

ILMATORJUNTA TYKEILLÄ VAI OHJUKSILLA

Yleisesikuntaeverstiluutnantti Pauli Thomenius

JOHDANTO

Ohjukset luetaan täsmäaseisiin, mutta tykkejä yleensä ei. Kun täsmäaseilla päästään suureen tuhoamisvarmuuteen, on it-aseistuksen kehittämisessä viime vuosina pantu paljon painoa ohjuksille. Samalla kuitenkin ohjusten rajoitukset ovat tulleet selvästi esille. Tällä hetkellä kukaan ei väitä ohjusten korvaavan tykkejä kokonaan.

Tämän teknillisvoittoisen tarkastelun lähtökohtana ovat nykyiset ja lähivuosien ilmatorjuntakalustot. Esitys on yleisluontoinen, mutta muutamissa erityistarkasteleissa käsitellään Suomen olosuhteita.

Meillä täytetään lähitulevaisuudessa kohdetorjuntaluokan ohjusten kohdalla oleva puute. Tämän kirjoituksen perusteella voitaneen osaltaan arvioida erilaisten asejärjestelmien käyttömahdollisuuksia ja saada perusteita käyttöperiaatteiden luomiselle.

1. TYKKIEN JA OHJUSTEN EDUT JA HAITAT

Tässä yhteydessä ei pyritä hyvien ja huonojen puolien kattavaan luetteloon. Ampumateknilliset erot ja käytön vaikeuteen (helppouteen) liittyvät ominaisuudet on katsottu käsittelyn arvoisiksi.

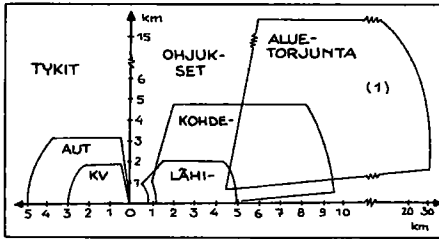
1. 1. Tulialueitten vertailu

Tulialueen mitoista tulevat ensimmäisinä mieleen suurin ampumaetäisyys ja suurin korkeus. Ohjusten myötä ovat myös minimietäisyydet tulleet merkittäviksi. Ohjuksilla ei yleensä voida ampua niin lähelle kuin tykeillä, ei myöskään usein yhtä matalalla lentäviä maaleja. Tulialuevertailuja on kuvassa 1.

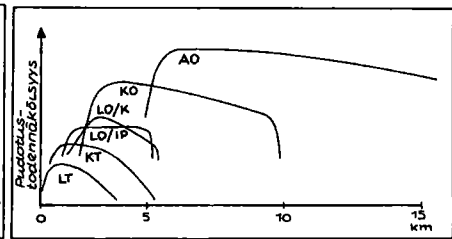
Edellisestä kuvasta nähdään, että pienimpienkin ohjusten minimiampumaetäisyys on puolen kilometrin luokkaa. Isoilla ohjuksilla lähikatve voi olla yli 5 kilometriä. Tykkeihin nähden suuret minimietäisyydet johtuvat mm. siitä, että ohjuksilta vaaditaan kiihdytys noin äänen nopeuteen (Mach 1) ennenkuin ohjaaminen on mahdollista. Tämä johtuu siitä, että yliaäninopeuksia varten tehdyt ohjaussiivekkeet ovat kooltaan kovin pieniä. Lähikatvetta on pienennetty eräissä ohjuksissa suihkuohjauksella lennon alkuvaiheessa.

Tykeilläkin on lähikatve. Se johtuu lähinnä seurantakatveesta: kun maali ohittaa tykin läheltä, ei tykki kykene sitä seuraamaan suuren kulmanopeuden takia. Tulialueen puolesta tykeillä ja lähitorjuntaohjuksilla voidaan ampua lähes samoja maaleja (ottaen huomioon lämpöhakuisen ohjuksen rajoittuminen pääasiassa vain loittoneviin suihkukonemaaleihin). Aluetorjuntaohjusten lähikatve on lähes yhtä suuri kuin edellä mainittujen aseitten suurin ulottuvuus. Aluetorjuntaohjus ei kilpaile samoista maaleista tykkien ja lähitorjuntaohjusten kanssa.

Kuva 1.



Kuva 2.



Kuva 1. It-aseitten tyypillisiä tulialueita

- aut = automaattitykki, tutkaohjattu (vast)
kv = kevyt tykki, optisella tähtäimellä
(1) = aluetorjuntaohjuksien tulialue on eri mittakaavassa

Kuva 2. It-aseitten teho (pudotustodennäköisyys) eri etäisyyksillä; esimerkki

- LT = lähitorjuntaluokan tykki (kevyt tykki)
KT = kohdetorjuntaluokan tykki (automaattitykki)
LO/IP = lähitorjuntaohjus, IP-hakuinen
LO/K = lähitorjuntaohjus, komento-ohjattu
KO = kohdetorjuntaohjus
AO = aluetorjuntaohjus

Eri ampumaetäisyyksillä saavutettava teho (lähinnä osumatodennäköisyys) on kuvan 2 kaltainen. Järjestelmäkohtaiset erot aiheuttavat käytännössä suuriakin poikkeamia esitettyihin käyriin; tässä on pyritty vain suuruusluokkaiseen tarkasteluun.

1.2. Tulirytmä

Tulirytmillä tarkoitetaan sitä miten nopeasti tulitus voidaan toistaa samaan maaliin tai siirtää tuli uuteen maaliin. Tässä tykit vievät yleensä voiton. Taivaalle lähetetyn sarjan jälkeen voidaan heti ottaa uusi maali käsittelyyn (, jos ei haluta ensin nähdä, tuottiko edellinen sarja tulosta).

Ohjusammunnassa on monia viiveitä, ja komento-ohjausta käytettäessä maalaitteet sitoutuvat maaliin ohjuksen lentoajaksi. Komento-ohjaus on yleinen kohde- ja aluetorjuntaohjuksilla.

Ohjusten huonompi tulirytmä voidaan korvata ampuvia yksiköitä lisäämällä ja/tai ampumaetäisyyttä kasvattamalla. Kun tuli aloitetaan kaukaa, ehditään käsitellä monta maalia.

Tulirytmäin vaikuttavia tekijöitä esitetään taulukossa 1. Aikamääriä arvosteltaessa on muistettava, että ohjuksilla tuli voidaan aloittaa n. 10 km:stä ja tykeillä n. 5 km:stä, kun kyseessä ovat kohdetorjuntaluokan kalustot.

1.3. Muut ampumateknilliset ominaisuudet

Ampumaominaisuuksiensa perusteella eri aseet soveltuvat eri maalityyppien tulittamiseen paremmin tai huonommin. Taulukossa 2 on karkea analyysi eri aseille sopivista maaleista.

TOIMENPIDE	TYKIT		OHJUKSET	
	Kesto	Juoks aika	Kesto	Juoks aika
Maali saadaan seurantaan		t = 0 s		t = 0 s
Ase laukaistaan		t = 1 s		t = 1 s
Lähtöviive	0 s		2 s	
Ammukset/ohjukset saatetaan perille	(6 s)	(t = 7 s)	8 s	t = 11 s
Osuman toteaminen	(1 s)	(t = 8 s)	(2 s)	t = 11 s (13)
Uuden maalin kiinniotto	3 s	t = 4 s (11)	3 s	t = 14 s (16)
Uusi laukaisu		t = 5 s (12)		t = 15 s (17)
Lähtöviive	0 s	t = 5 s (12)	2 s	t = 17 s (19)

Taulukko 1. Tulirytmii tykeillä ja ohjuksilla; esimerkki

— kohdetorjuntaluokan kalustot

— suluissa ajat, kun todetaan tulos (osuma/ohi) ennen seuraavaa laukaisua

1.4 Käyttötekniilliset ominaisuudet

Käyttäjii ajatellen asejärjestelmissä on suuria eroja. Ne vaikuttavat henkilöstön pätevyysvaatimuksiin ja siis myös koulutusvaatimuksiin.

Nykyaikainen helpoksi tehty yhden miehen ohjus ei vaadi käyttäjältä laitetekniikan tuntemusta eikä aseiden säätö-, huolto- tai korjaustoimenpiteitä. Vain ampumahetken toimenpiteet on osattava hyvin.

Tutkaohjatussa tykkijaoksessa tilanne on täysin päinvastainen. Ampumahetkellä automatiikka vie ammuksia maaliin ilman henkilöstön ratkaisevaa osuutta. Sen sijaan ennen ammuntaa on tehty kaikki ratkaiseva ihmistyö: ammunnan valmistelu pikkutarkkoine trimmauksineen, jolloin piirun jakaminen osiin ei ole liioiteltua.

Asejärjestelmän käytettävyyden kannalta olennaisia tekijöitä ovat ainakin seuraavat:

1. Asemanvaihtoon kuuluva aika ammunnan valmisteluineen: ilman ajoaikaa se voi olla

- kevyellä itjaoksella 20 min
- automaattijaoksella 2 h
- lähitorjuntaohjuksilla 2 min
- kohdetorjuntaohjuksilla ½ h
- aluetorjuntaohjuksilla 4 h

2. Kyky pitää yllä nopeata ampumavalmiutta: tykit voivat yleensä olla suuressa valmiudessa pitkiä aikoja, mutta ohjukset eivät. Tykkien laukaisuvalmius on

ASE	TYYPILLISET MAALIT	MAALIT, JOITA EI VOI AMPUA	AMPUMATEKNILLISIÄ	
			ETUJA	HAITTOJA
Kevyt it-tykki	— lentokoneet — helikopterit	— korkeus yli 2 km	— ei häirittä- vissä	— vaaditaan opti- nen näkyvyys
Autom- it-tykki	— lentokoneet — helikopteri — ohjukset — lennokit	— korkeus yli 4 km	— tarkkuus (ei käytetä arvio- suureita	— häiritävissä
Lähtöjohjus, lämpöhak	— lentokoneet, etenkin suih- kumoottori — helikopterit	— korkeus yli 2 km	— väistömah- dollisuudet heikot	— soihduilla har- hautettavissa — ei näe viileitä maaleja eikä kuumiakaan kovin kaukaa
Lähtöjohjus, komento- ohjattu	— lentokoneet — helikopteri — lennokit	— korkeus yli 2 km	— ei vaadi maa- lilta juuri mitään omi- naisuuksia (lämpöä tsm)	— vaikeampi ampua kuin "ammu ja unohda"
Kohdetorjunta- ohjus	— kaikki ilma- ilmamaalit	— korkeus yli 3—5 km — etäisyys alle 1 km	— suuri ulottuvuus	— tulirytytmi on monesti hidas (komento- ohjaus)
Aluetorjunta- ohjus		— etäisyys alle 3 km		

Taulukko 2. Ampumateknillinen vertailu; suuruusluokkainen esitys.

sekunnin osia, mutta kevyimmätkin ohjukset vaativat n 5 sekuntia. Ohjusten lyhyimmät reaktioajat (ennen lähtöä) ovat sekunnin luokkaa, mutta tätä valmiutta ei voi ylläpitää jatkuvasti (tunteja).

3. Käyttökelpoiset varajärjestelmät ja varamenetelmät: tappioiden, vikaantumisten tai huoltotöiden seurauksena osa kalustosta voi olla pois käytöstä. Tällöin on käytettävä varalle suunniteltuja laitteita ja/tai toimintatapoja.

1.5. Yhteenveto

Tykkien ja ohjusten hyviä ja huonoja puolia voidaan löytää lukematon määrä. Käyttäjän kannalta tärkeimpiä ja ampumateknisesti merkittävimpiä on koottu taulukkoon 3.

2. TEHOKKUUDEN VERTAILU

2.1. Maalien pudotustodennäköisyys

Ilmamaalin pudottaminen edellyttää, että

- se havaitaan,
- siihen saadaan osuma (osumia) ja
- osumat aiheuttavat riittävän tuho vaikutuksen.

	KEVYT ITTYKKI	AUTO- MAATTI- TYKKI	LÄHI- TORJ- OHJUS	KOHDE- TORJ- OHJUS	ALUE- TORJ- OHJUS
Ampumaetäisyys					
— maksimi	— —	+	+ —	+ +	+ + +
— minimi	+ +	+ + +	+ —	—	— —
Tulirytm	+	+ +	+ —	—	— —
Ammuntaa edeltävien vamistelujen vaikeus (+ = helppo)	+	— — —	+ +	— — —	— — — —
Ampuvan henkilöstön koulutusvaatimukset (+ = helppo)	+ —	— —	+ —	—	— —
Kyky käsitellä kaiken- tyyppisiä maaleja kaikissa olosuhteissa	— —	+ +	+ —	+ +	+ + +

Taulukko 3. Tykkien ja ohjusten vertailu + = hyvä — = huono

(Taulukkoa tarkastellaan vain riveittäin; sarakkeista lasketut +/—:t eivät anna järkeviä vertailulukuja, kun ominaisuuksia ei ole painotettu.)

Maalien havaitseminen voidaan toteuttaa tykeillä ja ohjuksilla yhtä hyvillä menetelmillä. Ohjusten suuri ulottuvuus vaatii kuitenkin havaintokykyä pitemmiltä etäisyyksiltä. Absoluuttisia vaikeuksia tulee matalalla lentävien maalien havaitsemisessa suurilla etäisyyksillä. Tutkahorisontin alle näkeminen tulee vastaisuudessakin säilymään hyvin sattumanvaraisena. Mitä myöhemmin maali havaitaan, sitä vähemmän ohjusyksikölle jää tulitusaikaa.

Tykkikalustollekin maalin havaintoetäisyys voi aiheuttaa vaikeuksia. Tarkastellaan esimerkkinä kevyttä tykkiä, jonka tehokas ampumaetäisyys on 3 kilometriä. Ammus lentää sinne 5 sekunnissa, tykkilaskin vaatii 2 s reaktioajan ennen laukaisua. Seitsemässä (5 + 2) sekunnissa maali lähestyy 1750 m, kun nopeus on 250 m/s. Maali olisi siis saatava seurantaan yli 4,5 kilometrin (3000 m kaltevaa + 1750 m vaakaaetäisyyttä) etäisyydellä, jos halutaan tulittaa 3 kilometriin. Visuaalisesti maali voidaan kyllä nähdä kauempaakin, mutta sen havaitseminen (aktiivinen huomaaminen) on kyseenalaista jo alle 4 kilometrin etäisyyksillä. Näin ollen tykkikalustonkin koko ulottuvuuden hyväksikäyttö tulee kyseenalaiseksi, kun ollaan aistisensoreitten varassa.

Osumatodennäköisyys on täsmäaseilla suuri. Ohjukset ovat kiistatta tykkejä etevämpiä. Asiaa parantaa vielä ohjusten suuri taistelulataus (pl pienimmät ohjukset). Voimakas taistelulataus mahdollistaa lähisytyttimen käytön. Osumiksi lasketaan tällöin sirpaleosumatkin. Tykkien kranaateissakin voidaan käyttää lähisytyttimiä, mutta sirpaleet ovat luonnollisesti pieniä.

Lähisytyttimellä osumatodennäköisyys kasvaa, koska pinta-ala, johon on osuttava, kasvaa moninkertaiseksi. Jos lähestyvän meritorjuntaohjuksen halkaisija on 40 cm, on sen edestä näkyvä pinta-ala 0,13 m². Siihen on osuttava

kosketussytytinammuksilla (tai ohjuksilla). Kun käytetään lähisytytinammuksia, joiden toimintaetäisyys on 3 metriä, saadaan osumapinta-alaksi $32 \text{ m}^2 (= \pi \cdot 3,2^2)$.

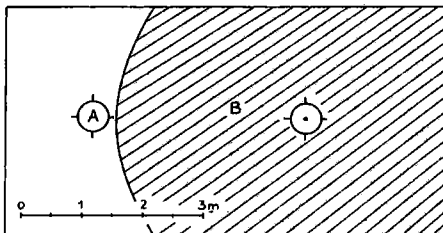
Lähisytytin on kaikissa aluetorjuntaohjuksissa, lähes kaikissa kohdetorjuntaohjuksissa ja muutamissa lähitorjuntaohjuksissa. Tykkien ammuksiin lähisytytin voidaan rakentaa 30 mm kaliiperista ylöspäin. Euroopan kuuluisista ittykkien kehittäjistä Bofors uskoo lähisytyttimeen, mutta Oerlikon ei, kun puhutaan pienistä kaliipereista. Yli 50 mm kaliipereilla sirpalevaikutus on niin suuri, että lähisytyttimen merkitys myönnetään yleisesti.

Ohjusten osumatodennäköisyys perustuu luonnollisesti siihen, että ohjus on ohjauksessa koko lentonsa ajan (maaliin asti). Tykkien pienempi osumatodennäköisyys aiheutuu ennenkaikkea

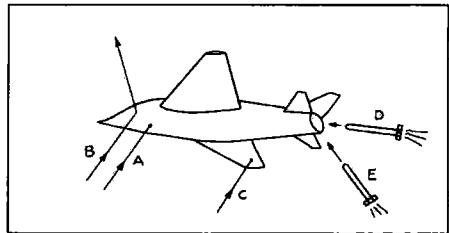
- mahdollisuudesta arvata lentäjän väistöliikkeet ja
- todennäköisyydestä tehdä virheitä ammunnan valmistelussa ja ammunnan aikana.

Tykkien osumatodennäköisyys riippuu systemaattisista virheistä ja ballistisesta hajonnasta. Systemaattisista virheistä ei teoriassakaan päästä koskaan eroon. Ammunnan valmisteluun jää aina virheitä; todettakoon, että tuulen määräys ei ole kauankaan ajan tasalla, puuskittaista tuulta ei voi huomioida tarkasti ja ilman pystyvirtauksia ei pyritäkään mittaamaan. Kun systemaattisia jäännösvirheitä yleensä on, joudutaan tarkastelemaan ballistisen hajonnan merkitystä. Jos sitä ei olisi ollenkaan, veisi systemaattinen virhe kaikki ammukset maalin ohi. Mitä suurempi systemaattinen poikkeama todennäköisesti on, sitä suurempaa hajontaa tarvitaan.

Kuva 3.



Kuva 4.



Kuva 3. Osumapinta-alojen vertailu kosketussytyttimellä (A) ja lähisytyttimellä (B) tulitettaessa

- maalin halkaisija on 40 cm (lähestyvä ohjus)
- lähisytyttimen toimintaetäisyys on 3 m

Kuva 4. Osumien erilaisia vaikutuksia

- A = Tykin ammuksen tuhoava osuma (kaliiperin oltava 25 — 40 mm/uusi — vanha tyyppi)
- B = Tykin ammus kimpoaa liian pienen kohtaamiskulman takin (5 — 10°/uusi — vanha)
- C = Vaurioittava osuma, ei osu koneen elintärkeisiin osiin
- D = Lämpöhakuisen ohjuksen tuhoava osuma (2-moottorinen taistelukone voi selvitä omalle kentälleen)
- E = Ohjuksen vaurioittava osuma, ei tunkeudu koneen sisään — vain sirpalevaikutus

Näin ollen alkeellisilla aseilla tulee olla suuri hajonta; sen seurauksena on oltava myös suuri tulinopeus. (Vrt 23 ItK 61.) Mittausarvojen perusteella ampuvat tarkat asejärjestelmät eivät tarvitse suurta hajontaa. (Esim 35 ItK 58 ampuu yhden milliradiaanin hajontakuviolla.) Tulevaisuudessa hajontakuviota voidaan säädellä (Boforsin Trinity), eikä enää itykkiä paremmuuden mittana pidetä ”tarkkuutta” eli hajontakuviota pienuutta.

Osumalla saavutettava tuhoamistodennäköisyys ei välttämättä ole ohjuksilla parempi tai huonompi kuin tykeillä. Edellä on todettu, että osumaksi lasketaan sirpaleosumatkin lähisytyttimen toimintaetäisyyden puitteissa. Järkevää on käyttää lähisytyttimen toimintaetäisyytenä sirpalevaikutuksen maksimietäisyyttä. Näin ollen isonkin ohjuksen ”laitaosuman” tuhoamistodennäköisyys voi olla pieni.

Kosketussytyttimillä varustettujen tykinammusten räjähtäminen riippuu kohtaamiskulmasta. Vanhat amukset edellyttävät n 10°:n, uudet n 5°:n kulmaa. Kun räjähtämisen edellytykset ovat olemassa, riippuu teho räjähdyspaikasta. Nykyiset ohutkuoriset, painevaikutteiset kranaatit pyritään räjäyttämään n. 20 cm maalin sisällä. Sytyttimessä on siis pieni hidastus; suurempi voisi tuoda ammuksen maalin ulkopuolelle esimerkiksi siipeen osuttaessa.

Kosketussytytinhajustenkin tuhoavaikutus riippuu kohtaamiskulmasta. Kun pieni lämpöhakuinen ohjus saavuttaa maalin suoraan takaa, se tunkeutuu varmasti moottorin sisään. Sen sijaan sivulta tai takaviistosta lähestyvä ohjus suuntautuu pakoaukkoon tai perälieskaan, jolloin räjähdysvaikutus voi kohdistua vain pakoaukon pelteihin.

Yhteenvetona voidaan todeta, että maalien pudottaminen on ohjuksilla varmempaa kuin tykeillä edellyttäen, että päästään asianmukaiseen ampumatilanteeseen. Ulottuvuutensa puitteissa tykit puolestaan voivat päästä useammin ampumatilanteeseen kuin ohjukset. Kun ohjusten suuri ulottuvuus otetaan mukaan arviointiperusteisiin, ottavat ohjukset voiton maalien pudotustodennäköisyyskilvasa.

2.2. Taistelunkestävyys

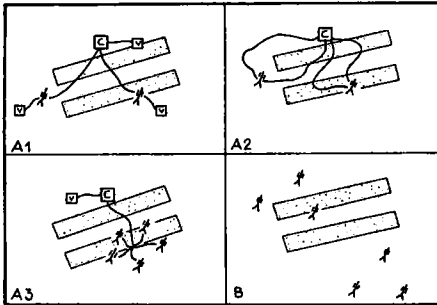
Ilmatorjunnan teho laskee sitä mukaa, kun välineet ja käyttäjät kärsivät tappioita. Vihollinen kohdistaa ilmahyökkäyksiä myös ilmatorjunnan lamauttamiseen. Hyökkäysten tärkeimpiä kohteita ovat kiusallisimmat (= parhaat) ilmatorjuntayksiköt. Suuren ulottuvuuden ohjuspatterit ja ohjukset yleensäkin ovat näitä kohteita. Ilmahyökkäysten suuntaaminen pienimpiä ohjuksia vastaan on kuitenkin peitteisessä maastossa lähes mahdotonta. Maastopukuista olkapääohjusampujaa ei juuri voi ilmasta vainota. Sen sijaan kohde- ja aluetorjuntaluokan ohjukset kyllä löydetään.

Hajaryhmyksessä olevan tykkijaoksen tai -patterin vaientaminen vaatii aikamoiset toimenpiteet. Saman rynnäkön tai pommituksen alle eivät kaikki tykit voi jäädä.

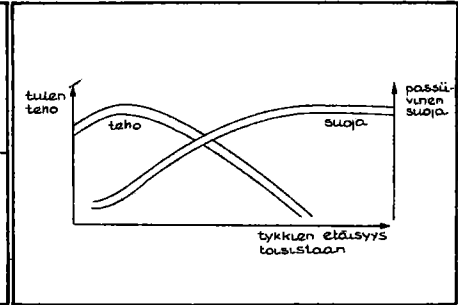
Erilisiin itjoukkoihin kohdistettavan ilmahyökkäyksen mahdollisuuksia voidaan arvioida kuvan 5 perusteella.

Edellisen kuvan tilanteisiin joudutaan tietenkin vain silloin, kun ilmatorjunta ei ole kyennyt ampumaan hyökkääjää alas. Hajauttamisen edut ovat tällöin ilmeiset. Aseyskikön hajaryhmyykselle on kuitenkin monia teknillisiä rajoituksia.

Kuva 5.



Kuva 6.



Kuva 5. Ilmahyökkäyksen vaikutus erilaisissa ilmotorjuntapattereissa; esimerkki (2 sirotepommitusta)

A1 = automaattijaos erillisin voimalaittein;

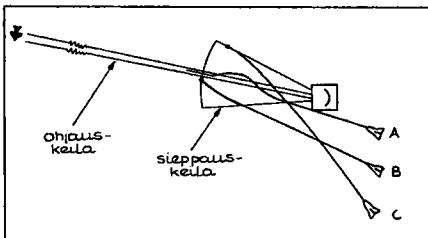
A2 = automaattijaos digitaalisella tiedonvälityksellä;

A3 = automaattijaos, yhdensuuntainen tuliviuhka;

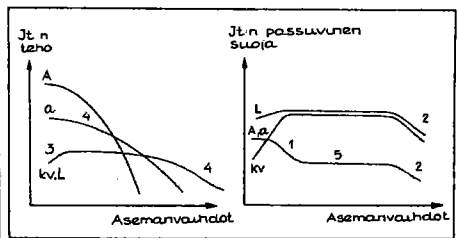
B = kevyt itpatteri hajaryhmityksessä

Kuva 6. Yhdensuuntaisella viuhkalla ampuvan jaoksen hajauttamisen vaikutukset (aluksi teho paranee pienellä hajauttamisella, kun systemaattisten virheitten vaikutus eliminoituu)

Kuva 7.



Kuva 8.



Kuva 7. Ohjusjaoksen hajauttamista rajoittava parallaksi

A = ohjus saadaan ohjaukseen

B = ohjus ei ehdi kääntyä suuntalinjalle sieppauskeilassa ollessaan

C = ohjus menee sieppauskeilan läpi

Kuva 8. Passiivisen omasuojatoiminnan (asemanvaihdot) vaikutus suoja-asteeseen ja ilmotorjunnan tehoon;

A = aluetorjuntaohjukset; a = automaatti-ilmatorjunta; kv = kevyet tykit; L = lähitorjuntaohjukset; 1 = pois linnoitteista; 2 = jatkuvasti ajossa; 3 =

yllätysvaikutus kasvaa; 4 = tehollinen aika lyhenee; 5 = tiedusteltavissa

asemanvaihdosta huolimatta

Tykkikaluston hajauttamista estävät mm

— automaattijaoksen yhdensuuntainen tuliviuhka, jolloin tulikuvio taivaalla on sama kuin tykkimonikulmio maassa; hajauttamisen myötä tulen teho laskee jyrkästi (kuva 6)

- kaapelipituudet; sitä paitsi kaapelitkin sisältyvät haavoittuvaan pinta-alaan
- tulenjohtomahdollisuudet; näkö-/huutoyhteys tms.
- Ohjusten hajaryhmitykselle on seuraavia rajoituksia:
 - komento-ohjattua ohjusta ei voida siepata keilaan, jos se tulee kovin sivusta; parallaksirajoitus (kuva 7)
 - tutkakuvan siirtoyhteys antennista vastaanottimeen on rajallinen
 - johto- ja ohjusvaunun (vast) välillä voidaan tarvita näköyhteys.

Edellä on tarkasteltu taistelunkestävyyden säilyttämistä passiivisten menetelmien avulla. Hajauttamisen, linnoittamisen ja maastouttamisen ohella korostetaan paljon myös asemanvaihtoja. Toistuvat asemanvaihdot ovatkin eduksi passiiviselle suojautumiselle, mutta eivät välttämättä aktiiviselle. Juuri asemanvaihdossa syntyy selvä ristiriita aktiivisen ja passiivisen toiminnan välille. Mitä parempiin pudotuslaskuihin pyritään, sitä enemmän on oltava ajallisesti ampumavalmiudessa. Jos ollaan jatkuvasti liikkeellä, ei ammunta ole tehokasta tai edes mahdollista useilla kalustoilla. Kuvassa 8 esitetään toistuvien siirtojen vaikutus ilmatorjunnan "hyötyaikaan" ja passiivisen suojan paranemiseen.

2.3. Ilmatorjuntayksiköitten lukumääräinen tarve

Kohteen suojaamiseksi tarvitaan tietty määrä ilmatorjuntaa. Tulittavien yksiköitten lukumääräiseen tarpeeseen vaikuttavat ainakin

- suojattavan kohteen koko,
- it-aseitten tehokas ampumaetäisyys ja
- aseitten tulirytmii (kyllästettävyyds).

Tässä yhteydessä jätetään tarkastelun ulkopuolella se, että eräiden kohteiden suojaaminen edellyttää "100 %:n torjuntaa"; eräissä tapauksissa voi riittää pelkkä häirintä. Kantaman vaikutusta it-aseitten tarpeeseen käsitellään kuvassa 9.

Edellä oleva kuva perustuu vain ampumaetäisyyksiin. Suuri ulottuvuus yhdistyneenä hitaaseen tulirytmiiin vaatii useita tuliyksikköjä kuvan 9 A-tapauksessa. Toisaalta taas C-tapaus ei anna hyvää suojaa kohteelle, vaikka perään ampuvia ohjuksia olisi rajattomasti, sillä hyökkäykset voidaan suorittaa pystyulottuvuuden yläpuolelta.

2.4. Ennalta ehkäisevä vaikutus

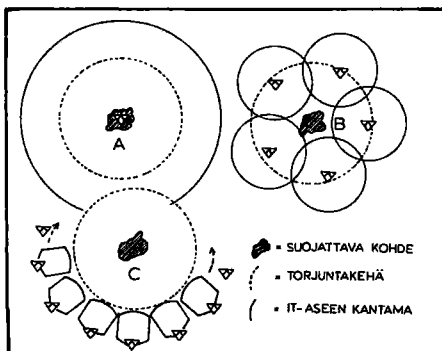
Ilmatorjunnan ennalta ehkäisevä vaikutus voidaan tutkia

- sotaa ehkäisevänä ja
- erillisiä ilmahyökkäyksiä ehkäisevänä tekijänä.

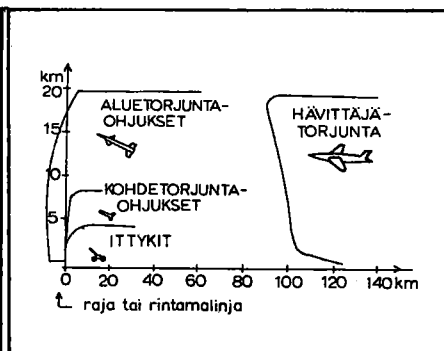
Puolustussoitaan valmistautuvan valtion kannalta olennaisen tärkeää on ehkäistä sotaan joutuminen. Se edellyttää osaltaan vahvaa ilmatorjuntaa. Tähöin ei riitä ammusilmatorjunta vahvennettuna ohjusten "mallikappaleilla". Ohjusilmatorjunnalla tulee olla merkittävä osuus ja pelkillä lähitorjuntaohjuksilla ei asiaa voida hoitaa. Toisaalta taas pelkästään ohjuksillakaan ei asiaa voida uskottavasti hoitaa.

Ilmahyökkäyksiä estävänä tekijänä on ohjuksilla suuri merkitys, kun niiden olemassaolo tiedetään etukäteen. Tykkien suuliekit ja valojuovat vaikuttavat puolestaan vasta hyökkäystä suoritettaessa. Tällöin viholliskoneen ohjaaja suurentaa ampumaetäisyyttä tai väistää muuten ilmatorjuntaa. Tätä asiaa perustellaan luvussa 4.2. (taulukko 5).

Kuva 9.



Kuva 10.



Kuva 9. Erilisten it-yksiköitten tarve (kantaman perusteella)

A = suurikantamainen yksikkö, vähintään kohdetorjuntaluokkaa

B = pienikantamainen tykki, lähitorjunta

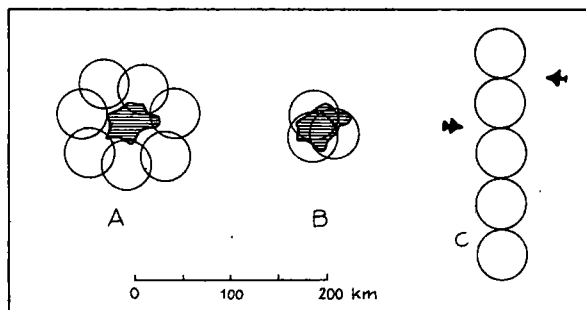
C = lähitorjuntaohjus, vain loittonevaa maalia ampuva

Kuva 10. Hävittäjätorjunnan ja ilmatorjunnan tyypilliset vastuualueet.

Hävittäjätorjunnan tehokas alue ei ulotu rajoille asti. Tämä johtuu mm siitä, että sodan aikana käytettävät lentokentät ovat yleensä sisämaassa. Rajan tai rintamalinjan läheisyydessä voidaan olla vain rajoitettuna aikoina päivystysluontoisesti. Hävittäjätorjunnan tyypillistä aluetta verrataan ilmatorjunnan alueeseen kuvassa 10.

Suhteellisen pienten ilmavoimien kuluminen kasvattaa ilmatorjunnan merkitystä sodan jatkuessa.

Sotatoimien nopeus perustuu ratkaisevasti ilmatilan käyttöön. Mainittakoon vain maahanlaskut, rynnäköinti ja lentotulenjohto. Tarvitaan tietty määrä ilmatorjuntaa, jotta lentäminen ei olisi missään turvallista. Eräissä tehtävissä tarvitaan niin vahva ilmatorjunta, ettei lentäminen ole edes mahdollista. Kuvassa 11 esitetään aluetorjuntaluokan ohjusyksiköitten alueellista peittävyyttä eri tehtävissä. Kantamaksi on otettu 25 kilometriä.



Kuva 11. Esimerkki aluetorjuntaohjusyksiköitten peittävyudesta, kantama 25 km

A = estetään lentojen pääsy kaupunkikohteeseen

B = torjutaan lennot kaupungin alueella

C = estetään yllennot 250 km pitkällä alueella

3. KÄYTETTÄVYYSTARKASTELU

Asejärjestelmän teho on ensisijainen tekijä, kun vertaillaan tykki- ja ohjusjärjestelmiä. Vaikka kustannuksetkin otetaan mukaan, jää vielä tärkeitä asioita ulkopuolelle. Käytettävyystekijät sisältyvät osin kustannuksiin, mutta vaativat silti oman tarkastelunsa. Tässä luvussa tutkitaan järjestelmien käytettävyysvaatimuksia olosuhteiden, henkilöstön ja muiden asejärjestelmien (vast) suhteen.

3.1. Toimintaolosuhteet

Ilmatorjunta-aseiden tulee sietää samoja olosuhteita kuin ilmavihollisenkin. Jos ilmahyökkäykset pimeällä ja pilvessä ovat äärimmäisen epätodennäköisiä, ei it-aseittenkaan tarvitse pääsääntöisesti toimia niissä olosuhteissa. Toimintaolosuhteiden luokittelussa ei meillä olla päästy vielä yhteisesti hyväksytyyn luokitteluun. Jos olosuhteiden määrittelyksi hyväksytään

- näkyvyysolosuhteet (valoisa, ei pilviä näkemävälillä)
- pimeä (ei pilviä näkemävälillä) pimeys "ei 100 %"
- ns. jokasää (näkemävälillä pimeä ja/tai pilviä, sadetta vast), niin eri aseiden toimintakyky voidaan taulukoida seuraavasti:

	Optinen näkyvyys	Pimeä	Joka sää
Kevyt it-tykki	×	(×)	
Automaattijaos	×	×	×
Lämpöhakuinen ohjus	×	(×)	
Laserilla ohjattu ohjus	×	×	
Tutkakäyttöiset ohjukset	×	×	×

Taulukko 4. It-järjestelmien olosuhteiden sieto

Johtopäätöksiä ohjusten tai tykkien paremmuudesta ei edellä olevan perusteella voida tehdä. Erilaiset toimintaolosuhteet kestäviä järjestelmiä on sekä ohjus- että tykkikalustoissa.

Kun mukaan otetaan häirinnän kestävyys, alkavat tulokset olla ristiriitaisia. "Puukonepistooli" kestää kyllä elektronista sodankäyntiä, mutta sen teho on nollan arvoinen. Yksinkertaisimmat it-aseetkin ovat tunnettomia elektronisille vastatoimille, mutta samalla niiden teho on kovin riippuvainen käyttäjien suoritusasosta.

3.2. Henkilöstölle asetuvat vaatimukset

Käyttäjien suhteen on lähdettävä reserviperusteisesta armeijasta. 11 tai 8 kuukauden palvelusaika ja muutaman vuoden välein sattuvat kertausharjoitukset

eivät edellytä palkka-armeijan aseistusta. Olkoonpa sivistystaso ja tekninen osaaminen miten korkealuokkaista tahansa, on tietyillä järjestelmillä pidettävä ”nappulat näpeissä” viikoittain — muuten ei sodan syytyessä päästä huipputuloksiin.

Meidän oloissamme on siis lähde pääosin reserviperusteisista joukoista. Jotta vihollisen lentotoiminta olisi kaikkialla ainakin jonkin verran riskialtista, on löydettävä helppo ”jokamiehen ase”. Onko se kevyt it-tykki tai konekivääri vaiko olkapääohjus? Tykkejä on pidetty helpompina, mutta uusimmat lähitorjuntaohjukset alkavat ohittaa tykit ampumatapahtuman helpoudessa.

Sekä ohjus- että tykkikalusto sopivat reservijoukoille. Sen sijaan sekajärjestelmien hallinta soveltuu toistaiseksi vain palkka-armeijalle. Varusmiesaikana ei ehditä kouluttaa ohjus- ja tykkiammunnan perusteita ja niiden rutiinimaista suorittamista.

Huoltajien kannalta kevyet tykit ja lähitorjuntaohjukset ovat helppoja. Sen sijaan automaattijaokset ja kohde/aluutorjuntaohjukset tarvitsevat asiantuntevat teknikot jopa perusyksikkötasalla.

Yhteenvetona voidaan todeta, että tykkipuolella automaattijaokset ja ohjuspuolella muut kuin lähitorjuntaohjukset edellyttävät pysyvää henkilöstöä. Niiden toimintakelpoisuus olisi erittäin epävarma, jos sekä aseet että koko henkilöstö otettaisiin suoraan reservistä.

3.3. Integroitavuus

Eri asetyyppien liittämässä ilmapuolustuksen kokonaisuuteen on eroja. Maali- ja omakonetietojen välittäminen vähälukuisille ja suuren ulottuvuuden omaaville yksiköille on helpompaa kuin suurelle joukolle pienitehoisia (halpoja) yksiköitä. Etenkin omien koneiden lennot vaikeutuvat, jos oma it-aseistus muodostuu ”vapaa metsästyksen” lähitorjunta-aseista. Tämä näkökohta puoltaa kohdetorjuntaluokan tykkeitä ja ohjuksia.

Toisaalta on tarkasteltava itjärjestelmien rinnakkaista käyttömahdollisuutta. Erialaisten tykkiyksikköjen käyttö samalla alueella on helppoa. Valojuova-ammukset toimivat jopa maalin osoittajina naapuriyksiköillekin. Ei ole myöskään näkyvissä, että tutka- tai laservaruusteiset tykkijärjestelmät häiritsisivät toisia (vastaavalla laitteella, mutta eri taajuudella toimivia).

Ohjusyksiköillä voi ilmetä ongelmia, jos alueella toimii muuta ilmatorjuntaa. Tutkajohtoisissa yksiköissä asiat hoidetaan eri taajuuksia käyttämällä, mutta lämpöhakuisilla ohjuksilla on selviä rajoituksia. Niiden ammuntaa voivat häiritä jopa tykin ammusten valojuovapanokset. Vielä paljon vakavampi häiriölähde on taivaalla lentävä toinen ohjus — samaa tai eri tyyppiä. Lähellä olevan ohjuksen peräsuihku on voimakkaampi lämpölähde kuin kauempana lentävä maali. Niinpä ohjus voi hakeutua oman ohjuksen perään maalin sijasta.

Jos halutaan käyttää tykkeitä ja ohjuksia rinnan, löytynee paras yhdistelmä lähitorjuntatykeistä ja kohdetorjuntaohjuksista.

4. KUSTANNUSVERTAILU

Tykkien ja ohjusten välisiä kustannuksia on vertailtava, jos niiden käyttöalueet (lähinnä ulottuvuus) ovat vertailukelpoisia. Näin ollen 10 km:iin ampuvien ohjusten kustannuksia ei kannata verrata tykkien kustannuksiin, kun niillä ei voida hoitaa samoja tehtäviä. Tässä luvussa pitäydytään teoreettisessa ja suuruusluokkaisessa tarkastelussa; yksittäisten asejärjestelmien hintoihin ei voida puuttua.

4.1. Asejärjestelmän kokonaishinta

Kustannukset voidaan jakaa hankinnan välittömiin hintoihin ja toisaalta käyttöönottoon liittyviin välillisiin kustannuksiin.

Välittömiä kustannuksia ovat seuraavat

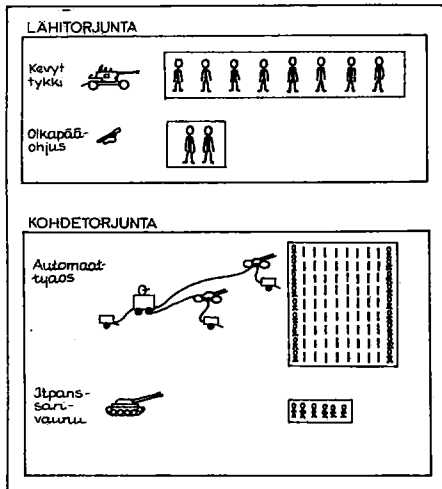
- asejärjestelmän hinta ja kaluston todennäköinen käyttöikä,
- ampumarivikkeiden tai ohjusten hinta,
- varaosajärjestelmän ja
- koulutuslaitteiden hinta,
- apujärjestelmien (esim maalinosoitus) hankinta,
- ajoneuvojen hinta sekä
- huoltojärjestelmän hankinta (; osa kuuluu välillisiin kustannuksiin).

Välillisiin kustannuksiin voidaan lukea

- henkilöstökulut (lukumäärä, varusmiesten ja reserviläisten suhde palkattuun henkilöstöön),
- rakentajat (tulliasemat, varastot, koulustilat, huoltotilat) ja
- koulutusmenot (esimerkiksi harjoitusammunnat).

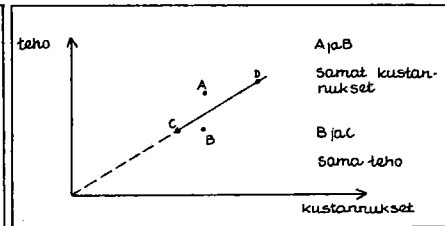
Ikäluokkien pienetessä on miestarve otettava entistä enemmän huomioon. Asiaa valaisee kuva 12. Todettakoon, että yksi nykyaikainen itpanssarivaunu on teholtaan jopa parempi kuin vanha automaattijaos. Hintakin on kyllä sen mukainen.

Kuva 12.



Kuva 12. Henkilöstötarpeen vertailua.

Kuva 13.



Kuva 13. Kustannusten ja tehon vertailua

A = paras

B = huonoin

C ja D = yhtä hyviä

4.2. Kustannustehokkuuden perusteita

Asiallista vertailua ei ole, kun lasketaan yhden ohjuspatterin hinnalla saatavan kymmenen 25 mm patteria. Onhan selvää, ettei esim 5 km korkeudelta saada koneita alas, vaikka 25 mm yksiköitä olisi tuhat!

Kustannus-tehokkuutta määritettäessä onkin tarkasteltava eri toiminta-alueita erillisinä. Tällöin päädytään siihen, että tarvitaan

- halpoja aseita paljon (= alueellinen peittävyys) ja
- kalliita aseita rajoitetusti (= vahva paikallinen torjunta).

Tehokkuuden kriteereiksi voidaan valita esimerkiksi

- pudotettujen maalien hinta tai
- suojattavan kohteen (säilymisen) hinta.

Vaikeammin määritettävissä on se hyöty, jonka ilmatorjunnan olemassaolo tuottaa pelotusvaikutuksena.

Pienikin pudotusprosentti voi olla tärkeä suojattavan kohteen säilymiselle. Ehkä viimeisimmät luotettavat vertailuarvot ilmatorjunnalla suojatun ja suojaamattoman kohteen säilymiselle saadaan taulukosta 5.

	Laivoilla ei ilmatorjuntaa	Laivoilla it-aseistus
Pommeja pudotettiin (kpl)	304	632
Pommeja osui (kpl)	39	50
Osumaprosentti	13	8
Montaako laivaa pommitettiin	71	155
Montako upposi	18	16
Upotusprosentti	25	10

Taulukko 5. Ilmahyökkäysten aiheuttamat tappiot Englannin kauppalaivastolle Välimerellä toisessa maailmansodassa.

Laivoille asennettu ilmatorjunta-aseistus tuotti viholliselle 4 prosentin tappiot. Lukua pidettiin niin pienenä, että aseita vaadittiin maalle "tehokkaampaan" käyttöön. Oikea mittaluku on kuitenkin säilyneiden laivojen eikä pudotettujen koneiden määrä.

Numeroarvoihin ei tässä yhteydessä voida tarkemmin mennä, mutta karkeina suuruusluokka-arvioina todettakoon:

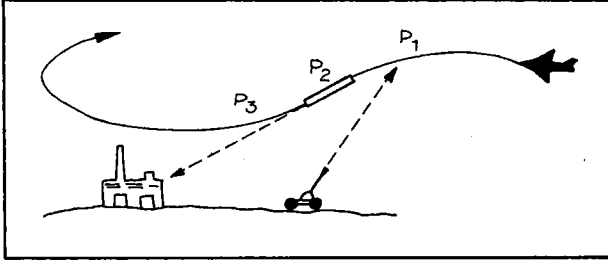
- tykin ammus voi maksaa noin 100—1 000 markkaa
- lähitorjuntaohjus esimerkiksi 100 000 mk
- kohdetorjunta — aluetorjuntaohjus $N \times 100\,000$ mk ja
- taistelukone $N \times 10\,000\,000$ mk.

5. ERI TEHTÄVIIN SOVELTUVA IT-ASEISTUS

Aseita ei voida asettaa kategoriseen paremmuusjärjestykseen, vaikka hintakin jätettäisiin huomioon ottamatta. Jokin järjestelmä on paras tietyssä joku muu taas jossain toisessa tehtävässä. Voipa käydä niinkin, että jokin ase on "keskimäärin" paras jollain isommalla tehtäväalueella olematta silti paras missään tietyssä yksilöidystä tapauksessa.

5.1. Taisteluteknillinen tarkastelu

Kohteiden suojaamisessa on olennaista, että hyökkäävät maalit ammutaan alas ennen kuin ne ehtivät käyttää aseitaan. Maalien pudotustodennäköisyysalueet voidaan eritellä kuvan 14 mukaisesti.



Kuva 14. Pudotustodennäköisyysalueet

P_1 = maali ei ole aloittanut tulitusta

P_2 = maali tulittaa

P_3 = maali on jo suorittanut tehtävänsä

Maalien tuhoaminen P_1 -alueella on ilman muuta arvokkaampi kuin P_2 -alueella. Tässä mielessä it-aseitten tehokas ulottuvuus onkin erittäin tärkeä tekijä. Ohjukset kykenevät yleensä pitempiin ampumaetäisyyksiin kuin tykit.

Toinen tärkeä tekijä on kyllästettävyyden. Tämä ominaisuus on puolestaan tykeillä parempi kuin ohjuksilla. Yleistäen voidaan sanoa, että tykkijaos ehtii käsitellä useampia maaleja kuin saman kantaman omaava ohjusjaos. Tykkijaoksen tykithän voivat tulittaa eri maaleja, sarjapituudet ovat ajallisesti pieniä ja maalinvaihtoajat ovat vain parin—kolmen sekunnin luokkaa. Isommilla ohjusjärjestelmillä tulee eteen hidas tulirytmä tai yksinkertaisesti (valmiiden) ohjusten loppuminen.

Kyllästettävyyden perustekijä on järjestelmän tulirytmä. Sen osatekijöinä ovat ohjusammunnassa mm

- maalin osoittamiseen kuluva aika,
- ohjuksen lähtöviive,
- lentoaika,
- ohjusväli sarjatulella ammuttaessa.

Suojattavan kohteen mukaan joudutaan siis valitsemaan asejärjestelmä, joka

- tuhoaa maaleja jo P_1 -alueella (suurella kantamallaan ja/tai "eteentyönnettyillä" yksiköillään),
- ei itse tuhoudu kyllästymisen seurauksena.

5.2. Sopivuus eri maalityypeille

Maaleja voidaan tarkastella monella tavalla: maalityypeittäin, lentoreittien perusteella, muodostelmien koon perusteella jne. Tässä yhteydessä rajoitetaan käsittelemään vain erilaisia maalityyppejä.

Lentokoneitten ja helikopterien panssarointia on lisätty. Uusien materiaalien ansiosta paino ei enää kasva samassa suhteessa kuin panssarin lujuus. Esimerkiksi rynnäkkökoneen Fairchild A-10 panssarointi on tehty kestävämmän 23 mm kranaattien

osumia. Todettakoon, että panssarointi on näin vahva vain tietyissä kohdissa; kone ei ole "haavoittumaton". Se voidaan ampua alas 23 mm aseilla, tarvitaan vain ehkä useampia osumia.

Myös neuvostohelikopteri MI-24 on läntisten tietojen mukaan "lähäs haavoittumaton" pienikaliiperisten aseitten tulta vastaan.

Risteilyohjusten nopeudet eivät juuri ylitä äänen nopeutta. Niiden lentokorkeus on yleensä mieluummin sadan — satojen metrien luokkaa kuin "puiden latvojen tasa". Näin ollen ne sopivat tykkien maaleiksi. Myös lämpöhakuinen ohjus voi kiinnittyä risteilyohjuksen pakoaukkoon. Risteilyohjuksen pieni koko voi vaikeuttaa tutkahavainnon saamista ainakin suoraan lähenevistä maaleista.

Muiden ohjusten torjuntaan joudutaan ainakin laivoilla. Alusta kohti tuleva meritorjuntaohjus on näkyvältä pinta-alaltaan pieni. Siihen on siis vaikea osua tykillä. Vaikea siihen on osua ohjuksellakaan, sillä lähikatve voi tulla äkkiä vastaan.

Meritorjuntaohjus on kuitenkin herkkä haavoittumaan. Se ei vaadi ammuksen täysosumaa; sirpaleen reikä voi riittää. Tykkien lähisytytinammukset ovatkin ehkä laivojen ilmatorjunnan tehokas lääke.

5.3. Sopivuus erilaisten kohteiden suojaamiseen

Kun tutkitaan mihin tehtäviin erilaiset it-aseet soveltuvat, noudatetaan seuraavaa menettelyä:

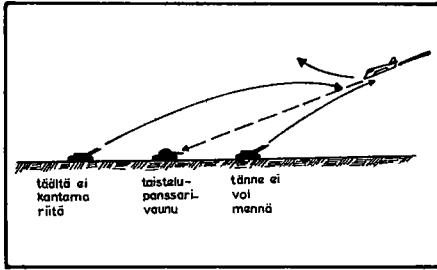
1. Selvitetään suojattava kohde
 - kohteen koko,
 - sen haavoittuvuus ja
 - havaittavuus ilmasta.
2. Selvitetään todennäköiset hyökkäystavat em. kohdetta vastaan
 - aseistus
 - lentoreitit ja
 - aseiden laukaisuetäisyydet (esim. pommien irroitusetäisyydet) ja -korkeudet.
3. Tutkitaan, mitä em hyökkäystapa edellyttää ilmatorjunnalta
 - ampumaetäisyys,
 - häirinnän ja kyllästymisen sieto ja
 - lamauttavan esihyökkäyksen sieto.
4. Tutkitaan, mikä asejärjestelmä parhaiten toteuttaa em. vaatimukset.

Tuloksena voi olla, että jossain tarvitaan täsmäaseita ja 100 %:n torjuntaa. Sota-alus voi olla tällainen kohde. Jossain taas selvittää häirintätasoisella tykkiammunnalla. Monet kenttäjoukkojen kohteet voidaan (ajoittain) suojata, vaikka pudotuksia ei saataisikaan aikaan.

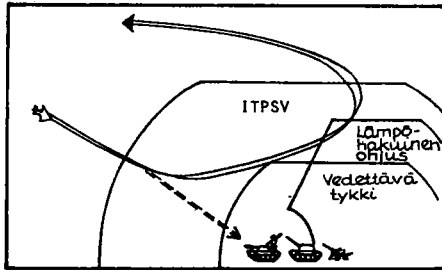
Panssarijoukkojen ilmatorjunta

Panssarivaunuja suojaava ilmatorjunta ei useinkaan voi mennä hyökkääjää vastaan. Kun taisteluvaunut ovat viholliskosketuksessa, ei itvaunuja saati sitten vedettäviä tykkeitä voida viedä taisteluvaunujen ja vihollisen väliin. Tällöin tulee ilmatorjunnan riittävä kantama erittäin tärkeäksi (kuva 15).

Kuva 15.



Kuva 16.



Kuva 15. Panssarivoimia suojaavan ilmatorjunnan vaikeuksia

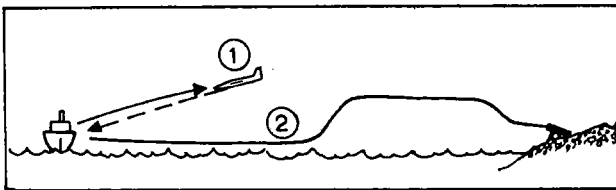
Kuva 16. It-aseitten ulottuvuus verrattuna ilmahyökkäykseen vanhalla kalustolla.

Edellinen kuva on kaavamainen, mutta sen perusajatus on koko ajan korostumassa. Ilmavoimien hyökkäysetäisyydet ovat kasvamassa ja kevyiden tykkien kantama jää auttamatta liian pieneksi.

Tarkasteltaessa tulialueita edelleen kuvan 16 perusteella huomataan, että lämpöhakuisen ohjuksen rajoittuminen loittonevaan suihkukonemaaliin on vakava puute panssareita suojaattaessa. Vedettävän lähitorjuntatykin alueelle lentokone tulee vain poikkeustapauksessa. Itpanssarivaunun tykin ulottuvuus on kuvan tapauksessa jo riittävä, mutta hyökkääjältä edellytetään vanhaa kalustoa, ei suinkaan ohjautuvia pommeja tms. Nykyaikaisen ilmavihollisen torjuminen edellyttää kohdetorjuntaluokan ohjuksia.

Meripuolustuksen ilmatorjunta

Laivojen ilmatorjunta poikkeaa muiden kohteiden suojaamisesta siinä, että suojaava ase on yleensä juuri kohteessa. Tämä aiheuttaa, että maalit ovat kohti syöksyviä. Se taas aiheuttaa, että maalin näkyvä pinta-ala on pieni ja ammunta vaikeutuu. Toisaalta ammunta helpottuu, kun ei tarvita ennakkoa.



Kuva 17. Aluksen ilmatorjunta

1 = kohti syöksyvä maali; ei ennakkokulmaa

2 = "sea skimmer"; ei merivälkkeen takia näy helposti tutkalla

Meritorjuntaohjusten alasampuminen on pienen projektiopinta-alan takia vaikeata. Sirkpalevaikutteisilla lähisytytinammuksilla osumatodennäköisyyttä kyetään lisäämään ratkaisevasti.

Lähestyvä ohjus voidaan tuhota
— räjäyttämällä sen taistelulataus,

- aiheuttamalla sellainen muodonmuutos, etteivät ohjaukelimet kykene eliminoidaan sen vaikutusta ja
- tuhoamalla ohjausjärjestelmä.

Jotta ohjus ei aiheuttaisi tuhoja suojattavassa kohteessa, se on tuhottava ajoissa. Eri tavoin suoritettu torjunta edellyttää seuraavia suuruusluokkaisia minimietäisyyksiä:

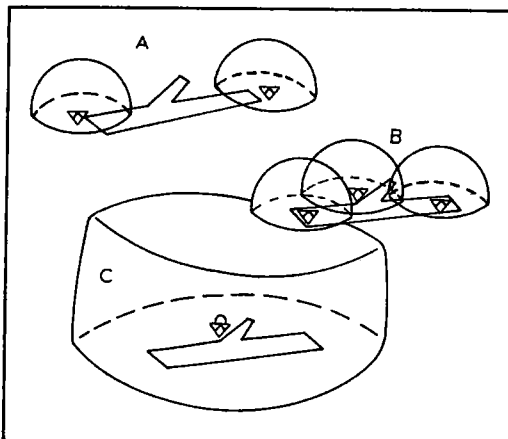
- taistelulatauksen räjäyttäminen — satoja metrejä
- rungon muodonmuutos — n. 500 metriä
- ohjauksen vaurioittaminen — yli 900 metriä.

Rannikkotykiistö muodostaa erityisen kohteen kiinteine tykkeineen. Kohteet ovat siis jo rauhan aikana tiedusteltavissa. Suojaava ilmatorjunta on vaikea tehtävän edessä. Nykyaikaiset täsmäaseet laukaistaan ainakin 5—10 km päässä. Kevyillä it-tykeillä ei ole tällöin paljonkaan merkitystä. Rannikon kohteiden suojana on oltava kohdetorjuntaluokan kalustoa.

Tilannetta voidaan jonkin verran helpottaa passiivisilla toimilla kuten linnoittamisella ja valelaitteilla. Linnoittaminen on kallista, mutta välttämätöntä. Muoviset valelaitteet ovat halpoja ja ilmeisen tehokkaitakin, sillä maalin tulittamista edeltää nykyisinkin yleensä maalin optinen havaitseminen.

Ilmapuolustuksen ilmatorjunta

Lentotukikohdan suojaamisessa ei tulla toimeen pelkällä tykkikalustolla. Koska hyökkäyssuunnat voivat olla esimerkiksi kiitoratoihin verrattuna pitkin tai poikin, ei ilmatorjuntaa voida työntää eteen todennäköisiin hyökkäyssuuntiin. Vain riittävä kantama tekee ilmatorjunnasta tehokkaan. Ilmapuolustuksen tutkista osa on niin suurikokoisia ja kauas näkyviä, että niiden suojaaminen onnistuu vain erikoiskalustolla, joka ei ole tykkikalustoa.



Kuva 18. Lentokentän ilmatorjunta.

A = 2 tykkipatteria; poikittain voi hyökätä vapaasti

B = useampia pattereita; ei voida estää esim. pommitusta 5 km:stä

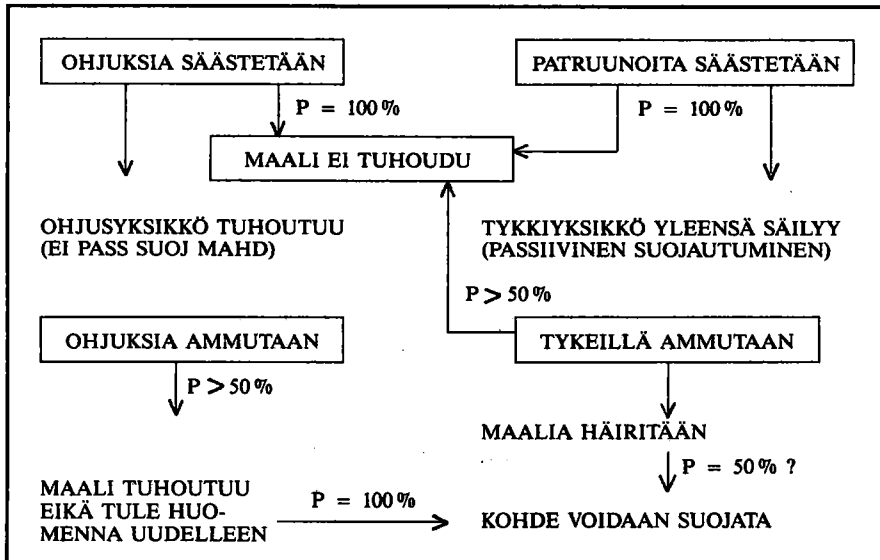
C = 1 kohdetorjuntaohjuspatteri; kenttä on tyydyttävästi ilmatorjuttu

5.4. Sekakäyttö

Ilmatorjuntajärjestelmien on muodostettava yhtenäinen tulijärjestelmä. Esimerkiksi raskaat ohjusyksiköt eivät tule yksin toimeen mm. hitaan tulirytmien ja suuren lähikatveen takia. Tykit puolestaan joutuvat ”työttömiksi”, jos maalit voivat ohjusilmatorjunnan puuttuessa siirtyä tykkien kantaman yläpuolelle. Jo näillä perusteilla voidaan todeta, että yksittäiset asejärjestelmät ovat tuhottavissa tai väistettävissä. On siis käytettävä erityyppisiä aseita yhdessä jopa niin, että ”ilmatorjunnalla suojataan ilmatorjuntaa”. Lause tuntuu aluksi paradoksilta, mutta tarkemmin ajatellen alueellinen kohde tulee samalla suojatuksi, kun suurikantamaisin järjestelmä pidetään hengissä. Alueellahan ei silloin voi lentää. Raskailla ohjuspattereilla ei maaleja yleensä kannata jättää ampumatta, sillä

- muodostelmasta on pudotettava mahdollisimman monta konetta,
- ”silmille” pääsevien maalien tuhoaminen jää muuten ammusilmatorjunnalle, jonka pudotusvarmuus on pienehkö.

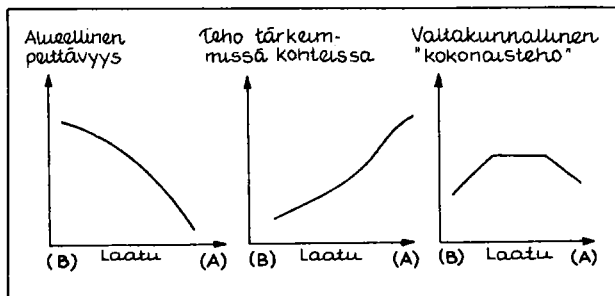
Jos siis ohjusten käyttöä säännöstellään, voi käydä niin, ettei kohta ole välineitä, joilla säästyneitä ohjuksia ammuttaisiin. Isoilla ohjusyksiköillä ei päästä piiloon, joten passiiviseen suojaan luottaminen on itsepetosta. Ohjusten säännöstelylogiikkaa selventää kuva 19.



Kuva 19. Ohjusten säästämisen seuraukset (raskaat aluutorjuntayksiköt)

P = todennäköisyys.

Pienen (ja suurenkin) valtion on harkittava ilmatorjuntavoimansa laadun ja määrän suhdetta. Parhaat aseet ovat niin kalliita, ettei niitä voi kenelläkään olla ”riittävästi”. Yksinkertaisilla ja halvoilla aseilla päästään suureen alueelliseen peittävytyteen, mutta harvoillakin huippukalustoilla suojataan muutama elintärkeä kohde. Asian optimointia selventää kuva 20.



Kuva 20. Samoilla kustannuksilla hankittu kalusto;

A = kallista vähän

B = halpaa paljon

Tykkien ja ohjusten sekakäytöstä on edellä todettu, että seka-ase (tykki/ohjus) vaatii käyttäjältä enemmän kuin reserviläisampujilta voidaan vaatia. Muuten ammus- ja ohjusaseiden rinnakkaiskäyttö on toteutettavissa ja perusteltua esimerkiksi elektronisten vastatoimenpiteiden keston kannalta. Tykkipuolella ollaan myös pääsemässä täsmäaseistukseen ja erot ohjus-/ammusilmatorjunnan osuvuudessa ovat pienemässä. Tähän palataan 6. luvussa.

5.5. Esitys käyttöaluejaoksi

Muutamat it-aseet sopivat useisiin erilaisiin tehtäviin. Jos asiaa tarkastellaan taktisen tehtävän tai tulitehtävän kannalta, todetaan, että tykit sopivat kaikkiin tehtäviin. Ohjuksilla sen sijaan on rajoituksia, kuten taulukossa 6 esitetään.

	Tykit	Lähtörjunta-ohjukset	Kohdetorjunta-ohjukset	Aluetorjunta-ohjukset
TAKTINEN TEHTÄVÄ				
Suojaaminen (välitön)	+	—	+	+
Maahanlaskun torj	+	0	+	0
Tappioiden tuott	+	+	+	+
Harhauttaminen	+	—	—	—
Pinta-ammunta	+	—	0	0
TULITEHTÄVÄ				
Häirintä	+	—	—	—
Torjunta	+	+	+	+
Varmistus	+	+	0	0
Tuhoaminen	+	+	+	+

Taulukko 6. Tykkien ja ohjusten sopivuus eri tehtäviin.

+ = sopii hyvin

— = sopii huonosti

0 = voidaan käyttää, ei erityisen hyvin

Kun tarkastellaan it-aseitten sopivuutta suojattavan kohteen mukaan, asia tulee monivaihteisemmaksi. Aseiden tehokkuuteen vaikuttavat kovin monet tekijät. Meikäläisen kaluston tyypillisimmät suojattavat kohteet voisivat olla seuraavat:

23 itk

— jalkaväki, siirrot, kuljetukset

30, 40 itk

— kenttätykistö, edelliset

35, 57 itk

— lentokentät, sillat, rannikkotykistö, tehtaat

ItOhj -78

— taistelulentäen kaikkien kohteiden välillinen suojaaminen

ItOhj -86

— kuten edellinen, mutta myös välitön suojaaminen

ItOhj -79

— kaupungit, suurkohteet.

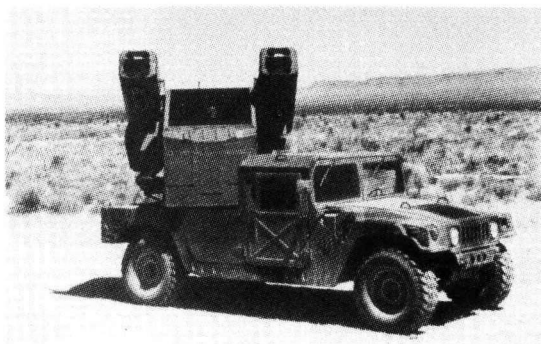
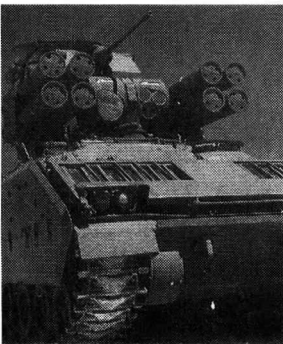
Yksin voivat toimia kevyet tykkijaokset ja lähitorjuntaohjukset. **Yhdessä** toimivat automaattijaokset ja kevyt ilmatorjunta. **Kokonaisuutena** toimivat aluetorjuntaohjukset ja ammusilmatorjunta (automaatti ja kevyt).

Tällä hetkellä ovat pahimmat puutteet kohdetorjunnassa. Ilman kohdetorjuntaohjuksia esimerkiksi panssarijoukkojen ja lentotukikohtien suojaaminen on heikkoa. Kohdetorjuntaohjuskysymys on kuitenkin saamassa positiivisen ratkaisun. Sen jälkeen suomalainen ilmatorjunta on riittävän monipuolinen. Määrälliseen riittävyteenhän ei kukaan muukaan pääse.

6. LAITETEKNIIKAN ERITYISPIIRTEITÄ

6.1. Sekajärjestelmät

Ohjuksilla ja tykeillä on omat rajoituksensa. Sen takia moniin ohjusjärjestelmiin voidaan liittää tykkejä samalle tai eri alustalle ohjusten kanssa. Sveitsiläinen Skyguard tulenjohtolaite ohjaa samaan aikaan ohjus- ja tykkilavetteja. Perusratkai-



Kuva 21. Esimerkkejä sekajärjestelmistä:

vas: kohdetorjuntaohjus (ADATS) ja tykki
oik: lähitorjuntaohjus (Stinger) ja raskas konekivääri,
joka näkyy kuvassa vasemman 4:n ohjuksen säiliön alla

sussa ammutaan kaukana olevia maaleja ohjuksilla ja lähelle päässeet torjutaan tykeillä.

Yleisiksi käyvät samalla alustalla olevat kohdetorjuntaohjusten ja tykkien sekajärjestelmät. Moniin läntisiin kohdetorjuntajärjestelmiin voidaan liittää noin 30 mm:n tykki. On kehitetty myös lähitorjuntaohjusten ja tykkien yhdistelmiä. Tällöin ohjukset ovat "olkapäähjusluokasta". Onpa yhdistelmiä, joissa toinen asetyyppi on idästä ja toinen lännestä.

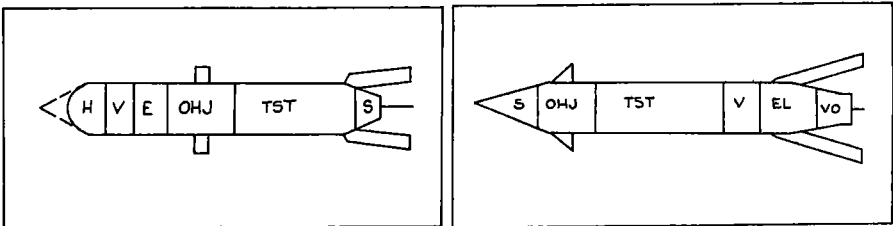
Tämän hetken kalustoilla tykki- ja ohjusammunnan erot ovat niin suuria, että integroitu sekajärjestelmä edellyttää päätoimisia ampujia.

6.2. Ammus- ja ohjusjärjestelmien yhdyntyminen

Ohjukset luetaan ilman muuta täsmäaseisiin. Tykit alkavat myös tulla tälle alueelle. Täsmäasetta lähenee selvästi tykki, jonka tulenjohtolaite seuraa maalin lisäksi omia ammuksiaan ja tekee havainnot ohituspisteestä. Korjaus annetaan heti seuraavia laukauksia ammuttaessa. Tämäkään järjestely ei mahda puuskitaisen tuulen aiheuttamille virheille mitään — ei tietysti ohjaajan satunnaiselle mutkailullekaan.

Edellistä selvempiä täsmäaseita ovat ohjattavat ammuksset. Ne voivat olla varsinaisten it-tykkien ammuksia, mutta myös panssarivaunutykin helikopterintorjunta-ammuksia. Viimeksi mainittuja on kehitetty ainakin sileäputkisille 120 mm:n vaunukanuunoille, joiden alikaliiperiammuksia ohjataan laserilla tai ne ovat ohjautuvia.

Ilmatorjuntatykkien ohjattavat ammuksset kaartavat siivekkeitä tahi suihkuja käyttämällä. Siivekeohjauksessa on pyörimisliike rajoitettava riittävän hitaaksi. Suihkuohjauksessa taas pyörimisestä on hyötyä, kun useiden suihkupanosten laukaisu voidaan suorittaa samaan suuntaan. Suihkuja on ammuksen eri puolilla säteittäisesti. Kuvissa 22—24 on esimerkkejä ohjaama-ammuksista. Kuva 25 osoittaa erään mahdollisuuden niiden luokitteliseksi.



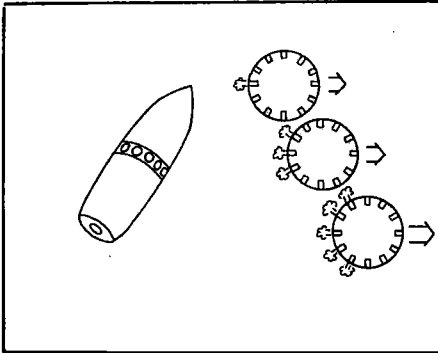
Kuva 22. Ohjautuva ammus (120 mm tykin alikaliiperiammus)

H = hakupää	OHJ = ohjausosa
V = voimaysikkö	TST = taistelulataus
E = elektroniikka	S = sytytin

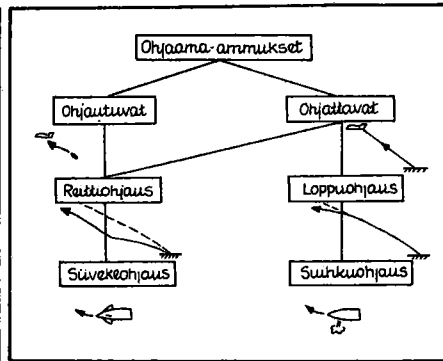
Kuva 23. Ohjattava ammus (120 mm tykin alikaliiperiammus)

VO = vastaanotin
Muut symbolit kuvan 22 mukaiset

Kuva 24.



Kuva 25.



Kuva 24. Suihkuohjaus

- kun sytytetään useampi suihkupanos, kääntyy ammus jyrkemmin
- pyörivän ammuksen jokainen suihku voidaan syyttää samaan suuntaan.

Kuva 25. Ohjaama-ammusten luokittelumahdollisuuksia

6.3. Maksimietäisyyksien tarkastelu

Jos lähdetään siitä, että maalitieto saadaan ajoissa ja katveet eivät estä ammuntaa, niin eri aseille on olemassa melko selviä maksimietäisyyksiä. Niiden ylittämistä ei laitetekniikka salli ilman pudotustodennäköisyyden romahtamista.

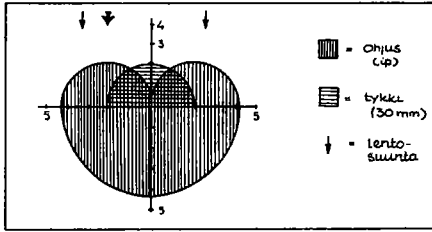
Tykeillä on päädytty yleensä n. 5 km:n maksimiampumaetäisyyksiin. Ammukset lentävät jopa moninkertaisesti tämän matkan, mutta lentoajat tulevat sietämättömän suuriksi. Lentoajan ylittäessä n. 10 s on koneen ohjaajalla hyvät väistömahdollisuudet. Lisäksi ammukset ovat kovin kauan "säävirheiden" armoilla.

Ohjuksienkaan lentomatkaa ei voida kokonaan hyödyntää. Lennon jossain vaiheessa nopeus pienenee siivekeohjaukselle riittämättömäksi. Myös sähkön tuotannon loppuminen voi pysäyttää ohjuksen toiminnan. It-ohjuksissa ei käytetä paristoja tai akkuja, ja generaattorin voimanlähde, esimerkiksi painekaasu, saattaa loppua. Pienimpien ohjusten tehollinen elinikä ammunnessa on 10 sekunnin luokkaa. Tämä edellyttää 4—6 km:n lentoa. Vaikka nopeus ja käyttövoima riittäisivät kauankin, ei ampumaetäisyyttä voida kasvattaa rajatta. Esimerkiksi ohjausjärjestelmä voi asettaa rajoituksia. Komento-ohjauksen tarkkuus pienenee etäisyyden kasvaessa. Maalin ja ohjuksen saaminen maasta katsottuna samalle suoralle ei ole helppoa kymmenien kilometrien päässä. Pienikin kulmavirhe aiheuttaa suuren metrisen poikkeaman.

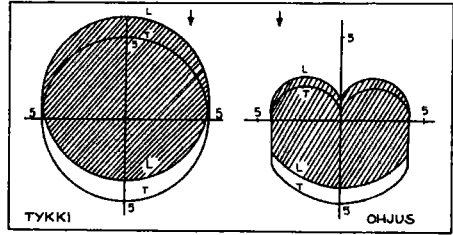
Kun maalisensori on itse ohjuksessa, kasvaa tarkkuus ohjuksen lähestyessä maalia. Ampumaetäisyys ei siis vaikuta tarkkuuteen. Lämpöhakuinen ohjus kuuluu tähän kategoriaan, mutta sen ampumaetäisyyttä rajoittaa lämpösäteilyn pääsy ohjukselle asti laukaisuhetkellä. Nykyaikaisiakaan infrapunaohjuksia ei voida ampua tavallisiin ilmamaaleihin juuri yli 5 km:n etäisyydeltä. Loittonevan maalin pudotusetäisyys voi tietysti olla suurempikin.

Lähtörjuntaluokan tykin ja ohjuksen tyypillisiä tulialueita vertaillaan kuvassa 26.

Kuva 26.



Kuva 27.



Kuva 26. Esimerkki lähitorjuntaohjuksen ja -tykin tulialueista. Lämpöhakuisen olkapääohjuksen varmintaa aluetta on loittonevan maalin ammunta. Tykeillä (kuva vastaa n. 30 mm kaliiperia) taas tulitetaan mieluummin vain läheneviä maaleja.

Kuva 27. Esimerkki 5 kilometriin ampuvan tykin ja ohjuksen laukaisuvyöhykkeistä. Vain laukaisuvyöhykkeelle tulevia maaleja voidaan pudottaa (= varjostettu alue).

L = laukaisuetäisyys (maksimi)

T = tuhoamisetäisyys (maksimi)

Lähikatveja ei ole piirretty.

Edellisessä kuvassa on alueet, joilla maalit pudotetaan. Laukaisutapahtuma on lentoajan verran ennen osumaa. Laukaisuvyöhyke onkin toisenlainen kuin kuvan 26 tuhoamisvyöhyke. Mielenkiintoinen asia on tarkastella saman ampumaetäisyyden tykkiä ja ohjusta — olkoon kummankin ampumaetäisyys 5 km. Tykillä pudotetaan maaleja tällöin 5 km:stä (maksimissa). Lähenevällä maalilla laukaisuetäisyys on tällöin paljon yli 5 km. Lähitorjuntaohjuksella 5 km tarkoittaa, että loittoneva maali voi pudota 5 km:ssa. Laukaisuetäisyys on selvästi alle 5 km. Millaiset torjunta-alueet em asetyypeille olisi siis piirrettävä: alue, jolla oleviin maaleihin ase voidaan laukaista, vaiko alue, jolla maalit tuhoutuvat?

Viiteen kilometriin ampuva tykki pudottaa maaleja sanotulta etäisyydeltä, mutta viiteen kilometriin ampuva ohjus yleensä vain loittonevia maaleja samalta etäisyydeltä. Tämä pätee erityisesti ”ammu- ja unohda” -ohjuksiin.

Kuvasta 27 huomataan, että ulottuvuudeltaan 5 kilometriin luokitellun ohjuksen maali ei voi laukaisuhetkellä olla ko etäisyydellä. Tämä pätee lämpöhakuisiin ohjuksiin. ”Ilmatorjuttu alue” ei ole viittä kilometriä ymmärrettynä niin, että sille etäisyydelle ilmestyvät maalit voitaisiin tuhota.

6.4. Väistämahdollisuuksista

Ohjuksia ja tykin ammuksia voidaan väistellä mutkailemalla, nopeuden muutoksilla ja lentämällä katveen suojaan. Voidaan tietysti väistää ilmatorjuttuja alueitakin, mutta sitä ei jatkossa tarkastella.

Tykkien ammuksia voidaan väistellä, mikäli ne eivät ole ohjattavia (kohta 6.2.). Parhaat laskimet ottavat huomioon maalin nopeuden ja kiihtyvyyden lisäksi nopeuden toisenkin derivaatan ja erilaiset tasoitusajat eri tapauksissa. Silti ne ovat voimattomia ohjaajan suorittamalle satunnaiselle väistelylle. Tyypillinen väistelylento on kierteenomainen, jolloin laskettu ennakkopiste ei ole koskaan oikea. Miten suuria

virheitä mutkailu aiheuttaa? Yhdessä tasossa suoritettu tarkastelu riittää selvittämään väistömahdollisuuden suuruusluokan.

Olkoon esimerkkitilanteessa nopeudella Mach 0,9 (= 300 m/s) lentävä maali 3 km:n ampumaetäisyydellä. Tykin ammus lentää sinne 4 sekunnissa. Ohjaaja tekee väistökaarta 2 g:n kiihtyvyydellä. Miten suuri virhe aiheutuu ennakkopisteeseen? Kaartosäde saadaan keskipakoiskiihtyvyyden kaavasta

$$a = \frac{v^2}{r} \quad , \text{ missä } a = 2 \times 10 \text{ m/s}^2 (= 2 \text{ g})$$

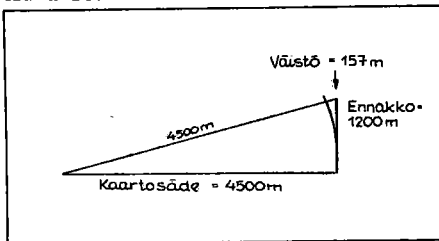
$$v = 300 \text{ m/s}$$

$$r = \frac{v^2}{a} = \frac{300^2}{20} = 4500 \text{ m.}$$

Ennakon pituus on (4 s x 300 m/s =) 1200 m, jolla matkalla kaarto vie ennakkopisteestä pois

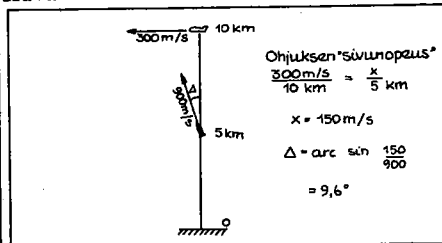
$$\sqrt{4500^2 + 1200^2} - 4500 = 157 \text{ metriä!}$$

Kuva 28.



Kuva 28. Kahden g:n väistö, kun ammuksen lentoaika on 4 s ja maalin nopeus Mach 0,9.

Kuva 29.



Kuva 29. Säteellä pysyvän ohjuksen lentosuunta osoittaa maalin eteen. Se ei siis lennä täysin ilman ennakkoa.

Tämä teoreettinen tarkastelu osoittaa, että oikein ajoitettu väistöliike voi pelastaa koneen it-ammuksilta. Näin siitäkkin huolimatta, että optimiväistöjen tekeminen taistelutilanteessa on vaikeata ilman, että varsinainen tehtävä estyy.

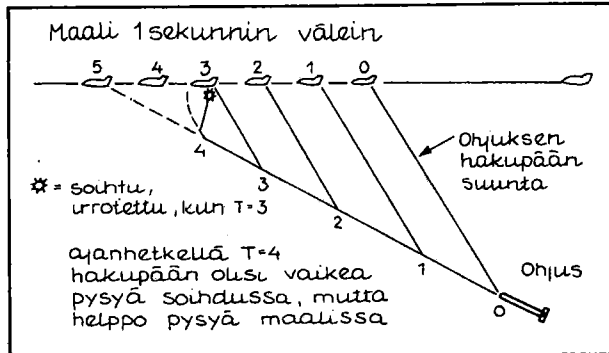
Ohjuksilla ei ole samaa vaikeutta, koska ne ovat koko ajan ohjauksessa. Maalin liiketilan muutos aiheuttaa vastaavan muutoksen ohjuksen lentoreittiin ja ennakkoon. Kaikilla it-ohjuksilla on jollakin tarkkuudella määritetty ennakkokulma lennon aikana. Suuntalinjaa pitkin (=sädereittiä) lentävälläkin ohjuksella on ennakkonsa. Sen nokka ei osoita maaliin vaan maalin eteen. Tämän ennakkokulman suuruusluokkainen esimerkki pelkistetyssä tilanteessa on kuvassa 29.

Ohjusten poikittaiskiihtyvyydet eivät juuri jää 10 g:n alle, joten väistäminen mutkailulla on hyvin vaikeata. Katveen taakse lentäminen on varma keino nykyisten ohjusten väistämiseen. Kehitteillä tosin on esteen taaksekin ammuttava ohjus. Sen televisiokamera lähettää kuvan kaapeliteitse ampumapaikalle. Ohjus ohjataan tämän kuvan perusteella maaliin. Ohjauskomennot välitetään em kaapelia pitkin ohjukselle.

Väistämisen lisäksi voidaan ilmatorjunnan asejärjestelmiä harhauttaa. Kevyiden tykkien harhautus on mahdotonta, tutkaohjattujen joskus jopa helppoa. Lämpöhä-kuisia ohjuksia harhautetaan valemaaleilla. Koneesta pudotetut soihdut vetävät

ohjuksen puoleensa, mikäli sen lämpösäteily voittaa lentokoneen säteilyn. Ja näinhän käy pienilläkin soihduilla, kun koneen perään jäänyt soihtu on lähempänä ohjusta kuin loittoneva maali. Asia ei kuitenkaan ole näin selvä. Kehittyneet ohjukset tunnistavat lämpösäteilyn aallonpituuden tai tutkivat lämpökuvan lisäksi näkyvän valon alueen kontrastin. Ilman erikoismenetelmiä toimivat vanhat perusmallitkaan eivät välttämättä lähde harhamaaleihin. Tämä johtuu ohjusten lentoreitistä kohti ennakkopistettä.

Lämpöhakuisen ohjuksen hakupäässä on hyrräkoneisto. Se pyrkii säilyttämään suuntansa eikä helposti tee äkkinäisiä liikkeitä. Jos koneesta irtoaa soihtu ohjuksen lähtöhetkellä, on soihtu "kiinteänä" maalina helpompi hyrrähakupäälle kuin lentokone. Jos taas ohjus lentää suoraan takaa maalia kohti ja tällöin irroitetaan soihtu, voi ohjus hakeutua aluksi maalin ja soihdun "painopisteeseen" ja sitten menettää molemmat. Tavallisimmassa tilanteessa ohjus lähestyy maalia alaviistosta. Tällöin ohjuksen reitti osoittaa maalin eteen ja ohjus lentää siten, että hakupää (hyrrä) näkee maalin ohjukseen nähden etuviistossa. Hakupää säilyttää suuntansa avaruuteen nähden lennon aikana. Jos nyt irroitetaan soihtu, joutuisi hakupää tekemään äkkiliikkeen jäädäkseen kiinteään maaliin liikkuvan sijasta. Suurella nopeudella lentävän ohjuksen etuviistoon katsovan hakupään tarvitsisi kääntyä yht'äkkiä samaan suuntaan suurella nopeudella. Tämä on teknillisesti vaikeata, jolloin hakupää pysyy mieluummin oikeassa kuin valemaalissa. (Kuva 30)



Kuva 30. Hakupää ei kiinnity lennon aikana helposti valemaaliin.

LOPUKSI

Sekä tykeillä, että ohjuksilla on niille sopivia eriytyviä käyttöalueita, jolloin toinen ei korvaa toista. On myös yhteisiä alueita, eikä mitään lopullista käyttöaluejakoa voidakaan tehdä. Muutamia lähes ehdottomia rajoituksia on olemassa: Tykeillä ei kannata pyrkiä juuri yli 5 km:n tehokkasiin ampumaetäisyyksiin, ohjuksilla ei päästä jatkuvaan sekunttiluokan laukaisuvalmiuteen, lämpöhakuiset ohjukset eivät saa lämpöhavaintoja yli 5 kilometristä.

Ammus- ja ohjusilmatorjunnan parhaiten ominaisuuksien yhdistämiseen pyritään sekajärjestelmillä ja tykkikaluston ohjattavilla ammuksilla. Näin yhdistyvät tykkien pieni reaktioaika ja pieni lähikatve ohjusten suureen ampumaetäisyyteen ja täsmäaseominaisuuteen.

Molempien asetyyppien tarve on selvä, eikä ole käymässä niin, että ohjukset tekisivät tykeistä tarpeettomia. On käynyt pikemminkin niin, että ohjusilmatorjunta korostaa ammuttorjunnan merkitystä. Kun alue- ja kohdetorjuntaluokan ohjukset tekevät lentämisen ylemmissä korkeuksissa kestävämmän vaaralliseksi, joutuvat koneet tulemaan alas tykkitulen ulottuville.

LÄHTEET

KIRJALLISUUS

- Eskelinen E
 Ilmatorjuntatykistömmen aseet, niiden tehokkuus ja käyttöarvo
 Ilmatorjunnan vuosikirja 85—86
- Ilmatorjunnan taisteluohjesääntö I
 Pääesikunta 1980
- Ilmatorjunta-ampumaoppi
 Pääesikunta 1982
- Morse P. Kimball G
 Methods of Operation Research
 Lontoo 1956
- Siiki K
 Lentotukikohdan ilmatorjunta
 Ilmatorjunnan vuosikirja 85—86
- Thomenius P
 Ilmatorjuntaohjustekniikan perusteita
 Ilmatorjunnan vuosikirja 79—80
- Thomenius P
 Panssarijoukkojen ilmatorjunta
 Ilmatorjunnan vuosikirja 85—86

LEHDISTÖ

- Abshire D, Moodie M
 Nato Armaments Cooperation
 Nato's Sixteen Nations Dec—Jan/87—88
- Hooton E
 Trends in Army Mobile Air Defence
 Defence Jan/88
- Lundesgaard L
 Luftrommet over stridfeltet
 Norsk Artilleri-Tidskrift 4/66
- Mannhardt J
 Guns for Shipborne Anti-Missile Defence
 Military Technology 12/87
- Nash T
 Guns or Missiles for Air Defence?
 Armed Forces Dec/87
- Romer R
 Neue Munitionstechnologien für den
 direkten Schuss
 Wehrtechnik 8/86
- Semadeni E
 Welchen "Schirm" braucht die Gebirgsinfanterie?
 ASZM 5/88
- Thomenius P
 Ammus- vai ohjusilmatorjunta
 Ilmatorjuntaupseeri 3/84