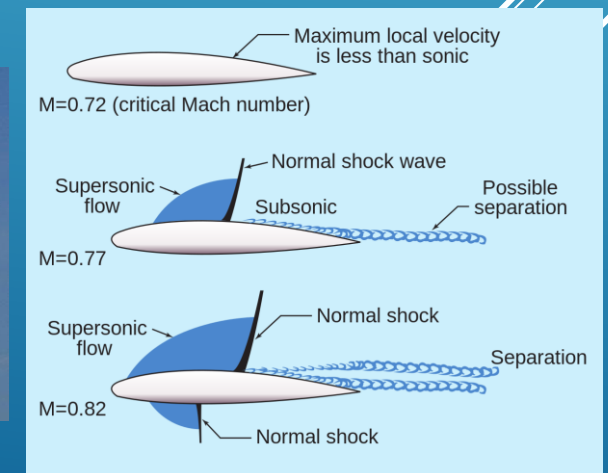
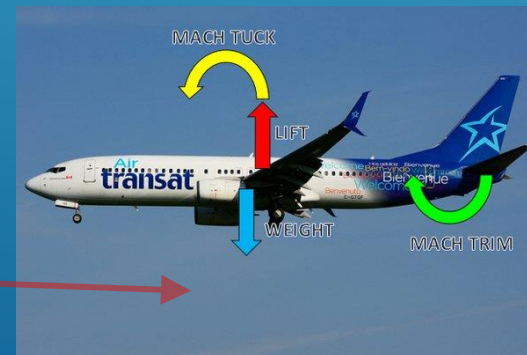
Tunnettuja & tutkittuja onnettomuuksia tähän teemaan:

Alaska Airlines: Korkeusvakaajan Trimmin mekaaninen vaurio

Lion Air: Uuden konetyypin Trimmin käyttäytyminen oli ohjaajille huonosti koulutettu

## 3. Mach Trim

- Aerodynaamisista syistä johtuen lentokoneen siiven nostovoimakeskistö siirtyy taaksepäin nopeuden funktiona, jolloin syntyy "nokka alas"-momentti, joka taas kasvattaa nopeutta...
- Ilman tätä hallittua trimmausta kone voisi ajautua hallitsemattomaan syöksyyn (jossa rakenteelliset nopeusrajoitukset tulevat vastaan).



# 4. AUTO BRAKE/SPOILERS

## 1. Auto Brake

- Käytetään laskeutumisessa
- Ohjaajat valitsevat "Low, Medium, Full)
- Näitä valintoja vastaa tehtaan määrittelemät hidastuvuusarvot
- Aktivoituu, kun koneen pyörät osuvat maahan (ns. "wheel spin-up" signaali, vähän sama, kuin ABS-jarrut)

Laskeutumisessa tarvittava hidastuvuus voidaan jakaa kolmeen (karkeasti) osaan:

1. Kolmannes; aerodynaaminen hidastuvuus (alkunopeus n. 200 km/h)
2. Kolmannes; moottorien reverssit (suihkun kääntö / työntövoiman "tappo")
3. Kolmannes; pyöräjarrut (<100 km/h)

Toki kaikkia käytetään suunnilleen koko laskukiidon ajan, mutta niiden efektiivisyys muuttuu nopeuden funktiona)

## 2. Auto Spoilers

- Käytetään laskeutumisessa
- Siiven yläpinnalta nousee ohjainpintoja, joiden tarkoitus on hidastaa konetta aerodynamiikkaa hyödyntäen ("Ilmanvastuskerroin")
- Aktivoituu, kun laskutelineet painuvat kasaan (ns. Weight on Wheels)



# 5. STICK PUSHER/TCAS

## 1. Stick Pusher

- Aktivoituu, jos kone havaitsee sakkaustilanteen (Stick Shaker varoittaa ennen varsinaista sakkausta)
- Automaatio työntää koneen nokkaa melko voimakkaasti, kunnes järjestelmä aistii riittävän G-voiman/kulmanopeuden

## 2. Auto TCAS manoeuvre

- Käytetään uusimmissa konetyypeissä
- Edellisessä luennessa käytiin itse TCAS- järjestelmä läpi...  
(Koneet siis viestivät keskenään heidän suhteellisista sijainneista (3 D) ja vallitsevan nopeusvektorin suunnasta ja suuruudesta)

Linkejä lisätietoon:

1. [Stick Pusher](#)
2. [TCAS/ Auto TCAS](#)

# LOPUKSI PIENI "VISA"

(ESAN VISAILUN INNOITTAMANA...)

Mistä ilmiöstä näissä kuvissa on kyse?



- Saint Elmo's Fire
- Elmon tuli
- Virvatuli
- Ukonvirva

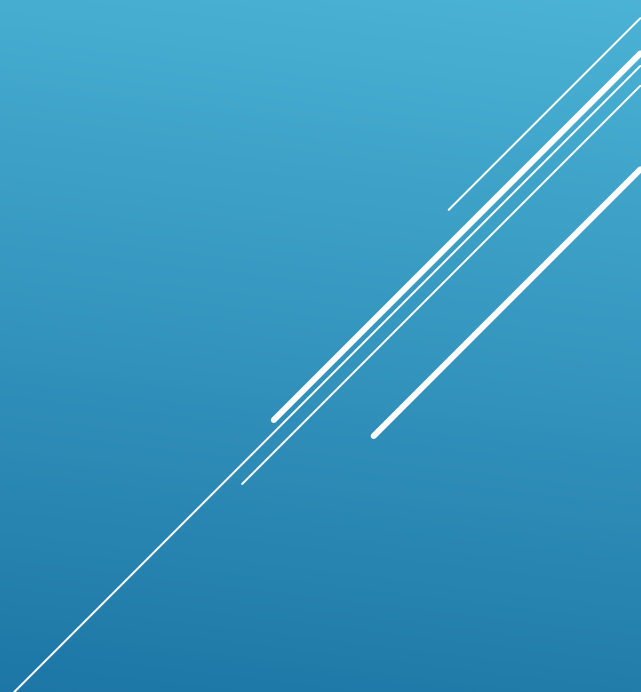
Linkejä:

[ST. ELMO'S FIRE - WIKIPEDIA \(ENGLANTI\)](#)

[ELMON TULI- WIKIPEDIA \(SUOMI\)](#)

KESKUSTELUA?

KYSYMYKSIÄ?





# KIITOS!

- ▶ Luentosarjaa on hahmoteltu 3- osaiseksi; Jos kiinnostusta riittää, niin ilmaiskaa tahtotila Esa Häkkiselle
- ▶ Voitte olla vapaasti yhteydessä, jos on kysyttävää/kommentoitavaa tästä esitelmästä ja/tai tulevien kohtaamisten osalta
  - "siviili" S-Posti: [juku.hovi@gmail.com](mailto:juku.hovi@gmail.com)
  - "virka" S-Posti: [Jukka.hovi@Traficom.fi](mailto:Jukka.hovi@Traficom.fi)