

Vertaillaan kahden aikakauden vastatykistötutkia

MUSEO MILITARIA: TYKISTÖTIEDUSTELU ISKEE

4.10.2025

TkL Risto Korhonen



Cymbeline



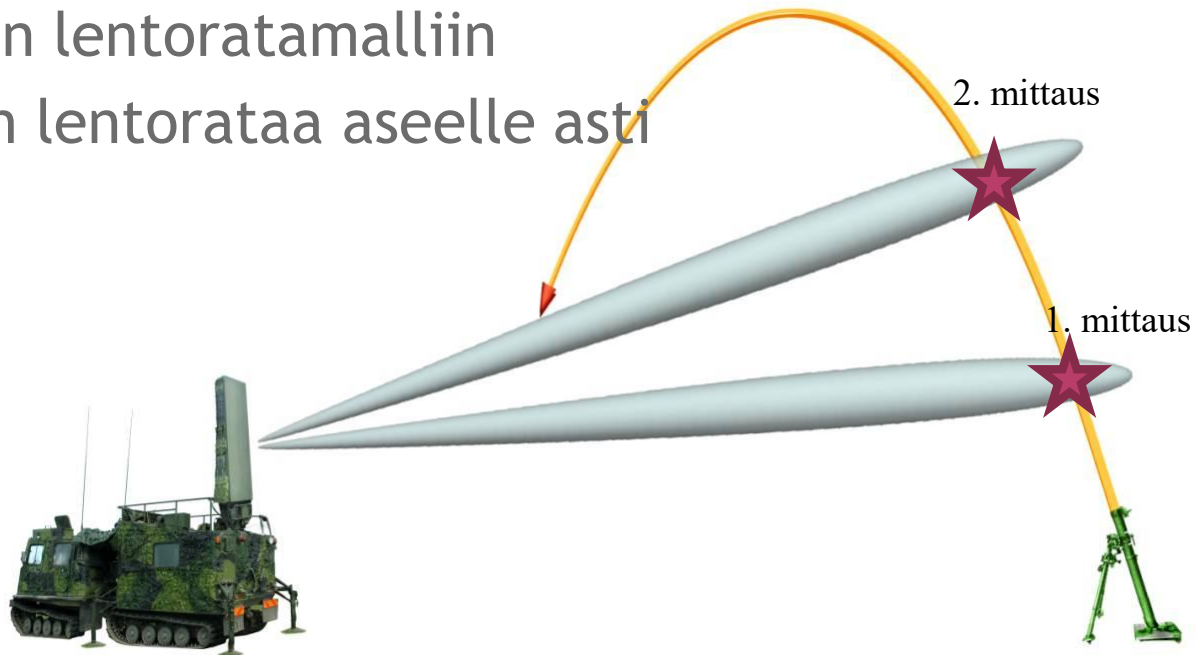
TYTKA21

SISÄLTÖ

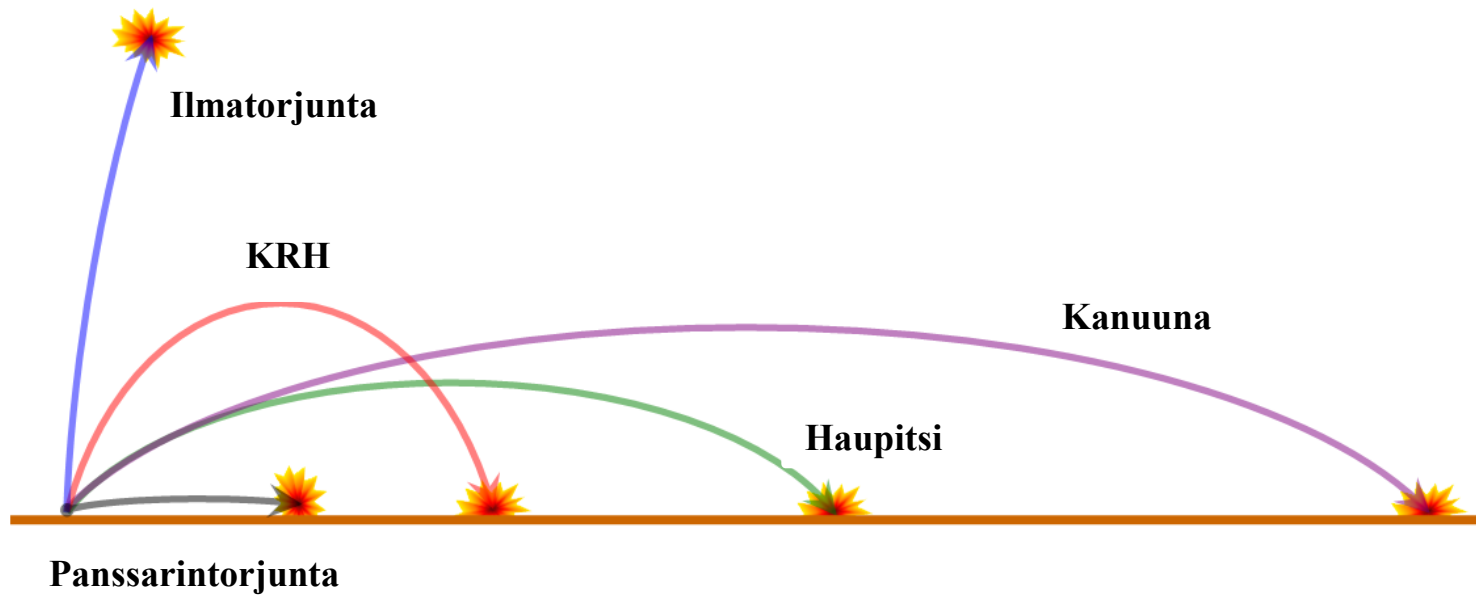
- ◉ Periaate
- ◉ Lentoratamalli
- ◉ Cymbeline
- ◉ TYTKA21
- ◉ Yhteenvedo

PERIAATE ON YKSINKERTAINEN

- 1. mittaus
- 2. mittaus
- Sovitetaan lentorataamalliin
- Jatketaan lentorataa aseelle asti



BALLISTISIA LENTORATOJA ASEITTAIN



- Ballistisesta poikkeavat lentoradat tuovat lisävaikeuden, esim. liitävät ja ohjattavat ampumatarvikkeet.
- Matalat lentoradat ovat vaikeimpia

UHAT

- ⦿ Vastatykistötutka on haavoittuva ja arvokas kohde
- ⦿ Suuritehoisena se on helppo havaita ja paikantaa.
- ⦿ Tutkan paikkaa on vaihdettava nopeasti

CYMBELINE (UK, 1970-LUKU)

- ◉ **Pulssi-Doppler-tutka**
- ◉ **Pulssiteho: 100kW**
- ◉ **Pulssimuoto:**
 - Yksinkertaiset koherentit pulssit.
 - Ei modulaatiota
 - Pulssin pituus on vakio: 0,25 μ s
 - Etäisyysresoluutio $\approx$ 37,5 m
- ◉ **Pulssintoistotaajuus:**
 - 4000 p/s, instrumetaalinen kantama: 20 km
- ◉ **Kiinteä taajuus, X-alue (~8-10 GHz).**
 - Tämä teki tutkasta helpommin häirittävän ja havaittavan.

CYMBELINE, ANALOGINEN SIGNAALINKÄSITTELY

- ◉ **Analogisilla viive- ja suodatinpiireillä** muodostetaan “kaistoja” eri Doppler-taajuuksille.
- ◉ **Laske pulssien erotus:** jos kaksi peräkkäistä kaikua ovat lähes samanlaisia (kuten maasto, rakennukset), ne poistuvat → jää vain muuttuva osa (liikkuva kohde).
- ◉ Tuloksena kiinteät heijasteet suodatettiin pois, ja näkyviin jäi **liikkuva ammus**.

CYMBERLINE, TEKNIKKAA

◉ Antennitekniikka: Paraboloidiheijastin.

- Mekaaninen Foster-skanneri ohjaa keilaa.
 - Skannaa 40° sektori (azimuutti)
 - Muodostaa 1-2 ennalta asetettua keilaa (elevaatio)

◉ Keilanmuoto

- Kapea kynäkeila: Atsimuutti: $\sim 1^\circ$ Elevaatio: $\sim 2^\circ$

◉ Mittausprosessi 20 s:

- 1. Havainto lentoradan nousevalla osalla (0-2s)
- 2. Havainto lentoradan laskevalla osalla (8-10s)
- 3. Analoginen laskenta (15-20s)
- 4. Tulos operaattorille

CYMBELINE, MITTAUSETÄISYYDET

- ◎ **KRH 81 mm:** Noin 10 000 metrin
- ◎ **KRH 120 mm:** Noin 14 000 metrin
- ◎ **Toissijaiset tehtävät**
 - Oman tykistön tutkatulenjohto
 - Helikopterien liikenteen seuranta
 - Sääpallojen seuraaminen

TYTKA21, 2020-LUKU

- ◉ **Tutkatyyppi:** 3D-pulssi-Doppler, AESA (aktiivinen vaiheohjattu antenni). 120° / 40°
- ◉ **Taajuusalue:** C-alue (4-8 GHz).
- ◉ **Keilaus:** Mekaaninen + sähköinen (yhdistelmä mahdollistaa laajan etsintäalueen ja nopean skannauksen).
- ◉ Israelissa valmistettu



TYTKA21, LÄHETE

◎ Pulssimuoto:

- Käyttää monimutkaisia aaltomuotoja (pulssikompressio, taajuus- tai vaihemoduloituja chirp-pulssia).
- Tämä mahdollistaa pitkän pulssin suuren energian + hyvän resoluution samaan aikaan.
- Pulssien Doppler-käsittelyllä saadaan tarkka nopeusmittaus.

◎ Taajuushyppyty:

- AESA-tutkat pystyvät hyppäämään nopeasti taajuudesta toiseen pulssien välillä → vaikeampi häiritä.
- Hyppyty parantaa myös kohinasietoa ja vähentää välkettä

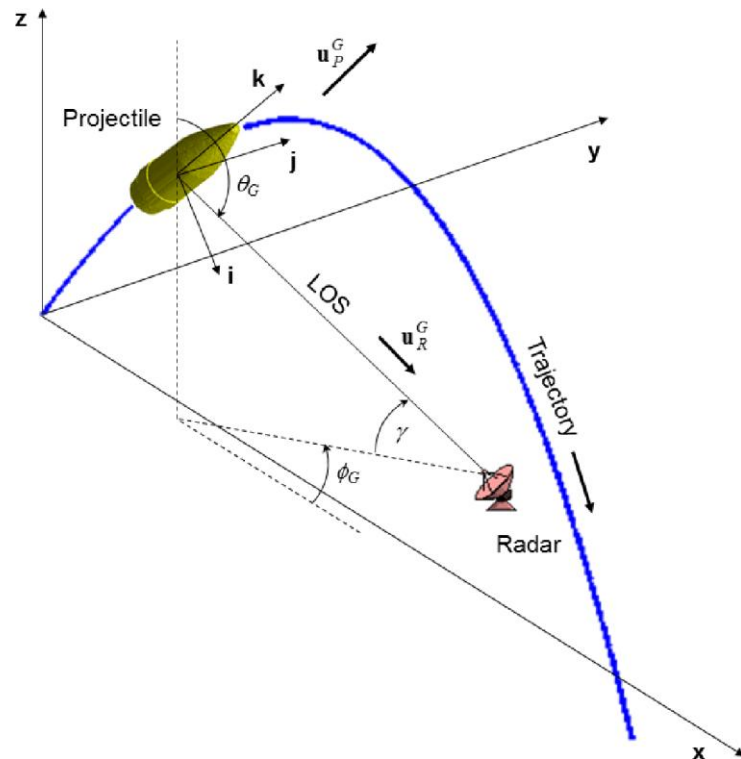
TYTK 21, KOHTEEN HAVAITSEMINEN

- Pystyy seuraamaan useita ammuksia ja lentokoneita yhtä aikaa.
- Havaintoja sovitetaan tunnettuihin ballistisiin ratoihin.
- Signaalit digitoidaan varhaisessa vaiheessa. Tutkan monimutkainen signaalinkäsittely tehdään digitaalisesti.
- **Mittausprosessi:**
 - Ammuksen havaitseminen 0-1 s
 - 1-3 sekuntia: Lentoradan seuraus + laskenta
 - 3-5 sekuntia: tuliaseman paikannus
 - Jatkuva seuranta

TYTKA21, MITTAUSETÄISYYDET

Mittausetäisyydet:

- Tykistö: 40 km
- Raketinheittimet: 70 km
- Ilmamaalit: 250 km



VERTAILUA TIIVIISTI

	Cymbeline, 1970-luku	TYTKA21, 2020-luku
Antennityyppi	Foster-skanneri + paraboloidi	Pyörivä AESA-tasoantenni
Keilanmuodostus	Käytännössä yksi kerrallaan	Useita samanaikaisesti
Laskenta	Analoginen, rajoittunut ja hidas	Digitaalinen, monipuolinen ja nopea
Kohteiden seuranta	Yksi tai muutama	Kymmeniä / satoja yhtä aikaa
Keilausnopeus	Hidas mekaaninen pyyhkäisy	Mikrosekuntien sisällä suunnattava
ELSO	Haavoittuva	Hyvin suojattu
Kantama	Alle 20 km	Yli 40 km

KIIITOS