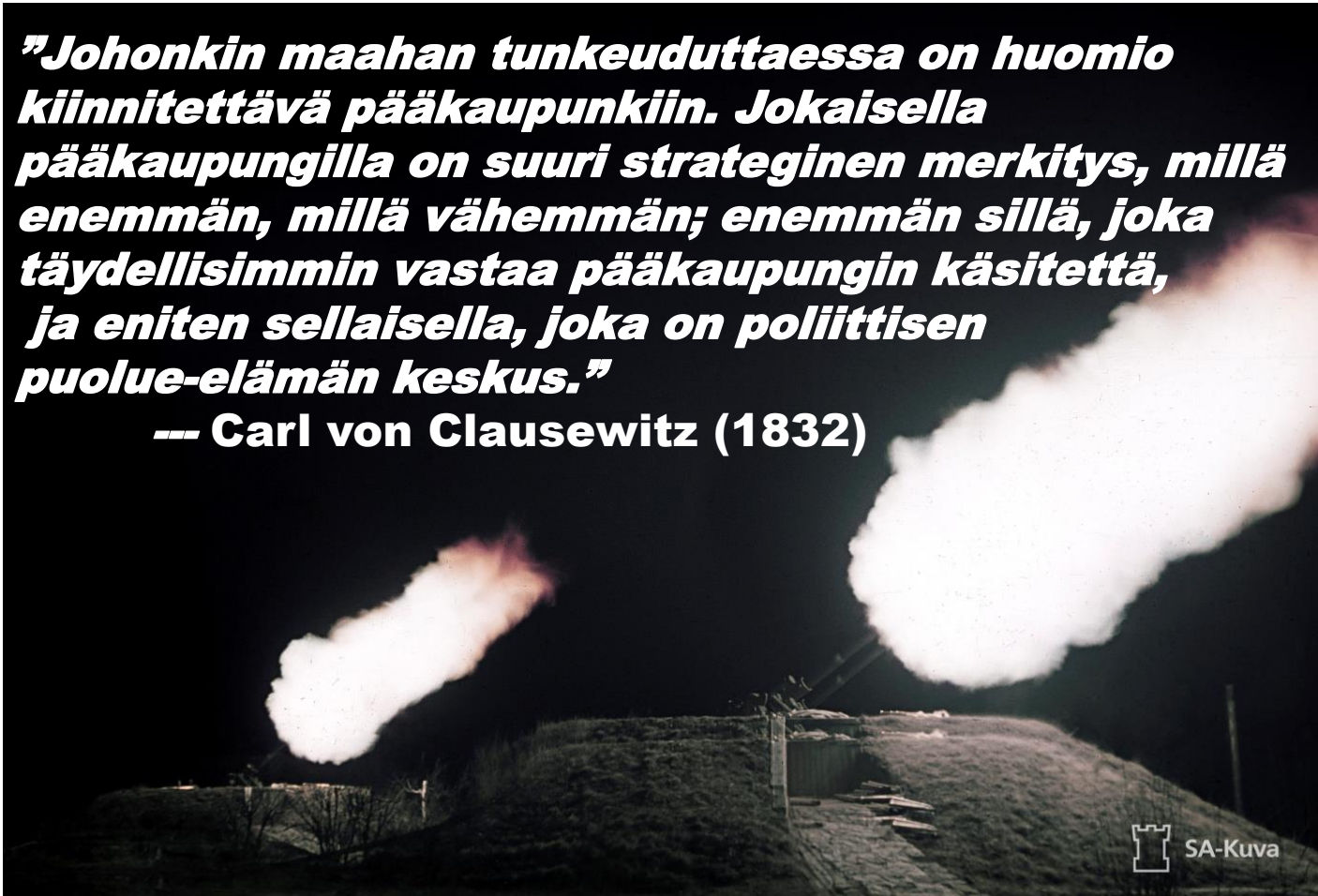


Pääkaupungin ilma- ja ohjuspuolustus

Ukrainan sodan valossa

”Johonkin maahan tunkeuduttaessa on huomio kiinnitettävä pääkaupunkiin. Jokaisella pääkaupungilla on suuri strateginen merkitys, millä enemmän, millä vähemmän; enemmän sillä, joka täydellisimmin vastaa pääkaupungin käsitettä, ja eniten sellaisella, joka on poliittisen puolue-elämän keskus.”

— Carl von Clausewitz (1832)



ILMAUHKAKUVAN MUUTOS 1991→2023

taktillisilla täsmäaseilla on strateginen vaikutus



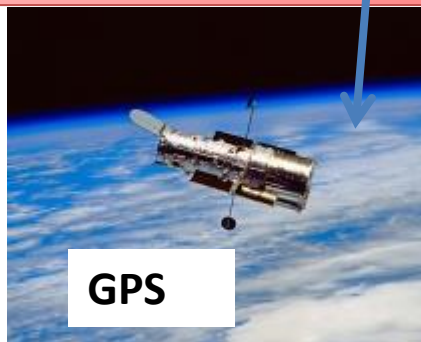
**POMMIKONEET ON
KORVATTU RISTEILY- JA
BALLISTISILLA OHJUKSILLA**



**RYNNÄKKÖKONEET JA
TAISTELUHELIKOPTERIT ON
KORVATTU TYKISTÖOHJUKSILLA,
-RAKETEILLA JA TAPPAJA-
LENNOKEILLA**



**TIEDUSTELU- JA TJ.KONEET ON
KORVATTU SATELLIITEILLA JA
LENNOKEILLA**



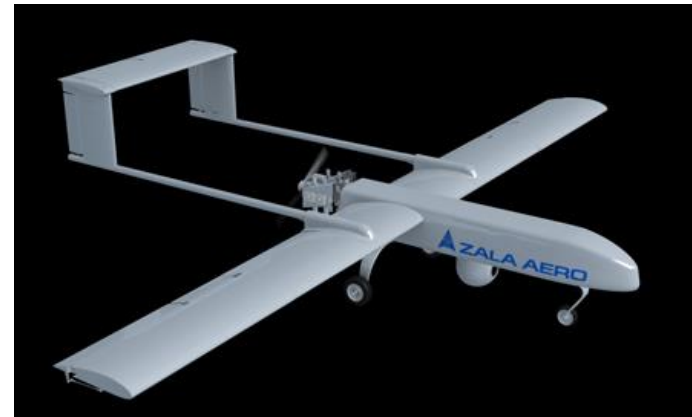
GPS



Ilma- ja ohjuspuolustuksen taktilliset ja teknilliset haasteet

Taktillisena tehtävänä on suojata strategisia kohteita ja omia joukkoja 24/7 vihollisen ilmahyökkäyksiä vastaan.

Teknillisenä vaatimuksena on kyky havaita ja torjua erilaiset ilmamaalit.

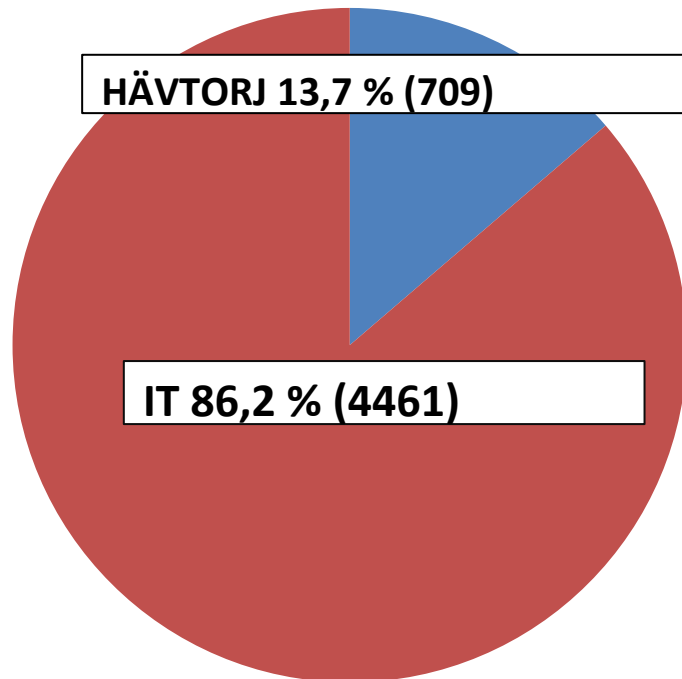


LENTOKONEIDEN JA HELIKOPTEREIDEN TORJUNTA EI OLE ONGELMA

Konetappiot: 9 tärkeintä sotaa 1965–2003 (Vietnam, Lähi-itä, Afganistan, Falkland, Irak)

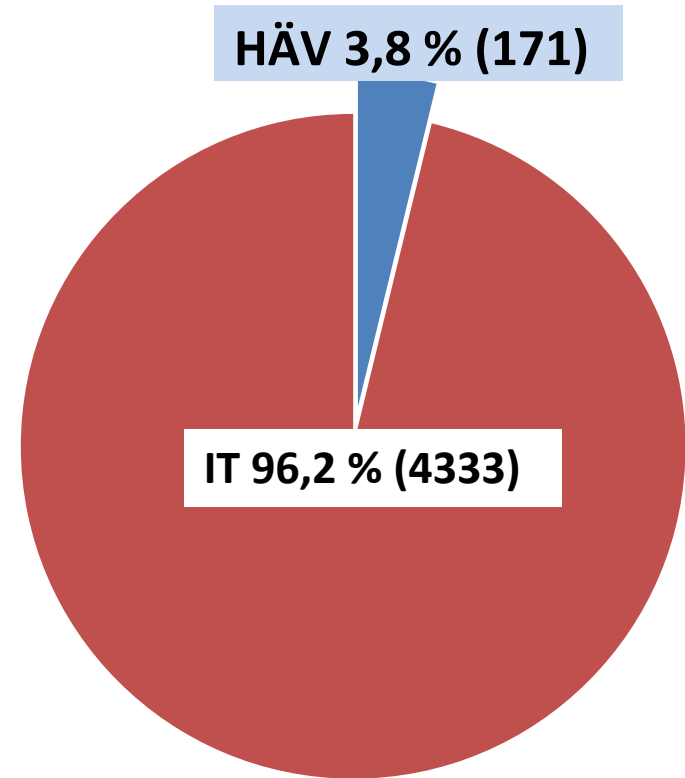
KAIKKI TAPPIOT 14 160 , TAISTELUTAPPIOT 5170 (37 %)

KAIKKIEN TAISTELUTAPPIOIDEN JAKAUTUMA



■ HÄVTORJ ■ IT

ALIVOIMAISEN OSAPUOLEN TULOS



■ HÄVTORJ ■ IT

ROBOTIT EIVÄT PELKÄÄ!

TORJUNTA VAATII ENEMMÄN RESURSSEJA



HELSINGIN POMMITUKSISSA 1944

- Suoritettiin 2000 pommituslentoa
- Vihollistappiot 30 konetta
- 95 % pommeista ei osunut

Saavutettiin 95 % torjuntatulos
n. 5 % vihollistappioilla.

PELOTUSVAIKUTUS TEHOSI!



Jos vastassa on 2000 ohjusta tai lennokkia

- 5 % tappioilla saavutetaan 5 % tulos
- 100 % tulos vaatii 100 % tappioita
- Kohteen suojaaminen edellyttää jokaisen maalin tuhoamista – kova vaatimus!

TORJUNNALLA EI OLE PELOTUSVAIKUTUSTA!

**Hyökkääjä tarvitsee vähemmän aseita eikä kärsi
henkilötappioita.**

Puolustaja tarvitsee paljon enemmän aseita ja ammuksia.

ARVIO VENÄJÄN OHJUSTILANTEESTA UKRAINASSA 22.3.2023

Ammuttu yhteensä: 4278 ohjusta ja 660 itsemurhalennokkia

Venäjän täsmäohjusten arsenaali muuttui toisen sotavuoden alussa.

Sotaisalla hyökkääjällä on resurssit tehdä ilmaiskuja Ukrainassa vielä pitkään. Vaikka Iskander-ballististen ohjusten varastot ovat loppuneet, hyökkääjään varastoissa on edelleen tuhansia S-300-ohjuksia. Lisäksi hyökkääjä pystyy tuottamaan yli tuhat Kh-sarjan (H-sarjan) ohjusta ja huomattavan määrän Kalibr-ohjuksia vuodessa. Iran pystyy myös toimittamaan Venäjälle lisää hyökkäysdronneja.

- Ohjusmäärä 22.2.2022
- Tuotetut ohjukset
- Ammutut ohjukset
- Jäljellä olevat ohjukset 3.1.2023

Postimees 21.3.2023

Venäläisten eniten käyttämän ohjuksen S-300 laukaisulavetti.

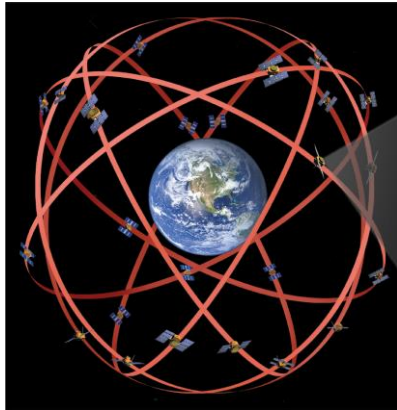


Käännös:
K. Tossavainen

Risteilyohjuksia 13 mallia

S-300 on it-ohjus

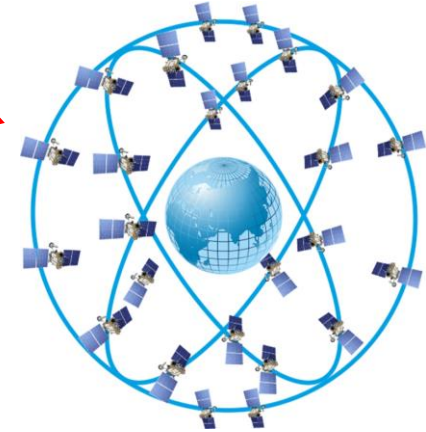
UKRAINASSA KÄYDÄÄN AVARUUSSOTAA



USA (Ukraina)

- NavStar GPS käyttöön 1978
- Persianlahden sodassa 1991
- Operatiivinen valmius 1995

- Navigointisatelliitit
 - Täsmäaseiden käyttö
- Tiedustelusatelliitit
 - Maalien paikannus
- Ennakkovaroitussatelliitit
 - Ballististen ohjusten laukaisu
- Viestintäsatelliitit
 - Globaalit viestiyhteydet



NL/Venäjä

- GLONASS koekäyttöön 1982
- Operatiivinen valmius 1995



SPACE X Starlink (Elon Musk)

Suomalainen ICEYE -tutkasatelliitti Ukrainan käytössä (18.8.2022)

Satelliitissa on SAR-tutka
(Synthetic Aperture Radar)
-mittaa yöllä ja päivällä,
myös pilven läpi
-paino 70 kg
-kärkiväli 3,2 m

**Ukraina löysi heti 60 venäläistä
sotilaskohdetta**

Avaruudessa on 21 Iceye-satelliittia



Ohjusten torjunnan haasteet

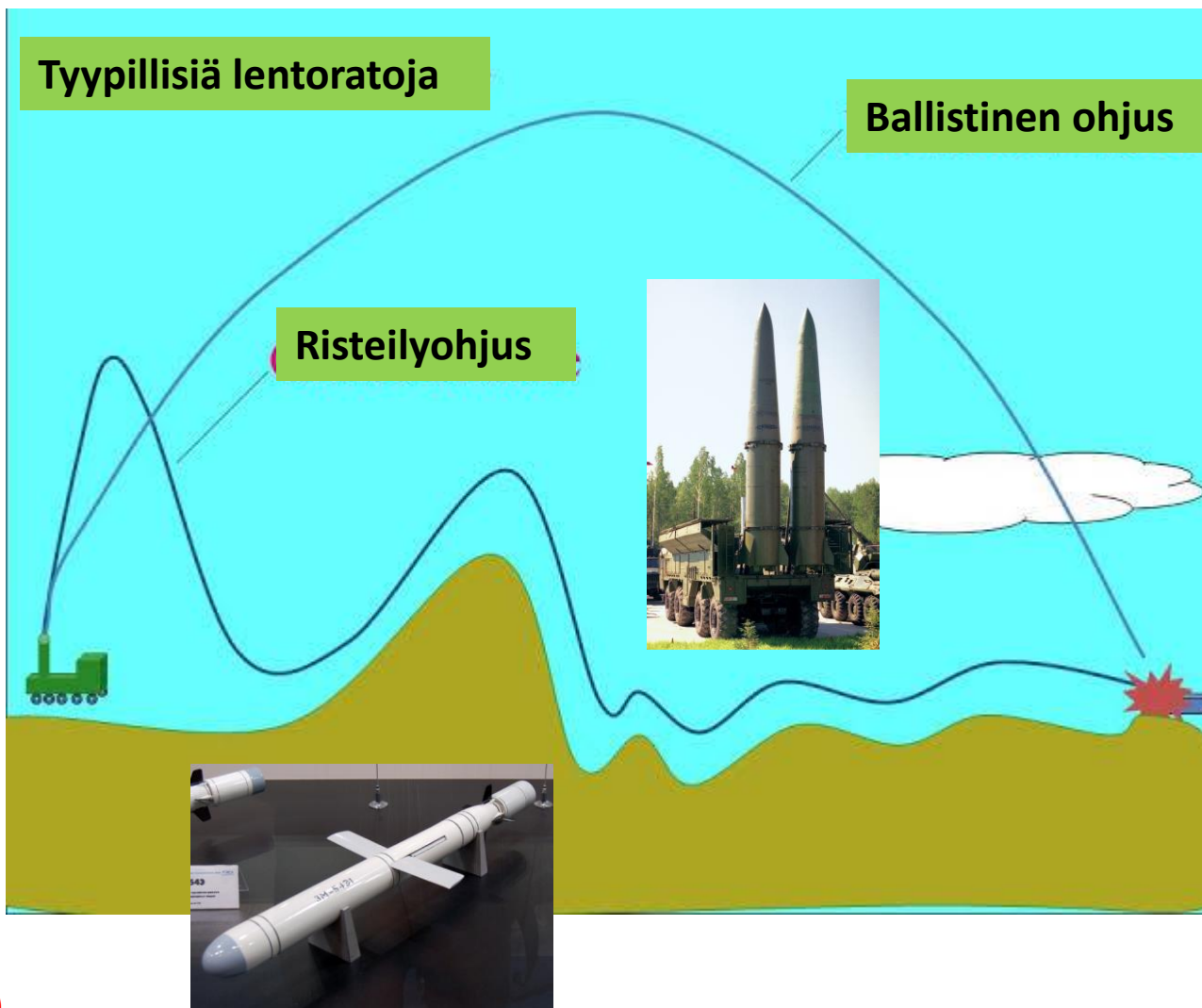
Risteilyohjus

- Pieni maali
- Lentää matalalla
- Voi olla hypersooninen
- Voidaan laukaista maasta, lentokoneesta, laivasta, sukellusveneestä
- Pitkä lentomatka 500–4000 km
- Vaikea havaita tutkilla
- Vaikea torjua kaukaa
- Vaikea torjua hävittäjillä

Ballistinen ohjus

- Suuri lakikorkeus
- Suuri nopeus
- Jyrkkä tulokulma
- Vaatii korkeatorjuntakykyä
- Vaatii törmäystorjuntakykyä

Huom: semiballistisen ohjuksen lentoreitti on epäsymmetrinen (Iskander-M)



Risteilyohjukset sotatoimissa

1991 Irak: US Navy, USAF	335	risteilyohjusta
1993 Irak: US Navy, USAF	65	-”-
1995 Jugoslavia: US Navy,	13	-”-
1996 Irak: US Navy, USAF	44	-”-
1998 Afganistan: US Navy,	73	-”-
1998 Sudan: US Navy,	13	-”-
1998 Irak: US Navy	415	-”-
1999 Jugoslavia: US+UK Navy, USAF	238	ohjusta
2001 Afganistan: US+UK Navy,	x kpl	ohjuksia
2003 Irak: US Navy, USAF	955	ohjusta
2008 Somalia: US Navy,	2	-”-
2009 Somalia: US Navy,	2	-”-
2011 Libya: US+UK Navy,	196	-”-
2014 Syyria: US Navy,	47	-”-
2015 Syyria: Venäjän laivasto,	26	Kalibr-ohjusta
2016 Jemen: US Navy,	8	Tomahawk-ohjusta
2017 Syyria: US Navy,	60	-”-
2018 Syyria: US, UK, Ranskan laivat,	100	ohjusta.



Yhteensä yli 2500 risteilyohjusta (1991- 2018)

R-500 ISKANDER-K RISTEILYOHJUS



Käyttöön 2009.
Nopeus 250 m/s, h 100 m,
kantama 360....2000 km.
Lavetilla 4–6 laukaisuputkea,
eri ohjustyyppettä maa- ja
merimaaleja vastaan.

RISTEILYOHJUS 3M-14E Kalibr (Venäjä)

Tarkoitettu tuhoamaan maamaaleja. **On useita eri versioita.**

Aktiivinen tutkahakupää palvelee tarkkaa maaliin ohjautumista lentoradan loppuosalla.

Loppunopeus 800 m/s

Sirpale-räjähdyksaine- tai rypäletais-telulataus painaa 450 kg.

Kiinteäpolttoaineinen matkamoottori pitää lentonopeuden lähellä äänen nopeutta. **320 m/s**

Pituus 8,2 m

Pyrstö vakauttaa lennon.

Ohjuksen lähdön jälkeen avautuvat siivet ja ohjus jatkaa lentoaan kuten suihkulentokone. Lentomatka voi olla noin 2000 km.

Korkeusmittari ja satelliittinavigointijärjestelmä GLONASS mahdollistavat lennon 20-50 m korkeuksissa maaston muotojen mukaan.

Kiinteäpolttoaineinen lähtömoottori antaa ohjukselle alkukiihtytyksen.

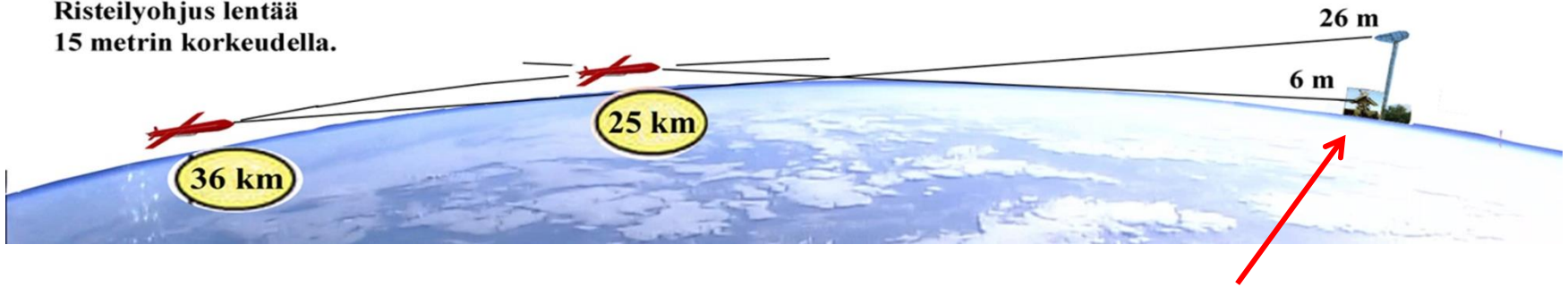


Risteilyohjuksen havaintoetäisyys

jos maasto on tasaista

Mäkisessä maastossa risteilyohjus katoaa välillä tutkaseurannasta

Risteilyohjus lentää
15 metrin korkeudella.



KH-101 missile

Range: 2,500 - 2,800km

Warhead weight: 450kg

Rocket length: 7.45m



Tutkamaston ja -paikan
korkeus vaikuttaa
havaintoetäisyyteen

Piirros: Keijo Tossavainen

Suomen ilmatorjunnan suorituskyky matalatorjuntakykyä on



23 lt.K/95

Myös 23 lt.K/61



ITPSV 90



35 lt.K/88
+ SF-tj.laite



ITO 15 Stinger RMP



ITO 05
ASRAD-R

Myös ITO 05M

MIEHITTÄMÄTTÖMÄT KONEET – LENNOKIT

korvaavat tiedustelu-, tulenjohto- ja rynnäkkökoneet



Isot miehittämättömät koneet voidaan torjua samoilla aseilla kuin miehitetyt lentokoneet. Vaatii joka sään torjuntakykyä, riittävää torjuntaetäisyyttä ja -korkeutta.

Lennoikkien käyttö on mahdollista myös ilma-alivoimaisella puolella.

Suomen ilmatorjunnan suorituskyky keskitorjuntakykyä on ($h < 6000$ m)



Jokasään aseilla voidaan suojata tärkeitä kohteita ja torjua isompia lennokkeja, myös risteilyohjuksia

Lennot ovat kustannustehokkaita



Bayraktar



Shahed-136
(Geran)

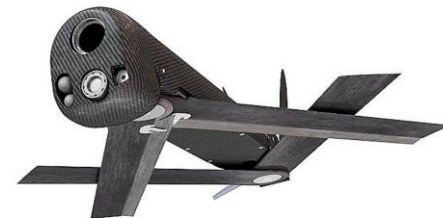
LENNOKKIEN ETUJA

- **Lennokeilla säästetään omia miestappioita!**
- Lennokeilla voidaan suorittaa tehtäviä, joita ei voi toteuttaa miehitetyillä koneilla.
- Pitkä toiminta-aika, jopa 24+ h.
- Ei tarvita kallista infrastruktuuria eikä koulutusta.
- Mitä pienempi, sitä halvempi valmistaa ja käyttää.
- Mitä pienempi, sitä vaikeampi havaita ja torjua.
- Tuhoutuminen ei ole ongelma.

KUSTANNUSVERTAILUA

- Monitoimihävittäjä 150 milj. euroa.
- Bayraktar TB2 (Turkki) 5 milj. €/kpl
- 30 kpl hävittäjän hinnalla.
- Shahed-136 (Iran) 20 000 €/kpl
- 7500 kpl hävittäjän hinnalla.
- Switchblade 600 (USA) 6000 USD/kpl
- 25 000 kpl hävittäjän hinnalla.

Huom: Shahed ja Switchblade ovat kertakäyttöisiä itsemurhalennokkeja.

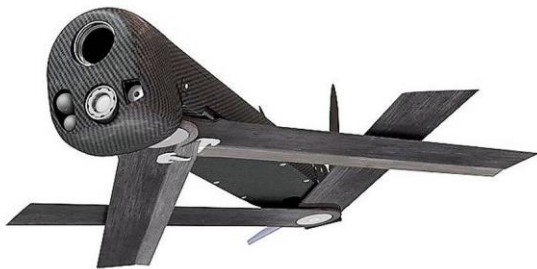


Switchblade 600

Pienten lennokkien torjuminen on haastavaa. Mitä pienempi, sitä vaikeampi.

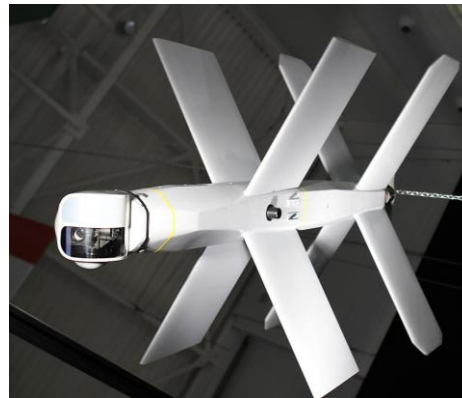
- Pieniä on vaikeampi havaita ja tuhota.
- Itsemurhalennokit ovat kertakäyttöisiä, mutta voivat tehdä paljon vahinkoa.
- Ongelma: torjunta voi maksaa enemmän kuin lennokka.
- **Huom: pitää kuitenkin ottaa huomioon suojattavan kohteen hinta. Mitä maksaa voimalaitos? Tutka-asema? Tai ihmishenki?**

Switchblade 600 (USA)



Pituus 130 cm

Zala Lancet (Venäjä)



Paino 12 kg,
pienempi malli 5 kg

Shahed-131 (Iran)



Pituus 2,6 m, siipiväli 2,2 m

Voidaan torjua it.konekivääreillä ja -tykeillä sekä elektronisilla ja laser-aseilla. Torjunta ohjuksilla ei ole kustannustehokasta.

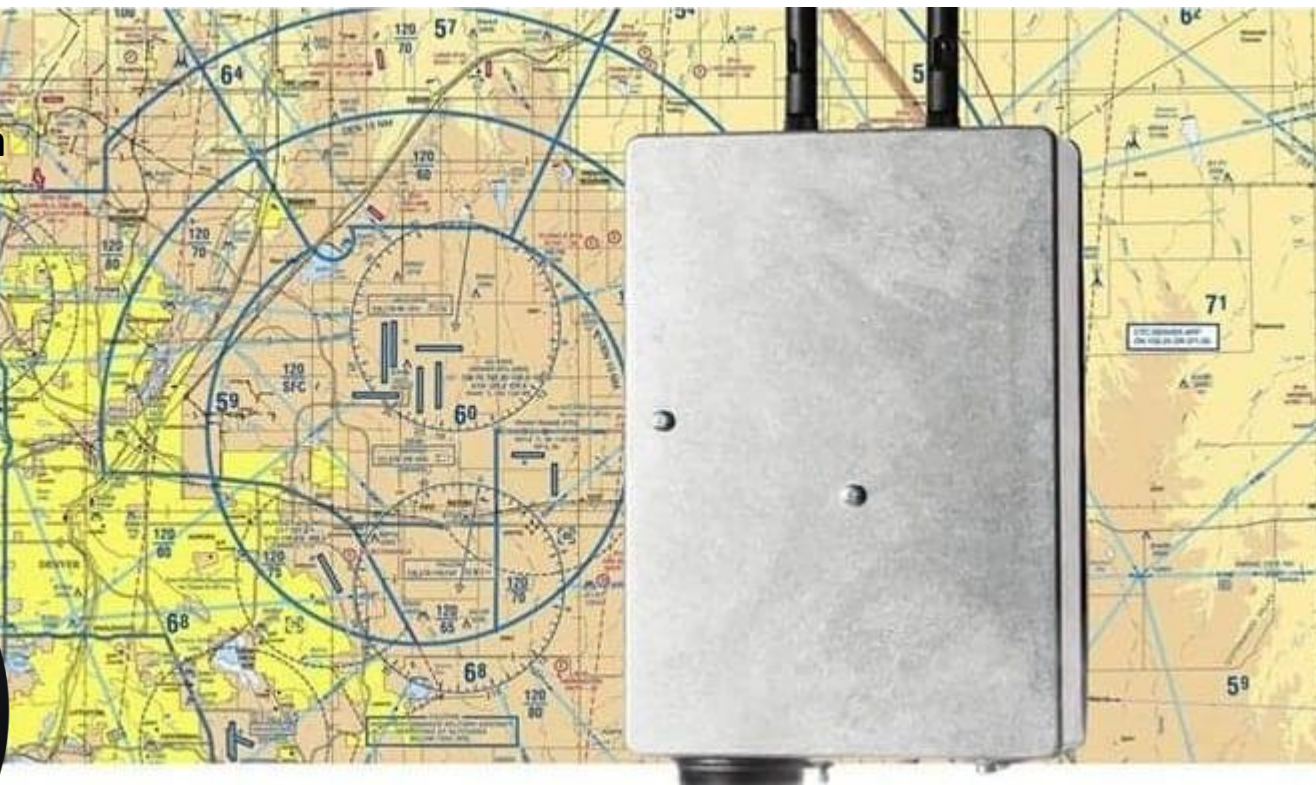
Suomalaista teknologiaa sotaan

Sensofusionin kehittämän teknologian avulla voi havaita drooneja ja myös pudottaa niitä. Ukrainan armeija on jo hyödyntänyt niitä sodassa Venäjää vastaan.

AIRFENCE
Counter-UAS –system



Paino 25 kg



Valvoo aluetta 10 km säteellä, havaitsee kohteet, tunnistaa lennokkityypit, häiritsee niitä elektronisesti.

Elektronisia lennokintorjunta-aseita Ukrainan sodassa

Harpoon-3
Venäjä



Israelilainen lennokintorjunta-ase
Ukrainan käytössä

LASERSÄDEASEITA LENNOKKIEN TORJUNTAAN – EHKÄ OHJUSTENKIN?

Death Ray
(Boeing)



Dragonfire (UK)



Lasertekniikasta

- Säde etenee valon nopeudella
- Ilmakehän häiriöt rajoittavat ulottuvuutta ja tehoa maalissa
- Säteen pitää seurata maalia tarkasti sekunteja
- Vaatii paljon sähköenergiaa
- Vaikea tehdä pientä laser-asetta

Iron Beam
(Israel)



BALLISTISIA OHJUKSIA SODASSA

VUOSI	SOTA	VALTIO	OHJUKSIA
1973	Jom Kippur	Egypti	x kpl Scud
1979-1994	Afganistan	NL Afganistan	1700--2000 R-17 (Scud)
1980-1988	Irak-Irak	Iran + Irak	yli 500 Al Hussein Al Abbas
1991	Gulf War	Irak USA	88 Scud 33 ATACMS
1994	Jemen	Jemen	x kpl R-17
2001	Tšetšenia	Venäjä	250 R-17
2003	Irak	USA	414 ATACMS
2015-2018	Jemen-Saudi-Arabia	Jemen (huthit)	yli 130 Scud yms.
2020	Vuoristo-Karabah	Armenia	x kpl R-17 (Elbrus)



Eniten käytetty ohjus on ollut R-17 "Scud" (eri versioita)

TYKISTÖOHJUSTEN UHKA

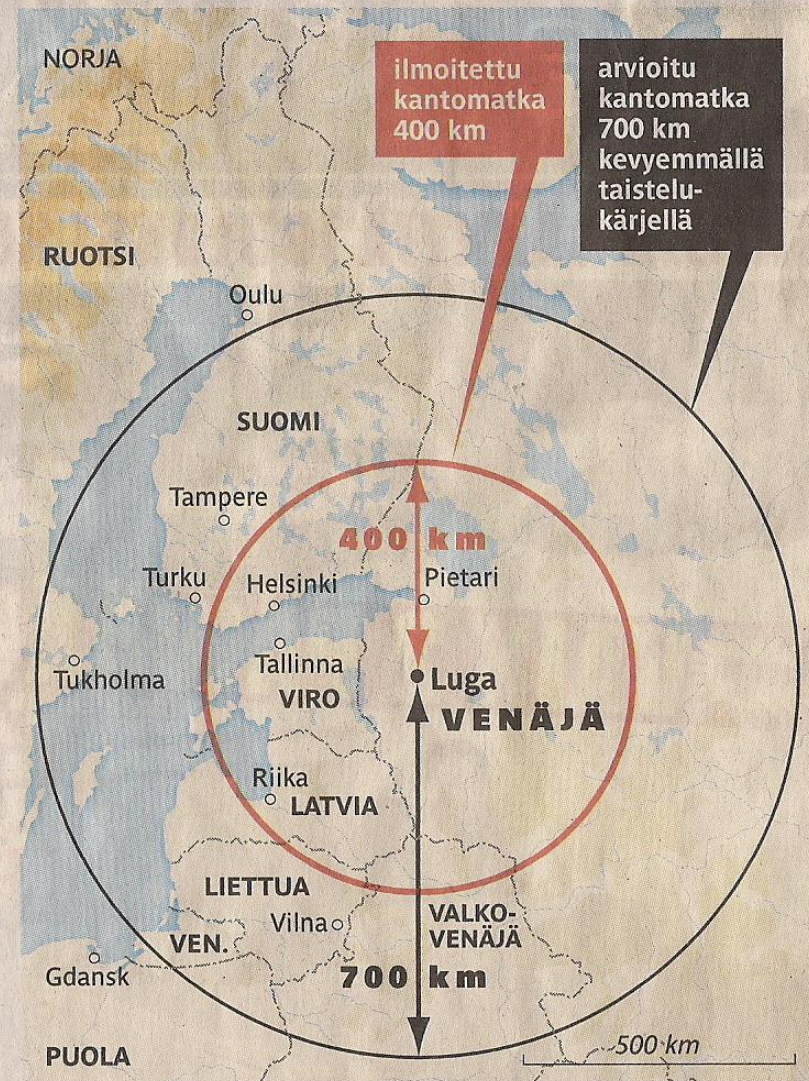
RSS-40 ISKANDER-M (SS-26 STONE)



- OHJUksen PITUUS 7,28 m, PAINO 4615 kg, TAISTELULATAUS 800 kg
- SATELLIITTINAVIGOINTI, ELEKTRO-OPTINEN HAKUPÄÄ, HYVÄ OSUMATARKKUUS
- EPÄSYMMETRINEN LENTORATA, LAKIKORKEUS 50 km, NOPEUS 2000+ m/s (Mach 6+)

Iskander-ohjuksen kantama

MINTTU LINJALA / HS
Karttakeskus



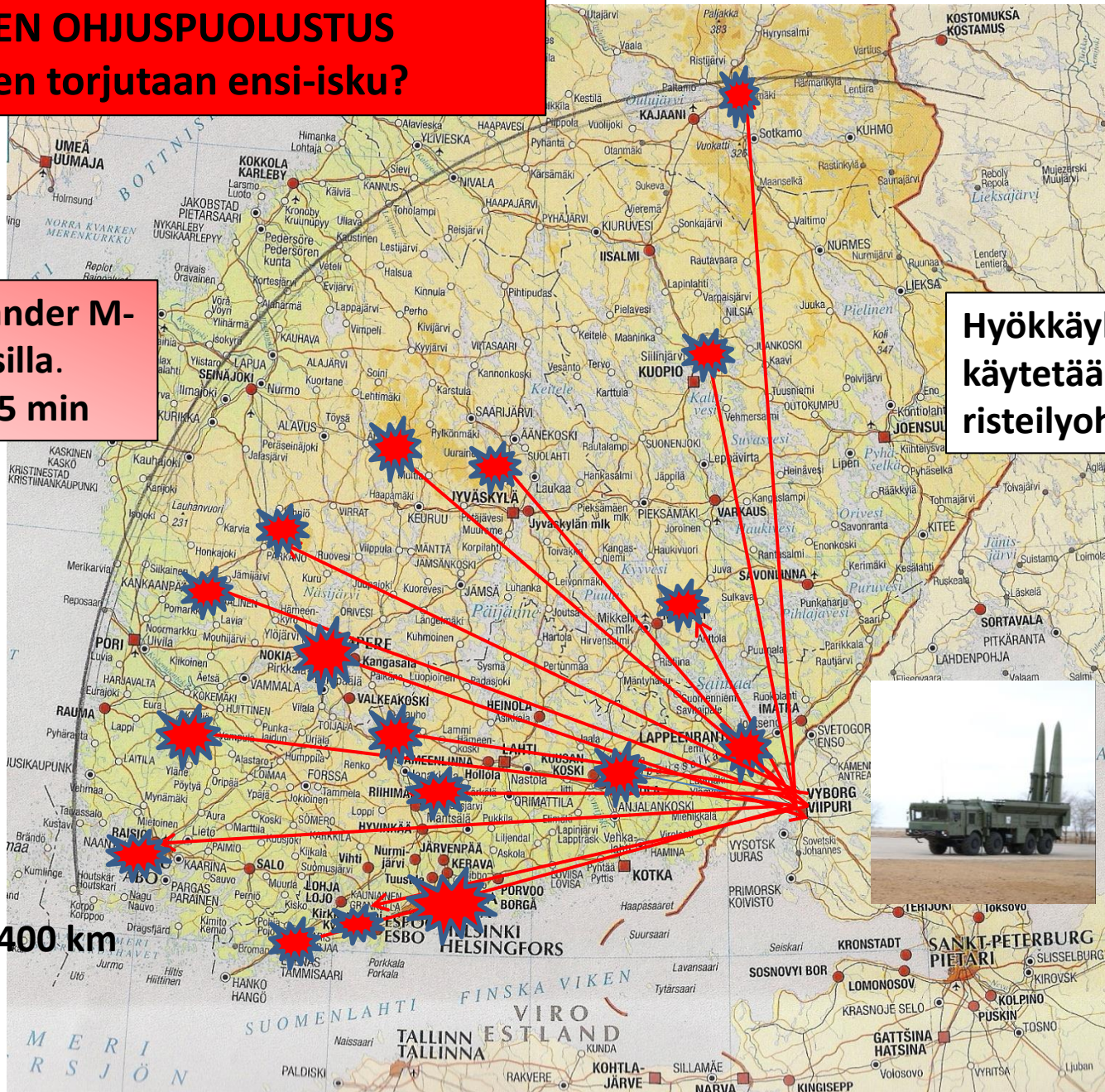
SUOMEN OHJUSPUOLUSTUS

-Miten torjutaan ensi-isku?

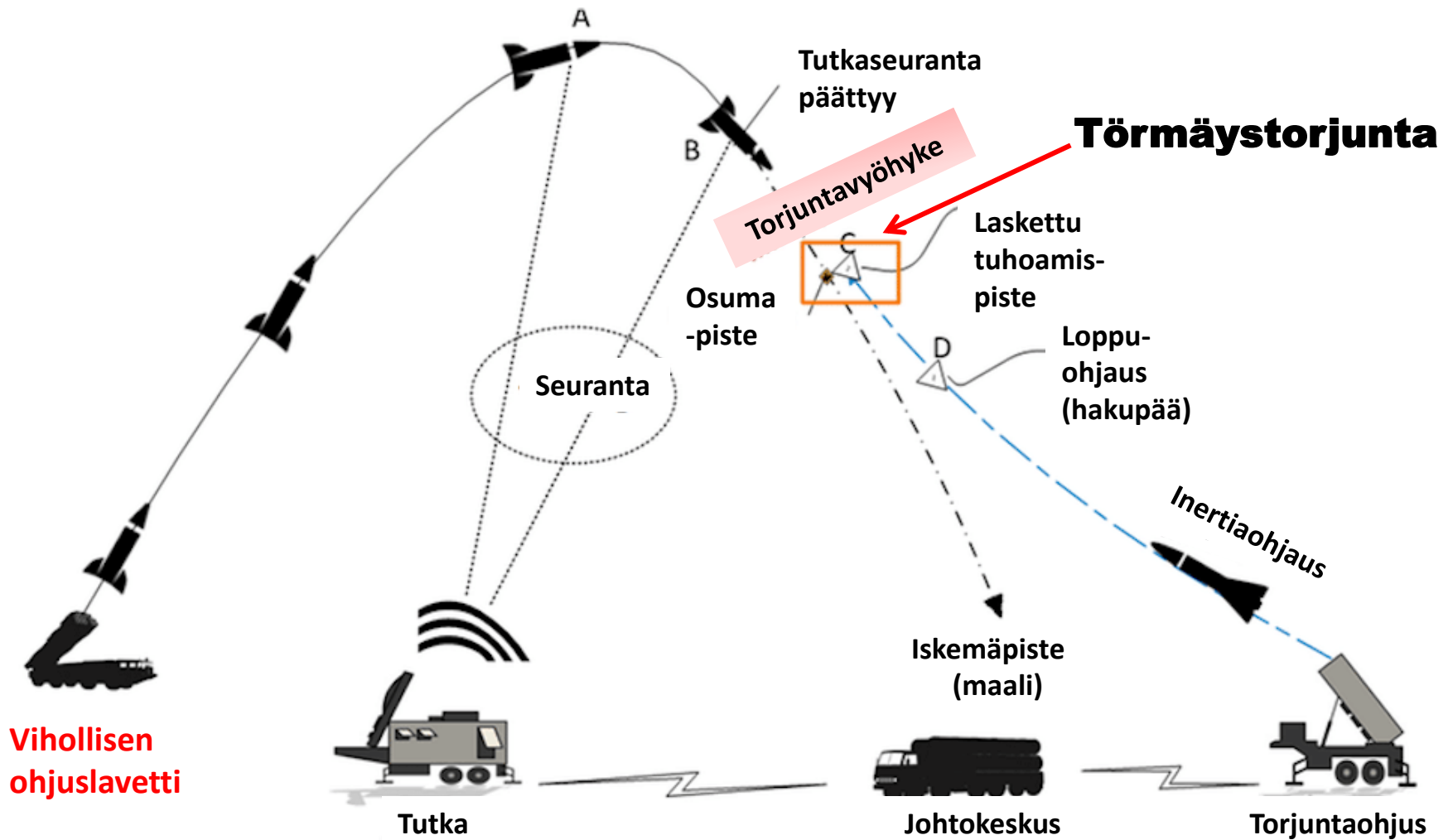
Ensi-isku Iskander M-tykistöohjuksilla.
- lentoaika < 5 min

Hyökkäykseen käytetään myös risteilyohjuksia.

r 400 km



BALLISTISTEN OHJUSTEN TORJUNTAJÄRJESTELMÄN PERIAATE



Törmäystorjunta

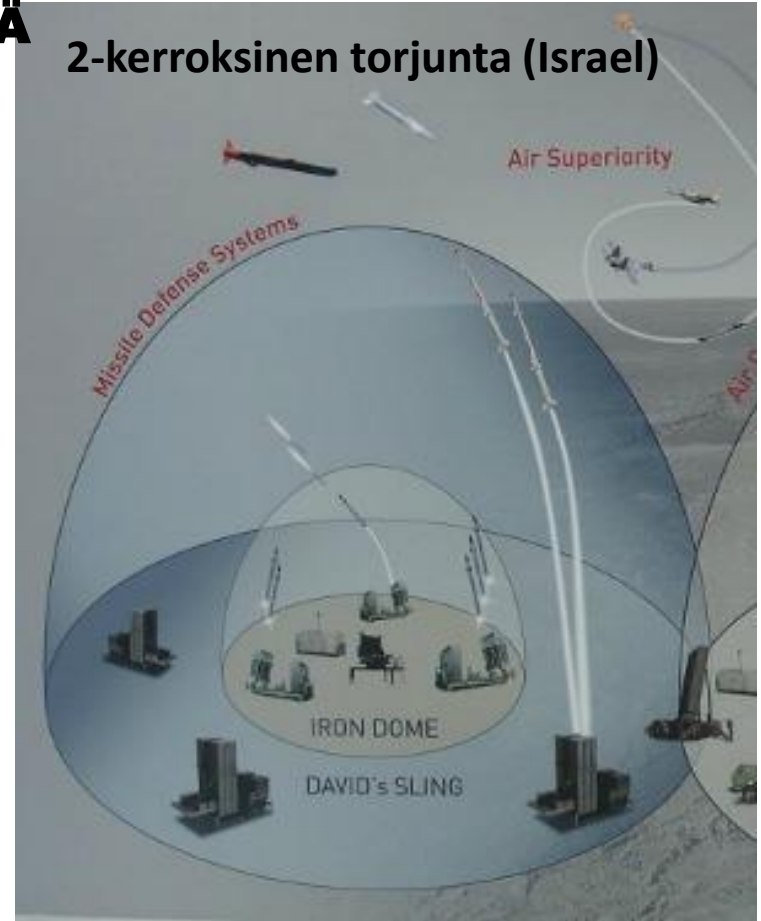
BALLISTISTEN OHJUSTEN TORJUNTAJÄRJESTELMÄ

SUOMI SAA KORKEATORJUNTAKYKYÄ

DAVID'S SLING



2-kerroksinen torjunta (Israel)

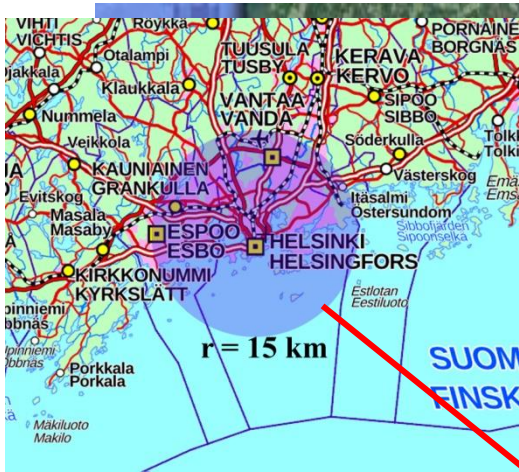


AESA-
tutka



- STUNNER-ohjus
- EO/IR-hakupää
- hit-to-kill
- E 250 km
- h > 15 km

DAVID'S SLING - ohjusyksikön ulottuvuus

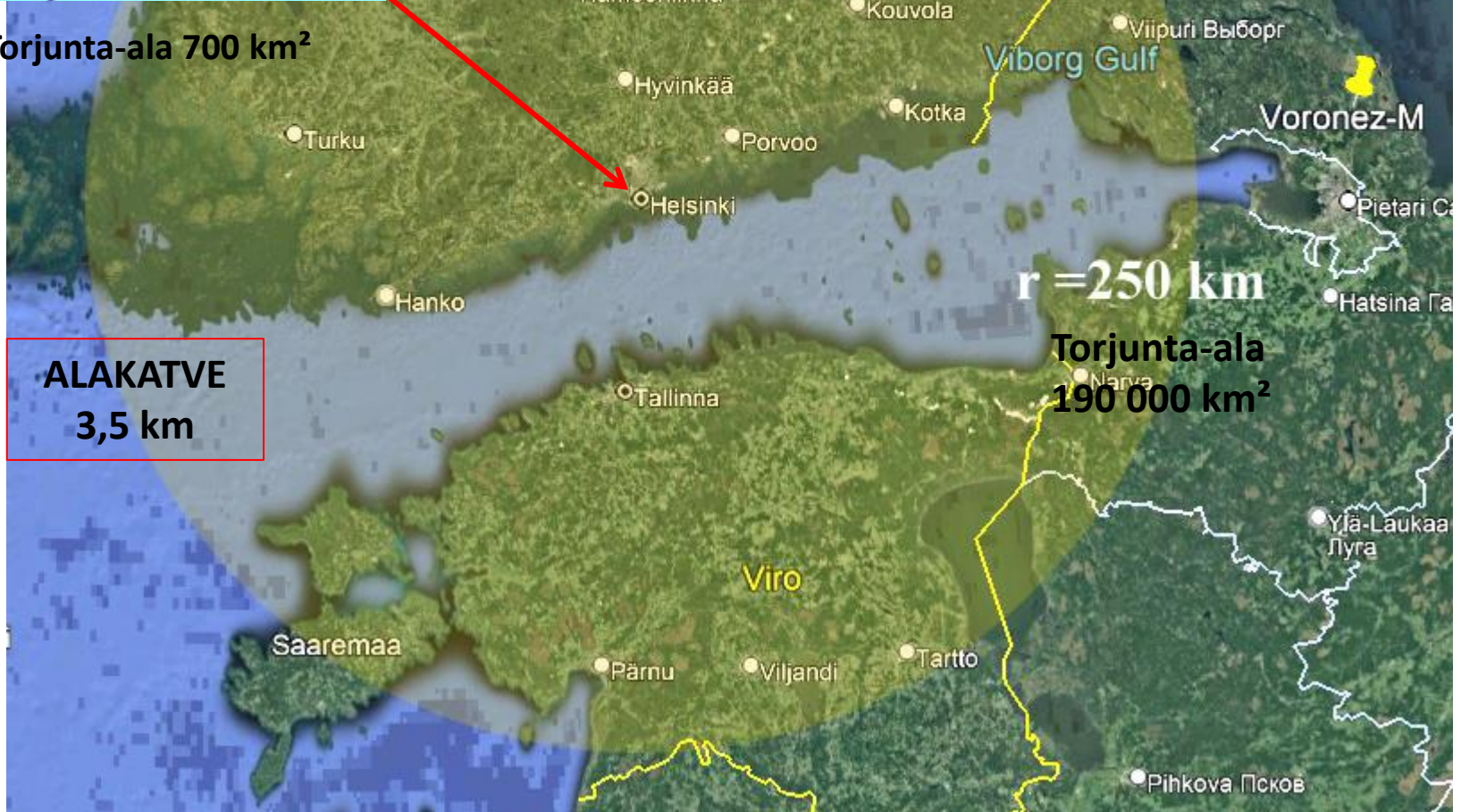


Torjunta-ala 700 km^2

ALAKATVE
 $3,5 \text{ km}$

$r = 250 \text{ km}$

Torjunta-ala
 $190\,000 \text{ km}^2$





Mitä ohjuspuolustus maksaa?

Esimerkki Ruotsista

Ruotsi päätti marraskuussa 2017 hankkia Patriot-ohjusjärjestelmän (**Luftvärnssystem 103**) Kalusto toimitettu v. 2021–2022. Järjestelmä soveltuu myös taktillisten ballististen ohjusten torjuntaan (TBM).

- Neljän ohjuspatterin kaluston hinta oli 1140 miljoonaa dollaria (285 milj./yks.).
 - Samalla hinnalla olisi saatu viisi SAMP/T-ohjuspatteria (228 milj./yks.).
 - USA on tarjonnut 300 kpl ohjuksia: 100 x PAC-2 GEM-T, 200 x PAC-3 MSE.
 - Ohjusten hinta-arvio 3–5 milj. USD/kpl.
- Hankinnan kokonaishinta 2,5–3 miljardia USD.**
- Kustannusarvio vastaa noin yhden hävittäjälaivueen hankintahintaa.



Yhdellä ohjuspatterilla voidaan suojata noin 700 km² aluekohde ($r = 15$ km) taktillisia ballistisia ohjuksia vastaan.

**SUOMI: David's Sling -hankinnan hinta 316 milj. euroa.
Lisäksi optio 213 milj. euroa.**

EUROPEAN SKY SHIELD INITIATIVE



IRIS-T SLM

**SUOMI ON
MUKANA!**



PATRIOT



ARROW 3

**Sopimus 13.10.2022.
Mukana 15 valtiota.
Ranskalla, Italialla, Puolalla
ja Ruotsilla on omaa
ohjuspuolustuskykyä.**

UKRAINAN SODAN OPETUKSIA

Maan voi tuhota ilma- ja ohjushyökkäyksillä, mutta maata ei voi niillä vallata.

Sota ratkaistaan maavoimien taisteluilla. Siinä epäsuora tulivoima sekä ilmatorjunta- ja panssarintorjunta-aseet ovat ratkaisevassa asemassa.

Epäsymmetrisessä sodassa ilma-alivoimainen osapuoli voi tasoittaa voimasuhteita lennokeilla sekä ilmatorjunta-, tykistö-, risteily- ja meritorjuntaohjuksilla.

Ohjuspuolustusta ei tarvita siellä, missä vihollisen ohjukset lentävät, vaan siellä, missä ne eivät saa lentää. Ohjuspuolustus ei ole aluesuojausta, vaan kohdesuojausta. Strategiset kohteet voidaan suojata vain torjuntaohjuksilla.



AHTI LAPPI KEIJO TOSSAVAINEN

TÄHTIEN SOTAA

OHJUS- JA AVARUUSPUOLUSTUKSEN KEHITYSVAIHEITA

ILMATORJUNTAÄITIÖ

Julkaistiin 4.6.2021



Saksalaisten ilmahyökkäykset V-aseilla toisessa maailmansodassa vuosina 1944–1945 merkitsivät uuden aikakauden alkua sodankäynnissä, mikä näkyi vielä 2000-luvullakin. "Lentävi pommit" V1 antoi alkusäyksen risteilyohjusten kehittämiselle ja ballistinen "kaukoraketti" V2 puolestaan oli mallina ballististen ohjusten kehittämiseksi. Ydinkärjillä varustetut ohjukset syrjäyttivät pommikoneet ja niistä tuli strategisia aseita, joiden kehittämiseen suurvallat käyttivät suunnattomasti resursseja. Samalla ohjusten torjunnasta tuli vakava haaste ilmapuolustukselle.

Ohjusten torjunta-aseita on suurvalloissa kehitelty toisen maailmansodan jälkeen vuosikymmenien ajan. Teknillisen kehityksen tuloksena torjuntakykyä on syntynyt, mutta vain rajoitetusti. Risteily- ja ballististen ohjusten torjuntaan soveltuvia ohjusjärjestelmiä on 2000-luvulla olemassa, mutta hypersoonisten aseiden kehitysnäkymät ovat uusi haaste ohjusuolustukselle.

Avaruudesta tuli aotnäyttämö samana päivänä, kun Neuvostoliitto lähetti ensimmäisen Sputnik 1 -teko-kuun avaruuteen 4. lokakuuta 1957.

Avaruuteen on yli 60 vuoden aikana lähetetty astettaäärin satelliitteja sotilaallisia tehtäviä varten, ja myös satelliittien tuhoamiseen on suunniteltu teknillisiä keinoja. Avaruuteen on myös lähetetty avaruusasemia sotilaatarkoituksiin, jopa kukaan on suunniteltu tuokohtia. Avaruus on pyritty kansainvälisillä sopimuksilla demilitarisoimaan, mutta todellisuudessa avaruuden sotilaallinen merkitys on vain kaavanut.

Kilpailu avaruuden herruudesta on jo alkanut. Se joka hallitsee avaruutta, on etulyöntiasemassa sodankäynnissä myös maapallolla.

TÄHTIEN SOTAA OHJUS- JA AVARUUS- PUOLUSTUKSEN KEHITYSVAIHEITA

Kirjoittajat ovat pitkän linjan ilma- ja ohjusuolustuksen asiantuntijoita.

Eversti evp Ahti Lappi oli vuosina 1978–1998 mukana kaikissa Suomen ilmatorjuntaohjushankinnoissa ja on sen jälkeen kirjoittanut useita teoksia ilma- ja ohjusuolustuksen historiasta.

Everstiluutnantti evp Keijo Tossavainen on tutka- ja ohjustekniikkaan perehtynyt upseeri, joka toimi vuosina 1979–1992 Helsingin Ilmatorjuntarykmentin (IChj) 79 -ohjuspatteriossa kouluttajana, patterin päällikkönä ja komentajana. Hän toimi vuosina 1997–2003 ilmatorjunnan asiantuntijana Viron puolustusvoimissa.

Kirjassa on 590 sivua