
BVR



Beyond Visual Range



VAROITUS!

JYRKKÄ OPPIMISKÄYRÄ

Lue ja opiskele pienissä paloissa. Teorian ymmärtäminen vaatii sen kokeilua ja harjoittelua käytännössä.

Alkusanat

Ilmataistelu näköetäisyyden ulkopuolella olevaa vihollista vastaan ohjuksin on paljon muutakin kuin ohjuksen ampumista äärikantamalta ja tuuriin luottamista. Ohjustaistelu on samalla tavalla taitolaji kuten tykkitaistelukin ja edellyttää samalla tavalla korkeaa tilannetajun tasoa ja taktista osaamista. Tämän oppaan tarkoituksena on antaa perustiedot ohjustaistelun tekniikasta ja taktiikasta ja luoda pohja yhteistoiminnalle useamman hävittäjän ja taistelunjohtajan kesken.

Opas pohjautuu US Navyn oppaaseen P-825 BASIC FIGHTER MANEUVERING (BFM) AND ALL WEATHER INTERCEPT (AWI) sekä muista satunnaisista lähteistä kerättyihin tiedonmurusiin sekä omaan kokemukseen.

Kehityskeskustelu DCS Finlandin foorumilla:

<http://dcsfinland.fi/forum/viewtopic.php?f=15&t=19>

Olet tervetullut mukaan DCS Finlandin lentoiltoihin ja harjoituksiin. Lennoista ilmoitellaan DCS Finlandin Discord palvelimella <https://discordapp.com/invite/FNG6wj5>

Sisällysluettelo:

Alkusanat

Sisällysluettelo:

1 - Hävittäjän tehtävä

2 - Aerodynamiikkaa

Ylimääräinen työntövoima

Nouseminen

Odottaminen

Matkalento

Huippunopeus

Liittäminen

Polttoaineen säästämisen taktinen merkitys

3 - Sensoriteknikkaa

Sähkömagneettinen spektri

Tutka

Tutkavaroitin

IFF (Identification Friend or Foe)

IRST (Infrared Search and Track)

4 - Ohjustekniikkaa

Moottori

Kantamaan ja osuvuuteen vaikuttavat tekijät

Hakupää

Lämpöhakupää

Puoliaktiivinen tutkahakupää

Aktiivinen tutkahakupää

Ohjautusmenetelmä

5 - Yhteistoiminta taistelunjohtajan kanssa

BRAA

BULLSEYE

DECLARE

PICTURE

Ryhmien nimeäminen

MANEUVER

FADED

[NEW GROUP / POP-UP GROUP](#)

[THREAT / TRESPASS](#)

[MERGE](#)

[ALPHA CHECK](#)

[STATUS](#)

[BOGEY DOPE / SNAP / CUTOFF](#)

[STROBE / MUSIC / SPIKE / NAILS](#)

[SAME / LAST](#)

[Hävittäjän käskyttäminen](#)

[6 - BVR hyökkäyksen kulku](#)

[BVR taistelun voittamisen periaatteet](#)

[Free entry](#)

[Merge kriteeri](#)

[BVR hyökkäyksen vaiheet](#)

[7 - Maalin etsintä](#)

[Tutkalla skannaaminen](#)

[8 - Hakeutuminen](#)

[Hakeutumisgeometria](#)

[Törmäyskurssin selvittäminen käytännössä](#)

[Laskeminen](#)

[Kuvasta arvioiminen](#)

[Kulmanopeusreititys tekniikka](#)

[AO maalin aspektista](#)

[Hakeutumisgeometrian kontrollointi](#)

[Stern conversion](#)

[Meld ja RESAN etäisyys](#)

[9 - Ohjushyökkäyksen teoriaa](#)

[Terminologiaa](#)

[Ohjuksen kantama](#)

[Maksimi Fly-out kantama](#)

[Raero \(aerodynaaminen maksimi kantama\)](#)

[RTR \(Turn and Run etäisyys\)](#)

[Rmin \(minimi ampumaetäisyys\)](#)

[First Launch Opportunity \(FLO\)](#)

[F-pole/A-pole taktiikka](#)

[MOR, MAR ja takaa-ajo](#)

[Pk](#)

Ohjusten väistäminen ja harhauttaminen

Väistö- ja harhautustekniikat

Lähestyminen kampeamalla

Kampeaminen laukaisun jälkeen

Syöksy ja notchaus

Ohjuksen maahan ajattaminen ennen laukaisua

Split-S

Käärme / Slalom

Kommunikaatio ohjushyökkäyksessä

10 - Hyökkäystekniikka ja 1vs1 taktiikka

Pump

Mahdollisia syitä pumppaukseen:

ARH ja SARH 1vs1 hyökkäystaktiikat

ARH vs ARH

SARH vs SARH

ARH vs SARH

Launch & Leave

Launch & Decide

Notch to merge

Free Entry

Takaa-ajo

Aggressio

11 - 2 vs 1 Taktiikka

Keskinäinen tuki

Point

Drag and Bag

Bracket (pihtiliike)

Bracket karkuun lentäessä

12 - N vs N taktiikka

Keskinäinen tuki

Pakoikkuna

Factor bandit range (FBR)

Suuntaongelma etäisyysongelmaksi

Sort

Maalintaminen monimaali tilanteessa

Grinder

1 - Hävittäjän tehtävä

Hävittäjän tehtävänä on valvoa ilmatilaa toiminta-alueella yhdessä osana muuta ilmapuolustusjärjestelmää, ampua alas vihollisen lentokoneet ja muodostaa uskottava uhka joka saa vihollisen lentokoneet kääntymään kotia kohti tai pysymään poissa hävittäjän toiminta-alueelta. Vihollisen lentokoneita vastaan voidaan toimia myös tuhoamalla ne maassa.

Onnistunut ilmatilan **valvonta** edellyttää sensorien eli tutkan, IRST:n, silmien, EO kameroiden, tutkavaroittimen, ym. **laitteiden toiminnan ja heikkouksien tuntemista** ja suunnitelmallista sokeiden "pisteiden" varmistamista jotta sensorien heikkouksia hyväksikäyttävä vastustaja havaitaan.

Viholliskoneen alas ampuminen edellyttää kohteen **havaitsemista ja tunnistamista** sekä **hakeutumista** asemaan josta aseilla voidaan vaikuttaa viholliseen samalla kun estetään vastustajaa tekemästä samaa. Hakeutuminen pitää pystyä tekemään tarvittaessa nopeasti jotta vihollinen saadaan ammuttua alas ennen kuin tämä pääsee vaikuttamaan suojeltavaan kohteeseen.

Taitava vihollinen voi onnistua välttämään tuhoutumisen BVR taistelussa joten tarvittaessa on kyettävä pääsemään WVR taisteluun etulyöntiasemassa vihollisen tuhoamiseksi ja kyettävä voittamaan syntynyt taistelu. Kuitenkin **vihollinen pyritään ensisijaisesti tuhoamaan BVR taistelussa** ja WVR taisteluita pyritään välttämään jos vihollisen tuhoaminen ei ole täysin välttämätöntä.

Yhteistoiminta taistelunjohdon, siipimiesten, muiden hävittäjien ja ilmatorjunnan kanssa edellyttää yhteisten **kommunikointimenetelmien ja toimintakaavojen tuntemista ja osaamista** sujuvan yhteistyön onnistumiseksi.

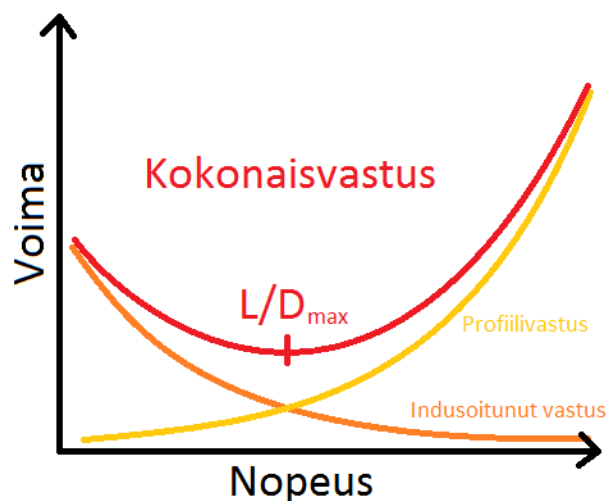
Toiminta-ajan maksimoiminen turhan polttoaineen kulutuksen välttämällä lisää hävittäjän lentoaikaa ja siten suorituskykyä valvonta- ja taistelutehtävien suorittamiseksi.

2 - Aerodynamiikkaa

Seuraavassa käsitellään polttoaineen säästämiseen, nousemiseen ja huippunopeuteen vaikuttavia aerodynaamisia ilmiöitä. Myös kaartokyky ja ennen kaikkea jatkuva kaartokyky on BVR taistelussa oleellinen mutta kaartamiseen liittyvää aerodynamiikkaa tarkastellaan BFM oppaassa.

Ylimääräinen työntövoima

Ilmanvastus voidaan jakaa kahteen komponenttiin: Profiilivastus ja indusoitunut vastus. Profiilivastus seuraa kappaleen muodosta ja se voidaan jakaa luonteeltaan paine- ja kitkavastukseen. Painevastus aiheutuu painejakaumasta kappaleen pinnalla ja kitkavastus pinnan ja ilmavirtauksen välisestä "hankauksesta" (leikkausjännitys rajakerroksessa pinnan ja vapaan virtauksen liikkeen välillä). Indusoitunut vastus syntyy nostovoiman tuottamisesta ja on luonteeltaan painevastusta.



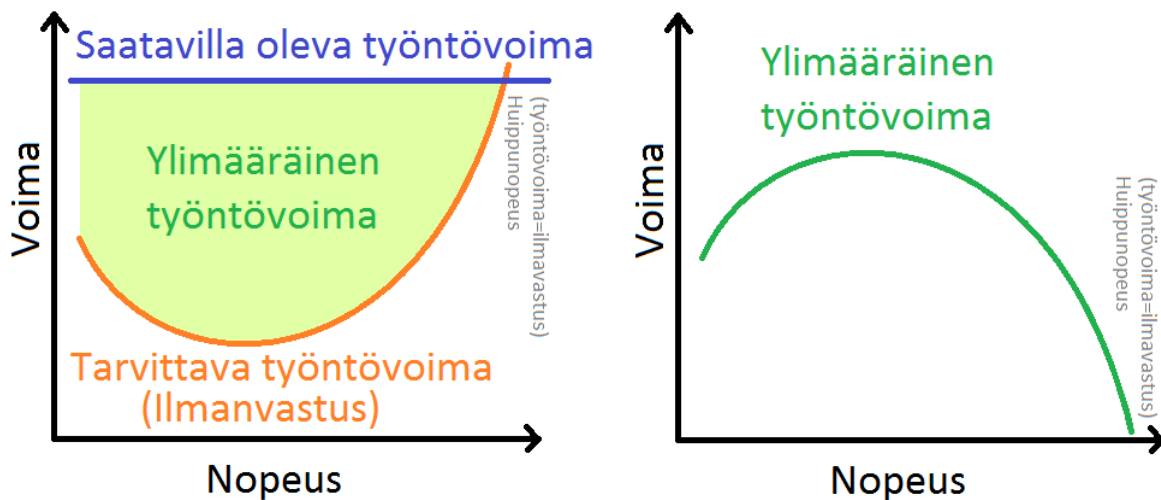
Kuva 2-1. Kokonaisilmanvastuksen muodostuminen profiilivastuksesta ja indusoituneesta vastuksesta.

Indusoitunut vastus kasvaa kohtauskulman kasvaessa. Vaakalennossa kohtauskulma on suurimmillaan pienimmällä lentonopeudella ja nopeuden kiihtyessä kohtauskulma ja indusoitunut vastus alkaa pienenemään. Profiilivastus taas on pienimmillään (nollassa) nopeuden ollessa nolla ja alkaa kasvamaan likimain neliöllisesti ollen suurimmillaan huippunopeudessa. Profiilivastuksen ja indusoituneen vastuksen summa eli kokonaisilmanvastus on pienimmillään jossain pienimmän lentonopeuden ja huippunopeuden välimaastossa. Pienimmän vastuksen nopeudessa saadaan aikaan suurin määrä nostovoimaa pienimmällä ilmanvastuksella eli nostovoiman ja ilmanvastuksen suhde on maksimissa (Lift/Drag maximum, L/D_{\max}).

Kokonaisvastuksen minimikohta L/D_{\max} ilmenee aina samalla kohtauskulmalla riippumatta lentopainosta tai -korkeudesta. Lentokorkeus ja -paino kuitenkin vaikuttaa siihen millä lentonopeudella L/D_{\max} ilmenee. Lentokorkeuden kasvaminen pienentää tietyllä kohtauskulmalla syntyvää nostovoimaa kun taas painon kasvaminen kasvattaa vaakalentoa tarvittavan nostovoiman suuruutta. Lentokorkeuden sekä -painon kasvu kasvattaa L/D_{\max} nopeutta, koska kohtauskulman ollessa vakio nostovoiman lisääminen edellyttää nopeuden kasvattamista.

Ulkoinen kuorma kasvattaa profiilivastusta ja siten sillä on vaikutusta L/D_{\max} kohtauskulmaan, tosin vaikutus jää tyypillisesti lieväksi. Mitä enemmän ulkoista kuormaa ja siten profiilivastusta, sitä suuremmalla kohtauskulmalla ja pienemmällä lentonopeudella L/D_{\max} ilmenee.

Työntövoimaa joka jää jäljelle kun siitä vähennetään tiettyä lentotilaa vastaava ilmanvastusvoima kutsutaan ylimääräiseksi työntövoimaksi (excess thrust). Nousukyvyistä puhuttaessa ylimääräisellä työntövoimalla tarkoitetaan työntövoimaa joka jää yli tasaiseen vaakalentoa tarvittavasta voimasta. Ylimääräinen työntövoima lisää hävittäjän kokonaisenergiaa joko korkeuden tai nopeuden kasvamisena. Työntövoimaa voidaan käyttää myös nopeuden ylläpitämiseen kaartaessa jolloin tuotettu energia käytetään kaarosta johtuvan lisääntyneen ilmanvastuksen voittamiseen. Kaartokyvystä puhuttaessa ylimääräisellä työntövoimalla tarkoitetaan kaarossa tapahtuvaa nopeuden tai korkeuden muutosta. Jos ylimääräinen työntövoima on positiivinen, kasvaa nopeus kaarrossa (tai korkeus) ja negatiivisena nopeus (tai korkeus) pienenee.



Kuva 2-2. Ylimääräinen työntövoima on saatavilla olevan työntövoiman ja tarvittavan työntövoiman erotus. Kuvan tilanteessa lentokorkeus ja -paino sekä profiilivastus (ripustettu kuorma) ovat vakioita. Koska ilmanvastus muuttuu lentonopeuden myötä, muuttuu myös ylimääräisen työntövoiman määrä.

Ylimääräinen työntövoima on riippuvainen mm. lentonopeudesta ja -korkeudesta sekä koneeseen ripustetun kuorman ilmanvastuksesta. Suihkuhävittäjän suihkumoottorin työntövoima ei ilman jälkipolttoa juurikaan riipu lentonopeudesta jolloin ylimääräinen työntövoima riippuu puhtaasti ilmanvastuksesta ja ylimääräisen työntövoiman maksimi ilmenee L/D_{\max} nopeudella. Jos työntövoima ei ole nopeuden suhteen vakio, kuten jälkipolttoa käytettäessä tai potkurikoneilla, riippuu ylimääräisen työntövoiman maksimikohta myös moottorin ominaisuuksista. Jos työntövoimakäyrä kasvaa nopeuden kasvaessa (jälkipoltin), ilmenee ylimääräisen työntövoiman maksimi L/D_{\max} nopeutta suuremmalla nopeudella ja laskevan käyrän (potkuri kone) tapauksessa pienemmällä nopeudella.

Ylimääräistä työntövoimaa voidaan mitata esimerkiksi vaakakiihdytyksellä jolloin koneen nopeuden kiihtyvyydestä saadaan suoraan laskettua ylimääräisen työntövoiman määrä ($F=ma$). Tasaisessa vaakalennossa (nopeus, korkeus ja lentosuunta vakio) työntövoima on täsmälleen sama kuin ilmanvastus jolloin ylimääräinen työntövoima on nolla. Kun lentokoneen vauhti kiihtyy korkeuden ja lentosuunnan pysyessä vakiona on sillä ylimääräistä työntövoimaa.

Nouseminen

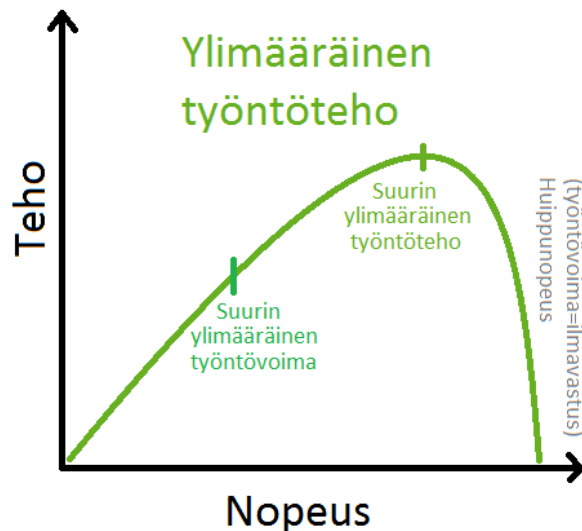
Korkealla polttoaineen kulutus on pienempää jolloin hävittäjä pystyy siirtymään paikasta toiseen pienemmällä polttoaineen kulutuksella sekä säästämään polttoainetta ilmatilaa valvoessa ja siten taistelemaan pidempään tai suuremmalla nopeudella (energialla) toiminta-alueella. Huippunopeus myös kasvaa korkeuden kasvaessa tiettyyn korkeuteen asti jolloin ammutut ohjukset saavat enemmän alkuenergiaa (kantama kasvaa ja väistäminen vaikeutuu) ja hävittäjällä on enemmän energiaa liikehtimiseen ohjusten väistämiseksi.

Nousuprofiili voidaan optimoida mm. nousukulman maksimoimiseksi, polttoaineenkulutuksen minimoimiseksi, nousunopeuden maksimoimiseksi, kokonaisenergian kasvunopeuden maksimoimiseksi tai kokonaisenergian kasvattamiseksi mahdollisimman pienellä polttoaineen kulutuksella. Nousukulman maksimointi on tarpeen kun pitää ylittää korkea este tai minimoida kuljettu matka nousun aikana (esim. MANPADS ohjusuhka kentän lähellä pakottaa nousemaan turvalliseen korkeuteen kentän eli turvallisen maaperän yläpuolella). Polttoaineen kulutuksen minimointi nousussa on tarpeen joko toiminta-ajan maksimoimiseksi tai paluulennolla kotiinpääsyn turvaamiseksi matkalentokorkeuteen noustessa. Nousunopeuden maksimoiminen on tarpeen esim. ohjushyökkäykseen valmistautuessa. Kokonaisenergian kasvunopeuden maksimoiminen tulee kyseeseen kun halutaan saavuttaa suuri lentonopeus (+1.5Mach tai jopa huippunopeus) tai suuri lentokorkeus (+45 000 jalkaa / 15km tai jopa lakikorkeus) mahdollisimman nopeasti. Kokonaisenergian kasvattaminen polttoainetaloudellisesti tulee kyseeseen kun halutaan saavuttaa suuri nopeus ja korkeus ilman aikarajoitteita.

Jyrkin nousukulma saavutetaan nopeudella jossa ylimääräinen työntövoima on suurin ja joka taas suihkumoottorilla ilmenee L/D_{\max} nopeudessa tai jonkin verran sitä suuremmassa nopeudessa.

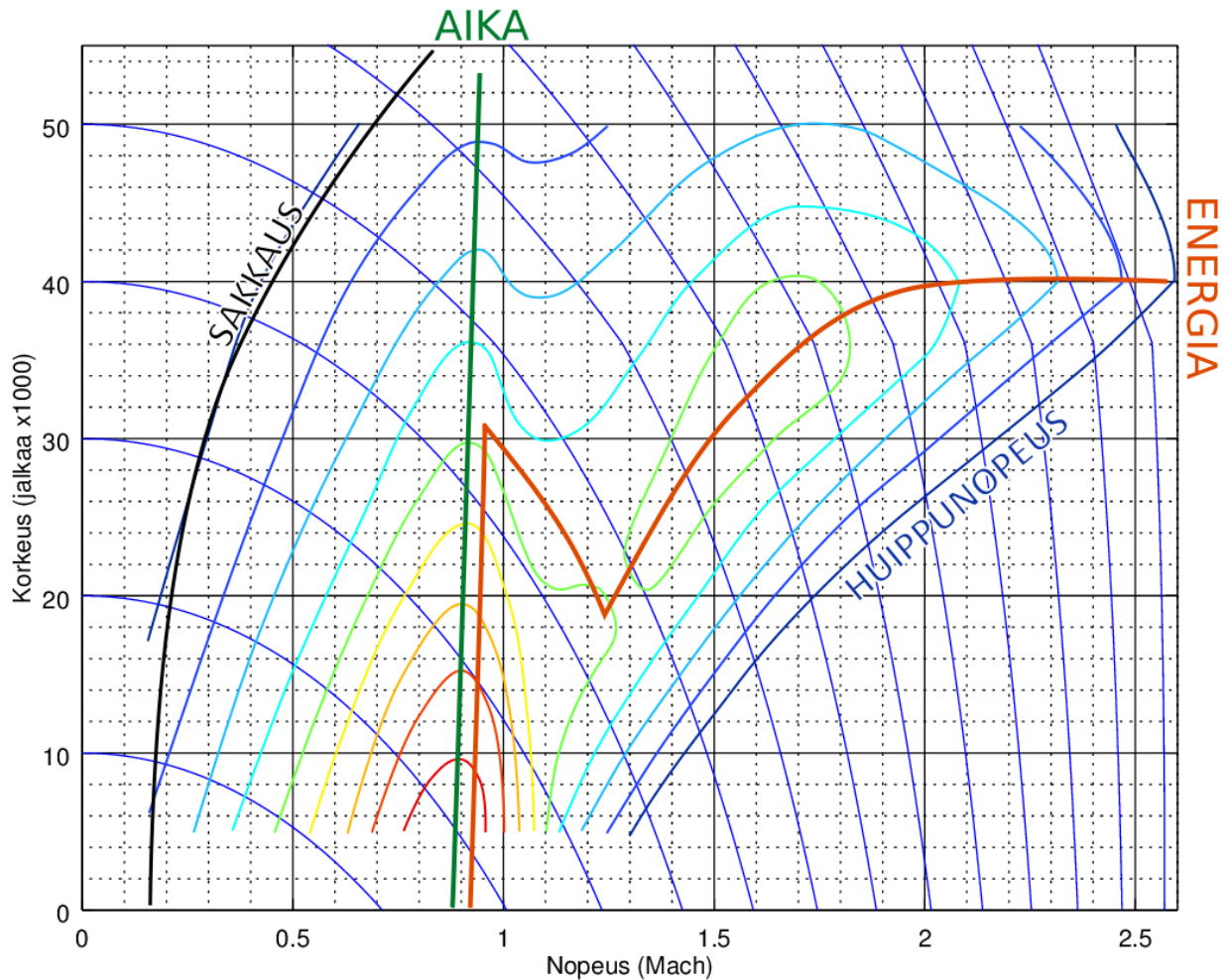
Kun ylimääräinen työntövoima kerrotaan nopeudella ja jaetaan painolla, saadaan painokohtainen ylimääräinen työntöteho P_s (specific excess power). Tämä muuttaa ylijäämän käyrän muodon vinoutuneeksi huippunopeuden suuntaan. P_s :n numeerinen arvo merkitsee energian kasvamisen nopeutta mutta yksiköltään se vastaa nousunopeutta. Jos kaikki ylimääräinen energia käytetään korkeuden kasvattamiseen niin nousunopeuden maksimi ilmenee P_s :n maksimissa.

Ylimääräisen työntötehon maksimi ilmenee ylimääräisen työntövoiman maksimia suuremmassa nopeudessa eli suurin nousunopeus ilmenee suuremmalla nopeudella kuin suurin työntövoima. Tämä selittyy sillä, että vaikka ylimääräinen työntövoima ja siten nousukulma on suuremmalla nopeudella pienempi, on pidemmän nopeusvektorin pystykomponentti silti suurempi kuin hitaamman nopeuden lyhyen vektorin jyrkemmässä kulmassa.



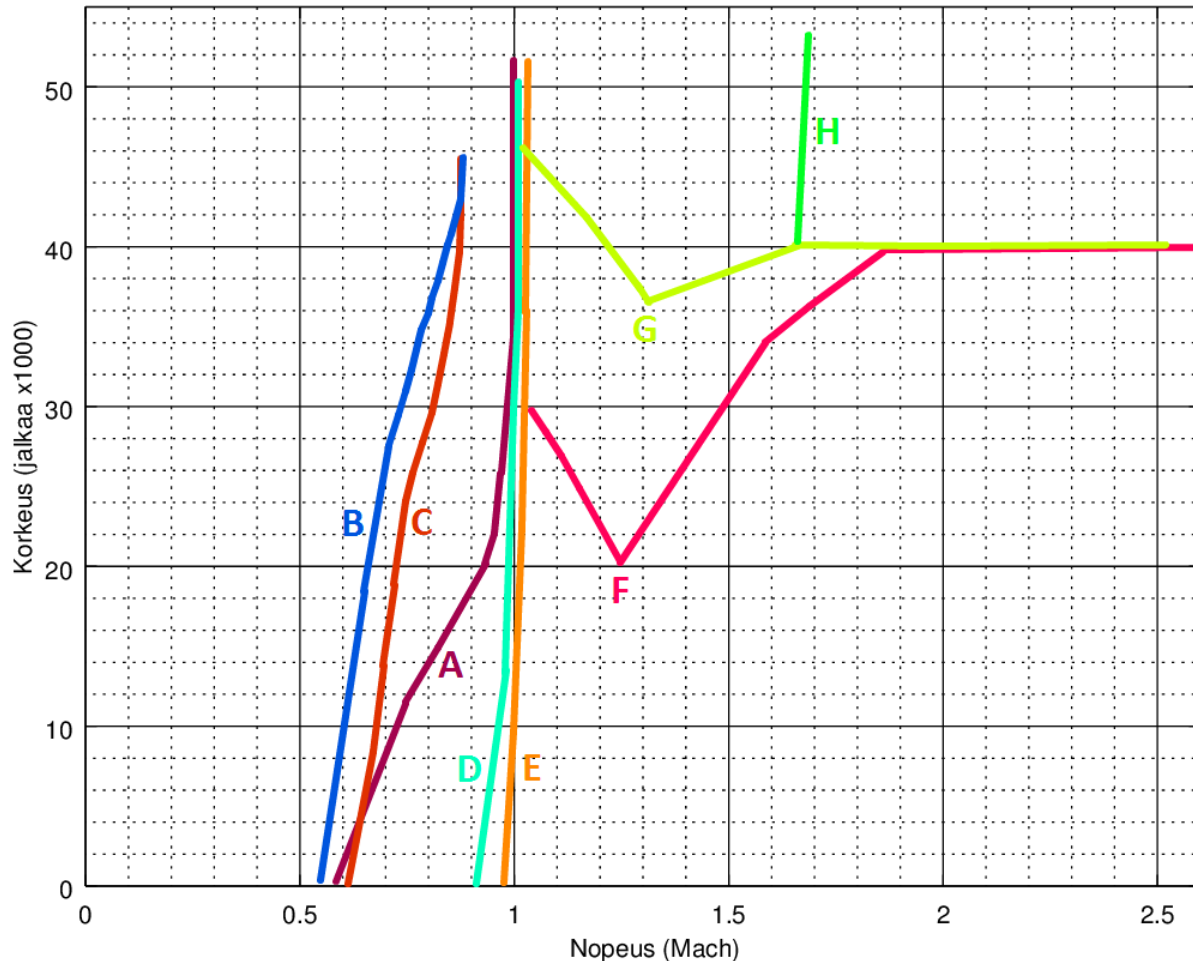
Kuva 2-3. Ylimääräinen työntöteho vaakalennossa vakiokorkeudella ja vakiopainolla.

Ylimääräisen työntövoiman ja työntötehon maksimi ilmenee monesti eri korkeuksilla eri nopeudessa. Tämä edellyttää lentonopeuden muutosta lentokorkeuden mukaan jotta lentokone pysyy lentokorkeutta vastaavassa ylimääräisen työntövoiman tai -tehon maksimissa. Kun ylimääräinen työntövoima ja siitä laskettu työntöteho mitataan eri nopeuksilla ja korkeuksilla saadaan korkeuskäyrästä kartta joka kertoo ylimääräisen työntötehon tai työntövoiman suuruuden nopeus-korkeus koordinaateissa. Seuraamalla ylimääräisen työntövoiman kartan harjanteen huippua korkeammalle saadaan nousuprofiili jyrkimmälle nousukulmalle. Tekemällä sama ylimääräisen työntötehon korkeuskartalle saadaan nousuprofiili nopeimmalle nousulle.



Kuva 2-4. Esimerkki ylimääräisen työntötehon kuvaajasta hävittäjä-tyyppisellä koneella täydellä jälkipoltolla ilman ulkoista kuormaa. Korkeuskäyrien väri ilmaisee ylimääräisen työntötehon suuruutta tummimman sinisen käyrän ollessa nolla-käyrä ja punaisen ollessa suurimman. Oikean puoleinen nollakäyrä kuvaa hävittäjän huippunopeutta jossa saatavilla oleva työntöteho on sama kuin tarvittava työntöteho. Vasemman reunan nollakäyrä ei välttämättä ole saavutettavissa jos mustan käyrän kuvaama sakkausraja saavutetaan ensin (hävittäjä pystyy kiihdyttämään pois sakkauksesta korkeutta menettämättä). Ohuet siniset käyrät ovat tasaenergiakäyriä jossa koneen kokonaisenergia on sama. Korkeusakselilla tasaenergiakäyrän energia on kokonaan potentiaalienergiaa ja nopeus-akselilla kokonaan kineettistä energiaa. Paksu vihreä viiva kuvaa nousuprofilia joka maksimoi nousunopeuden (aikaoptimaalinen nousu, korkeuskoordinaatin kasvattaminen pysytellen korkeuskäyrästä harjanteen päälle eli mahdollisimman “korkealla”). Paksu oranssi viiva kuvaa nousuprofilia joka maksimoi energian kasvunopeuden (Kulku energian suhteen “ylöspäin” kohtisuorasti tasaenergiaviivojen suhteen pysytellen jälleen korkeuskäyrästä mahdollisimman “korkealla”).

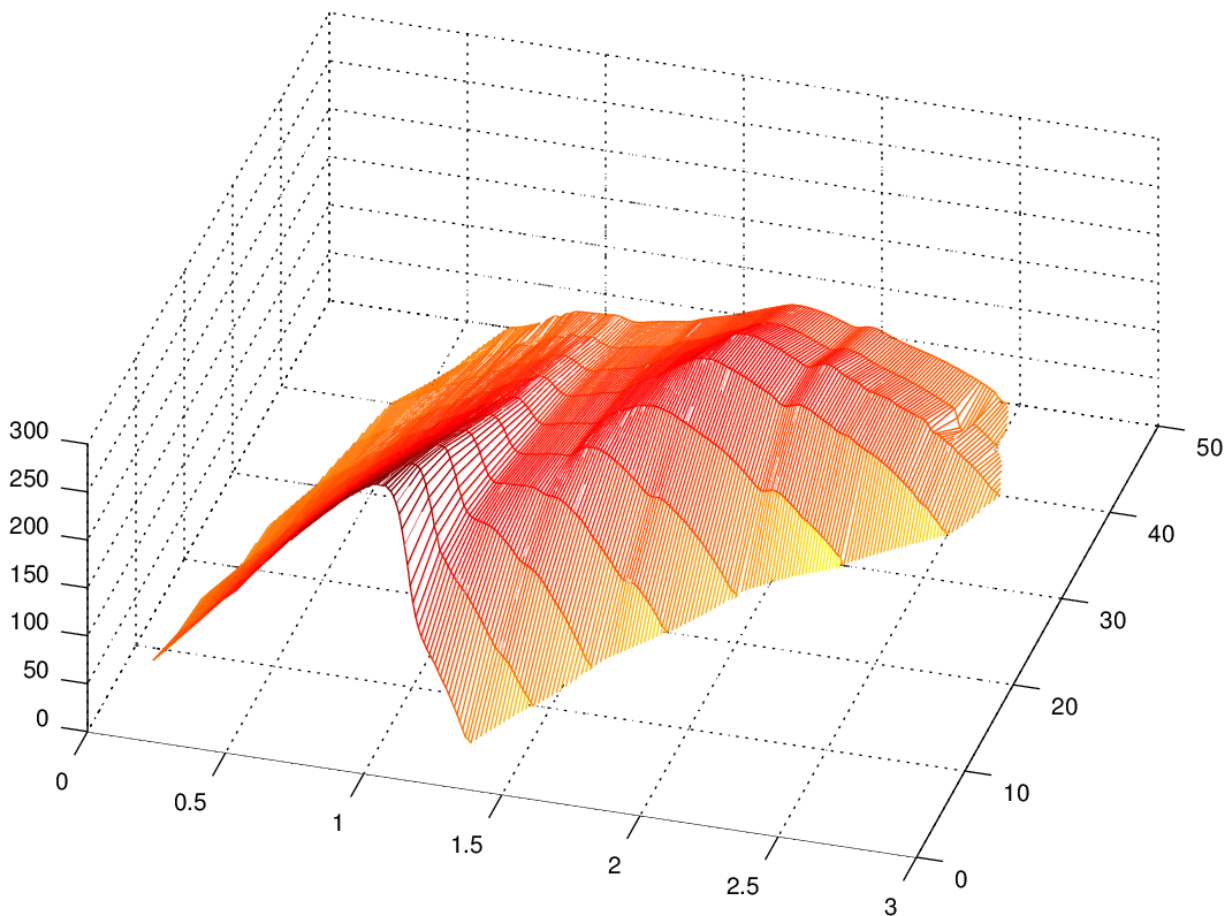
Ylimääräisen työntötehon huippu ilmenee MIL-teholla ja jälkipoltolla eri nopeudessa jolloin optimaalinen nousuprofiili kulkee myös eri "reittiä" eri tehoasetuksilla. P_s kartta voidaan tehdä myös huomioiden polttoaineen kulutus jolloin saadaan polttoainetaloudellisin nousuprofiili joissa jälleen ilmenee ero MIL-tehon ja täyden jälkipolton välillä.



Kuva 2-5. Eri tavoin optimoituja nousuprofiileja F-15C (clean, 100% polttoaine, 100% tykki) koneelle (Data mitattu DCS World versiosta 1.2.16.39472). Profiili A on jyrkimmän nousukulman profiili täyttä jälkipolttoa käyttäen, B pienimmän polttoaineenkulutuksen nousu MIL teholla, C nopein nousu MIL teholla, D polttoainetaloudellisin nousu täydellä jälkipoltolla, E nopein nousu täydellä jälkipoltolla, F nopein energian kasvatus täydellä jälkipoltolla, G polttoainetaloudellisin energian kasvatus täydellä jälkipoltolla ja H taloudellisin nousu yli 50k jalan korkeuteen ylisoonisesti lentäen. Teoreettisia profiileja on hankala käyttää sellaisenaan hyväksi käytännössä vaan näiden profiilien pohjalta luodaan helposti muistettavia ja lennettäviä likimääräisiä nyrkkisääntöjä joiden mukaan kyetään nousemaan likimain optimaalisesti.

Transsoonisella nopeudella ilmanvastus kasvaa mikä aiheuttaa P_s käyrään notkon. Tästä myös seuraa, että nopein/taloudellisin tapa kiihdyttää vauhti ylisooniseen nopeuteen ei ole

vaakakiikhdtytys vaan nouseminen alisoonisella nopeudella korkeammalle ja kiihdytys syöksyllä ylisooniseen nopeuteen jonka jälkeen kiihdytys tapahtuu jälleen P_s harjannetta pitkin.

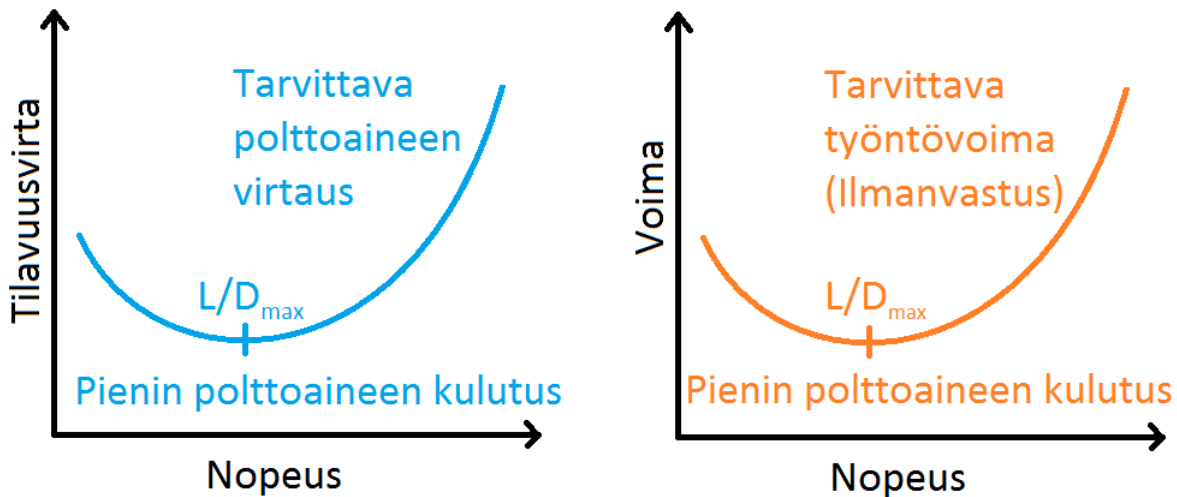


Kuva 2-6. 3D-versio F-15C:n ylimääräisen työntötehon kuvaajasta (Kertoo samat asiat kuin Kuva 2-4 mutta korkeuskäyrän sijaan kolmiulotteisena.). (Jälkipoltto, clean, 100% polttoaine, 100% tykki, data mitattu DCS World versiosta 1.2.16.39472). Työntöteho kasvaa nopeuden kasvaessa moottorin ilmanoton tehostuessa. Äänennopeuden paikkeilla työntötehossa on kuoppa shokkiaalloista johtuvasta nopeasta aaltovastuksen kasvusta johtuen. Korkealla ylimääräinen työntöteho alkaa taas kasvaa lähestyttäessä 1.5M nopeutta suuremman lentonopeuden parantaessa moottorin ilmanottoa. Matalalla ylimääräisen työntötehon huippu on suurempi kuin korkealla jälleen paremman ilmansaannin ansiosta.

Odottaminen

Odottaessa polttoaineen kulutus pyritään minimoimaan aikaa kohti eli yksinkertaisesti tarvittava polttoaineen virtausnopeus minimoidaan. Suihkumoottorin työntövoima on likimain suoraan verrannollinen polttoaineen kulutukseen. Tällöin siis polttoaineen kulutus saadaan minimoitua lentonopeudessa jossa tarvittava työntövoima on pienin eli L/D_{\max} nopeudessa. Tämän nopeuden "löytäminen" on helpointa jos on tiedossa L/D_{\max} kohtauskulma jolloin nopeutta

säädetään kohtauskulman asettamiseksi ko. arvoon. Muussa tapauksessa nopeus katsotaan taulukosta, lentolaskimesta, ym. apuvälineestä. L/D_{\max} kohtauskulman saa tietenkin selville asettamalla lentonopeuden taulukosta katsottuun pienimmän kulutuksen arvoon ja katsomalla kohtauskulman jos sitä ei suoraan kerrota. L/D_{\max} kohtauskulma on vakio lentokorkeudesta ja -painosta riippumatta kun lentonopeus on alle 0.8-0.9M. Äänennopeutta lähestyttäessä on kuitenkin edullisempaa lentää hieman hitaammin suuremmalla kohtauskulmalla kuin puskea shokkiaalloista johtuvaa kasvavaa ilmanvastusta vastaan.



Kuva 2-7. Polttoaineen minimikulutus suihkumoottorilla (kulutus likimain suoraan verrannollinen työntövoimaan) saadaan minimi-ilmanvastuksen (L/D_{\max}) lentonopeudessa.

Polttoaineen kulutus L/D_{\max} kohtauskulmalla riippuu myös lentokorkeudesta (sekä painosta, lämpötilasta ja ilmanvastuksesta mutta näihin ei voi vaikuttaa). Polttoaineen kulutus laskee korkeammalle noustessa tiettyyn korkeuteen asti kunnes se alkaa taas nousemaan. Ensiksikin ilman kylmeneminen parantaa moottorin hyötysuhdetta ja toisekseen moottorin hyötysuhde on yleensä suunniteltu olemaan parhaimmillaan 100% kierroksilla. Ohuessa ilmassa moottori joutuu toimimaan suuremmalla kierrosluvulla tuottaakseen tarvittavan työntövoiman jolloin sen hyötysuhde on parempi. Optimi odotuskorkeus asettuu enimmillään tyypillisesti tropopaussein paikkeille (troposfäärin ja stratosfäärin rajaa, 36k jalkaa / 11km). Tropopausseissa ilman kylmeneminen noustessa lakkaa jolloin se ei enää kompensoi ilman ohenemisen vaikutusta korkeammalle noustessa.

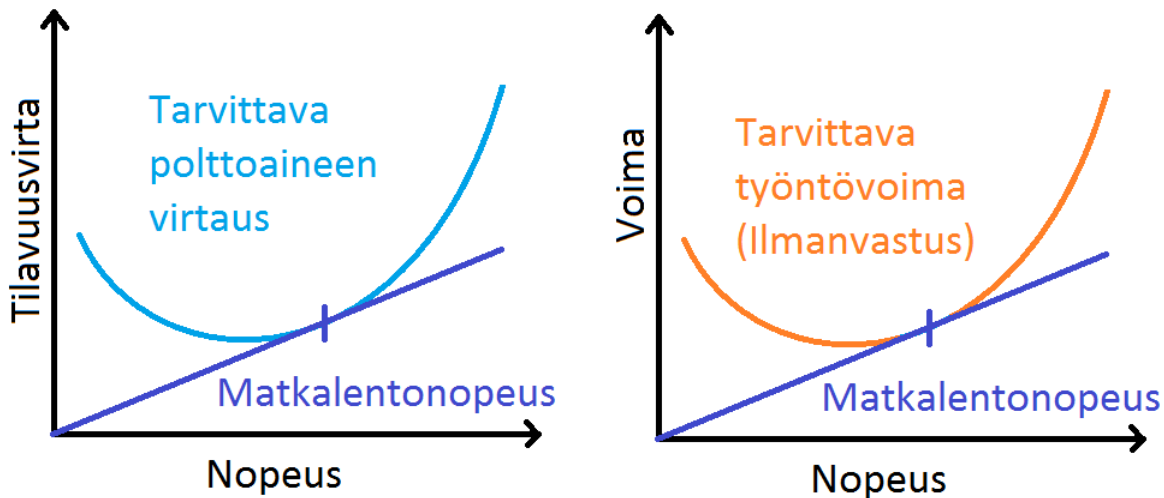
Lentopaino vaikuttaa optimaaliseen odotuskorkeuteen myös koska painava kone ei välttämättä pysty ylläpitämään lentonopeutta L/D_{\max} kohtauskulmalla MIL-teholla tropopausseissa vaan joutuu pysyttelemään alempana. Tällöin optimaalisin odotuskorkeus on suurin korkeus jossa L/D_{\max} kohtauskulma voidaan ylläpitää vakionopeudella. Painon laskiessa polttoaineen kulumisen myötä odotuskorkeutta on järkevää kasvattaa pikku hiljaa samaan tahtiin. Kun lentonopeus alkaa keventymisen seurauksena kiihtymään ja kohtauskulma pienenemään

korkeutta nostetaan kunnes saavutetaan jälleen tasapainotilanne optimaalisella kohtauskulmalla.

Jos lentokorkeus on ennen odottamisen alkua pienempi kuin optimaalinen odotuskorkeus, joudutaan polttoainetta käyttämään nousuun. Jos odotusaika kuitenkin on lyhyt, voi nousuun kulua enemmän polttoainetta kuin odotuskorkeudessa ehtii säästämään. Mitä pidempi odotusaika, sitä korkeammalle kannattaa nousta polttoaineen säästämiseksi. Ainoa näppärä tapa määrittää kuinka paljon kannattaa nousta tiettyä odotusaikaa kohti on taulukko/lentolaskin/ym. apuväline.

Matkalento

Matkalennossa tavoitteena on minimoida käytetty polttoaine kuljetun matkan suhteen tai toisella tavalla muotoiltuna maksimoida lentonopeuden ja polttoaineen virtausnopeuden suhde. Optimaalinen lentonopeus voidaan löytää graafisesti piirtämällä tangentti origosta tarvittavan polttoaineen virtausnopeuden käyrään jolloin optiminopeus on näiden sivuamispisteessä. Koska suihkumoottorin työntövoima on likimain suoraan verrannollinen polttoaineen virtaamaan, voidaan sama operaatio tehdä myös tarvittavan työntövoiman kuvaajalle ja saadaan sama nopeus.



Kuva 2-8. Optimaalinen matkalentonopeus saadaan piirtämällä tangentti origosta tarvittavan polttoaineenvirtauksen kuvaajaan (tai tarvittavan työntövoiman eli ilmanvastuksen kuvaajaan) jolloin nopeus on suoran ja käyrän sivuamispisteessä.

Jälleen kerran optimaalisella matkalentonopeudella kohtauskulma asettuu aina tiettyyn arvoon lentonopeudesta ja -painosta riippumatta joka on jonkin verran pienempi kuin L/D_{\max} kohtauskulma. Optimi kohtauskulma on vakio tosin vain alisoonisilla nopeuksilla ja nopeuden ollessa 0.8M suurempi tämä sääntö ei enää päde tarkasti johtuen shokkiaalloista johtuvasta

vastuskertoimen kasvamisesta. Tällöin on parempi lentää hieman hitaammin ja suuremmalla kohtauskulmalla kuin puskea shokkiaalloista johtuvaa kasvavaa ilmanvastusta vastaan. Optimaalinen kohtauskulma voidaan selvittää katsomalla taulukosta optimaalinen lentonopeus tietyllä korkeudella ja painolla ja katsomalla kohtauskulmamittarista kohtauskulma tällä nopeudella lennettäessä.

Polttoaineen kulutus optimilentonopeudessa/kohtauskulmalla riippuu myös lentokorkeudesta (sekä painosta, lämpötilasta ja ilmanvastuksesta mutta näihin ei voi vaikuttaa). Lentämällä korkeammalla polttoaineenkulutus pienenee tiettyyn korkeuteen asti ja optimikorkeus yleensä asettuu tropopausin paikoille mutta korkeammalle kuin optimi odotuskorkeus. Optimi matkalentokorkeuden voi mutulla arvioida olevan korkeudessa jossa optimikohtauskulma saavutetaan 0.7-0.9M nopeudella (tarkka luku riippuu koneen muodosta ja ulkoisen kuorman määrästä, suurempi ilmanvastus pienentää optimi Mach lukua). Jos optimikohtauskulman nopeus on tätä suurempi on parempi laskeutua alemmas.

Lentopaino vaikuttaa optimaaliseen matkalentokorkeuteen myös koska painava kone ei välttämättä pysty ylläpitämään lentonopeutta matkalennon kohtauskulmalla MIL-teholla tropopausissa vaan joutuu pysyttelemään alempana. Tällöin optimaalisin matkalentokorkeus on suurin korkeus jossa matkalento-kohtauskulma voidaan ylläpitää vakionopeudella. Painon laskiessa polttoaineen kulumisen myötä lentokorkeutta on järkevää kasvattaa pikku hiljaa samaan tahtiin. Kun lentonopeus alkaa kiihtymään ja kohtauskulma pieneneään korkeutta nostetaan kunnes saavutetaan jälleen tasapainotilanne optimaalisella kohtauskulmalla.

Jos lentokorkeus on ennen matkalennon alkua pienempi kuin optimaalinen matkalentokorkeus, joudutaan polttoainetta käyttämään nousuun. Jos lentomatka kuitenkin on lyhyt, voi nousuun kulua enemmän polttoainetta kuin matkalentokorkeudessa ehtii säästämään. Mitä pidempi lentomatka, sitä korkeammalle kannattaa nousta polttoaineen säästämiseksi. Ainoa näppärä tapa määrittää kuinka paljon kannattaa nousta tiettyä lentomatkaa kohti on taulukko/lentolaskin/ym. apuväline.

Huippunopeus

Suurta lentonopeutta tarvitaan vihollista karkuun lentämiseen tai vihollisen takaa-ajamiseen sekä lisäenergian antamiseen ohjuksille. Huippunopeus määräytyy ilmanvastuksen ja työntövoiman suhteesta. Mitä enemmän työntövoimaa, sitä suurempi huippunopeus ja mitä pienempi ilmanvastus, sitä suurempi huippunopeus.

Ilmanvastuksen pienentäminen ulkoista kuormaa vähentämällä kasvattaa huippunopeutta. Myös sisäisen kuorman vähennys saattaa kasvattaa huippunopeutta pienentämällä painoa ja siten vaakalentoa tarvittavaa kohtauskulmaa mikä taas pienentää ilmanvastusta. Painon vaikutus huippunopeuteen on suihkuhävittäjällä kuitenkin suhteellisesti vähäinen koska huippunopeudessa saatavilla oleva nostovoima on valtava eikä painon lisäys vaadi merkittävää lisäystä kohtauskulmassa eikä siten ilmanvastuksessa.

Korkeuden kasvaminen kasvattaa huippunopeutta, mutta jälleen vain tiettyyn rajaan asti joka on tyypillisesti tropopaussein paikkeilla. Ero huippunopeudessa merenpinnan tason ja tropopaussein välillä on tyypillisellä hävittäjällä noin kaksinkertainen.

Vihollista takaa-ajettaessa on yleensä edullista nousta korkeammalle jolloin vihollinen on mahdollista saada kiinni nopeammin suuremman huippunopeuden ansiosta. Vihollista karkuun lentäessä ei yleensä kuitenkaan kannata nousta ylemmäs jos vihollinen on melkein ohjuksen kantamalla koska korkeammalle nouseminen kasvattaa ohjuksen kantamaa.

Liittäminen

Liittäminen tyhjäkäynnillä tulee kyseeseen kun pyritään kotitukikohtaan viimeisillä polttoaineen pisaroilla ja liittäminen sammuneilla moottoreilla kun edellinen ei onnistunut. Joka tapauksessa liitokyvyn optimointi tulee kyseeseen yleensä vain kun kääntyminen kotimatalle on tapahtunut liian myöhään. Joskus tämä johtuu pakollisesta taistelusta vihollisen kanssa tai karkuun lentämisestä eikä pelkästä unohduksesta. Kyseessä on siis lentonopeuden ja vajoamisnopeuden suhteen maksimointi.

Jotta polttoainetta säästetään mahdollisimman paljon myös matkalennon loppuvaiheessa on optimaalista pysyä matkalentokorkeudessa niin pitkään, että laskuliu'un voi tehdä tyhjäkäynnillä liitäen mutta ei niin pitkään että liu'un aikana joutuu käyttämään ilmajarrua tai jarrutuskäännöksiä nopeuden pienentämiseksi laskeutumista varten.

Liitokulma saadaan liitosuhteesta joka kertoo kuinka paljon lentokone etenee laskeutuessaan alaspäin. Liidon aloituspaikan eli etäisyyden lentokentästä saa laskettua liitosuhteen avulla lentokorkeudesta. Liitokulman avulla liidon aloituspaikan voi arvioida HUD:in nousukulma-asteikosta. Kun kenttä näkyy liitokulman verran horisontin alapuolella, pääsee kentälle liitäen.

Optimaalinen liitosuhde ei riipu lentokorkeudesta eikä -painosta joten myös liitokulma on vakio. Suurempi korkeus tai paino kuitenkin kasvattaa liitonopeutta. Liitonopeus mittarinopeutena (CAS) on tietyllä painolla kuitenkin vakio korkeudesta riippumatta.

Kuten aikaisemminkin, on optimaalinen kohtauskulma liitoa varten lähestulkoon vakio riippuen vain hieman ilmanvastuksesta. Kohtauskulman voi selvittää käytännössä kokeilemalla lentämällä taulukosta katsotulla optimaalisella liitonopeudella (mittarinopeus, riippuu painosta ja ilmanvastuksesta).

Polttoaineen säästämisen taktinen merkitys

Polttoaineen säästämisen tyypillisin tarkoitus on maksimoida toiminta-aika taistelualueella sekä turvata polttoainereservi jälkipolttimen käyttämiseksi ilmataistelussa. Jos tehtävä toteutetaan

yhtenä lentosuorituksena, saadaan tämä toteutettua minimoimalla polttoaineenkulutus siirtymälentoilla jolloin polttoainetta jää mahdollisimman paljon taisteluun ja partiointiin. Jos tehtävä toteutetaan usempana lentosuorituksena, tulee huomioida myös siirtymälentoon käytetty aika joka on pois toiminta-ajasta toiminta-alueella. Polttoaineoptimaalinen siirtymälento, etenkin kevyellä koneella, on hidasta ja siten vie paljon aikaa jota ei voi käyttää taistelemiseen tai koneen tankkaamiseen ja aseistamiseen. Tästä syystä onkin laskettava josko olisi tehokkaampaa poistua toiminta-alueelta hieman aikaisemmin isommalla polttoainekuormalla käyttäen polttoaine nopeampaan paluulentoon jolloin siirtymiseen kuluva aikaan saadaan pienennettyä ja siten paluuta toiminta-alueelle nopeutettua. Toiminta-alueelle siirtymisen nopeuttaminen ei yleensä ole järkevää polttoainetalouden näkökulmasta koska raskaalla koneella polttoainetaloudellinen siirtyminen on jo valmiiksi suhteellisen nopeaa. **Tavoitteena on minimoida siirtymiseen ja koneen tankkaamiseen/aseistamiseen kuluva aika samalla maksimoiden toiminta-aika toiminta-alueella siten että toiminta-ajan ja siirtymä/huolto-ajan suhde on mahdollisimman suuri.**

3 - Sensoritekniikkaa

Sähkömagneettinen spektri

Käytännössä kaikki hävittäjän sensorit perustuvat tavalla tai toisella sähkömagneettiseen aaltoliikkeeseen. Aaltoliikkeelle oleellisia suureita ovat taajuus, aallonpituus, jaksonaika ja amplitudi(“voimakkuus”). Jaksonaika määrittää yhteen aallon värähdykseen kuluvan ajan, aallonpituus matkan jonka aalto kulkee yhden jaksonajan aikana, taajuus värähdyksien määrän yhden sekunnin aikana ja amplitudi värähdyksen suuruuden (“aallonkorkeuden”).

Sähkömagneettinen aaltoliike muodostuu keskenään toisensa indusoivista muuttuvista sähkö- ja magneettikentistä joiden muutosnopeus määrittää aaltoliikkeen taajuuden. Muutokset sähkö- ja magneettikentissä etenevät valonnopeudella tyhjiössä ja hitaammin väliaineessa. Sähkömagneettisen säteilyn etenemisnopeus ilmassa on kuitenkin käytännössä sama kuin tyhjiössä ($0.9997 \cdot c$).

Sähkömagneettinen säteily jaotellaan eri tyyppeihin sen syntymekanismista riippuvan aallonpituuden mukaan. Kaikki sähkömagneettinen säteily on peräisin sähkövarausten kiihtyvästä liikkeestä; mitä rajumpi varauksen kiihtyvyys, sitä suurempi taajuus (ja lyhyempi aallonpituus). Vastaavasti sähkömagneettinen aalto saa aikaan varauksien kiihtyvää liikettä. Radio- ja mikroaallot syntyvät vapaiden elektronien edestakaisesta vaeltamisesta johteessa (vaihtovirta). Vastaavasti radio- ja mikroaallot saavat aikaan vapaiden elektronien edestakaista vaeltamista (tai pikemminkin tärinää) johteessa johon ne osuvat.

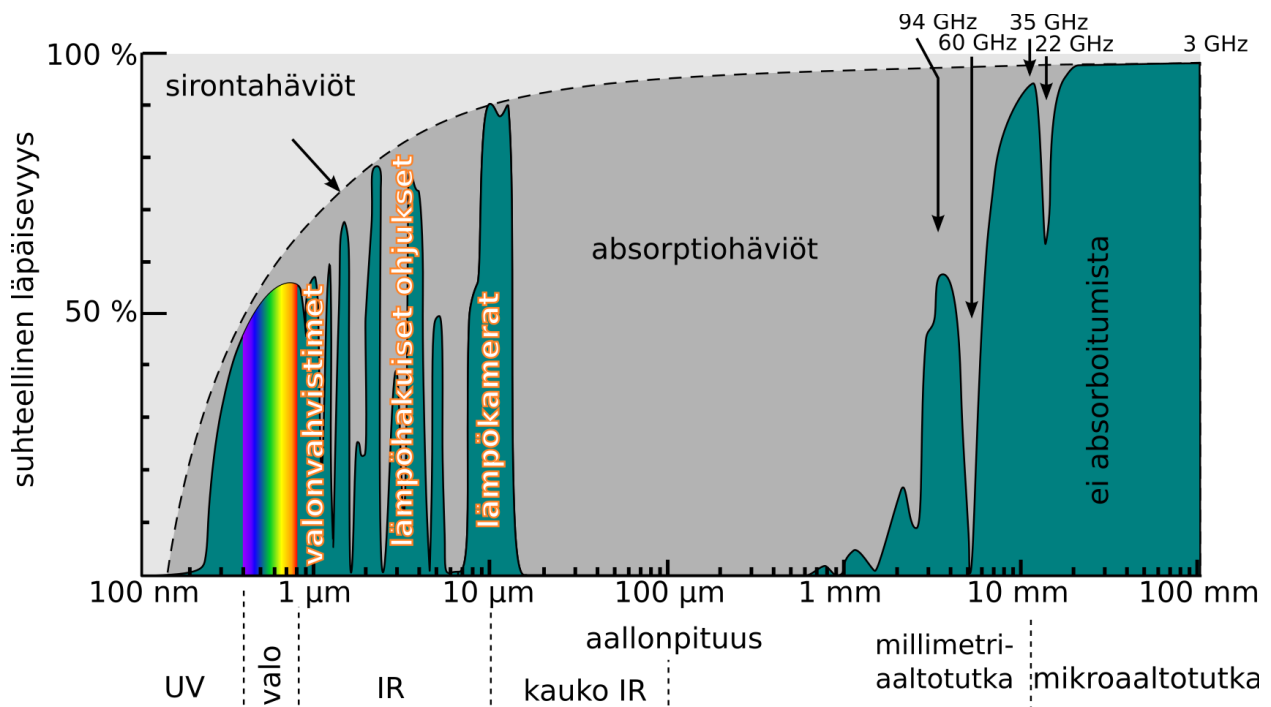
Säteilyn tyyppi	Aallonpituuden suuruusluokka	Syntymekanismi
gammasäteily	$< \sim 1 \text{ pm}$	atomin ytimen prosessit
röntgensäteily	$\sim 1 \text{ nm}$	elektronien jarrutussäteily (nopea hidastuminen törmäyksessä)
UV-säteily	$\sim 1 \text{ nm} - 0.1 \text{ }\mu\text{m}$	atomien elektronitransitio
näkyvä valo	$\sim 0.5 \text{ }\mu\text{m}$	atomien elektronitransitio

IP-säteily	~1 μm	molekyylien rotaatio ja translaatio (lämpöliike)
mikroaaltosäteily	~1 cm	muuttuva sähkövirta johteessa
radio-aallot	>~10 cm	muuttuva sähkövirta johteessa

Taulukko 3-1. Sähkömagneettisen säteilyn spektrin eri tyyppien aallonpituuden suuruusluokat sekä syntymekanismit.

Sähkömagneettinen säteily voi materiaan törmätessään vuorovaikuttaa sen kanssa viidellä tavalla: Heijastumalla, absorboitumalla, taittumalla, siroamalla ja läpäisemällä (tällöin ei varsinaisesti vuorovaikuta).

Ilmakehä vuorovaikuttaa sähkömagneettisen säteilyn kanssa pääasissa siroamalla ja absorboitumalla. Ilmakehä sirottaa ja absorboi eri aallonpituuksia eri voimakkuudella mistä seuraa, että jotkin aallonpituudet läpäisevät ilmakehää erittäin hyvin ja toiset erittäin huonosti. Aallonpituusalueita, joissa sähkömagneettinen säteily läpäisee ilmakehää hyvin, sanotaan transmissioikkunoiksi.



Kuva 3-1. Sähkömagneettisen säteilyn transmissioikkunat radioaalloista UV-säteilyyn. Sähkömagneettisen säteilyn absorboituminen ilmakehässä muuttuu ilmankosteuden ja korkeuden mukaan, läpäisevyyden parantuessa korkeuden kasvaessa.

(Alkuperäinen kuva: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmospheric_window_EN.svg)

Ilmakehän vaimentava vaikutus on erityisen huomattavaa korkeilla taajuuksilla, eli noin 10GHz ylöspäin. Valvontatutkien käyttämät taajuudet ovat selvästi tämän alle ja tulenjohtotutkissakin käytetyt taajuudet ovat pääsääntöisesti alle 20GHz. IR ja näkyvän valon alueella ilmakehän vaimennus on kuitenkin huomattavaa. Suurin yksittäinen vaimentava tekijä ilmakehässä on vesi ilmankosteuden, pilvien, sumun ja sateen muodossa. Ilmakehän harventuessa korkeuden kasvaessa myös ilmakehän vaimentava vaikutus pienenee ilmankosteuden ja ilman tiheyden pientyessä. Tästä syystä esim. lämpöhakuisen ohjuksen lukitusetäisyys korkealla on moninkertainen merenpinnan tasoon nähden.

Millimetrialueen aallonpituuksia käytetään pienikokoisissa tutkissa esim. ohjusten hakupäissä. Koska näiden tutkien ei tarvitse havaita maaleja kaukaa, ei ilmakehän aiheuttama vaimeneminen millimetriaaltoalueella ole käytännössä ongelma.

DCS mallintaa ilmakehän ohenemisen vaikutuksen korkeuden mukaan lämpöhakuisen ohjuksen lukitusetäisyyteen mutta ei sääilmiöiden vaikutusta.

Tutka

Tutka on radioaaltojen lähettämiseen ja niiden kaikujen kuuntelemiseen perustuva mittausväline. Tutkia on monenlaisia montaa eri käyttötarkoitusta varten joten seuraavassa keskitytään lähinnä vain tärkeimpiin ilmasodassa käytettäviin tutkiin. Ilmasodassa tärkeimmät tutkatyypit ovat hävittäjän tulenjohtotutka, ilmatorjunnan tulenjohtotutka, maassa tai lentokoneessa sijaitseva suuri valvontatutka sekä ohjuksen hakupään tutka.

Tutkaa käytetään maalien etsimiseen ja niiden paikan, nopeuden, korkeuden, lentosuunnan, konetyypin, ym. mittaamiseen sekä ohjusten ohjaamiseen maaliin. Tutka havaitsee maalin lähettämällä radio-/mikroaaltosäteilyä ja mittaamalla takaisin tulevia heijastuksia. Tutkan säteily heijastuu yleensä monesta muustakin kohteesta kuin etsittävästä maalista joten tutkan pitää pystyä erottamaan maalista tulevat heijastukset turhanpäiväisistä heijastuksista jotta maali voidaan havaita.

Jos maalista tuleva kaiku on selvästi voimakkaampi kuin ympäristöstä tulevat kaiut voidaan maali erottaa helposti häiriökai'uista huolimatta. Pelkästään kaiun voimakkuuden perusteella voidaan kuitenkin erottaa vain erittäin lähellä olevia kohteita joten menetelmä sopii vain esim. tykkitähtäimen etäisyysmittaukseen.

Kaikujen voimakkuuteen vaikuttaa sekä heijastavan kohteen etäisyys että tutkapoikkipinta-ala (RCS, radar cross section). Tutkapoikkipinta-alalla tarkoitetaan pallon muotoisen heijastimen poikkipinta-alaa josta heijastuvan pulssin voimakkuus vastaa heijastavasta kohteesta heijastuvan pulssin voimakkuutta. Tutkapoikkipinta-ala riippuu sekä kohteen muodosta (ja asennosta), koosta, materiaalista että tutkan aallonpituudesta. Niputtamalla nämä kaikki tekijät yhteen muuttujaan voidaan helpottaa tutkien teoreettista tarkastelua. Esimerkiksi tyypillisen hävittäjän tutkapoikkipinta-ala on noin $2\text{-}3\text{m}^2$ hävittäjien tutkien käyttämillä aallonpituuksilla.

Tutkapoikkipinta-ala ei siis vastaa suoraan kohteen todellista kokoa ellei kohde ole metallinen pallo.

Tutkan havaitsemisetäisyyden ja siihen vaikuttavien tekijöiden ymmärtämiseksi on hyödyllistä johtaa tutkayhtälö.

Tutkan antennikeilaansa lähettämä teho P_e saadaan kertomalla tutkan lähetysteho P_t antennin vahvistuksella G_t , eli

$$P_e = P_t \cdot G_t$$

Antennivahvistus kuvaa kuinka suuntaava antenni on, eli kuinka kapeaan keilaan säteily leviää ja kuinka paljon säteilyä suuntautuu sivukeiloihin. Sivukeila on ylimääräinen säteilykeila pääkeilan sivussa joita syntyy kaikenlaisissa suuntaavissa antenneissa. Antennikeila leviää etäisyyden kasvaessa ja siten myös tutkan teho jakaantuu suuremmalle pinta-alalle etäisyyden kasvaessa. Etäisyydellä R_a säteilyn teho P_a on

$$P_a = P_e \cdot \frac{1}{4\pi \cdot R_a^2}$$

Maalista heijastuu takaisin sen tutkapoikkipinta-alaa σ vastaava teho P_{ref}

$$P_{ref} = \sigma \cdot P_a$$

Heijastavaa maalia voidaan käsitellä joka suuntaan säteilevänä lähettimenä jolloin maalista heijastunut teho tutkan antennissa on

$$P_{rad} = P_{ref} \cdot \frac{1}{4\pi \cdot R_b^2}$$

Tutkan antennin sieppaama teho riippuu antennin tehollisesta pinta-alasta A_e joka saadaan laskettua antennin vahvistuksesta kaavalla

$$A_e = G_r \frac{\lambda^2}{4\pi}$$

missä λ on tutkan käyttämän säteilyn aallonpituus ja G_r antennin vahvistus. Siis antennin sieppaama teho P_r on

$$P_r = P_{rad} \cdot A_e$$

Yhdistämällä edellä mainitut kaavat saadaan

$$P_r = P_t \cdot G_t \cdot \frac{1}{4\pi \cdot R_a^2} \cdot \sigma \cdot \frac{1}{4\pi \cdot R_b^2} \cdot G_r \frac{\lambda^2}{4\pi}$$

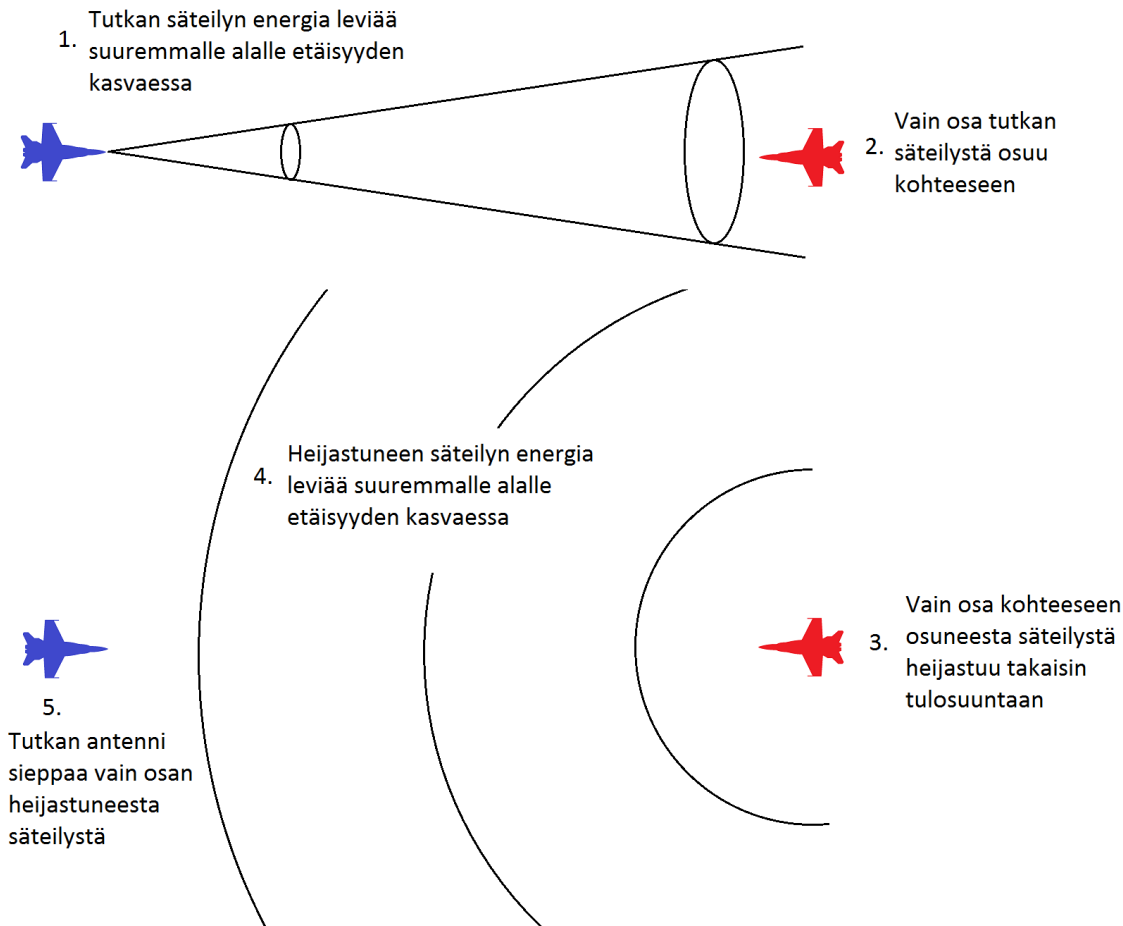
Kun tutkan lähetys ja vastaanotto on samassa antennissa, tällöin $R_a = R_b$ ja $G_t = G_r$ jolloin saadaan vastaanotetuksi tehoksi P_r

$$P_r = \frac{P_t \cdot G^2 \cdot \lambda^2 \cdot \sigma}{(4\pi)^3 \cdot R^4}$$

Kun tutkan pienin havaitsema teho on P_{min} saadaan ratkaistua tutkan maksimikantama R_{max}

$$R_{max} = \sqrt[4]{\frac{P_t \cdot G^2 \cdot \lambda^2}{(4\pi)^3 \cdot P_{min}}} \cdot \sigma = \sqrt[4]{K_{tutka} \cdot \sigma}$$

K_{tutka} on kerroin joka niputtaa yhteen muuttujaan kaikki tutkasta riippuvat tekijät teorian tarkastelun helpottamiseksi.



Kuva 3-2. Tutkan lähettämän säteilyn kaiun voimakkuuteen vaikuttavat geometriset tekijät.

Tarkastellaan tutkaa joka pystyy havaitsemaan 15 m^2 (iso hävittäjä kuten F-15) kohteen 60 NM päästä. Nyt tutkayhtälöstä voidaan laskea, että havaitsemisetäisyyden puolittamiseksi tutkapoikkipinta-alan pitäisi olla $\sim 0.9 \text{ m}^2$ eli noin 6% alkuperäisestä. Vastaavasti tutkapoikkipinta-alan puolittaminen pienentää havaitsemisetäisyyden ~ 50 merimailiksi eli 84% alkuperäisestä. Iso kuljetuslentokone jonka RCS on 100 m^2 , eli noin kahdeksankertainen referenssihävittäjään verrattuna, havaitaan noin 96 NM päästä mikä on vain 61% kasvu havaitsemisetäisyydessä. Toisaalta alkeellisen häivekoneen/linnun jonka RCS ~ 0.01 (0.0006% pienempi kuin referenssihävittäjä) havaitsemisetäisyys on $\sim 10 \text{ nm}$.

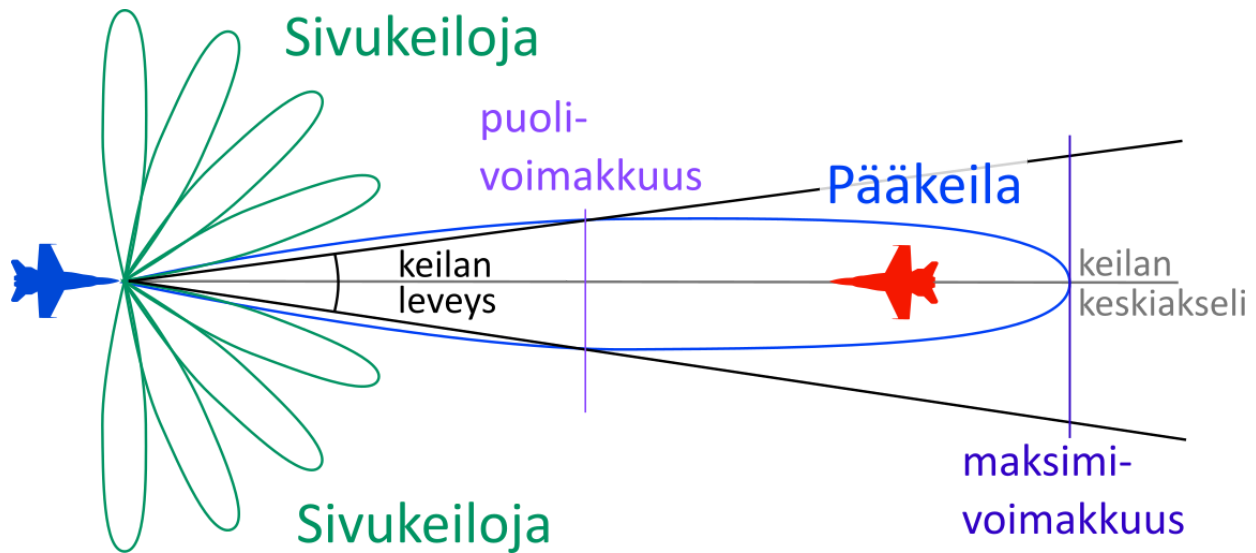
Tutkan kai'un nopea vaimeneminen etäisyyden suhteen johtaa tilanteeseen missä havaitsemisetäisyys muuttuu suhteellisen vähän maalin tutkapoikkipinta-alan hieman muuttuessa (esim. asennon muutokset koneella jossa ei ole häiveominaisuuksia). Toisaalta hyvinkin pienet kohteet voidaan havaita suhteellisen kaukaa verrattuna tutkapoikkipinta-alaan eli esim. pienetkin virheet (esim. ulkoinen kuorma, avoin luukku) häivehävittäjän häiveominaisuuksissa kasvattavat sen havaitsemisetäisyyttä merkittävästi.

Tutkan havaitsemisetäisyyttä voidaan kasvattaa lähetystehoa kasvattamalla, antennivahvistusta kasvattamalla ja pienintä havaittavaa säteilytehoa pienentämällä. Kaikkiin näihin voidaan vaikuttaa suotuisasti kasvattamalla antennin kokoa suhteessa käytettävään aallonpituuteen. Lähetystehon lisääminen lisää myös tehohäviöihin kuluvaan tehoa mikä saa aikaan tutkan kuumenemisen ja sitä kautta lämpökohinan voimistumisen jolloin tutkan pienin havaitsema signaaliteho heikkenee. Tätä voidaan auttaa jäähdytyksellä mutta tehokkaampi jäähdytys lisää järjestelmän kokoa ja painoa joten lähetystehon kasvattaminen ei ole järkevää kuin tiettyyn pisteeseen asti. Suurempaa antennia käyttämällä saadaan parempi lähetysteho pienemmällä jäähdytyksellä. Tästä syystä tehokas tutka vaatii aina aisaparikseen suurikokoisen koneen johon voidaan sijoittaa suurikokoinen antenni. Lisäksi pienintä havaittavaa tehoa voidaan parantaa tiettyyn rajaan asti signaalinkäsittelyä parantamalla.

Pienikokoisissa tutkissa kuten ohjusten hakupäissä ei antennin kokoa voida kasvattaa jolloin käytetäänkin lyhyempää aallonpituutta jolloin antennin suhteellinen suorituskyky paranee. Lyhyt aallonpituus johtaa suurempaan säteilyn vaimenemiseen ilmakehässä mutta yleensä minitutkilla ei tarvitse maaleja havaita kaukaa jolloin tämä ei ole suuri ongelma käytännössä.

Pienin havaittava teho on riippuvainen kohinan ja häiriösignaalien voimakkuudesta koska ne peittävät halutut signaalit alleen. Atomien lämpöliike saa aikaan kohinaa elektronisissa järjestelmissä. Tätä suurempi häiriölähde on välke (kaiut joista ei olla kiinnostuneita) maasta, pilvistä, sateesta, linnuista ja autoista sekä muista ajoneuvoista. Pulssidopplertutkan kantava idea on mahdollisuus välkkeen suodattamiseen pois signaalin taajuuden perusteella ja täten maalin ilmaisukynnyksen pienentäminen look-down (maali horisontin alapuolella maata vasten) tilanteessa.

Tutkan lähettämä säteily suunnataan kapeaan keilaan jolloin antennivahvistus kasvaa. Tämä mahdollistaa myös havaitun kohteen suunnan mittaamisen keilan suuntauksen perusteella. Keilan leveys hävittäjän tutkassa on yleensä luokkaa 1.5° - 3° , ollen suurempi tai pienempi riippuen tutkasta ja antennista. Keilan voimakkuus ei ole tasainen koko keilan alueella vaan voimakkaampi keilan keskellä ja heikompi keilan reunoilla. Keilan muoto ja voimakkuus vaikuttaa sekä lähetys- että vastaanottotehoon. Keilan leveyteen lasketaan mukaan vain se osa keilasta jonka voimakkuus on vähintään puolet maksimivoimakkuudesta. Mitä lähempänä maali on keilan keskiakselia, sitä voimakkaampi säteily maaliin osuu ja sitä herkempi antenni on sieppaamaan maalista heijastuneen kaiun. Tekemällä useampi mittaus siirtäen keilaa maalin yli löydetään suunta jossa vastaanotettu kaiku on suurimmillaan jolloin maalin suunta saadaan mitattua tarkemmin kuin keilan leveys antaa ymmärtää.



Kuva 3-3. Karkea esimerkki hävittäjän tutkan pääkeilasta ja sivukeiloista. Keilan leveyteen lasketaan mukaan vain se osa jossa keilan voimakkuus on vähintään puolet maksimivoimakkuudesta. Keilan voimakkuus on suurimmillaan keskiakselilla.

Kaikilla suuntaavilla antenneilla muodostuu sivukeiloja jotka ovat heikompia kuin pääkeila ja jotka suuntautuvat sivuun pääkeilasta. Sivukeilat aiheuttavat häiriöitä signaaliin joista pyritään pääsemään eroon erilaisilla menetelmillä. Esimerkiksi matalalla lennettäessä maahan osuvat sivukeilat heijastuvat takaisin riittävän vahvana että heijastus pystytään myös vastaanottamaan sivukeilasta mikä aiheuttaa ylimääräisen vastaanotetun signaalin joka peittää pääkeilasta mitatun heikon signaalin. Uusimmissa tutkissa sivukeiloja vaimennetaan erinäisillä tekniikoilla mutta kokonaan niiden vaikutusta ei kuitenkaan pystytä poistamaan. DCS ei pääasiallisesti mallinna sivukeilojen vaikutusta muuten kuin säätämällä tutkan havaintoetäisyyksiä maalin aspektin perusteella (poikkeuksena Mig-21Bis joka mallintaa sivukeilojen maakaiut matalalla lennettäessä).

Tutkan suuntaresoluutiolla tarkoitetaan tutkan kykyä erottaa kaksi samalla etäisyydellä olevaa maalia toisistaan. Suuntaresoluutio riippuu keilan leveydestä ja muodosta ja ilmoitetaan kulmayksikkönä. Mitä kauempana maali on, sitä epätarkempi suunnan mitta on pituusyksiköissä.

Tutkan mittaustarkkuus etäisyydessä määritellään kykynä erottaa kaksi samassa suunnassa mutta eri etäisyyksillä olevaa kohdetta toisistaan. Etäisyysresoluutio riippuu tutkan käyttämästä aaltomuodosta. Pulssitutkassa mittaustarkkuus riippuu pulssin pituudesta. Mitä lyhyempi pulssi, sitä tarkemmin kaksi heijastusta voidaan erottaa toisistaan.

Pulssitutka lähettää lyhyitä säteilypulsseja ja kuuntelee lähetyksen välissä takaisin heijastuneita kaikuja. Pulssidopplertutka mittaa lisäksi takaisinheijastuneiden pulssien doppler ilmiöstä johtuvan taajuuden muutoksen ja pystyy siten mittaamaan heijastuksen aiheuttaneen kohteen säteittäisen nopeuden (kohti tai poispäin suuntautuva liike). Dopplersiirtymää käytetään

pääasiallisesti liikkuvien kohteiden erottamiseksi maasta tulevien heijastusten seasta ja toissijaisesti kohteen lähestymisnopeuden mittaukseen.

Pulssitutkien suorituskyvyn kannalta keskeinen parametri on pulssintoistotaajuus PRF (Pulse Repetition Frequency). Pulssintoistotaajuudet on ryhmitelty kolmeen kategoriaan sen mukaan, mitä pulssintoistotaajuudella pyritään optimoimaan, ei niinkään pulssintoistotaajuuden numeroarvon mukaan. Pulssintoistotaajuuden muutos sisällyttää myös muita muutoksia tutkan parametreissa vaikka nimellisesti puhutaankin vain PRF:n muutoksesta.

Pieni pulssintoistotaajuus (LPRF) mahdollistaa suuren yksikäsitteisen etäisyyden mittauksen pulssin lentoajan perusteella mutta pulssin dopplersiirtymän yksikäsitteinen mittaustulos on pieni (käytännössä tutka on tällöin pulssitutka). Lisäksi tutkan keskimääräinen lähetysteho on pieni jolloin havaintoetäisyys jää pieneksi.

Suurella pulssintoistotaajuudella (HPRF) dopplersiirtymän mittaustulos on yksikäsitteinen, keskimääräinen lähetysteho ja siten myös havaintoetäisyys suuri, mutta suurin yksikäsitteisesti mitattava etäisyys on pieni. HPRF moodin suuri keskimääräinen lähetysteho perustuu pitkään pulssiin suhteessa pulssiväliin eli suureen pulssisuhteeseen. Suuri pulssisuhde heikentää tutkan etäisyysresoluutiota mutta koska HPRF moodissa etäisyyden mittaustulos ei perustu pulssin lentoajan suoraan mittaamiseen, voidaan pulssisuhdetta kasvattaa ongelmitta. HPRF moodissa pulssin lentoaika mitataan epäsuorasti tai etäisyyttä ei edes mitata. Äärimmäisenä esimerkkinä tästä on joidenkin tutkien VS (Velocity Search) moodi jossa maalin etäisyyttä ei voida mitata mutta lähestyvän maalin havaintoetäisyys on paras kaikista moodeista. Yksi mahdollinen etäisyyden mittaustapa HPRF moodissa on muuttaa jokaisen pulssin taajuutta sopivalla kuviolla jolloin maalista heijastuneen pulssin taajuudesta voidaan päätellä pulssin lentoaika ja dopplersiirtymä.

LPRF ja HPRF moodien välimuodossa (MPRF) pyritään yhdistämään LPRF ja HPRF moodien parhaat puolet käyttämällä pulssintoistotaajuutta joka pienentää (mutta ei suoraan poista) HPRF ja LPRF moodien ongelmia siinä määrin että ne voidaan ratkaista erinäisillä muilla tekniikoilla. MPRF moodissa sekä etäisyyden- että taajuuden mittaustulos ovat monikäsitteisiä. Monikäsitteisyys on kuitenkin pienempiasteista MPRF moodissa jolloin etäisyyden ja taajuuden mittauksen monikäsitteisyys pystytään ratkaisemaan siten, että kaiut voidaan paremmin erotella toisistaan lentoajan perusteella. Tämä taas mahdollistaa loittonevien maalien paremman erottelun maavälkkeestä jolloin ne voidaan havaita kauempaa. Lisäksi maalin etäisyyden mittaustulos voidaan tehdä tarkemmin.

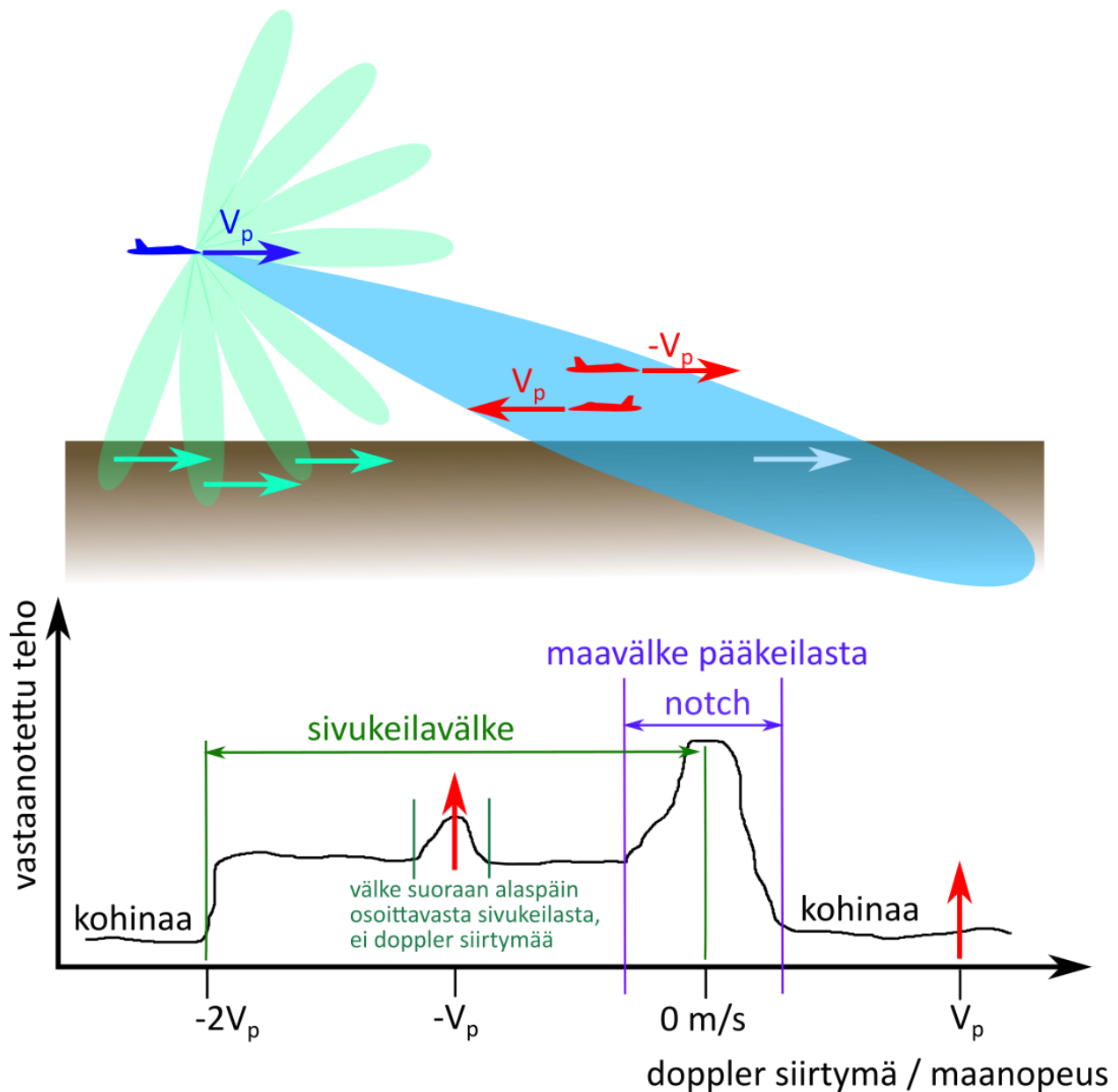
PRF taajuus rajaa yksiselitteisen etäisyydenmittauksen tietyn etäisyyden alapuolelle. Maalista heijastuvan kaiun pitää ehtiä takaisin vastaanottimeen ennen uuden pulssin lähettämistä jotta etäisyys voidaan mitata oikein, muulloin kaiku tulkitaan heijastukseksi uudesta pulssista ja etäisyys liian lyhyeksi. Tyypillisesti PRF ja siten suurin yksiselitteinen mittaustulos sovitetaan hieman suuremmaksi kuin tutkan suurin havaintoetäisyys jolloin vältetään moniselitteisiltä mittaustilanteilta. Käyttämällä esimerkiksi eri kantotaajuuksia peräkkäisissä pulsseissa niiden

erottamiseksi toisistaan voidaan yksiselitteistä mittausetäisyyttä kasvattaa jonkin verran ja siten kasvattaa PRF taajuutta.

Tutkat jotka käyttävät samaa antennia sekä lähettämiseen että vastaanottamiseen (esim. hävittäjän tutka) eivät voi lähettää ja vastaanottaa samanaikaisesti. Tästä seuraa, että tutka voi vastaanottaa kaikuja vasta kun koko pulssi on lähetetty joka vie oman aikansa. Jos kohde on riittävän lähellä saapuu kaiku vielä pulssin lähetysten aikana eikä tutka siten havaitse kaikua lähellä olevasta maalista. Havaintoetäisyyden maksimoiseksi pulssin pituus on hyvä olla mahdollisimman pitkä jolloin suurin havaintoetäisyys kasvaa. Tästä johtuen pitkän kantaman etsintään optimoidut tutkamoodit eivät välttämättä pysty havaitsemaan lähellä olevia maaleja vaan niiden havaitsemiseksi täytyy käyttää sitä varten optimoitua tutkamoodia. **DCS ei kuitenkaan mallinna minimikantamaa.**

Pulssitutka ilman doppler siirtymän mittausta (LPRF) pystyy havaitsemaan maalit vain taivasta vasten. Pulssidoppler tutka (MPRF ja HPRF) pystyy havaitsemaan maalit myös maata vasten kun maalin säteittäinen nopeus maan suhteen on riittävän suuri jotta maalin dopplersiirtymä poikkeaa riittävästi maavälkkeen doppler siirtymästä. Maavälkkeellä on yleensä jonkin verran doppler siirtymää johtuen kasvillisuuden huojunnasta tuulessa, aaltojen liikkeistä, lentävistä linnuista, liikkuvista ajoneuvoista, sateesta, tuulen liikuttamasta ilmankosteudesta, ym. **Jos lentokone lentää kohtisuorasti tutkan keilaan nähden jolloin sen säteittäinen maanopeus on nolla, on myös lentokoneesta heijastuvan kaiun doppler siirtymä sama kuin maavälkkeen. Tällöin lentokoneen kaiku suodattuu pois maavälkkeen mukana eikä tutka havaitse konetta.** Maavälkkeen suodatuksen rajanopeus on joissain tutkissa mahdollista säätää. **DCS:n tutkissa raja on 80 solmua / 145 km/h.** Tarkoituksellisesti tutkalta piilottelua kohtisuorasti tutkan keilaan nähden lentämällä sanotaan notchaamiseksi. Notchaus toimii vain kun maalilla on maata taustanaan eli käytännössä maalin pitää olla tutkan näkökulmasta horisontin alapuolella.

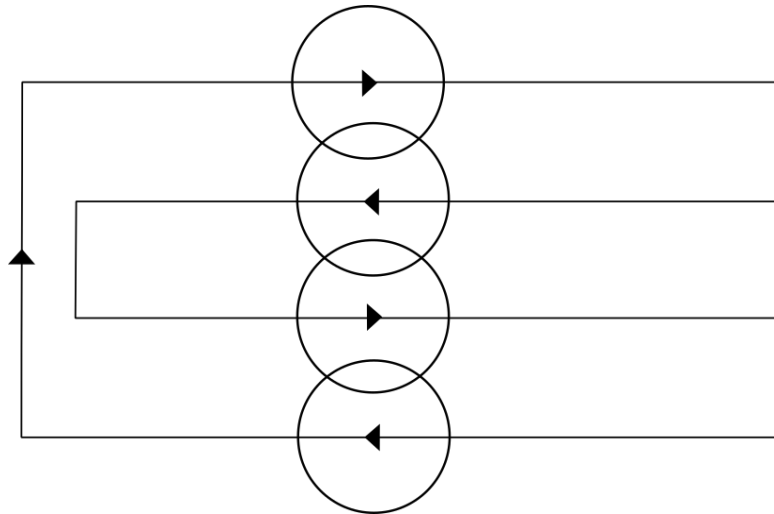
Mitä suurempi maalin doppler siirtymä (eli säteittäinen nopeus suhteessa tutkaan) on suhteessa maan pintaan, sitä vähemmän maavälke häiritsee kaiun havaitsemista ja sitä heikompi kaiku voidaan havaita. Koska maalin aspekti vaikuttaa kaiun dopplersiirtymän voimakkuuteen vaikuttaa siten aspekti myös maalin havaittavuuteen. Mitä suurempi maalin aspekti on, sitä kauempaa maali voidaan havaita. Pääkeilan havaitsemien maasta tulevien heijastuksien dopplersiirtymä on verrannollinen tutkan lentonopeuteen. Sivukeilojen havaitsemien maasta tulevien kaikujen dopplersiirtymä on kuitenkin pienempi koska ne ovat vinommassa kuin pääkeila ja suoraan sivulle osoittavien sivukeilojen dopplersiirtymä on nolla. Tämä vaikeuttaa maalista tulevien kaikujen havaitsemista joiden dopplersiirtymä on pienempi kuin pääkeilan maakaikujen. Tästä syystä poispäin lentävien maalien kaiut ovat vaikeampia havaita suuremman häiriökaikutason vuoksi. Loittonevien maalien havaitseminen HPRF moodissa on erityisen vaikeaa koska HPRF moodi havaitsee maalit pääasiallisesti dopplersiirtymän perusteella. MPRF moodi pystyy paremmin erottamaan maalikaiun maakaiuista myös muilla menetelmillä kuten etäisyyden perusteella. Sivukeilojen voimakkuuden pienentäminen parantaa tutkan kykyä havaita loittonevia kohteita.



Kuva 3-4. Sivukeilavälkkeen doppler siirtymä on pienempi kuin pääkeilavälkkeen koska ne osuvat maahan jyrkemmässä kulmassa ja se on amplitudiltaan pienempää sivukeilojen heikon antennivahvistuksen takia. Sivukeilan maakaiut häiritsevät poispäin lentävien kohteiden havaitsemista. Pääkeilan maavälkkeen suodatin (notch) poistaa myös kaiut kontakteista joiden doppler siirtymä vastaa pääkeilan maavälkkeen siirtymää.

DCS mallintaa PRF:n ja aspektin vaikutuksen siten, että HPRF näkee lähestyvät maalit erittäin kaukaa mutta loittonevat vasta läheltä. MPRF havaitsee loittonevat kauempaa ja lähestyvät lähempää kuin HPRF. Sivukeiloista tulevien häiriökaikujen voimakkuuden muutosta maanpinnan tyypin ja muotojen sekä lentokorkeuden perusteella sekä tästä riippuvaa muutosta havaintoetäisyyksiin eri tilanteissa ei mallinneta.

Etsintämoodissa tutka pyyhkii keilallaan etsintäaluetta järjestelmällisesti ja näyttää havaitut kontaktit tutkan näytöllä. Amerikkalaiset tutkat käyttävät etsintämoodissa BAR-scan skannauskuviota jossa etsintäalue pyyhkitään päällekkäisillä reunasta reunaan pyyhkäisyillä läpi jonka jälkeen kuvio käydään läpi uudestaan.



Kuva 3-5. Esimerkki bar scan skannauskuviosta neljän siivun korkeusasetuksella (4-bar scan). Bar-scan kuvion kokoa säädetään siivujen leveyden (leveys) ja määrän (korkeus) perusteella. Siivujen välit ovat hieman kapeammat kuin keilan korkeus jotta keilan voimakkaampi keskiosa täyttää suuremman osan kuviota ja siten siivujen välissä olevien maalien havaittavuus paranee. Siivujen päällekkäisyyden määrää on järkevää säätää etsittävän maalin etäisyyden mukaan koska lähempänä olevat maalit voidaan havaita luotettavasti keilan reunallakin. (Esim. oikea F-15 tutka säätää päällekkäisyyttä näytön skaalan mukaan jolloin etsintäkuvion korkeus kulmayksiköissä on suurempi pienemmillä skaala asetuksilla. Keilan eri osien voimakkuuden vaihtelua ja siivujen päällekkäisyyden säätämistä ei ole mallinnettu DCS:ssä)

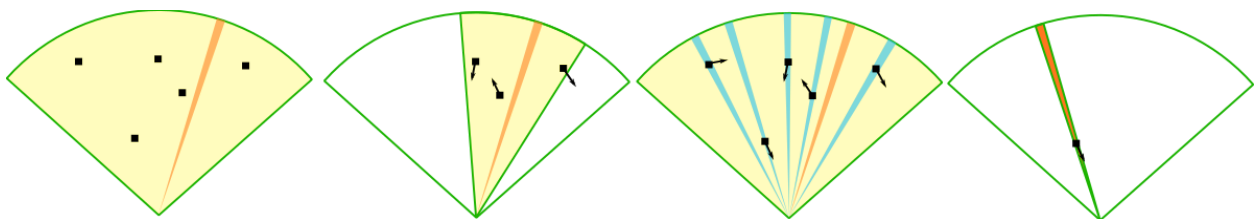
Etsintäkuvion läpikäyminen vie jonkun aikaa ja mitä suurempi etsintäkuvio, sitä kauemmin sen läpikäyminen kestää. Kun maalista saadaan havainto, uuden havainnon tekeminen kestää yhtä kauan kuin etsintäkuvion läpikäyminen kestää (keila kiertää koko radan ympäri palatakseen samaan paikkaan). Eli esimerkiksi jos etsintäkuvion läpikäynti kestää 8 sekuntia, päivittyy maalihavainto 8 sekunnin välein.

Nopeasti etsintäkuvion poikki siirtyvä maali saattaa jäädä havaitsematta koska maali onnistuu väistämään keilan sopivasti liikkumalla. Etsintäkuvion suhteen liikkuvan maalin havaintotodennäköisyys riippuu maalin liikesuunnasta suhteessa etsintäkuvioon. Vaakasuunnassa keilaava bar scan havaitsee erittäin luotettavasti kaikki vaakasuunnassa liikkuvat maalit eli vaakalentoa lentävät lentokoneet (lentokoneet lentävät enimmäkseen vaakalentoa). Ylhäältä alaspäin siivuja vaihtava bar scan etsintäkuvio ei suurella todennäköisyydellä havaitse nopeasti alaspäin syöksyvää maalia jonka nopeus on sama kuin

skannauksen keskimääräinen pystynopeus. Tämä on kuitenkin yleensä mahdollista vain suhteellisen lähellä tutkaa jolloin etsintäkuvion korkeus on suhteellisen pieni suhteessa skannausnopeuteen. Esim. jos etsintäkuvion korkeus on 10° ja läpikäyntiaika 4s, 20 NM etäisyydellä etsintäkuvion korkeus on 20000 jalkaa ja maalin tulisi sukeltaa keilan korkeus 4s aikana jotta sillä olisi suuri todennäköisyys välttää havaitseminen. Maali voi välttää havaitsemisen väliaikaisesti pienemmälläkin pystynopeudella siirtymällä edelliseen siivuun (ylhäältä alaspäin etenevässä kuviossa maali siis nousee) juuri ennen kuin keila olisi osumassa jolloin maalista saadaan havainto vasta seuraavalla kierroksella. Tällä ei kuitenkaan ole suurta merkitystä muuten kuin TWS seurannassa ohjusta maaliin ohjatessa.

Kaukana olevia maaleja etsittäessä etsintäkuvion suunnalla ei ole suurta merkitystä koska maali harvemmin liikkuu riittävän nopeasti väistääkseen tutkan keilan. Lentokoneen asennon mukaan stabiloidut skannauskuviot ovat kuitenkin alttiita tälle ilmiölle koska esim. tiukassa kaarrossa koneen suuri kaartonopeus saa maalin liikkumaan nopeasti etsintäkuvion poikki. Tällöin etenkin ylhäältä alaspäin (maali liikkuu myös ylhäältä alaspäin etsintäkuvion suhteen) skannaavat bar scan etsintäkuviot saattavat jättää maalin havaitsematta nopeassa kaarrossa. (Esim. DCS F-15C Auto Guns moodi. Oikean Eaglen Super Search moodi vaihtaa alhaalta ylös skannaukseen koneen kaartaessa tiukasti normaalin ylhäältä alas skannauksen sijaan tämän ongelman lieventämiseksi.)

HPRF ja MPRF molemmat havaitsevat maaleja joita toinen moodi ei pysty havaitsemaan eli ne täydentävät toisiaan. Tästä syystä on kehitetty lomitettu moodi joka vaihtelee MPRF ja HPRF moodia vuoron perään jolloin kaikki mahdolliset havaittavissa olevat maalit pystytään havaitsemaan automaattisesti. Tämän moodin haittapuolena on, jos maali voidaan havaita vain toisessa PRF moodissa, maalihavainto päivittyy kaksi kertaa pidemmän ajanjakson välein kuin kuvion läpikäynti kestää. DCS mallintaa tämän moodin muuttamalla maalin havaittavuuden MPRF ja HPRF moodien välimuodoksi eikä mallinna havaintojen aikavälin kasvamista.



Kuva 3-6. Tutkan etsintä- ja seurantamooodeja. Vasemmalta alkaen RWS (Range While Scan), TWS (Track While Scan), SWT (Scan While Track) ja STT (Single Target Track).

RWS (Range While Scan) moodissa tutka ilmaisee havaitut maalit sekä maalin suunnan ja etäisyyden. TWS (Track While Scan) moodissa tutka läpikäy etsintäkuviota täsmälleen samalla tavalla kuin etsintämoodissa mutta sen lisäksi tutkan prosessori laskee maalin nopeusvektorin useamman peräkkäisen havainnon perusteella. Tyypillisesti nopeusvektorin laskenta edellyttää kolmea peräkkäistä havaintoa eli nopeusvektori saadaan laskettua vasta esim. 6 sekunnin seurannan jälkeen (2s etsintäkuvio) (DCS ei mallinna tarvetta useammalle havainnolle ennen

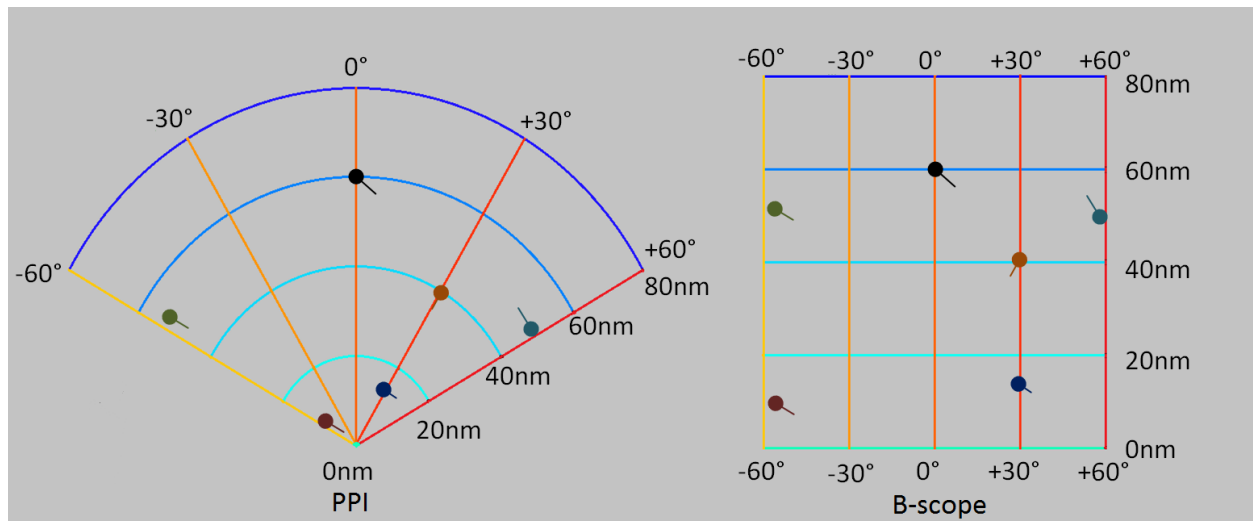
nopeusvektorin määrittämistä vaan nopeusvektori saadaan selville maagisesti yhden havainnon perusteella). Koska peräkkäiset mittaukset pitää tehdä suhteellisen lyhyellä aikavälillä (luokkaa 2 sekuntia), pitää skannauskuvion olla riittävän pieni jotta se ehditään käymään läpi vaaditussa ajassa. SWT (Scan While Track) moodi on periaatteeltaan kuin TWS mutta sitä voidaan käyttää vain elektronisesti keilaavissa tutkissa (PESA ja AESA tutkat) joiden keila voidaan suunnata käytännössä ilman viivettä minne tahansa antennin suuntausrajojen puitteissa. Tutka voi tällöin kesken etsintäkuvion skannauksen käydä välillä päivittämässä seurattavien maalien paikat toteuttaen kahden sekunnin päivitystiheys vaatimuksen ja jatkaa sitten etsintäkuvion skannausta keskeytyspaikasta ilman huomattavaa katkoa etsintäkuvion skannauksessa. Mekaanisesti antennin suuntavalla tutkalla SWT moodi on epäkäytännöllinen liian pitkistä antennin suuntaamiseen kuluvasta ajasta johtuen.

STT (Single Target Track) moodissa tutka seuraa yhtä maalia parhaimmalla mahdollisella päivitystiheydellä. STT seurantaa käytetään lähinnä puoliaktiivisen ohjuksen ohjaamiseen maaliin joka edellyttää suurta säteilyenergian kohdistamista maaliin sekä riittävän tiheää pulssintoistotaajuutta jotta ohjus näkee maalin ja pystyy seuraamaan sen liikkeitä viiveittä osumistodennäköisyyden maksimoimiseksi. Elektronisesti keilaava tutka pystyy seuraamaan useampaa maalia samanaikaisesti STT moodissa (esim. MiG-31 voi STT lukittaa kuusi maalia samanaikaisesti PESA tutkallaan). STT moodi pystyy seuraamaan nopeasti liikehtivää maalia luotettavammin lukon katkeamatta kuin TWS moodi joten STT on käyttökelpoinen myös aktiivisia tutkaohjuksia ammuttaessa vaikkei välttämättä pakollinen olisikaan.

Maalia seuratessaan tutkan pitää säilyttää keilan suuntaus maalia kohti vaikka maali liikehtisikin. Tämä saadaan aikaan liikuttamalla keilaa hieman sivuun maalin ympärille joka suuntaan ja mittaamalla kaiun voimakkuudet jonka jälkeen kuvion keskipistettä siirretään voimakkaimman kaiun suuntaan (conical scan). Tällainen maalin seuraaminen on altis häirinnälle koska häirintälähetin voi sopivasti voimakkaan valekaiun lähettämällä saada tutkan antennin kääntymään pois kohteesta. Tämän estämiseksi on kehitetty monopolssiantenni jossa on yhden pääkeilan sijaan neljä vierekkäistä pääkeilaa neliön muotoon suunnattuna. Monopolssitutka pystyy määrittämään maalin sijainnin keilojen välissä yhdellä pulssilla jolloin yksinkertainen valekaiku ei pysty huijaamaan tutkaa ja rikkomaan lukkoa. Monopolssiperiaatteella pystyy myös mittaamaan maalin suunnan tarkemmin kuin conical scan periaatteella.

Tutkan havaintojen esittämiseen on yleisesti käytössä kaksi erilaista esitystapaa, B-scope ja PPI (Plan Position Indicator). PPI näytöllä kontaktien väliset suunnat ja etäisyydet vastaavat todellisuutta eli se on ns. lintuperspektiivin kuva kuten karttakin. Tilannetajunäytöt tyypillisesti käyttävät PPI esitystapaa koska se vastaa selkeästi todellisuutta. Rajallista sektoria skannaavan tutkan, kuten hävittäjän tutkan, etsintäsektori on muodoltaan "piirakan siivu" joka on hankala sovittaa neliömäiselle näyttöpäätteelle vaan joko siivu käyttää kovin vähän näyttöpinta-alaa hyödyksi jääden pieneksi ja hankalasti luettavaksi tai se leikkautuu kulmista jolloin osa tutkan havainnoista jää piiloon. B-scopeissa vaaka-akseli kuvaa suuntaa ja pystyakseli etäisyyttä mikä johtaa siihen, etteivät maalien väliset suunnat ja etäisyydet näytöllä vastaa todellisuutta.

B-scopen projektiio kuitenkin venyttää piirakkasektorin suorakulmion muotoiseksi jolloin tutkan havainnot voidaan esittää näytöllä parhaalla mahdollisella tarkkuudella ja kokonaisuudessaan.



Kuva 3-7. PPI ja B-scope esitystapojen vastaavuudet. Tutka mittaa maalin koordinaatit napakoordinaatteina (suunta ja etäisyys) ja PPI esittää ne myös napakoordinaatteina kun taas B-scope venyttää napakoordinaatit karteesiseseen suorakulmaiseen koordinaatistoon. Maalien suuntavektorit voivat B-scope näytössä olla joko samat kuin PPI esitystavassa (kuvan esimerkki) tai maalin aspektin mukaan siten, että suunta näytöllä esim. alas on 180° aspekti ja sivulle on 90° aspekti.

Tutkaa voidaan häiritä tai harhauttaa metallisilpulla (chaff) joka heijastaa tutkan säteitä. Silppu koostuu alumiinisuikeista tai metallilla pinnoitetuista lasikuidun pätkistä joiden pituudet on sovitettu vihollisen tutkien käyttämille taajuuksille (dipoli heijastin). Yhdessä silppupilvessä on useamman pituisia suikaleita jotta se tehoaa erilaisia taajuuksia käyttäviin tutkiin. Silppupilven tutkapoikkipinta-ala on jopa monikymmenkertainen hävittäjän tutkapoikkipinta-alaan verrattuna. Vaikka tutkissa on kehittyneitä menetelmiä silpusta tulevien heijastusten eliminoinniseksi, ei täydellistä immuniteettia ole onnistuttu kehittämään. Pulssidoppler tutka pystyy suodattamaan hitaasti leijuvan silpun heijastukset mutta juuri laukaistu silppu antaa myös doppler siirtyneen kaiun. Lisäksi juuri laukaistua maalin lähellä olevaa silppua ei voida erottaa itse koneesta (suuntaresoluutio) mikä kasvattaa maalin havaittua kokoa ja muuttaa tähtäyspistettä ennen kuin silppu on sen verran kaukana että se voidaan erottaa erilliseksi heijastimeksi.

Dopplersuodatukselta johtuen silppu on tehokkaimmillaan kun tutkan säteet tulevat suoraan tai melkein suoraan sivulta (notch) jolloin silpusta tulevia heijastuksia on vaikeampaa suodattaa pois.

DCS ei mallinna silpun vaikutusta lentokoneen tutkalukkuun. Tutkaohjuksiin silppu vaikuttaa tietyllä todennäköisyydellä silppua kohti, ohjuksen jatkaessa häiriötä kohti maalia kunnes se

harhautuu silppuun. Maalin lentäessä poikittain tutkan LOS linjaan nähden ohjus harhautuu silppuun todennäköisemmin.

Tutkavaroitin

Tutkavaroitin (RWR, Radar Warning Receiver) vastaanottaa kaikkia mahdollisia signaaleja tutkien käyttämällä taajuuksilla, tunnistaa tutkan signaalit ja tulosuunnan sekä luokittelee tutkan tyyppin ja toimintamoodin muistista löytyvän signaalikirjaston avulla sekä antaa varoituksen lentäjälle. Koska signaali tutkavaroittimelle kulkee vain yhteen suuntaan, on signaalin vaimeneminen suhteessa etäisyyden toiseen potenssiin kun tutkalla se on etäisyyden neljänteen potenssiin. Tästä syystä tutkavaroittimen antenni voi olla pienikokoisempi ja vähemmän suuntaava mutta se silti pystyy havaitsemaan tutkan ennen kuin tutka havaitsee maalin. RWR pystyy havaitsemaan tutkan myös havaitsemalla sen sivukeilan signaalin (ei mallinnettu DCS:ssä).

Tutkavaroittimella on useita antennoja ympäri koneen runkoa jotta signaaleja voidaan mitata joka suunnasta ja signaalin suunta pystytään selvittämään. Tyypillisesti kuitenkin suoraan rungon ylä- ja alapuolella on kuolleet sektorit. Signaalin suunta voidaan selvittää joko monopolussiperiaatteella eli signaalin voimakkuuksia eri antenneissa vertailemalla tai interferometrialla eli eri antenneista mitattujen signaalien vaihetta vertailemalla. Interferometria on tarkempi mutta monimutkaisempi menetelmä. Monopolussitekniikalla tarkkuus on $1\text{--}10^\circ$ kun taas interferometrialla päästään asteen kymmenesosiin. Tyypillinen RWR mittaa suunnan monopolussiperiaatteella ja interferometria on käytössä lähinnä tutkien tuhoamiseen tai häirintään erikoistuneissa järjestelmissä joissa tutkan tarkka paikantaminen on tärkeää.

Signaalin luokittelu perustuu tutkan keskitaajuuden sekä pulssintoistotaajuuden ja pulssintoistotaajuuksien vaihtelun mittaamiseen. Jos mitattua signaalia ei löydy kirjastosta pyrkii RWR luokittelemaan signaalin johonkin yleiseen luokkaan (lentokone, IT:n tulenjohtotutka, valvontatutka, jne.). Esimerkiksi valvontatutkat käyttävät suhteessa matalia taajuuksia havaintoetäisyyden maksimoimiseksi kun taas tulenjohtoon käytettävät tutkat kuten lentokonetutkat käyttävät korkeampia taajuuksia tarkan maalin paikan ja nopeusvektorin mittaamiseksi.

RWR yleensä antaa lentäjälle myös tietoa signaalin voimakkuudesta jonka perusteella lentäjä voi tehdä arvion tutkan etäisyydestä. Signaalin voimakkuus ei itsessään mahdollista tarkkaa etäisyyden määrittämistä koska tutkan lähetysteho ei välttämättä ole vakio, vastaanotettu signaali on peräisin sivukeilasta tai ympäristötekijät kuten sade vaimentaa signaalia. DCS ei mallinna ympäristön vaikutusta signaalin voimakkuuteen, sivukeiloja ei ole mallinnettu eikä DCS:n tutkat vaihtelee lähetystehoaan jolloin tarkka etäisyyden määrittäminen signaalin voimakkuuden perusteella on mahdollista.

Pitkän kantaman ohjukset tarvitsevat jonkinlaista kauko-ohjausta ennen kuin ne pääsevät sen verran lähelle maalia jotta niiden oma aktiivinen taikka passiivinen tutka tai muu sensori havaitsee maalin. RWR voi havaita tämän kauko-ohjaukseen käytettävän signaalin ja antaa sen perusteella varoituksen ohjuslaukaisusta.

IFF (Identification Friend or Foe)

IFF järjestelmät toimivat toisiotutka periaatteella eli kun maali saa tutkan signaaliin yhdistetyn oikean koodin, lähettää maalin IFF järjestelmä vastauskoodin jonka kyselyn lähettänyt tutka havaitsee. Tutka ei tyypillisesti kysele koodeja automaattisesti havaitsemiltaan kohteilta vaan kysely täytyy käynnistää manuaalisesti.

IFF kertoo vain onko kone oma mutta se ei suoraan paljasta onko havaittu kone vihamielinen. Esim. kolmannen osapuolen koneet reagoivat IFF kyselyyn samalla tavalla kuin viholliset eli eivät anna vastausta. IFF järjestelmän heikkous on, että se voi teknisestä tai inhimillisestä syystä (väärä koodi tai jokin oleellinen kytkin väärässä asennossa) olla epäkunnossa tai toimia väärin jolloin oma kone ei anna vastausta tai harvinaisemmassa tapauksessa vihollisen kone tunnistetaan omaksi.

IFF järjestelmän koodeja vaihdetaan yleensä tasaisin väliajoin jotta vihollinen ei pysty huijaamaan järjestelmää signaalitiedustelun perusteella sieppaamallaan ja purkamillaan koodeilla vaikka järjestelmän fyysinen toimintaperiaate olisikin vihollisen tiedossa.

DCS mallintaa IFF:n automaattisena järjestelmänä joka on aina päällä ja toimii virheettä eli aina tunnistaa omat koneet oikein. DCS:n tutkat myös automaattisesti IFF tunnistavat havaitsemansa maalit. (Poikkeuksena MiG-21 ja M-2000 joissa IFF-moodi täytyy käynnistää manuaalisesti.)

IRST (Infrared Search and Track)

IRST on passiivinen infrapunatutka ja havaitsee maalit niiden lämmön perusteella.

Lämpökamerasta IRST eroaa sillä, että se on täysiverinen tutkajärjestelmä joka automaattisesti skannaa etsintäkuviota ja ilmaisee havaitut kontaktit ohjaamon tutkanäytöllä ja ohjaaja voi lukittaa havaitun maalin seurantaan.

WIP...

RWR, IFF, IRST, MLWS, Laservaroitin. LRF, EO-kamerat, silmä

4 - Ohjustekniikkaa

Nykyaikainen ilmataisteluohjus on luotettava ja tarkka ase ja kaukana alkuaikojen "polttoainesäiliöistä" (laukaistessa ohjus putoaa kuten polttoainesäiliö). Ohjuksilla on kuitenkin rajansa suorituskyvyssä ja omat heikkoutensa joita hyödyntämällä osaava pilotti pystyy välttämään osuman ja harhauttamaan ohjuksen.

Ohjuksen tärkeimmät osakokonaisuudet ovat hakupää, ohjautuslogiikka, ohjausjärjestelmä, sytytin, taistelukärki ja moottori. Hakupää lukittuu maaliin ja välittää tietoa ohjautuslogiikalle maalin sijainnista. Ohjautuslogiikka antaa käskyt ohjausjärjestelmälle ohjausliikkeistä joilla ohjus saadaan hakeutumaan maaliin. Ohjausjärjestelmä hallitsee ohjuksen ohjainpintoja ohjauskomentojen toteuttamiseksi. Sytytin havaitsee osuman maaliin tai maalin läheisyyden ja räjäyttää taistelukärjen optimaalisella hetkellä. Taistelukärki saa aikaan tuhovaikutuksen maalissa ja se on optimoitu yhdessä sytyttimen kanssa maksimoimaan maalille syntyvä tuho suorassa osumassa tai läheltä tapahtuvassa ohituksessa. Moottori kiihdyttää ohjuksen suureen nopeuteen (2-5 mach) ja tämän jälkeen sammuu jolloin ohjus muuttuu luodin nopeudella lentäväksi liidokiksi tai palaa jonkin aikaa osateholla nopeuden ylläpitämiseksi ennen sammumista.

Moottori

Ilmataisteluohjusten moottorit ovat kiinteäajoaineisia rakettimoottoreita koska ne ovat yksinkertaisia, halpoja ja varmatoimisia. Haittapuolena moottorin tehoa ei voi säätää tilanteen mukaan vaan ainoastaan etukäteen moottoria valmistettaessa. Kun kiinteä ajoaine sytytetään, se palaa kerralla loppuun asti. Palamisnopeus ja siten työntövoima riippuu ajoaineen palavasta pinta-alasta jota voidaan säädellä muotoilemalla ajoaineen keskellä oleva onkalo sopivalla tavalla. Tyypillisesti moottori suunnitellaan palamaan nopeasti loppuun tai vaihtoehtoisesti palamaan aluksi nopeasti ohjuksen kiihdyttämiseksi ja lopuksi hitaasti ohjuksen nopeuden ylläpitämiseksi tai hidastumisen hidastamiseksi. Hidastumisen hidastaminen saadaan aikaan pienelläkin polttoainemäärällä koska ilmanvastusta voi pienentää paljonkin tuottamatta varsinaisesti työntövoimaa täyttämällä ohjuksen perään jäävän alipaineisen alueen palokaasuilla pyörteilyn vähentämiseksi.

Uudemmat länsimaiset ohjukset käyttävät savutonta (käytännössä kuitenkin vähän savua) ajoainetta ohjuksen laukaisun ja lentoradan piilottamiseksi. Savuton ajoaine ei kuitenkaan ole aivan yhtä tehokasta (sisältää vähemmän energiaa painoyksikköä kohden) kuin savuttava.

Joissakin uudemmissa ohjuksissa on kaksiosainen rakettimoottori jonka jälkimmäinen osa voidaan sytyttää kun ohjus on lähellä maalia jolloin ohjus saa lisää energiaa kaartamiseen maalin väistöliikkeiden seuraamiseksi. Tämä tekniikka kasvattaa ohjuksen tehokasta kantamaa suurentamalla laukaisuetäisyyttä josta ohjusta ei voida väistää liikehtimisellä. Tällaisia ohjuksia ei ole DCS:ssä.

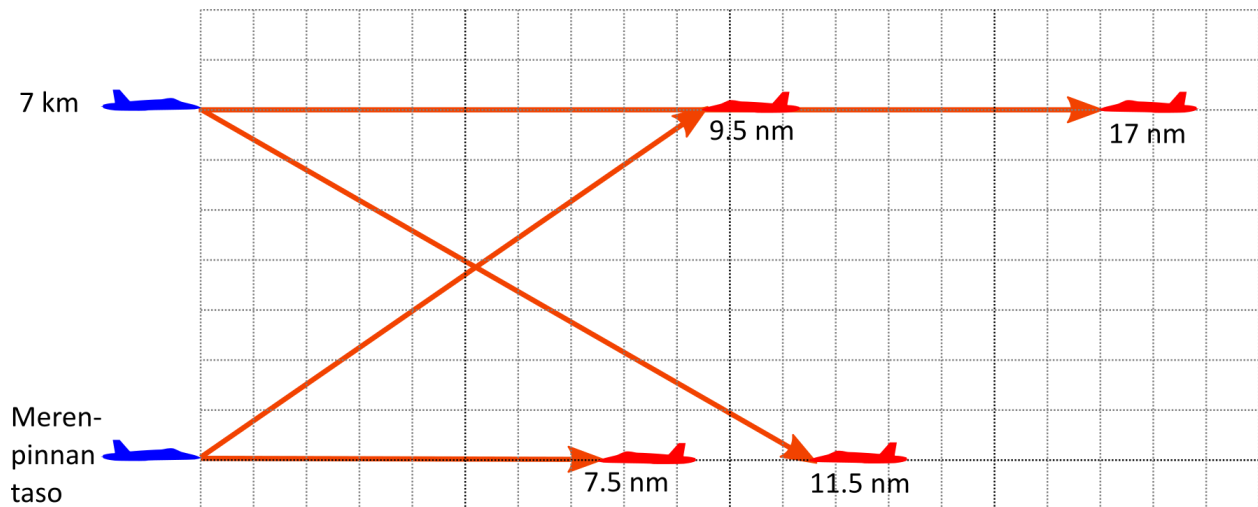
Kantamaan ja osuvuuteen vaikuttavat tekijät

Ohjuksen kantama on hyvin paljon riippuvainen olosuhteista, tärkeimpien tekijöiden ollessa ilmanvastus eli laukaisukorkeus ja maalin korkeus sekä maalin aspekti, nopeus, kaartokyky ja liikehdintä.

Ohjuksen maksimi lentomatka (fly-out distance) on etäisyys jonka ohjus ehtii lentää ennen kuin sen lentonopeus putoaa liian pieneksi jotta ohjus pystyy lentämään ja ohjautumaan. Kohti tulevaan maaliin ohjus voidaan laukaista kauempaa koska maali lentää osan matkasta vastaan. Loittonevaan maaliin laukaisuetaisyys on pienempi koska ohjuksen täytyy ottaa maali kiinni ennen kuin sen nopeus putoaa pienemmäksi kuin maalin nopeus.

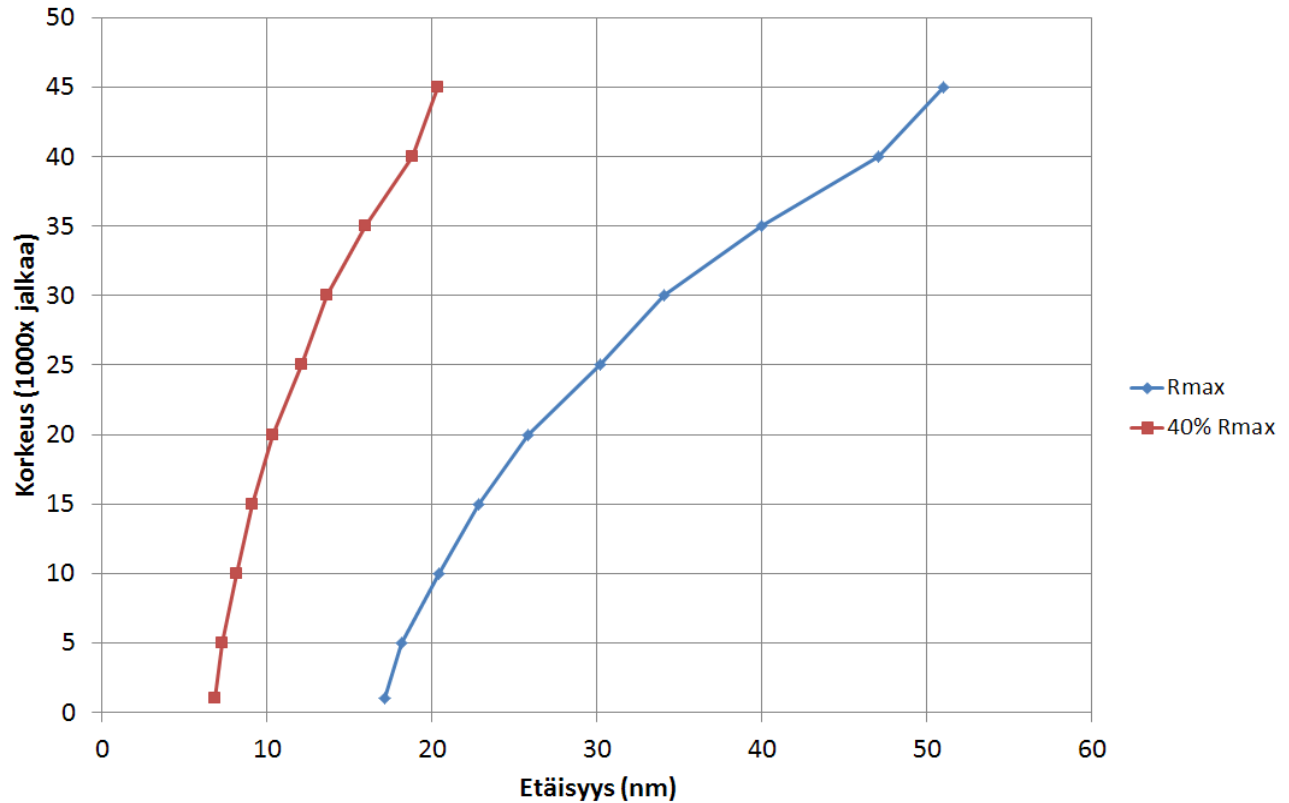
Kun ohjuksen lentonopeus putoaa pienemmäksi kuin laukaisevan lentokoneen lähestymisnopeus maaliin, alkaa laukaissut kone saavuttaa ohjusta. Tällöin on mahdollista, että myöhemmin ammuttu ohjus ohittaa aikaisemmin ammutun ohjuksen ja osuu maaliin ensin. Tyypillisesti R_{MAX} etäisyydeltä (maksimi kantama) kohti tulevaan maaliin ammutut ohjukset lentävät kauemmin maaliin kuin ohjukset jotka on ammuttu etäisyydeltä josta ohjuksen nopeus pienenee laukaisevan koneen nopeuteen juuri osumahetkellä. Maalin on myös vaikeampaa väistää myöhemmin ammuttu nopeampi ohjus. Yleensä pienikin sivu- tai vastatuuli tai maalikoneen suunnanmuutos riittää R_{MAX} etäisyydeltä ammutun ohjuksen hutiin. **Yleisesti ei ole järkevää ampua ohjusta maksimikantamalta.**

Ilmanvastus riippuu merkittävästi korkeudesta, ollen pienempi korkealla, jolloin siis korkealla lentävä ohjus lentää kauemmas kuin matalalla lentävä. Ilmanvastuksen muutos korkeuden mukaan saa aikaan myös sen, että ylämäkeen korkeammalla olevaa maalia ampuessa ohjus kantaa pidemmälle kuin vaakasuoraan samalla korkeudella olevaa maalia ampuessa koska ilman oheneminen korkealla vähentää ilmanvastusta vaikka ohjus joutuukin käyttämään liike-energiaansa nousemiseen. Samoin alempana olevaan maaliin ampumalla ohjus kantaa lyhyemmälle kuin samalla korkeudella olevaan maaliin koska matalammalla suurempi ilmanvastus hidastaa ohjusta merkittävästi vaikka ohjus voikin muuttaa potentiaalienergiaa vauhdiksi. Kuitenkin alamäkeen ampumalla ohjus kantaa hieman pidemmälle energiaedun vuoksi kuin toiseen suuntaan ylämäkeen ampumalla.

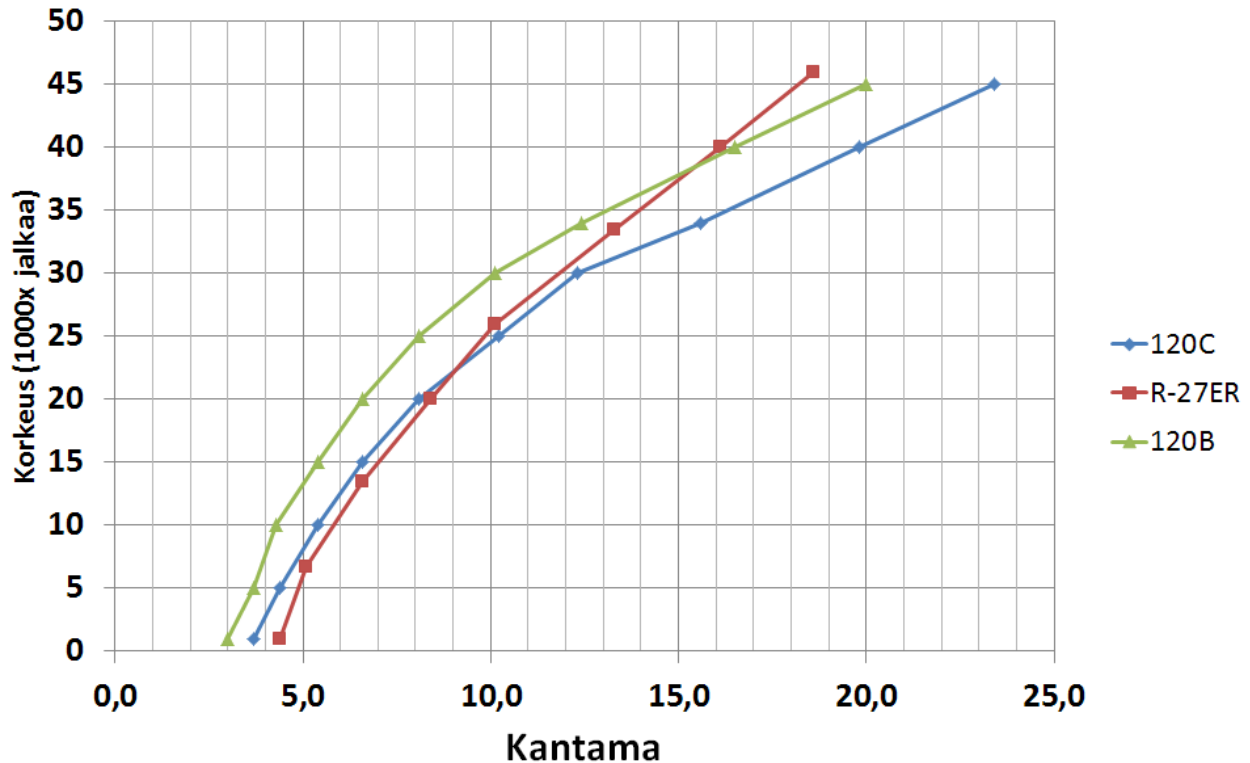


Kuva 4-1. AIM-120C suhteellinen kantama suoraan kohti lähestyvään maaliin ampumakorkeuden ja maalin korkeuden vaihdellessa. Laukaisuetäisyys on sovitettu siten, että ohjuksen nopeus maaliin osuessa on 2.0 M. Alaviistoon ampuessa ohjuksen kantama pienenee verrattuna vaakatasossa ampumiseen ja yläviistoon ampuessa ohjuksen kantama kasvaa verrattuna vaakatasossa ampumiseen. Ilmiön syynä on ilmakehän tiheyden oheneminen ja ilmanvastuksen pieneneminen korkeuden kasvaessa. Maalin ja ampujan nopeus 600KTAS, maali lentää suoraan eikä liikehdi, maalin aspekti 180°. (DCS 1.5.0)

Jotkin ohjukset käyttävät pystysuunnassa kaarevaa lentorataa kantaman pidentämiseksi (loftaus). Ohjus käyttää alussa nopeuttaan nousuun ohuempaan ilmaan ja sen jälkeen se lentää likimain ballistisessa kaaressa lähelle maalia keräten jälleen nopeutta syöksyssä ja tekee loppulähestymisen törmäyspisteeseen perinteisellä suhteellisella ohjautusmenetelmällä. Loftaus on käytössä mm. AIM-54 Phoenix ja AIM-120 AMRAAM ohjuksissa. Toistaiseksi loftaus ei toimi luotettavasti DCS:ssä vaan ohjus useimmiten kuluttaa energiansa turhaan kääntyilyyn lentoradan alussa tai häipyy korkealle stratosfääriin jääden kauaksi kohteestaan.



Kuva 4-2. AIM-120C teoreettinen maksimikantama (sininen käyrä) 727 KTAS (1.1-1.3 Mach, riippuen korkeudesta) nopeudella suoraan kohti lähestyvään maaliin laukaisevan koneen nopeuden ollessa 1.1 Mach. Kuvattu kantama on teoreettinen koska se ei huomioi ohjuksen liikehdintää lennon aikana joka saattaa pienentää tai kasvattaa (loftaus) käytännön kantamaa mutta teoreettinen kantama vastaa suuruusluokaltaan keskimäärin käytännön kantamaa. 40% kantama vastaa likimäärin kantamaa josta ohjuksen väistö liikehtimällä edellyttää tutkalukon katkaisua (käännettävä enemmän kuin 60° poispäin maalista).



Kuva 4-3. AIM-120C, AIM-120B ja R-27ER ohjusten kantamia 1.1M lentonopeudella loittonevaan maaliin eri korkeuksilla kun laukaisevan koneen nopeus on 1.1 M. Ohjuksen lento on valittu loppuvaksi joko nopeuden laskiessa alle 1.1 M (ei saa maalia kiinni) tai ohjuksen lentoajan täytyessä (lakkaa ohjautumasta). Huomionarvoista on, että matalalla ohjuksen kantama loittonevaan maaliin on alle 5 NM eli maali on näköetäisyydellä kun taas hyvin korkealla ohjus saa loittonevan maalin kiinni vielä yli 15 NM / 30 km etäisyydeltä. (DCS 1.5.0)

Ohjuksen kantama riippuu suurelta osin olosuhteista ja maalin liikehännästä. Pienimmillään saman ohjuksen kantama voi olla vain 3 NM (nopeasti pois päin lentävä väistelevä maali matalalla) ja parhaimmillaan yli 60 NM (suoraan kohti 2.0 Mach nopeudella lentävä maali korkealla joka ei tee väistöliikkeitä).

Ohjuksille on määritelty maksimikantaman R_{MAX} lisäksi R_{TR} (Turn and Run) joka on kantama jonka sisällä oleva maali ei pysty karkaamaan ohjukselta kaartamalla karkuun. Tämä ei siis kuitenkaan tarkoita vielä kantamaa josta ohjus osuu 100% varmuudella tai ettei maali pystyisi väistämään ohjusta vaan että ohjus pystyy saamaan karkuun lähteneen maalin kiinni (osumaan tai lentämään ohi) 100% varmuudella. R_{TR} on tilannekohtainen ja riippuu ampujan ja maalin korkeuksista ja lentonopeuksista sekä keskinäisistä asennoista. R_{TR} määritelmässä on sisäänrakennettuna oletus tietystä maalin väistöliikkeestä, kuten että maali muuttaa lentosuuntansa suoraan ohjuksesta poispäin laukaisuhetkellä tietyn tiukkuuksella vaakataossa tapahtuvalla käännöksellä ja sen jälkeen lentää poispäin tietyllä nopeudella. Käytännössä

maalin alkunopeus, kaartokyky ja kiihtyvyys vaihtelevat ja saattavat olla R_{TR} määritelmän oletusta huonompi tai parempi. Lisäksi maali yleensä muuttaa suuntaa split-S käännoksellä ohjusta vastaan paetessaan joka on vaakatasossa tapahtuvaa U-käännoästä tehokkaampi antaen paremman pakonopeuden ja pienentäen maalin lentokorkeutta joka lyhentää ohjuksen kantamaa. Tästä syystä R_{TR} kantama pitää ottaa suuntaa-antavana eikä absoluuttisena totuutena. Lisäksi maali yleensä pystyy (riippuu ohjuksen kaartokyvystä) vielä väistämään ohjuksen vaikkei siltä karkuun enää pääsisikään.

Mitä enemmän ohjuksella on nopeutta, sitä vaikeampaa sitä on väistää. Ohjuksen maksimi G-raja on tyypillisesti 30-60G luokkaa ylittäen lentokoneen ja lentäjän G rajat kirkkaasti. Käytännössä näihin lukemiin päästään vain ohjuksen lennon alkuvaiheessa ohjuksen ohjautuessa törmäyskurssille maalin kanssa jos ohjusta ei heti suoraan ammuttu kohti oikeaa ennakkopistettä. Ohjus noudattaa samoja aerodynamiikan lakeja kuin lentokonekin, eli nostovoima riippuu kohtauskulmasta ja lentonopeudesta ja nostovoiman tuottaminen lisää ohjuksen ilmanvastusta. Mitä enemmän lentonopeutta, sitä enemmän nostovoimaa tietty kohtauskulma saa aikaan. Ohjuksen nostovoima on enimmäkseen peräisin rungon nosteesta siipien nostovoiman ollessa pienemmässä roolissa niiden pienen koon takia. Pienestä siipien pinta-alasta johtuen ohjus tarvitsee huomattavasti enemmän vauhtia saman G:n tuottamiseen kuin lentokone. Siivet ovat pienet ilmanvastuksen minimoiseksi jotta ohjus saavuttaa suuren lentonopeuden ja lentomatkan sekä lyhyen lentoajan ja tarvittava liikehtimiskyky saadaan aikaan suuren nopeuden aikaansaamalla nostovoimalla.

Kohtauskulman kasvaminen kasvattaa myös ilmanvastusta ja pienentää ohjuksen lentonopeutta ja kaartokykyä. Koska ohjuksella on käytettävissään vain rajallinen määrä energiaa moottorin antaman alkuenergian muodossa, on ohjuksen liikehtimismäärä myös rajallinen verrattuna lentokoneeseen jonka moottori tuottaa jatkuvasti lisää energiaa lentokoneelle. Jos ohjus joutuu liikehtimään koko lennon ajan, se kuluttaa käytettävissään olevaa energiaa ja sen lentonopeus ei välttämättä lähellä maalia enää riitä riittävän kiihtyvyyden tuottamiseen maalin liikkeiden seuraamiseksi. Jotta ohjus pystyisi ylläpitämään törmäyskurssin liikehtivän maalin kanssa, pitää ohjuksen pystyä kaartamaan likimain samalla tai hieman suuremmalla keskeiskiihtyvyydellä (G:llä) kuin maalin jotta törmäyskurssi pystytään ylläpitämään.

Ohjuksilla on myös minimikantama R_{MIN} jonka suuruus riippuu samoista tekijöistä kuin maksimikantamakin. Ohjuksella kestää hetki ohjautua törmäyskurssille maalin kanssa ja jos ohjus lentää maalin ohi ennen sitä, ei ohjus luonnollisestikaan pysty hakeutumaan maaliinsa. Mitä tarkemmin ohjus osoittaa oikeaan ennakkopisteeseen jo ennen laukaisua, sitä lähempää ohjus pystyy osumaan maaliinsa. Mitä korkeammalta ohjus laukaistaan, sitä ohuempaa ilma on ja sitä suurempi ohjuksen kaartosäde eli tarvittava kääntymistila (etäisyys) jotta ohjus pystyy kääntymään maalia kohti.

Tyypillisesti hävittäjän tietokone laskee R_{MAX} , R_{TR} ja R_{MIN} etäisyydet lukittuun maaliin jotta lentäjä osaa laukaista ohjuksen oikealla hetkellä. Kuten jo edellä mainittiin, nämä etäisyydet ovat kuitenkin tiettyjen oletusten mukaan laskettuja eivätkä oletukset välttämättä päde tarkasti käsillä

olevassa tilanteessa. Toisekseen hävittäjän tietokone ei laske vihollisen ohjusten kantamaa mikä pitäisi tietää, jotta pystyy pysymään vastustajan aseiden ulottumattomissa mutta kuitenkin pääsemään mahdollisimman lähelle jotta omien ohjusten osumistodennäköisyys olisi mahdollisimman hyvä. Tästä syystä on parempi osata arvioida ohjusten kantamia eri tilanteissa ilman tietokonettakin jotta pystyy huomioimaan tilannekohtaiset tekijät ja myös vihollisen ohjusten kantaman. Tämä voi kuulostaa yli-inhimilliseltä vaatimukselta mutta onnistuu kokemuksen ja harjoittelun myötä.

Hakupää

Ilmataisteluohjusten hakupäitä on kolmea eri tyyppiä: lämpöhakuinen, puoliaktiivinen tutka ja aktiivinen tutka. Lisäksi on olemassa (ainakin prototyyppinä) passiivisesti tutkaan hakeutuvia ilmasta-ilmaan ohjuksia (toimintaperiaatteeltaan kuten AGM-88 HARM) mutta niitä ei ole DCS:ssä mallinnettu. Puoliaktiivinen tutkaohjus havaitsee maalin siitä heijastuvan laukaisukoneen tutkan säteilyn perusteella kun taas aktiivinen tutkaohjus valaisee maalin omalla tutkallaan. Hakupää antaa ohjautusjärjestelmälle tiedon maalin suunnasta ja mahdollisesti etäisyydestä. Suurin osa ohjuksista pitää lukita maaliin ennen laukaisua (LOBL, Lock-On Before Launch, lämpöhakuiset ja puoliaktiiviset tutkaohjukset) jotta ohjus pystyy löytämään maalin. Aktiiviset tutkaohjukset pystyvät etsimään maalin itsenäisesti joten niillä ei tarvitse olla lukitusta maaliin ennen laukaisua vaan riittää, että ohjus ammutaan maalin suuntaan ja ohjus lukittuu ensimmäiseen havaitsemaansa kohteeseen (LOAL, Lock-On After Launch). Myös uusimmat lämpöhakuiset ohjusten mallit pystyvät lukittumaan kohteeseen laukaisun jälkeen (esim. AIM-9X Block II, Python 5).

Kaikille hakupäille yhteisiä suorituskykyyn vaikuttavia parametrejä ovat suurin maalin seurantakulmanopeus (LOS rate), hakupään maksimi kääntymiskulma ja havaitsemisetäisyys. Seurantakulmanopeus määrittää kuinka nopeasti hakupää pystyy kääntymään maalia seurattaessaan. Jos maalin liikkeen seuraaminen edellyttää maksimia suurempaa hakupään kääntymisnopeutta, ohjus menettää lukon maaliin. Hakupään maksimi kääntymiskulma taas määrittää kuinka paljon ohjuksen pituusakselista sivuun hakupää pystyy seuraamaan maalia. Lukon katkeamiseen hakupään kääntymiskulman tai -kulmanopeuden takia vaikuttaa maalin liikkeen lisäksi myös ohjuksen oma liike. Yleisesti ottaen ohjuksen oma liike pyrkii auttamaan hakupäätä eli jos esim. maali liikkuu sivusuunnassa, pyrkii ohjus kääntymään maalin liikesuuntaa kohti mikä pienentää seurantakulmanopeutta ja hakupään asentokulmaa. Laukaistaessa ohjus kuitenkin lentää pienen matkan suoraan ennen hakeutumisen aloittamista jolloin lukko voi katketa jos laukaisu tapahtui hakupään suorituskyvyn rajoilla.

Hakupään pitää pystyä jotenkin määrittämään havaitun kohteen suunta suhteessa ohjukseen jotta hakeutuminen on mahdollista. Hakupää itsessään näkee vain kapean keilan ja hakupäätä käännetään siten että maali pysyy koko ajan mahdollisimman keskellä hakupään näkökentän keskikohtaa ja ohjus käyttää varsinaiseen ohjautumiseen hakupään asentotietoa. Kuitenkin edelleen tarvitaan tekniikka jolla maalin sijainti hakupään näkökentässä voidaan selvittää.

Lämpöhakupää

Lämpöhakupään ilmaisinelementti muuttaa siihen osuvan lämpösäteilyn sähköiseksi signaaliksi. Kuten aikaisemmin todettiin, ilmakehässä on kolme "ikkunaa" eli aallonpituuskaistaa joissa lämpösäteily pystyy etenemään ilmakehässä (2.2 μ m, 3-5 μ m ja 8-12 μ m ikkunat).

Ilmaisinelementti toimii vain yhden kaistan alueella mutta se voidaan suunnitella toimimaan useammalla kaistalla (moniväri-ilmaisim) yhdistämällä useampi ilmaisim samaan elementtiin. Vaikka tämä pienentää ilmaisimen herkkyyttä (yksittäisen ilmaisimen pinta-ala pienenee), pystyy tällainen ilmaisim paremmin erottamaan ja hylkäämään valemaalit (soihdut, ym.). Lisäksi on olemassa ilmaisinelementtejä jotka ilmaisevat myös ultraviolettivaloa jolloin auringon valo (ja sen heijastukset) voidaan tunnistaa ja hylätä maalina. 2.2 μ m ikkuna on käytössä ohjuksissa jotka havaitsevat vain maalin moottorin kuumuuden takaapäin kun taas 3-5 μ m on käytössä yksielementtistä ilmaisinta käyttävissä all-aspect ohjuksissa ja 8-12 μ m ikkuna kuvantavaa matriisia käyttävissä ohjuksissa.

Lämpöhakupäissä maalin suunnan määrittämiseen on olemassa useampia tekniikoita. Vanhin ja yksinkertaisin (vanhin oikeasti käyttökelpoinen) on pyörivää retikkeliä käyttävä hakupää. Ilmaisinelementin edessä on pyörivä reikälevy joka katkoo ilmaisinelementtiin tulevaa säteilyä tarkkaan määritellyllä tavalla riippuen kohteen sijainnista näkökentässä. Syntyneestä signaalista voidaan signaalinkäsittelyn menetelmin erottaa signaalit maalin x- ja y-suunnalle. Vanhemmissa yksielementti hakupäissä käytetään AM-modulointia jossa signaalin voimakkuus kertoo maalin poikkeaman hakupään keskiakselista. Tällöin suoraan näkökentän keskellä oleva maali ei anna minkäänlaista signaalia hakupään suuntausjärjestelmälle. AM-modulaation heikkous on herkkyyys soihtuille koska mikä tahansa pienikin heräte maalin vieressä saa ohjuksen kääntymään pois maalista. Tähän kehitettiin parannuksena FM-modulaatiota käyttävä retikkeli jolloin hakupää antaa vahvan signaalin myös kohti maalia osoittaessaan. Tällöin soihtujen ja muiden häiriöiden antama signaali joutuu kilpailemaan maalin signaalin kanssa jolloin harhauttaminen on vaikeampaa. Kaikkien retikkeliä käyttävien hakupäiden yhteinen heikkous on kyvyttömyys erottaa useampia lämmönlähteitä toisistaan mistä syystä ne voidaan "sokaista" ampumalla paljon soihtuja kerralla.

Paras yksielementtistä ilmaisinta käyttävä hakupäätyyppi on pyyhkäisemällä kuvantava ilmaisim. Tällainen hakupää pyyhkäisee koko näkökentän järjestelmällisesti läpi kapeakeilaisella ilmaisimella ja rakentaa kuvan näkökentästä ohjuksen muistiin. Ohjaussignaali muodostetaan kuvasta tunnistetun maalin sijainnin perusteella. Kuvantava ilmaisim pystyy erottamaan erilliset lämmönlähteet toisistaan ja mittaamaan niiden liikeradat jolloin maalien liikettä voidaan hyödyntää valemaalien erottamiseksi oikeasta maalista (esim. valitaan aina parven etummainen lämpölähte maaliksi). Pyyhkäisemällä kuvantavan hakupään muodostama kuva on matalaresoluutioinen ja siten maalien tulee olla riittävän kaukana toisistaan jotta ne erotetaan erillisiksi maaleiksi. Lisäksi tällaisen kuvan perusteella ei voida erottaa maalin kokoa tai muotoa. Tämäkin hakupäätyyppi on altis suurelle määrälle soihtuja kerrallaan.

Uusin ja paras hakupäätyyppi on kuvantava matriisi joka on käytännössä pieni ja "halpa" lämpökamera. Tällainen hakupää pysty erottamaan maalin harhamaaleista sen koon ja liikkeen perusteella joten sitä on erittäin vaikeaa harhauttaa. Ainoat julkisesti tunnetut keinot kuvantavan hakupään harhauttamiseksi ovat erilaisia hakupään sokaisuun perustuvia tekniikoita (savu, laser, ym.). Kuvantava matriisi on myös herkempi (pidempi valotusaika kuin retikkeli- tai skannaamalla kuvantavassa hakupäässä) joten se havaitsee maalit kauempaa ja voimakkaampien häiriötekijöiden seasta.

Puoliaktiivinen tutkahakupää

Puoliaktiivinen tutkahakupää on pelkästään vastaanottava tutka, joka havaitsee maalin ohjuksen laukaisseen hävittäjän tutkan säteiden perusteella. Pulssitutkien kanssa käytettävä alkeellisin puoliaktiivinen hakupää hakeutuu voimakkaimpaan havaitsemaansa kaikuun. Pulssidoppler tutkien kanssa käytettävä moderni ohjus pystyy myös kuuntelemaan lentokoneen tutkan lähettämiä pulsseja taakaapäin jolloin se pystyy takaa mitattua pulssia ja edestä mitattua heijastusta vertailemalla määrittämään heijastuneen signaalin dopplersiirtymän ja hyödyntämään doppler suodatusta maavälkkeen eliminoimiseksi jolloin ohjus pystyy hakeutumaan myös maata vasten oleviin maaleihin.

Koska ohjuksen tutka on erittäin pieni, on sen kantama myös lyhyt, yleensä lyhyempi kuin ohjuksen kantama. Tästä syystä ohjus tarvittaessa ohjautuu alkumatkan datalinkin perusteella tai muulla tavalla lähemmäksi maalia kunnes tutka-antenni pystyy havaitsemaan maalista tulevat heijastukset. Koska tutkan mittaustarkkuus on riippuvainen mittausetäisyydestä, ei ohjusta voi ohjata osumaan maaliin kauko-ohjauksella lentokoneesta käsin vaan loppulähestyminen on tehtävä ohjuksen oman sensorin perusteella (maalin paikka voidaan mitata aina vain tarkemmin ohjuksen lähestyessä maalia) jotta luotettava osuminen on mahdollista.

Vanhemmat tutkaohjukset käyttävät conical scan menetelmää maalin suunnan määrittämiseksi missä tutka pyöryttää keilaa maalin ympärillä (maali kuitenkin ainakin osittain keilan sisässä) ja seuraavan pyörytyksen keskipistettä siirretään voimakkaimman kaiun suuntaan. Tämä menetelmä on altis häirinnälle ja se on epätarkka. Uudemmat ohjukset käyttävät monopolssiperiaatetta jonka tarkkuus mahdollistaa suoran osuman saamisen pieniinkin maaleihin. Monopulssitutka käyttää neljää osittain päällekkäistä keilaa samanaikaisesti ja keilojen vastaanotettamien kaikujen voimakkuuksien erojen perusteella määrittää maalin tarkan sijainnin keilojen välissä. Puoliaktiivisen ohjuksen ampumiseksi hävittäjällä pitää olla STT lukko maaliin jotta riittävästi energiaa heijastuu maalista ja kaikupulsseja havaitaan riittävän suurella taajuudella maalin jatkuvan sijainnin määrittämiseksi.

Puoliaktiivisen ohjuksen hakupään lukko katkaistaan samoilla tekniikoilla kuin minkä tahansa tutkan lukko. Lisäksi ohjus harhautuu pois maalista jos ohjusta tukevan tutkan lukko katkeaa. Pääasialliset menetelmät tutkan lukon katkaisuun ovat notchaus ja silppu. Lisäksi vanhempien

pulssitutkien lukko voidaan katkaista laskeutumalla tutkan alapuolelle jolloin maavälke sokaisee tutkan.

Aktiivinen tutkahakupää

Aktiivisessa tutkahakupäässä on myös lähettävä tutka jolloin ohjus pystyy itsenäisesti havaitsemaan ja seuraamaan maalia. Uusimmissa ohjuksissa (AMRAAM, R-77) hakupään tutkat ovat monopolssiperiaatetta käyttäviä pulssidoppler tutkia joten ainoa merkittävä ero hävittäjän tutkaan on niiden pieni koko ja siitä seuraava pieni kantama.

Hakupään pienestä kantamasta johtuen ohjus joutuu hakeutumaan maalin läheisyyteen puoliaktiivisesti tai inertiaohjauksella näköetäisyyden ulkopuolelta ammuttaessa. Inertiaohjauksessa ohjus saa datalinkillä tietoa maalin sijainnista ja suunnistaa inertianavigointijärjestelmällä (omaa sijaintitietoa päivitetään reaaliajassa suunta- ja nopeustiedon perusteella) maalin läheisyyteen. Ampuva kone siis joutuu seuraamaan maalia tutkalla siihen asti, että ohjus löytää maalin omalla tutkallaan jonka jälkeen ampuva kone voi katkaista lukon ja liikehtiä vapaasti (esim. vihollisen ohjusten väistämiseksi). Jos lukko katkeaa ennen kuin ohjus on tutkan käynnistämispisteessä, ohjus käynnistää tutkan ja hakeutuu viimeisimmän datalinkkipäivityksen mukaan ensimmäiseen löytämäänsä maaliin mutta tällöin maalin löytäminen on epävarmaa.

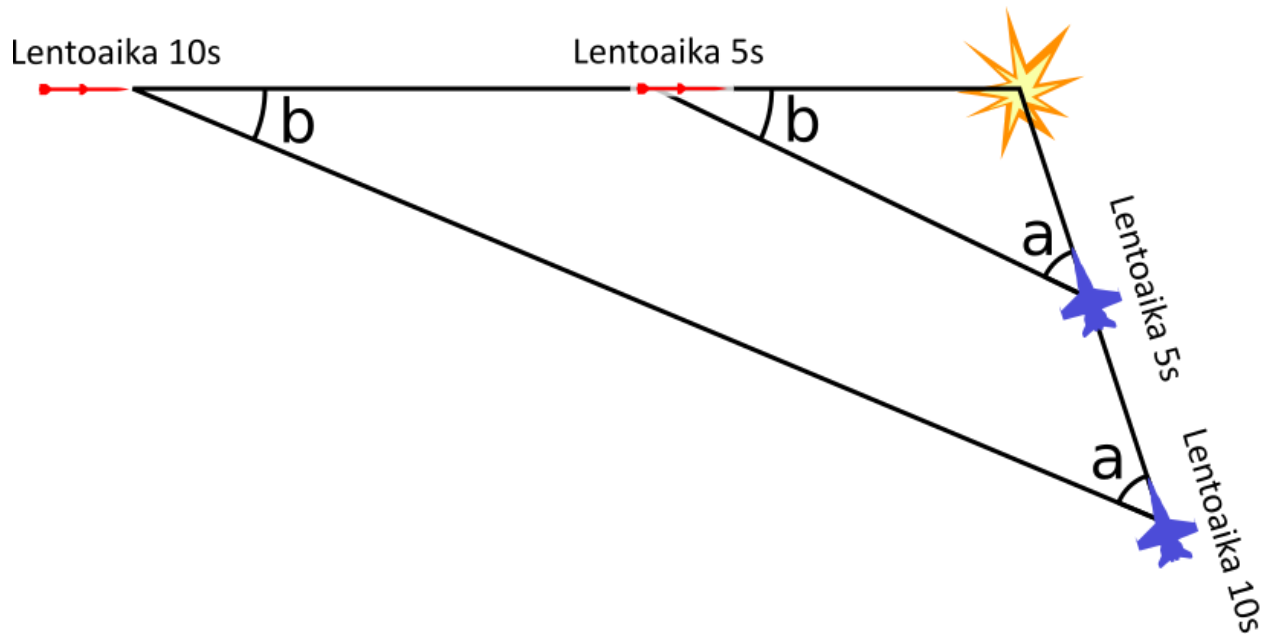
Aktiivinen tutkaohjus voidaan ampua myös ilman ennalta määrättyä maalia jolloin ohjus käynnistää tutkan heti laukaisun jälkeen ja etsii itsenäisesti maalin johon se hakeutuu. Tällä tavalla laukaistuna maalin löytyminen on todennäköistä ainoastaan jos maali on lähellä sekä suoraan ohjuksen edessä laukaisuhetkellä.

Aktiivisen ohjuksen hakupään lukko katkaistaan samoilla tekniikoilla kuin minkä tahansa tutkan lukko. Lisäksi ohjus harhautuu pois maalista jos ohjusta tukevan tutkan lukko katkeaa ohjuksen alkulennon aikana ennen ohjuksen oman tutkan aktivoitumista. Pääasialliset menetelmät tutkan lukon katkaisuun ovat notchaus ja silppu. Aktiivinen ohjus voi löytää ja lukittaa alkuperäisen maalin uudestaan harhautumisen jälkeen tai vaihtaa toiseen maaliin harhaututtuaan pois alkuperäisestä.

Ohjautusmenetelmä

Kaikki ilmataisteluohjukset (lukuunottamatta ensimmäisiä ohjuksia) käyttävät jollain tapaa kulmanopeusreititystä (proportional navigation, PN) ohjautusmenetelmänä.

Kulmanopeusreitityksessä ohjus säätää ennakkokulmaa maaliin siten, että maalin seurantakulmanopeus (LOS rate) on nolla. Tämä periaate johtaa aina ohjuksen lentämään kohti pistettä jossa maali ja ohjus törmäävät toisiinsa jos maalin ja ohjuksen lentosuunnat sekä lentonopeudet säilyvät vakioina. Tämä on ylipäänsä yleisesti pätevä menetelmä törmäyskurssin löytämiseksi tai todentamiseksi. Koska kulmanopeusreititys edellyttää vain maalin suunnan tietämistä on se yksinkertainen ja siten halpa toteuttaa.

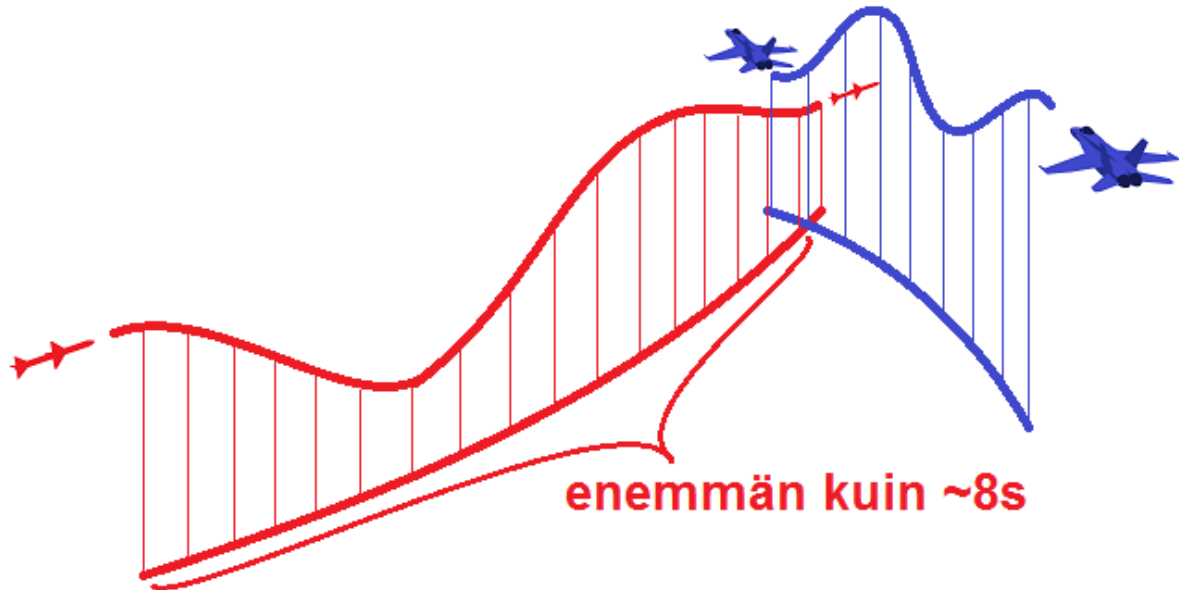


Kuva 4-4. Kulmanopeusreitityksen geometria. Kun ohjus ja lentokone ovat törmäyskurssilla, ne tulevat saapumaan samaan paikkaan samanaikaisesti, eli saman ajan kuluttua. Kun puolet törmäykseen kuluva ajasta on kulunut, ovat molemmat kulkeneet puolet jäljellä olevasta matkasta. Tästä seuraa, että lentokoneen, ohjuksen ja törmäyspisteen muodostaman kolmion sivujen pituuksien suhde ei muutu jolloin myös kolmion kulmat säilyvät samansuuruisina. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että ohjuksen suunta lentokoneen nokasta säilyy samana eli ohjaamosta käsin ohjus näyttää pysyvän koko ajan samassa suunnassa liikkumatta kohti nokkaa tai pyrstöä. Ohjuksen näkökulmasta tilanne näyttää myös samalta. Kulmanopeusreititystä käyttävä ohjus yksinkertaisesti etsii kurssin missä maalin LOS linjan suunnan liike lakkaa jolloin törmäyskurssi on löydetty. Kulmanopeusreititystä käyttävä ohjus siis tarvitsee vain jatkuvan suuntatiedon maaliin optimaalisen törmäyskurssin löytämiseksi.

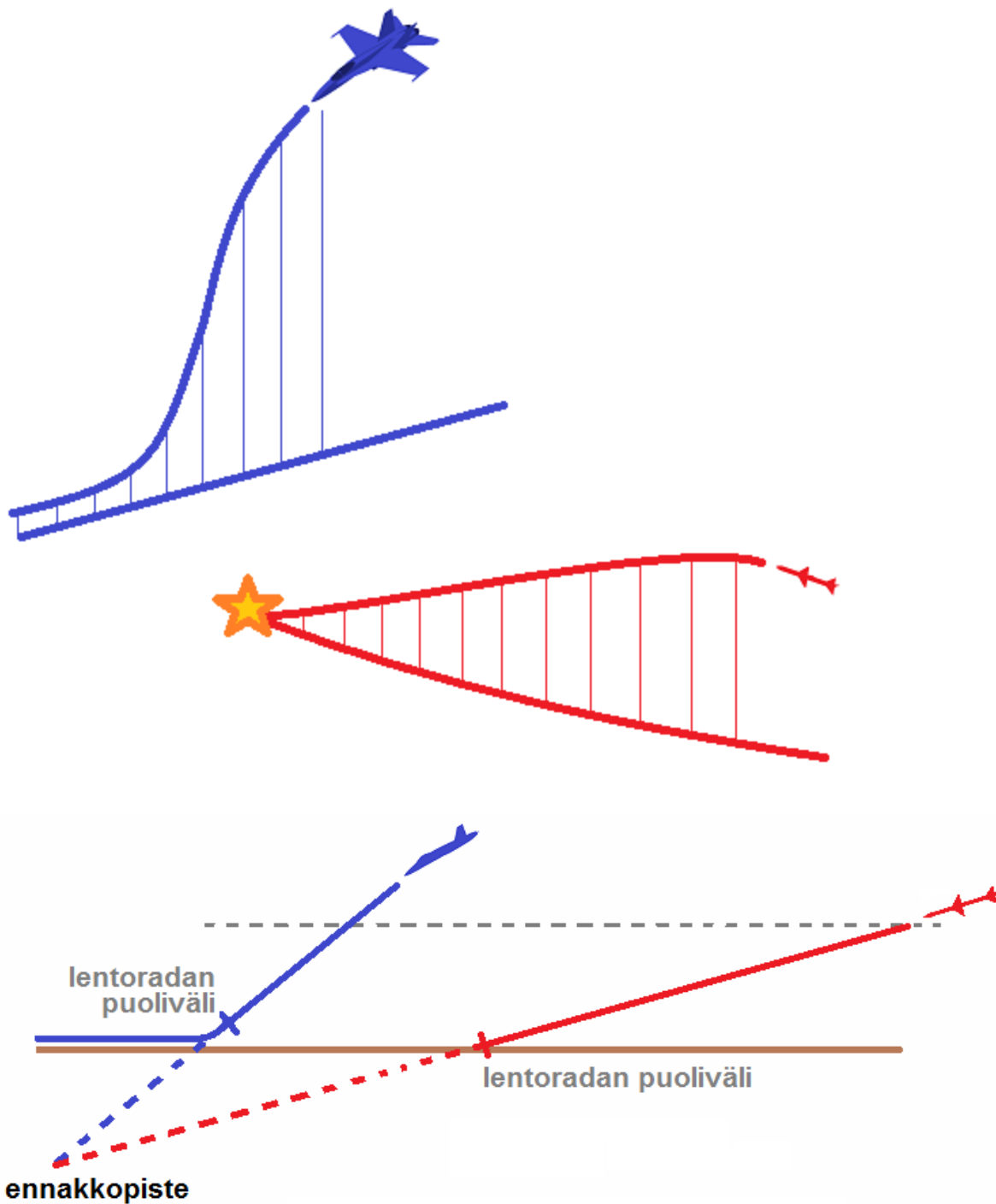
Kulmanopeusreititys on myös aika- ja energioptimaalinen ohjautusmenetelmä maaliin hakeutumiseksi kun maali lentää suoraan vakionopeudella (lyhin lentoaika ja suurin loppuenergia). Jos maali liikehtii, joutuu ohjus korjaamaan tähtäyspistettä ja kulmanopeusreititys johtaa isoihin korjausliikkeisiin koska ohjus joutuu jahtaamaan kaukana maalin edessä olevaa, ja siten suuria liikkeitä tekevää, törmäyspistettä. Tästä syystä kulmanopeusreititys ei ole energiatehokas liikehtivää maalia vastaan.

Uudempien ohjuksien ohjautusmenetelmiä on kehitelty huomioimaan myös liikehtivät maalit siten että ohjus säilyttäisi paremmin energiansa. Näitä ohjautusmenetelmiä ei ole mallinnettu DCS:ssä vaan kaikki ilmasta ilmaan ohjukset käyttävät kulmanopeusreititystä.

Ohjuksen harhauttaminen ohjautusmenetelmän eli kulmanopeusreitityksen heikkouksia hyväksikäyttämällä perustuu joko ohjuksen energian kuluttamiseen tai ohjuksen maahan ajattamiseen.



Kuva 4-5. Ohjuksen harhauttaminen sen energiaa kuluttamalla. Ohjuksen pitää olla riittävän kaukana jotta ohjuksen energiaa ehtii kuluttaa riittävästi omalla liikehännällä. Ohjuksen tulosuunta pitää ensin kääntää pois suoraan nokan suunnasta jotta ohjuksen lentoaika kasvaa ja siten energian kulutuksen vaikutusaika kasvaa. Mutkittelemalla pystysuunnassa saadaan ohjus tekemään vastaavaa mutkittelua ja tuhlaamaan energiansa käännöksiin. Mutkittelun täytyy olla riittävän suurta ja käännökset pitää tehdä sopivin väliajoin jotta ohjus ehtii reagoimaan mutkitteluun mutta ei lennä suoraan missään vaiheessa.



Kuva 4-6. Ohjuksen maahan ajattamisen geometria. Jos ohjus ammutaan lentokoneen alapuolelta ja lentokone on riittävän matalalla jotta maata kohti syöksyssä törmäyspiste on maan sisällä, törmää ohjus maahan ennen lentokonetta.

Kulmanopeusreititystä käyttävä ohjus voidaan ajattaa maahan syöksymällä maata kohti ja oikaisemalla syöksy juuri ennen maan pintaa. Jos koneen ja ohjuksen laskennallinen

törmäyspiste on maan sisässä, osuu matalammalta syöksyn aloittanut osapuoli ensin maahan. Eli jos ohjus ammutaan koneen alapuolelta on se mahdollista ajattaa maahan. Vastaavasti yläpuolelta ammuttuja ohjuksia ei voi ajattaa maahan. Jos kone on niin korkealla ettei laskennallinen törmäyspiste osu maan sisään edes pystysuoralla syöksyllä (ohjus osuu maaliin ennen kuin maali ehtii maan pinnan tasolle) ei maahan ajattaminen ole myöskään mahdollista.

5 - Yhteistoiminta taistelunjohtajan kanssa

Taistelunjohtaja välittää valvontatutkien ja muiden sensorien kautta kerättyä ilmakuvaa ja ohjaa hävittäjiä näiden tehtävän toteuttamisessa. Taistelunjohtajalla on suotavaa olla hyvä ymmärrys omien ja vihollisen hävittäjien sekä aseiden suorituskyvystä ja niiden käyttämisen tekniikoista ja taktiikasta (Tämä ihanne ei aina toteudu käytännössä joten hävittäjälentäjän on syytä huomioida tämä toiminnassaan tarpeen vaatiessa).

Taistelunjohtajan tilannetaju muodostuu pääasiallisesti valvontatutkan tai -tutkien tuottamasta tilannekuvasta. Valvontatutkille on ominaista suuri havaintoetäisyys mutta huono suuntatarkkuus ja suhteellisen hidas päivitysnopeus. Tästä syystä taistelunjohtaja ei pysty antamaan tarkkaa ja/tai ajantasalla olevaa tietoa kaartotaistelussa olevalle hävittäjälle vaan käytännössä vain pystyy varoittamaan muista taisteluun liittyvistä koneista. Jos tutka on maassa, on rajoitteena lisäksi mäkien/rakennusten ja tutkahorisontin taakse jäävät katveet. Tutkahorisontti syntyy maanpinnan kaarevuudesta ja sen etäisyys riippuu tutkan korkeudesta maanpinnasta. Lentokoneessa olevan valvontatutkan tutkahorisontti yltää lähelle tutkan maksimikantamaa kun lentokorkeus on lähellä lakikorkeutta. Myös valvontatutka on altis notchaukselle. On siis täysin mahdollista ja monessa tapauksessa oletettavaa, että taistelunjohtaja ei pysty havaitsemaan kaikkia vihollisia joista hävittäjälentäjän tulisi olla tietoinen.

Taistelunjohtajan tutkanäkymä on PPI tyyppinen ja yleensä käyttää jonkinlaista karttakuvaa taustana. Täten taistelunjohtaja näkee helposti koneiden keskinäiset etäisyydet ja suunnat ja maantieteellisen sijainnin. Lisäksi tutkanäytön käyttöliittymä poikkeuksetta sisältää mittaustyökalun jolla eri pisteiden välisiä suuntia ja etäisyyksiä voidaan mitata tarkasti. Monesti järjestelmässä on myös automaattinen mittaustyökalu joka päivittää kahden kontaktin välisen suunta- ja etäisyydestiedon automaattisesti reaaliajassa (kuitenkin tutkakuvan päivitysnopeuden sallimissa puitteissa). Taistelunjohtajan näkemä tutkanäkymä on monessa tapauksessa yhdistelmä useamman tutkan tuottamasta tiedosta jolloin näkemän kattama ala on suurempi ja katveet vähäisempiä.

Taistelunjohtaja kommunikoi hävittäjien kanssa puheradion ja datalinkin välityksellä (taistelunjohtajan datalinkkiä ei toistaiseksi ole mallinnettu kunnolla toimivasti DCS:ssä). Yksi taistelunjohtaja johtaa tyypillisesti enintään neljää konetta kerrallaan johtuen puheradion tiedonvälityskyvyn ja taistelunjohtajan tiedonkäsittelykyvyn rajallisuudesta. Jos hänen vastuullaan on useampi kone, hän vain välittää ilmatilannekuvaa yleisesti broadcast control tasolla (tästä lisää hieman edempänä). Datalinkin kautta taistelunjohtaja voi välittää vihollishavaintojen lisäksi torjuntakäskyjä sekä saada takaisinpäin tietoa koneen ase- ja polttoainetilanteesta (tätä ei ole mallinnettu DCS:ssä). Vanhempien datalinkkien tiedonsiirtonopeus ei mahdollista koko ilmatilannekuvan siirtoa datalinkin kautta joten taistelunjohtaja joutuu valitsemaan käyttöliittymänsä kautta mitä tietoa hävittäjälle siirretään.

Taistelunjohtaja välittää paljon numeerista tietoa puheradion kautta ja kiireisessä tilanteessa saattaa syntyä väärinkäsityksiä joiden seurauksena pahimmassa tapauksessa syntyy omia tappioita. Lähtökohtaisesti puheäänen tulisi olla kuuluva muttei huutava ja ääntäminen selkeää. Muuttamalla puhetapaa viestin eri osien (numeroiden) välillä ne saa paremmin erottumaan toisistaan. Käytännössä tämä voi kuulostaa hieman oudolta mutta on erittäin toimiva tekniikka viestin selkeyttämiseksi.

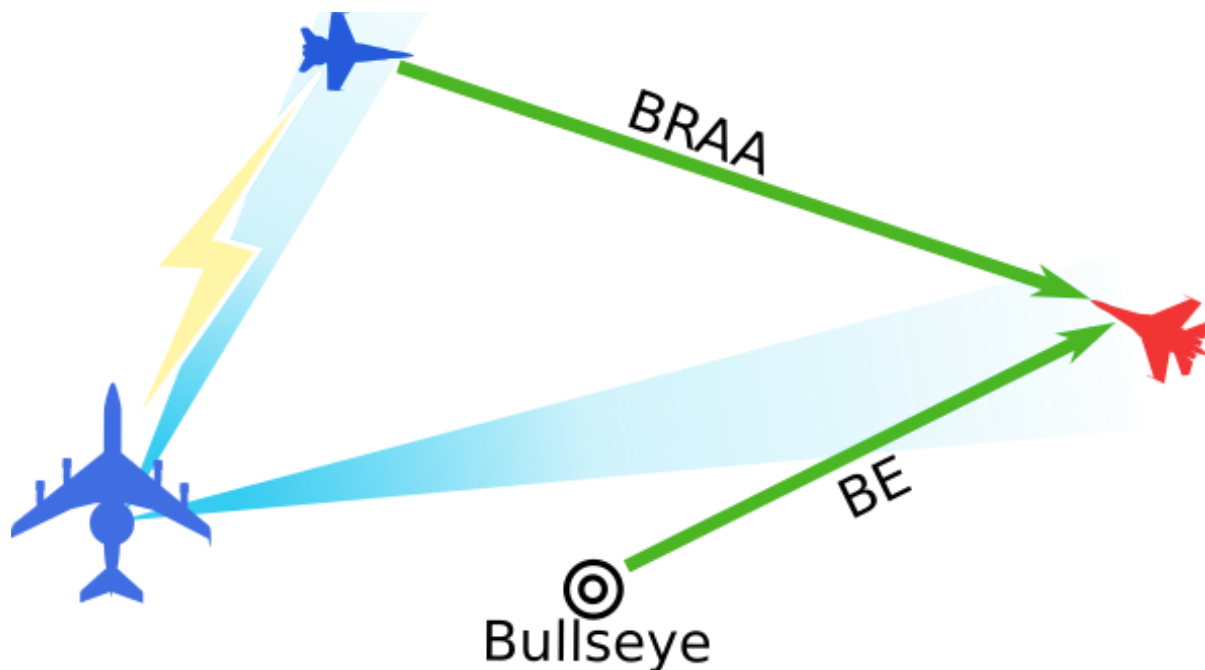
Taistelunjohtamisessa käytetään tarkkaan määriteltyjä prosesseja tiedon ja käskyjen välittämiseksi nopeasti ja virheettää. Prosessit on suunniteltu toimimaan yhdessä hävittäjien käyttämän taistelutaktiikan kanssa. Länsimaiset taistelunjohtoprosessit (USA, NATO ja kumppanit) eroavat Venäläisistä prosesseista sekä käytettävän tekniikan (datalinkki, tutkat, aseet) kuin taktiikan osalta eikä niitä pysty helposti sovittamaan yhteen. Länsimainen taktiikka nojaa hävittäjälentäjien osaamiseen ja antaa paljon valtaa itse lentäjälle päättää tekemisistään sekä myös tilannetajua parantavaa tekniikkaa joka mahdollistaa tämän. Länsimainen taistelunjohtaminen keskittyykin ennen kaikkea hävittäjälentäjän tilannetajun parantamiseen. Venäläinen taktiikka taas korostaa keskusjohtoista taktiikkaa jossa taistelunjohtajat kontrolloivat hävittäjien tekemisiä tarkasti ja pisimmälle vietyinä jopa käytännössä kauko-ohjaavat hävittäjää (myös tutkan käyttö ja ohjusten ampuminen) datalinkin välityksellä. Myös länsimaiset taistelunjohtamisprosessit mahdollistavat hävittäjän johtamisen jossain määrin Venäläiseen tyyliin mutta tätä pyritään välttämään koska se on tehotonta (jos lentäjä osaa asiansa) ja hävittäjälentäjällä itsellään on monesti kuitenkin parempi käsitys tilanteesta lähiympäristössään. Jatkossa keskitytään länsimaiseen taistelunjohtamiseen.

Taistelunjohtajan tehtävinä on ylläpitää omaa ilmatilannekuvaa, luokitella havainnot ja maalit sekä välittää ilmatilannekuvaa hävittäjille sekä tarvittaessa ohjata hävittäjä pois vaara-alueelta (esim. vihollisen IT-patteri tai torjuntahävittäjä) tai ampuma-asemaan.

Taistelunjohtamisessa on kolme tasoa jotka eroavat johtamisen tarkkuudessa.

- Johtaminen (close control)
- Tukeminen (loose control)
- Broadcast control

Johtamistasolla torjunta on taistelunjohtajan vastuulla jolloin tämä antaa hävittäjälle maalin sijainnin lisäksi lentosuunnan, korkeuden ja nopeuden ampumapaikkaan pääsemiseksi. Tätä toimintatapaa käytetään lähinnä alkeellisemmän kaluston yhteydessä joiden avioniikka ei mahdollista itsenäistä ampumapaikkaan hakeutumista. Tukemistasolla torjunnan suoritus on hävittäjän vastuulla mutta taistelunjohtaja edelleen välittää torjuntaa suorittavalle hävittäjälle kohdennettua tietoa (BRAA muotoinen tieto) maalin sijainnista. Muut koneet voivat käyttää annettua tietoa vain rajallisesti hyväksi (esim. vihollisen korkeustieto). Broadcast control tasolla taistelunjohtaja välittää yleistä ilmatilannekuvaa kaikille käyttökelpoisessa muodossa (Bullseye muotoinen tieto).



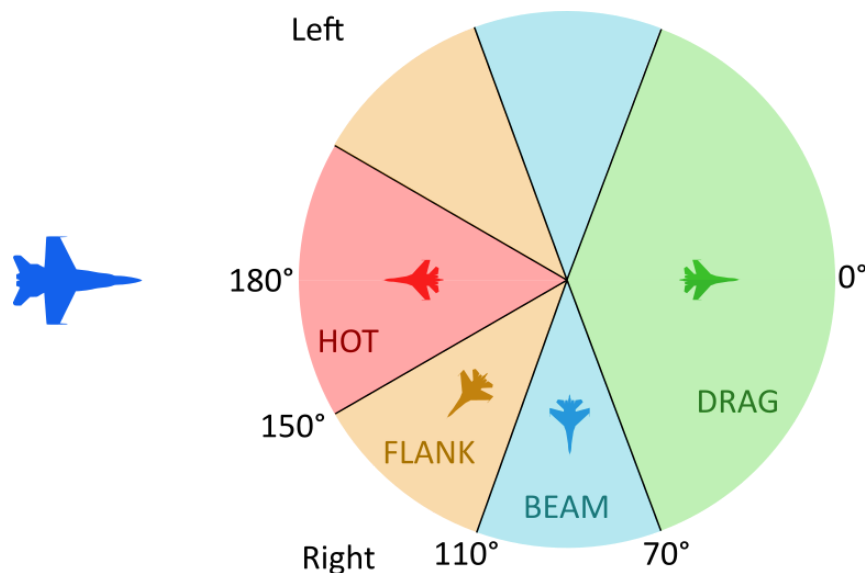
Kuva 5-1. BRAA ja Bullseye muotoinen ilmoitus. Taistelunjohtaja voi ilmoittaa vihollisten tai omien sijainnin joko BRAA tai Bullseye muodossa. BRAA ilmoituksessa suunta ja etäisyys on annettu viestin saajasta kohteeseen. BE ilmoituksessa suunta ja etäisyys on ilmoitettu Bullseye pisteestä kohteeseen.

BRAA

BRAA (Bearing, Range, Altitude, Aspect - Suunta, Etäisyys, Korkeus, Aspekti) ilmoitus on konekohtainen koska se annetaan suhteessa vastaanottajan sijaintiin. BRAA ilmoituksessa suunta on kompassisuunta vastaanottajasta kohteeseen, etäisyys vastaanottajan ja kohteen välinen etäisyys ja aspekti on suhteessa vastaanottajan sijaintiin. Korkeus annetaan korkeutena merenpinnasta. Suunta ja etäisyys pyöristetään lähimpään kokonaislukuun, korkeus ilmoitetaan tuhansissa jaloissa (tai kilometreissä sadan metrin tarkkuudella) ja aspekti kuvan 5-2 osoittamalla tavalla.

BRAA ilmoitus aloitetaan BRAA Brevity koodilla jotta vastaanottaja tietää perästä tulevan tiedon olevan BRAA muotoista. Suunta luetaan yksittäisinä numeroina. Etäisyys ja korkeus kerrotaan kokonaisena numerona kokonaisina merimaileina/kilometreinä sekä tuhansina jalkoina tai kilometreinä yhden desimaalin tarkkuudella. Oman puolen koneen korkeudesta puhuttaessa käytetään Brevity koodia ANGELS (tuhannet jalat) tai METRICS (kilometrit) eli esim. "ANGELS 21" tai "METRICS 6.4".

Esim. "MACE ONE, MAGIC, BRAA ZERO-FIVE-TWO FOURTYTWO TWENTYONE THOUSAND, BEAM RIGHT" tai sama SI järjestelmässä "MACE ONE, MAGIC, BRAA ZERO-FIVE-TWO SEVENTYEIGHT SIX-POINT-FOUR, BEAM RIGHT".



Kuva 5-2. BRAA ilmoituksen aspekti. Kohteen aspekti on “Hot” jos sen aspekti on 180°-150°, “Flank” kun aspekti on 150°-110°, Beam kun aspekti on 110°-70° ja “Drag” kun aspekti on 70°-0°. Jos kontaktin lentosuunta ei ole suoraan kohti tai pois, liitetään aspektiin mukaan myös aspektin suunta oikealle tai vasemmalle, esim. “Drag Right”.

Taistelunjohtaja voi ilmoittaa myös kohteen tunnistusmäärittelyn ilmoituksen lopussa tai erikseen pyydettäessä. Määrittely kertoo kohteen osapuolen ja määrittää saako hävittäjä hyökätä kohdetta vastaan. Määrittelyistä tarkemmin jäljempänä DECLARE otsikon alla.

BULLSEYE

Bullseye muotoinen ilmoitus on hyvin samankaltainen kuin BRAA mutta suunta ja etäisyys ilmoitetaan BE pisteestä kohteeseen ja maalin lentosuunta ilmoitetaan pää- ja väli-ilmansuuntien avulla. BE ilmoitus aloitetaan joko Bullseye (sanotaan kokonaan sekaannusten välttämiseksi, eli ei lyhennetä “Bulls” muotoon) koodilla tai käytössä olevan BE pisteen nimellä. Suurella taistelualueella voi olla käytössä useampi BE piste jolloin niillä on luonnollisesti eri nimet.

Esim. *“MAGIC, STETSON, ONE-TWO-TWO FIFTYSEVEN FIVE THOUSAND, SOUTH-WEST, HOSTILE”* tai sama SI järjestelmässä *“MAGIC, STETSON, ONE-TWO-TWO ONEHUNDREDFIVE ONE-POINT-FIVE, SOUTH-WEST, HOSTILE”*. (Huom. Tässä esimerkissä on tarkennettu kuinka numerot luetaan, myöhemmissä esimerkeissä numerot on kirjoitettu lyhyemmin. STETSON on BE pisteen koodinimi.)

DECLARE

Hävittäjä voi pyytää taistelunjohtajalta tunnistusmäärittelyä havaitsemalleen kohteelle Brevity koodilla DECLARE. Hävittäjä antaa kohteen sijainnin joko BRAA tai BE muodossa DECLARE

pyynnön jälkeen. Taistelunjohtaja ilmoittaa maalin BE sijainnin aina tunnistusmäärittelyn yhteydessä.

Esim. *"MAGIC, MACE ONE, DECLARE BRAA 052/42, 21 THOUSAND,"*, *"MAGIC, BULLSEYE 352/42, 21 THOUSAND, TRACK SOUTH, HOSTILE"*.

Määrittelynä voi olla jokin seuraavista:

- FRIENDLY - Kohde on tunnistettu oman puolen koneeksi.
- BOGEY - Kohteen osapuoli on tuntematon. Hävittäjä saatetaan käskää tunnistamaan kohde.
- BANDIT - Kohde on tunnistettu vihamieliseksi mutta se ei täytä ROE:n ehtoja hyökkäykselle.
- HOSTILE - Kohde on tunnistettu vihamieliseksi ja se täyttää ROE:n ehdot kohteelle jota vastaan voidaan hyökätä.
- FURBALL - Oman puolen ja vihollisen koneet ovat alle 5 NM päässä toisistaan.
- STRANGER - Tunnistamaton kone joka ei osallistu meneillään olevaan toimintaan.
- RIDER - Bogey joka noudattaa Minimum Risk Route käytävää, korkeutta ja lentonopeutta.
- GOPHER - Bogey joka ei noudata Minimum Risk Route käytävää, korkeutta ja lentonopeutta.
- CLEAN - Taistelunjohtaja ei pysty havaitsemaan annettua kohdetta.
- STAND BY - Taistelunjohtajalla on tunnistaminen kesken.
- UNABLE - Taistelunjohtaja ei pysty tunnistamaan kohdetta.
- (SPADES)
- (PAINTS)
- (SQUAWKING)
- (ECHO)

❑ *(ROE = Rules Of Engagement, Voimankäytön Säännöt. Määrittää milloin, missä ja miten voimaa saa tai pitää käyttää.)*

Safe Passage reitti on ACO:ssa (Airspace Control Order) määritelty käytävä jota omien koneiden tulee käyttää läpäistessään tiettyjä ilmatila-alueita kuten esim. lähestyessään omaa kenttää. Koneet jotka eivät noudata määriteltyä käytävää määritellään vihollisiksi jollei konetta kyetä tunnistamaan omaksi koneeksi muulla tavoin. Koska DCS:n IFF toimii aina oikein, ei Safe Passage reittejä käytännössä tarvita.

SPADES, PAINTS, SQUAWKIN ja ECHO ovat transponderiin ja IFF järjestelmään liittyviä tunnistusmäärittelyjä joissa IFF vastaa jollain tavalla kyselyyn mutta konetta ei ole voitu kuitenkaan varmasti tunnistaa omaksi tai viholliseksi IFF järjestelmän avulla. DCS ei mallinna transpondereita eikä IFF järjestelmiä siten että näillä koodeilla olisi käyttöä..

Tunnistamiseen käytetään teknisiä järjestelmiä kuten IFF, RWR, ESM, NCTR, radiokuuntelu, jne. tai kohteen käytöstä (lähtöpaikka, koneen liikehdintä (esim. viholliseksi tunnistettu ryhmä erkanee useammaksi ryhmäksi) ja käytös (esim. uhkaava käytös)). *DCS:ssä tutkat IFF tunnistavat omat ja viholliset automaattisesti.*

ESM, Electronic Support Measures = Kuten RWR mutta monipuolisempi, parempi ja enemmän ominaisuuksia.

NCTR, Non-Cooperative Target Recognition = Maalin tunnistus tutka-kaiun perusteella.

Annetun maalin sijaintiin tulee kiinnittää erityistä huomiota. Voi olla esim. tilanne jossa oma kone on matalalla taistelunjohtajan sensorien katveessa ja vihollisen kone samassa paikassa korkeammalla. Tällöin noheva taistelunjohtaja ilmoittaa ettei annetussa sijainnissa ole kohdetta ennen kuin ilmoittaa tunnistusmäärittelyn tutkassaan näkyvästä kohteesta. Esim. *“CHALICE, EAGLE ONE, DECLARE GROUP BULLSEYE 125/27, 2 THOUSAND.”*, *“CHALICE, CLEAN BULLSEYE 125/27, 2 THOUSAND. CHALICE GROUP BULLSEYE 125/29, 15 THOUSAND, TRACK SOUTH (lisämääreenä), HOSTILE.”*

Jos BOGEY voidaan lähtöpaikkansa perusteella määritellä BANDIT:iksi, ilmoittaa taistelunjohtaja tästä määritelmän muutoksesta OUTLAW Brevity koodilla. *“CHALICE, BULLSEYE 125/29, 15 THOUSAND, OUTLAW”*

PICTURE

Hävittäjä voi pyytää taistelunjohtajalta ilmatilannekuvaa Brevity koodilla PICTURE. Pyyntöön voidaan lisätä jokin lisämääre esim. vain alle 50 NM päässä olevat viholliset tai esim. omat koneet mukaan lukien. Jos lisämääreitä ei ole annettu, taistelunjohtaja vastaa kertomalla kaikkien havaittujen koneryhmien määrän ja listaamalla ne BE ilmoituksina järjestyksessä PICTURE:n pyytäjää lähimmästä ryhmästä kauimpaan. Jos ilmoitukseen sisältyy omia koneita, ne ilmoitetaan erikseen toisessa PICTURE ilmoituksessa samassa muodossa kuten viholliskoneet.

Tilanteesta riippuen taistelunjohtaja voi jättää osan koneryhmistä mainitsematta jättääkseen tilaa muulle kommunikaatiolle. Tällöin PICTURE:n alussa listataan kaikkien havaittujen koneryhmien lukumäärä kuten tavallista mutta listataan BE ilmoituksina vain esim. kolme lähintä tai tilanteen kannalta oleelliset ryhmät.

Taistelunjohtaja ei ilmoita yksittäisten koneiden sijainteja jos ne lentävät ryhmässä vaan vain ryhmän sijainnin. Ryhmäksi määritellään koneet joiden keskinäiset etäisyydet ovat enintään 3 NM syvyys- ja sivusuunnassa. Kun hävittäjät tekevät hyökkäyspäätöksen johonkin ryhmään, taistelunjohtaja nimeää ryhmät tiettyjen sääntöjen mukaan jotta nimeäminen helpottaa kommunikaatiota ja parantaa hävittäjien tilannekuvaa. Nimeämisellä voidaan tilannekuva

välittää tiiviimmässä muodossa jolloin kommunikaatio on nopeampaa ja väärinkäsityksiä syntyy vähemmän.

Taistelunjohtaja sisältää PICTURE ilmoitukseen ryhmien koodinimet jos ne on määritelty, muuten ilmoitus annetaan käyttäen pelkkiä perustietoja (suunta, etäisyys, korkeus, lentosuunta).

Esim. Picture käyttäen pelkkiä perustietoja, *"MAGIC, PICTURE IS TWO GROUPS. GROUP, BULLSEYE 250/45, 26 THOUSAND, TRACK SOUTH EAST, HOSTILE. GROUP, BULLSEYE 200/30, 15 THOUSAND, TRACK EAST, HOSTILE."*

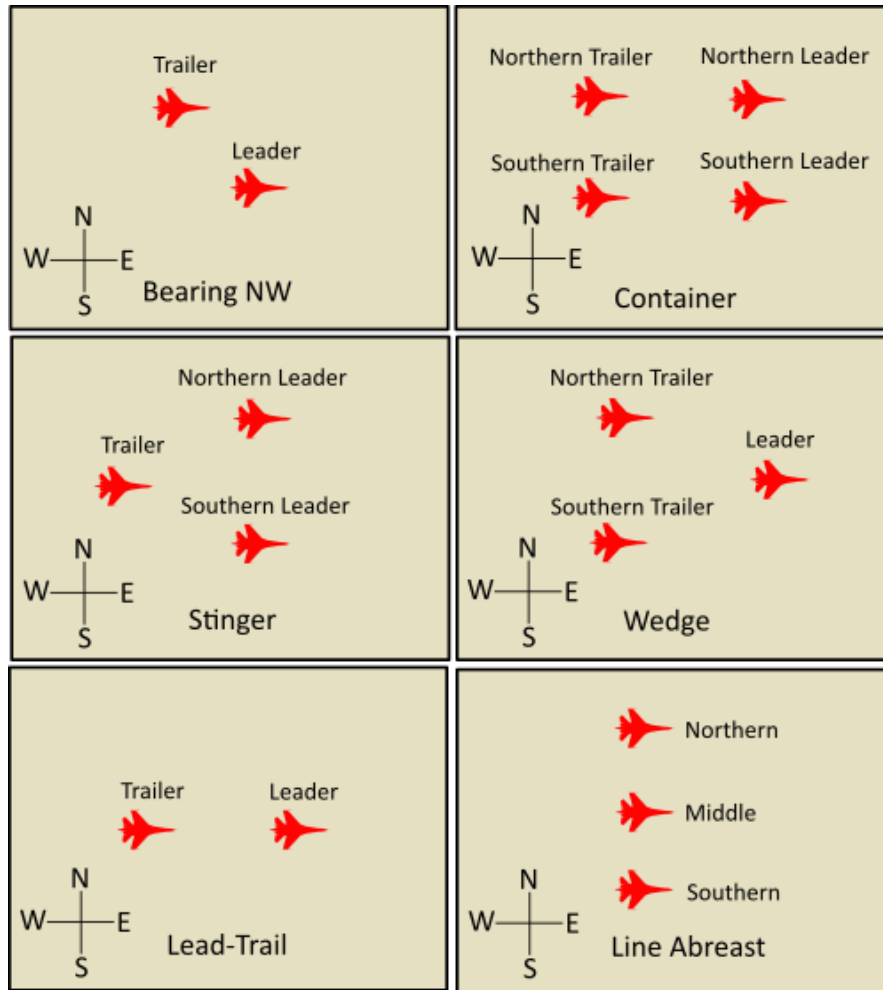
Tarkentavat tiedot kuten ryhmän koko, konetyyppi, muodostelma, ym. liitetään BE ilmoituksen perään. Tarkentavia tietoja ei kerrota ellei niillä ole merkitystä tilannetajun ja taktiikan valinnan kannalta. Esim. *"GROUP, BULLSEYE 250/45, 26 THOUSAND, TRACK SOUTH EAST, TWO CONTACTS, SU-27, LEAD-TRAIL"*

Ryhmän koko ilmoitetaan muodossa ONE CONTACT, TWO CONTACTS, jne. Jos ryhmässä on enemmän kuin kolme konetta, ryhmän tyyppi on HEAVY joka lisätään kontaktien määrän eteen. GORILLA on iso ryhmä jossa on paljon koneita joiden tarkkaa määrää ei voida selvittää. Esim. *"GROUP, BULLSEYE 250/45, 26 THOUSAND, TRACK SOUTH EAST, HEAVY, FOUR CONTACTS, SU-27, LEAD-TRAIL"*

Ryhmän muodostelma voi olla joko LINE ABREAST, LEAD-TRAIL, BEARING, WEDGE, STINGER, CONTAINER tai HIGH/LOW STACK. HIGH/LOW STACK tulee kyseeseen kun koneiden korkeusero on enemmän kuin 15 000 jalkaa. Esim. *"GROUP, BULLSEYE 250/45, 26 THOUSAND, TRACK SOUTH EAST, TWO CONTACTS, HIGH/LOW STACK, 30 THOUSAND, 10 THOUSAND"*

Jos hävittäjien tarvitsee yksilöidä tietty kone tutkan ruudulta, kuten sortatessa, voidaan käyttää NEAR-FAR, LEFT-RIGHT tarkentimia. Taistelunjohtaja käyttää aina kuvan 5-3 mukaisia määritelmiä.

Taistelunjohtaja päivittää ilmatilannekuvaa sitä mukaa kun muutoksia tapahtuu ilman eri pyyntöä. Ilmoitettavia tapahtumia ovat ryhmän suunnan muutokset, tutkakontaktin katkeaminen ryhmään ja tutkakontakti uuteen ryhmään.



Kuva 5-3. Ryhmän muodostelmat. Laatikon alareunassa on muodostelman nimi jota käytetään ryhmän muodosta puhuttaessa ja koneiden vieressä yksilöivä nimi.

Ryhmien nimeäminen

Ryhmät nimetään kun hävittäjät ovat tehneet hyökkäyspäätöksen (COMMIT) ja/tai etenevät taistelukosketukseen vihollisen kanssa (PUSHING). Vain taistelun kannalta oleelliset ryhmät nimetään, esim. 100 NM päässä hävittäjistä olevaa kuljetuskonetta tai kentälle palaavaa hävittäjäryhmää ei nimetä. Ryhmät nimetään niiden keskinäisten suhteiden mukaan tai muiden ymmärrettävien ominaisuuksien perusteella. Jos taisteluun osallistuu useampia koneita leveällä rintamalla, tulisi LEAD, TRAIL, FAR, NEAR, LEFT, RIGHT määritelmien sijaan käyttää pää- ja väli-ilmansuuntia sekaannusten ja hämmennyksen välttämiseksi. Ryhmän nimenä voi siis olla esim. "NEAR GROUP", "SOUTH GROUP", jne.

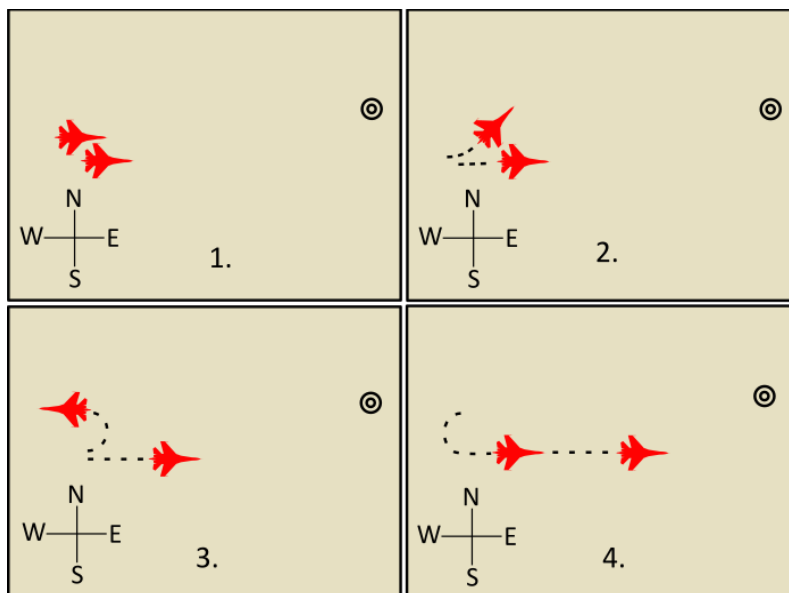
Esim. "BANDSAW, PICTURE IS TWO GROUPS, SOUTH GROUP BULLSEYE 022/20, 15K, TRACK SOUTH, NORTH GROUP BULLSEYE 012/34, 22K, TRACK SOUTHWEST".

Nimeäminen tehdään uudestaan kun ryhmien keskinäiset suhteet muuttuvat merkittävästi, ilmestyy uusi ryhmä, ryhmä jakautuu tai ryhmät yhdistyvät. Nimeämistä ei kuitenkaan enää tehdä uusiksi kun hävittäjät ovat alle meld etäisyydellä vihollisista. Uudelleen nimeäminen tapahtuu NEW PICTURE Brevity koodilla. Esim. *“BANDSAW, NEW PICTURE, TWO GROUPS, EAST GROUP 050/25, 15K, TRACK SOUTH, WEST GROUP BULLSEYE 330/15, 22K, TRACK SOUTHWEST”*.

Jos ryhmä erkanee meld etäisyyden sisällä, ryhmiin (tai koneisiin) viitataan jollakin tilanteeseen sopivalla sekä järkeenkäyvällä tavalla. Esim. EAST GROUP NORTH ARM tai LEFT GROUP LEFT ARM. Yhdistyneen ryhmän koneisiin voidaan viitata niiden alkuperäisillä nimillä.

MANEUVER

Kun ryhmän koneet liikehtivät tavalla jonka tarkoituksesta ei heti voi päätellä mitä on tapahtumassa ilmoittaa taistelunjohtaja siitä MANEUVER tarkentimella. Kyseessä voi olla esim. muodostelman vaihtaminen tai ryhmän erkaneminen useammaksi ryhmäksi. MANEUVER ilmoitusta voi vielä tarkentaa lisätarkentimella AZIMUTH tai RANGE, riippuen missä suunnassa ryhmä liikehtii, kun liikehtimisen luonne alkaa paremmin näkyä. AZIMUTH on kyseessä kun vihollisen koneet erkanevat sivusuunnassa omien koneiden näkökulmasta ja RANGE kun erkaneminen tapahtuu syvyyssuunnassa. Kun ryhmä on asettunut uuteen lentosuuntaan, ilmoittaa taistelunjohtaja ryhmän uuden lentosuunnan. Esim. *“MAGIC, GROUP, BULLSEYE 256/45, MANEUVER”*, *“MAGIC, GROUP, BULLSEYE 258/46, 28 THOUSAND, TRACK NORTH, WEDGE”*.



Kuva 5-4. Jos kyseessä on muodostelman erkaneminen useammaksi muodostelmaksi niin kommunikaatio voisi mennä esim näin. 2. *“MAGIC, GROUP, BULLSEYE 256/45, MANEUVER”*. 3. *“MAGIC, GROUP, BULLSEYE 256/44, MANEUVER RANGE”*. 4. *“MAGIC,*

GROUP, BULLSEYE 255/35, 28 THOUSAND, TRACK EAST, SINGLE CONTACT, GROUP, BULLSEYE 255/42, 28 THOUSAND, TRACK EAST, SINGLE CONTACT”.

FADED

Jos taistelunjohtaja menettää tutkakontaktin ryhmään, siitä ilmoitetaan tarkentimella FADED ja mahdollisella lentosuunnalla jos se oli tiedossa. Esim. “MAGIC, GROUP FADED BULLSEYE 258/46, 3 THOUSAND, TRACK NORTH”

Jos taistelunjohtajalla ei ole kontaktia omaan koneeseen, ilmoitetaan siitä NEGATIVE CONTACT ilmoituksella (NEGATIVE CONTACT viittaa aina tutkakontaktin puuttumiseen oman puolen koneeseen). Esim. jos hävittäjä pyytää DECLARE:n BRAA muodossa mutta taistelunjohtaja ei näe omaa konetta tutkalla jotta pystyisi käsittelemään BRAA muotoisen paikkatiedon. Esim. “MAGIC, EAGLE ONE, DECLARE BRAA ...”, “EAGLE ONE, MAGIC, NEGATIVE CONTACT”.

NEW GROUP / POP-UP GROUP

Kun taistelunjohtaja tai hävittäjä havaitsee uuden vihollisryhmän josta ei vielä ole raportoitu viitataan siihen NEW GROUP määreellä GROUP sijasta. Samoin jos kesken PICTURE viestiä havaitaan uusi ryhmä ilmoitetaan siitä heti PICTURE:n perään NEW GROUP koodilla. Esim. “MAGIC, TWO GROUPS. GROUP, BULLSEYE 190/60, 30K. GROUP, BULLSEYE 113/40, 17K. NEW GROUP BULLSEYE 204/57, 6K.”

POP-UP GROUP määrettä käytetään kun hävittäjät ovat meld etäisyyden sisällä vihollisista jolloin ilmatilannekuvan uudelleen nimeäminen ei ole järkevää. Jos uusi ryhmä on uhka omille koneille (etäisyys ja aspekti täyttää brieffatun uhka-määritelmän), ilmoitetaan se POP-UP THREAT koodilla.

THREAT / TRESPASS

Taistelunjohtaja ilmoittaa vaaroista THREAT tai TRESPASS Brevity koodeilla. Kun vihollisen ryhmä täyttää ennalta sovitun etäisyys ja aspekti määritelmän uhkalle, ilmoittaa taistelunjohtaja tästä hävittäjille THREAT koodilla. Esim. “EAGLE 1, MAGIC, THREAT BRAA 350/15, 20K”. Aspekti mainitaan vain mutta aina jos se poikkeaa oletusarvosta HOT. Jos hävittäjä lentää IT-patterin uhkaringin sisään ilmoittaa taistelunjohtaja tästä TRESPASS koodilla. Esim. “EAGLE ONE, MAGIC, TRESPASS SA-11, BRAA 050/15” missä BRAA (tai BE) on IT-patterin sijainti.

MERGE

Taistelunjohtaja ilmoittaa vihollisen saapumisesta näköetäisyydelle (3 NM) MERGED ilmoituksella. Esim. “EAGLE ONE, MAGIC, MERGED”.

Näköetäisyydellä olevan vihollisen summittainen suunta ilmoitetaan kelloina ja mielellään juuri tutkan näytön ruudun päivityksen jälkeen jotta tieto on ajantasaista. Myöhässä tulevat ja

epätarkat rosvon suunnan ilmoitukset vain häiritsevät ja hämäävät. Yleensä vihollisen suunnan ilmoittaminen on hyödyllistä vain jos lentäjä sitä erikseen pyytää tai rosvon kellosuunta pysyy suhteellisen vakiona pidemmän aikaa. Rosvon lentokorkeuden ilmoittaminen on yleensä hyödyllistä, etenkin jos rosvo on merkittävästi eri korkeudella (> 3000 jalkaa/1 km) kuin oma kone.

ALPHA CHECK

Pyyntö BULLSEYE:n sijainnista BR muodossa, käytetään navigointijärjestelmän koordinaattien ja toiminnan tarkistamiseen. Tämä on hyvä tehdä aina ilmaan nousun jälkeen (taistelunjohtaja ei näe maassa olevia koneita eikä siten voi palvella pyytäjää). Huom. ALPHA CHECK vastauksen koordinaatti ei ole sama kuin pyytäjän BE koordinaatti vaan suunta on BE koordinaatin suunnan vastasuunta.

Ilman lisämäärettä annetaan vastauksena suunta ja etäisyys BE pisteeseen mutta jos lisämääränä annetaan jokin kohde, annetaan suunta ja etäisyys pyydettyyn kohteeseen.

STATUS

Hävittäjä voi pyytää paikka päivitystä jostakin PICTURE:ssa mainitusta ryhmästä STATUS pyynnöllä. Jos ryhmiä on useampia, pitää hävittäjän yksilöidä ryhmä esim. ryhmän nimen, konetyypin, suhteellisen sijainnin, korkeuden tai muun yksilöivän tiedon perusteella. Esim. "MAGIC, EAGLE 1, STATUS ON NORTH GROUP", "MAGIC, EAGLE 1, STATUS ON VERY LOW GROUP", "MAGIC, EAGLE 1, STATUS ON SU-27 GROUP".

BOGEY DOPE / SNAP / CUTOFF

Hävittäjä voi pyytää tietoa omasta tai vihollisen ryhmästä BOGEY DOPE, SNAP tai CUTOFF pyynnöllä.

Taistelunjohtaja vastaa lisämääreettömään BOGEY DOPE:en BRAA ilmoituksella lähimpään vihollisen ryhmään. Lisämääreillä voidaan pyytää tietoja joko tietyistä vihollisen ryhmästä tai tietyistä omasta ryhmästä. Esim. "MAGIC, EAGLE 1, BOGEY DOPE FRIENDLY" on pyyntö BRAA ilmoitukselle lähimpään omaan koneeseen ja "MAGIC, EAGLE 1, BOGEY DOPE EAGLE 2" on BRAA pyyntö siipimieheen.

Taistelunjohtajan vastaus SNAP pyyntöön on sama kuin BOGEY DOPE pyyntöön. SNAP ainoastaan ilmaisee aikomuksen hyökätä tai liittyä muotoon pyydettyyn kohteeseen.

CUTOFF on muuten sama kuin SNAP mutta sisältää lisäksi pyynnön törmäyskurssille kohteeseen. Taistelunjohtaja antaa ensin törmäyskurssin ja sen jälkeen BRAA ilmoituksen joka sisältää lisämääränä kohteen aspektin. Esim. "MAGIC, EAGLE ONE, CUTOFF MY TARGET", "MAGIC, CUTOFF 136, BRAA 098/30, 12K, BEAMING RIGHT".

Jos hävittäjä löytää annetun kohteen siitä ilmoitetaan CONTACT Brevity koodilla, esim. *"EAGLE 1, CONTACT"*. Tällöin taistelunjohtaja tietää tilanteen olevan hävittäjällä hallussa eikä hänen tarvitse päivittää tilannetta ko. kohteen osalta.

Jos hävittäjä ei löydä BRAA kontaktia, siitä ilmoitetaan CLEAN Brevity koodilla, esim. *"EAGLE ONE, CLEAN"*. Taistelunjohtaja antaa CLEAN ilmoituksen jälkeen uuden BRAA ilmoituksen kohteeseen, etenkin jos kohde on vaarallisen lähellä. Jos taistelunjohtaja ei heti reagoi CLEAN ilmoitukseen, pyydetään BOGEY DOPE uudestaan.

STROBE / MUSIC / SPIKE / NAILS

Hävittäjä voi pyytää etäisyyttä häirintälähettimeen tai RWR kontaktiin signaalia vastaavalla koodilla. STROBE on kohinahäiritsin (noise jammer) joka näkyy tutkan ruudulla suurena määränä satunnaisia harhamaaleja. MUSIC on harhauttava häiritsin (deception jammer) joka estää maalin tarkan paikannuksen tai lukitsemisen. SPIKE on RWR:n havaitsema tutkalukko omaan koneeseen ja NAILS etsintämoodissa oleva tutka. Esim. *"MAGIC, EAGLE ONE, STROBE 010"*, *"MAGIC, STROBE RANGE 35, 32K"*.

Jos taistelunjohtaja ei näe annetussa suunnassa vihollisia mutta lähellä on toinen ryhmä joka saattaisi olla hävittäjän saaman signaalin lähde ilmoittaa taistelunjohtaja ensin CLEAN ja sitten BRAA läheiseen ryhmään. Esim. *"MAGIC, EAGLE ONE, SPIKE 220"*, *"MAGIC, CLEAN 220, NEAREST GROUP, BRAA 270/40, 22K, HOSTILE, HOT"*. Jos taistelunjohtaja ei näe annetulla suunnalla vihollisia tai vihollisen ryhmä on ollut FADED pidemmän aikaa ja sen sijainti on epäselvä, vastaus on tällöin esim. *"MAGIC, UNABLE SPIKE RANGE"*.

SAME / LAST

SAME ja LAST termejä voidaan käyttää viittaamaan edelliseen viestiin. Esim. *"EAGLE 1, CONTACT 344/38, 15K"*, *"EAGLE 2, CONTACT SAME"*. Esim. *"MAGIC, EAGLE, BRAA 156/26, 11K"*, *"EAGLE, COMMIT LAST"*.

Huom. Virallisesti LAST Brevity koodi viittaa kontaktin viimeksi havaittuun korkeuteen. Taistelunjohtaja käyttää tätä termiä jos hänen tutkajärjestelmä ei pysty mittaamaan kohteen korkeutta vaan hän joutuu käyttämään muualta (esim. hävittäjältä) saatua korkeustietoa jolloin LAST kertoo viestin vastaanottajalle, että annettu korkeus perustuu mahdollisesti vanhaan tietoon. Esim. *"BRAA 210/40, 22K LAST"*.

Hävittäjän käskyttäminen

Johtamistasolla (close control) toimittaessa taistelunjohtaja káskee hävittäjän lentosuunnan, -nopeuden ja -korkeuden.

Suunta

Reference
Vector
Flow
Scram
Cutoff
Snap
Comeback
Hook
Anchor / Orbit
Cap
Crank
Hard
Pure

Korkeus

Ei erillistä brevityä, käytä puhekieltä

Nopeus

Saunter, Cruise, Buster, Gate, Set

Hyökkäys/maalinnus

Skip it
Commit
Abort
Engage
Cleared to engage
Delouse
Target

Taktiikka

Blow through
Skate
Banzai
Pump
Stern
Extend
Retrograde

6 - BVR hyökkäyksen kulku

BVR taistelun voittamisen periaatteet

- Vihollisten havaitseminen ja tilannetajun ylläpitäminen
- Vastustajan aseiden vaikutusalueen hivottelu
- Omien aseiden vaikutusalueen laajentaminen omaa energiaa kasvattamalla
- Vastustajan aseiden vaikutusalueen pienentäminen tehokkailla väistöliikkeillä
- Vastustajan pakottaminen puolustuskannalle ohjuksia ampumalla
- Havaituksi tulemisen välttäminen ja vastustajan yllättäminen

Mitä lähempää ohjuksen pääsee ampumaan, sitä vaikeampaa sitä on väistää (kunhan ampuu minikantaman ulkopuolelta). Tästä syystä on tärkeää osata päästä mahdollisimman lähelle vihollista mutta kuitenkin pysytellä tämän aseiden vaikutusalueen ulkopuolella.

Symmetrisessä 1vs1 tilanteessa, jossa molemmat koneet ovat havainneet toisensa, molemmat koneet ampuvat ohjuksensa juuri sen verran kaukaa että pystyvät väistämään vastustajan ohjuksen. Jos jompi kumpi kone tai molemmat menevät liian lähelle tai suorittavat väistön huonosti ne todennäköisesti saavat osuman. Se kumpi saa ammuttua seuraavan ohjuksen nopeammin pääsee voitolle, mikä taas on kiinni hyvin pitkälti siitä kuinka kauan ohjuksen väistämiseen kuluu aikaa. Hyvä väistötekniikka harhauttaa ohjuksen nopeasti sekä luotettavasti ja mahdollistaa nopean nokan kääntämisen takaisin kohti vastustajaa hyökkäyksen nopeaksi jatkamiseksi.

Parina tai vielä tätä suuremmalla joukolla toimittaessa on yleisesti järkevämpää irtautua hyökkäyksestä ohjuslaukaisun jälkeen sen sijaan että pyrkii mahdollisimman nopeasti jatkamaan hyökkäystä väistön jälkeen. Hyökkäyksen jatkaminen väistön jälkeen on aina riskialtista kun taas siipimies saattaa onnistua hakeutumaan hyvään ampumapaikkaan rosvo ollessa kiireinen ohjusta väistäessä.

BVR taistelussa pyritään periaatteessa pääsemään vastustajan taakse kuten kaartotaistelussa. Kun kaartotaistelussa vastustajan perään pääseminen tapahtuu kaartamalla, ohjustaistelussa perään päästään pakottamalla vastustaja kääntämään nokkansa pois päin ohjuksien väistämiseksi ja aseiden vaikutusalueen pienentämiseksi. Kuten aiemmissa kappaleissa kuvattiin, ohjusten tehokas väistäminen edellyttää nokan kääntämistä enemmän tai vähemmän pois päin lähestyvistä ohjuksista.

Kun hyökkäävä kone on puolustavan perässä riittävän lähellä (~4-5nm), ei puolustava kone pysty kääntämään ympäri ja ampumaan ohjusta hyökkääjää kohti ennen kuin hyökkääjän ohjus osuu. Tällöin hyökkäävä kone on täysin hyökkäyskannalla ja puolustava täysin puolustuskannalla. Jos etäisyys on tätä suurempi pystyy puolustaja kääntämään ympäri ja

ampumaan ohjuksen ennen osuman saamista itse jolloin hyökkääjä ei ole täysin turvassa puolustavan koneen hyökkäyksiltä.

Free entry

Free entry on tilanne jossa hävittäjä pääsee lähestymään vihollista hyvälle ampumaetäisyydelle vihollisen tätä huomaamatta. Syynä on yleisimmin vastustajan huomion kiinnittyminen muualle.

Jotta free entryn pystyy hyödyntämään, on sen mahdollisuus ensinnäkin tunnistettava. Tyypillisin tuntomerkki on vihollisen tutkavaroituksen puute ja lentosuunta ainakin jossain määrin sivuun itsestä. Toinen tuntomerkki on siipimiesten ilmoitukset vihollisen STT tutkalukosta. Vihollisen tutkan ja muiden sensorien toiminnan tunteminen on oleellista free entryn tunnistamiseksi.

Kun free entryn mahdollisuuden on havainnut, pitää tilaisuus hyödyntää etenemällä varmaan ampumapaikkaan varoittamatta vihollista. Vihollinen voi saada varoituksen RWR:n tai vaikka siipimiehen kautta. RWR varoituksen voi estää tekemällä hakeutumisen visuaalisesti tai käyttäen tutkamoodia joka pitää vähemmän meteliä RWR:ssä mutta maalin siipimieheltä ei voi yleensä piiloutua.

Vastustajan free entryn voi estää tehokkaalla sensorien ja silmien käytöllä sekä radion kautta siipimiehen tilannetajua hyödyntämällä. Siipimiehen hyödyntäminen edellyttää siipimiestä joka osaa katsoa kaveriensa perään ja kertoa havainnoistaan muille.

Merge kriteeri

- ❑ *Merge = Hävittäjä on näköetäisyydellä vastustajasta (etäisyys alle 3 NM) tai hetki kun koneet kohtaavat ja ohittavat toisensa kaartotaistelussa.*

BVR taistelulla on taipumusta edetä näköetäisyydelle jos laukauksia vaihtavat lentäjät osaavat pysytellä toistensa aseiden vaikutusalueen ulkopuolella. Näköetäisyyden ohjustaistelu saattaa vielä edetä kaartotaisteluksi jos ympäristö ja käytettävä tekniikka sen sallii (ohjukset voidaan harhauttaa pois maalista hakupään lukko rikkomalla tai maastoa (mäkiä, vuoria, rakennuksia, ym.) voidaan käyttää suojana lähestymiseen).

Mergeen eteneminen ei välttämättä ole hävittäjän intressien mukaista syystä tai toisesta. Syynä voi olla vastustajan koneen parempi taistelukyky lähitaistelussa tai yleinen aikaa, polttoainetta ja tilannetajua kuluttavan kaartotaistelun välttäminen. Myös muiden vihollisen koneiden olemassa olo lähistöllä on hyvä syy välttää mergeä koska ne voivat tulla mukaan kaartotaisteluun. Jos vihollisella on pitkän matkan ohjuksia jäljellä, ei mergestä yleensä pääse hengissä karkuun vaan vihollinen on ensin ammuttava alas.

Kaartotaistelu voidaan välttää irtautumalla taistelusta riittävän ajoissa, yleensä ohjuslaukaisun ja väistön jälkeen. Irtautumisen jälkeen etäisyyden pitää olla vähintään suurempi kuin vastustajan ohjuksen kantama takaa-ajossa sen hetkisellä lentokorkeudella ja -nopeudella. Tästä syystä pitää halu ja aikomus joko päästä mergeen tai välttää mergeä olla selvillä viimeistään ohjushyökkäyksen alkaessa. Minimum out range (MOR) on etäisyys josta karkuun kääntämällä säilytetään riittävä etäisyys viholliseen jotta voidaan tehdä vielä ohjushyökkäys vihollista kohti uudestaan. Minimum abort range (MAR) on etäisyys josta karkuun kääntämällä pysytään vielä vihollisen aseiden vaikutusalueen ulkopuolella. MOR ja MAR riippuvat käytettävistä koneista, aseista ja lentokorkeudesta ja selvitetään ennen tehtävän alkua.

Yleisesti MOR tai MAR etäisyydelle mentäessä ja karkuun lähdetessä on oltava olemassa siipimies taaempana joka voi hätistää tai ampua mahdollisesti perässä seuraavan vihollisen pois tai vihollista joudutaan lentämään karkuun niin kauan että tämä luovuttaa vapaaehtoisesti (tai saa kiinni) mihin kuluu erittäin paljon polttoainetta. Jos takaa-ajettavalla ei ole ylenmäärin polttoainetta voi tällainen takaa-ajo kuluttaa polttoaineen niin vähiin, että kone joutuu tekemään pakkolaskun. 1vs1 tilanteessa ainoa järkevä vaihtoehto on hyökkäyksen jatkaminen kunnes vihollinen on ammuttu alas tai kokonaan taistelun välttäminen.

Mergeä välttävä hyökkäystaktiikka on nimeltään Launch-And-Decide ja mergeen pyrkivä Launch-And-Defend. Mergeä välttävä taktiikka ei itsearvoisesti tarkoita irtautumista heti ohjuksen ammunnan jälkeen vaan luonnollisesti hyökkäystä mahdollisesti jatketaan jos vihollinen on selvästi puolustuskannalla heti hyökkäyksen aloituksesta eikä vihollisen ohjuksia tarvitse väistellä. Brevity koodi Launch-And-Decide taktiikalle on SKATE ja Launch-And-Defend taktiikalle BANZAI. Näitä voidaan käyttää joko käskemään käyttää jompaa kumpaa taktiikkaa tai ilmoituksena oman taktiikan valinnasta. Esim. "EAGLE, BANZAI" (johtaja käskee paria/parvea).

Mergeen menemisen kannattavuus riippuu oman koneen lähitaistelukyvystä suhteessa viholliseen (konetyyppi, aseistus ja kuorman paino), tilanteesta (onko vihollinen puolustuskannalla jo valmiiksi ennen mergeä, onko itsellä lähitaisteluohjuksia jäljellä) ja numeerisesta voimasuhteesta (1vs1, 2vs1, 3vs1, ...). BVR taistelusta on helpompi irtautua minkä vuoksi se on turvallisempi tapa hyökätä. Mergeen kannattaa pyrkiä vain jos BVR taistelussa putoaminen on todennäköisempää kuin pudottaminen ja omalla koneella on suhteellinen etu lähitaistelussa. Jos mergeen pyritään kannattaa siihen saman tien pyrkiä useammalla koneella vihollisen konetta vastaan jos mahdollista.

Jos vastustajan tuhoaminen on välttämätöntä, voi olla myös mergeen eteneminen välttämätöntä koska osaavan vihollisen ampuminen alas BVR taistelussa on epätodennäköistä. Tällainen tilanne on riippuvainen tehtävästä. Jos tehtävänä on vihollisen hävittäjävoiman kuluttaminen haastamalla niitä ilmataisteluun (fighter sweep) ei mergeen ole mikään pakko mennä tehtävän suorittamiseksi. Jos taas tehtävänä on esimerkiksi ampua alas vihollisen joukkotuhoaseita kantava tai saattava kone, on mergeen eteneminen ja mahdollinen riski tehtävän kannalta järkevää vaikka se olisikin taktisesti epäedullista koska yksi hävittäjä on järkevää uhrata joukkotuhoaseen käytön estämisen yrittäykseen.

BVR hyökkäyksen vaiheet

1. Maalin etsintä
2. Hakeutuminen
3. Re-sanitation (RESAN) ja Meld
4. Sort
5. Crank (tilanteesta riippuen) ja lukko tarpeen vaatiessa
6. Alustava BANZAI tai SKATE päätös
7. Ohjuksen ampuminen
8. Crank ja ohjuksen saattaminen
9. MOR/MAR päätös hyökkäyksen jatkamisesta tai karkuun lähteminen
10. Vastustajan ohjuksen väistäminen
11. Hyökkäyksen jatkaminen tai irtautuminen

- ☐ *Sanitation = Ilmatilan "puhdistus" tutkalla ja muilla sensoreilla skannaamalla.*
- ☐ *Meld = Etäisyys jossa hävittäjät vaihtavat tutkansa vastualueen tarkkailusta etsimään maali sekä seuraavaksi vaarallisin vihollinen ja mahdollisesti vihollistilanne yleisesti (re-sanitation).*
- ☐ *Sort = Maalinnus, maalien jako parin/parven kesken.*

7 - Maalin etsintä

Maalin etsintä on lennon vaihe jossa hävittäjä ei ole vielä päättänyt hyökätä (COMMIT). Tällöin tavoitteena on havainnoida ilmatilaa ja muodostaa mahdollisimman tarkka tilannekuva koko toimintaympäristöstä sekä liikehtiä siten että hävittäjä pystyy havaitsemaan tehtävän kannalta olennaiset maalit. Hävittäjä käyttää tilannekuvan rakentamiseen sekä taistelunjohtajalta saamaansa tietoa että tehokasta ilmatilan skannausta tutkalla ja muilla sensoreilla.

Hävittäjä pyrkii välttämään taisteluun joutumista vihollisten kanssa, joiden kanssa taistelemisen ei edistä tehtävän toteuttamista, valitsemalla lentoreittinsä tilanteen mukaisesti.

Maalin etsintävaihe päättyy kun hävittäjä tekee hyökkäyspäätöksen. Hyökkäyspäätöksestä ilmoitetaan esim. *“EAGLE ONE, COMMIT BRAA 178/30, 17K”* tai jos maali on selvä (esim. BOGEY DOPE:n jälkeen) niin esim. *“EAGLE ONE, COMMIT”*.

Tutkalla skannaaminen

Tutka on hävittäjän pääasiallinen työkalu vihollisten havaitsemiseksi ja tilannekuvan ylläpitämiseksi. Vaikka viholliskoneen RWR havaitsee oman tutkan, antaa tutka paljon enemmän tietoa itselle kuin vihollisen RWR viholliselle. Tutkan sammuttaminen RWR varoituksen estämiseksi on hyödyllistä vain tietyissä erityistilanteissa joissa tutkan antamaa lisätietoa ei tarvita tai vihollinen on mahdollista yllättää.

Tutkan havaintokyky riippuu paljon maalin koosta, korkeudesta, aspektista ja ympäristöstä. On mahdollista, että tutka näkee 60 NM päässä olevan vihollisen mutta ei vihollista joka on 10 NM päässä. **On tärkeää ymmärtää tekijät jotka vaikuttavat havaintoetäisyyteen jotta pystyy tunnistamaan sokeat pisteet joita tutka ei pysty näkemään ja varautumaan mahdollisiin uusiin vihollishavaintoihin jotka putkahtavat näistä sokeista pisteistä esiin.**

Tyypillisiä sokeita pisteitä ovat horisontin alapuoliset loittonevat maalit jotka tutka näkee vain alle 20 NM päästä sekä notchaavat ja mäkien sekä vuorien takana piilottelevat viholliset jotka voivat olla vielä tätäkin lähempänä. On mahdollista, että vihollinen on päässyt lähellä olevaan sokeaan pisteeseen tutkan huomaamatta ja vihollinen putkahtaa esiin vasta ampumaetäisyydellä. Tätä voi ja pitää vaikeuttaa eliminoimalla sokeita pisteitä tutkan parametrejä muuttamalla (PRF, etsintäkeilan kääntely) sekä lentoreittivalinnoilla (kierretään hyvät väijyypaikat tai lähestytään varoen ja valppaana). Notchaaminen onnistuu vain kapealla sektorilla olevia tutkia vastaan joten levittämällä muodostelma sopivan leveään riviin voidaan tehokas notchaus estää.

Tutkan erilaisten etsintämoodien ja asetusten vaikutuksen tunteminen on keskeistä tehokkaassa tutkan hyödyntämisessä. Tutkan havaintoetäisyyksien tunteminen eri moodeissa erilaisten maalien suhteen (aspekti, nopeus, konetyyppi, jne.) on tärkeää tuntea. Tutkan keilan ja

etsintäkuvion koon tunteminen on tärkeää tehokkaan sanitoimisen varmistamiseksi. Tutkassa on tyypillisesti erilliset moodit ja asetukset lähestyville ja loittoneville maaleille sekä kaukana ja lähellä oleville maaleille. Paras suorituskkyky saadaan aikaan vaihtelemalla tutkaa moodista toiseen ja siirtelemällä tutkan etsintäkuviota järjestelmällisesti mahdollisimman suuren ilmatilan sanitoimiseksi. Käyttäjäystävällisemmissä tutkissa on mahdollista automatisoida tämä prosessi mutta yksinkertaisemmissa tutkissa laajimman mahdollisen skannauksen joutuu hoitamaan manuaalisesti. On tärkeää huomioida, että tutkan etsintäkuvio on tyypillisesti varsin kapea pystysuunnassa jolloin matalammalla tai korkeammalla olevat maalit jäävät helposti huomaamatta jos etsintäkuvion korkeuskulmaa ei vaihtelee riittävän usein.

RWR:n, taistelunjohtajan, IRST:n, silmien, ym. sensorien havainnoista saa yleensä tarkempaa tietoa etsimällä maali tutkalla, esim. kontaktin etäisyys, osapuoli (IFF), korkeus, nopeus, aspekti, lentosuunta ja konetyyppi. Yleensä havainnon jota ei ole tehty tutkalla joutuu aina varmistamaan tutkan IFF:llä ennen hyökkäyspäätöstä jotta välttyään omien ampumiselta.

Parina tai parvena lennettäessä on hyödyllistä jakaa skannattava ilmatila pienempiin vastuualueisiin (AOR, Area Of Responsibility) jolloin viholliset havaitaan varmemmin ja välttyään sokeilta sektoreilta joita kukaan ei epähuomiossa satu sanitoimaan. Johtajan käskettyä vastuualueet niiden skannaus lopetetaan vasta erikseen käskettäessä tai ennalta sovitulla meld etäisyydellä vihollisista.

Tyypillisesti jako tehdään korkeuden perusteella pystysuunnassa, eli esim. lead sanitoi 17K ylöspäin ja siipimies 17K alaspäin. Ennen korkeuden sopimista pitää sopia Cursor Coordination Range (esim. vakio CCR käskynjaossa) jonka mukaan korkeus määritetään. Esim. jos CCR on 20 NM, niin kursori siirretään 20 NM etäisyydelle tutkan näytöllä jonka jälkeen säädetään etsintäkuvion korkeus. Sivusuunnassa jako on helpoin tehdä esim. nokasta oikealle ja vasemmalle. Parvi voi esim. Jakaa etsintäalueen sekä pysty, että vaakasuunnassa määräten joka koneelle yhden neljänneksen (ylävasen, yläoikea, alavaasen ja alaoikea).

Oma etsintäkuvio kannattaa säätää ulottumaan hieman muiden vastuualueelle jotta välttyään sokean sektorin muodostumiselta vastuualueiden väliin. Etsintäkuvio ei yleensä ole riittävän korkea pystysuunnassa koko vastuualueen kattamiseen joten etsintäkuviota on edelleen syytä siirrellä tasaisin väliajoin kattavan peiton varmistamiseksi.

Vastuualueen skannaaminen ei estä tekemästä lyhyitä kurkkauksia toisten alueelle havaittujen kontaktien (siipimiehen ilmoitus havainnosta, RWR kontakti, ym.) varmistamiseksi kunhan etsintäkuvio siirtyy heti takaisin kurkkauksen jälkeen. Kurkkauksesta kannattaa myös ilmoittaa muille (ihan vain selkokielellä "kurkkaan/peeking").

8 - Hakeutuminen

Hakeutumisessa hävittäjä pyrkii pääsemään edulliseen hyökkäysasemaan tehokkaasti ja turvallisesti. Tähän päästään hakeutumisgeometrian, hyvän tilannetajun ja mahdollisesti yllätyksen avulla. Hakeutumisgeometrian tarkoituksena on lentää ampuma-etäisyydelle lyhintä ja siten nopeinta reittiä sekä tilanteesta riippuen hakeutua vihollisen takasektoriin ennen ampumista. Hakeutumisgeometria on tarpeellinen vain tilanteessa jossa vihollisen kone hyökkää jonkun muun kimppuun. Jos olet vihollisen maali, tämä hakeutuu sinuun riippumatta mitä teet.

Hakeutumisgeometria

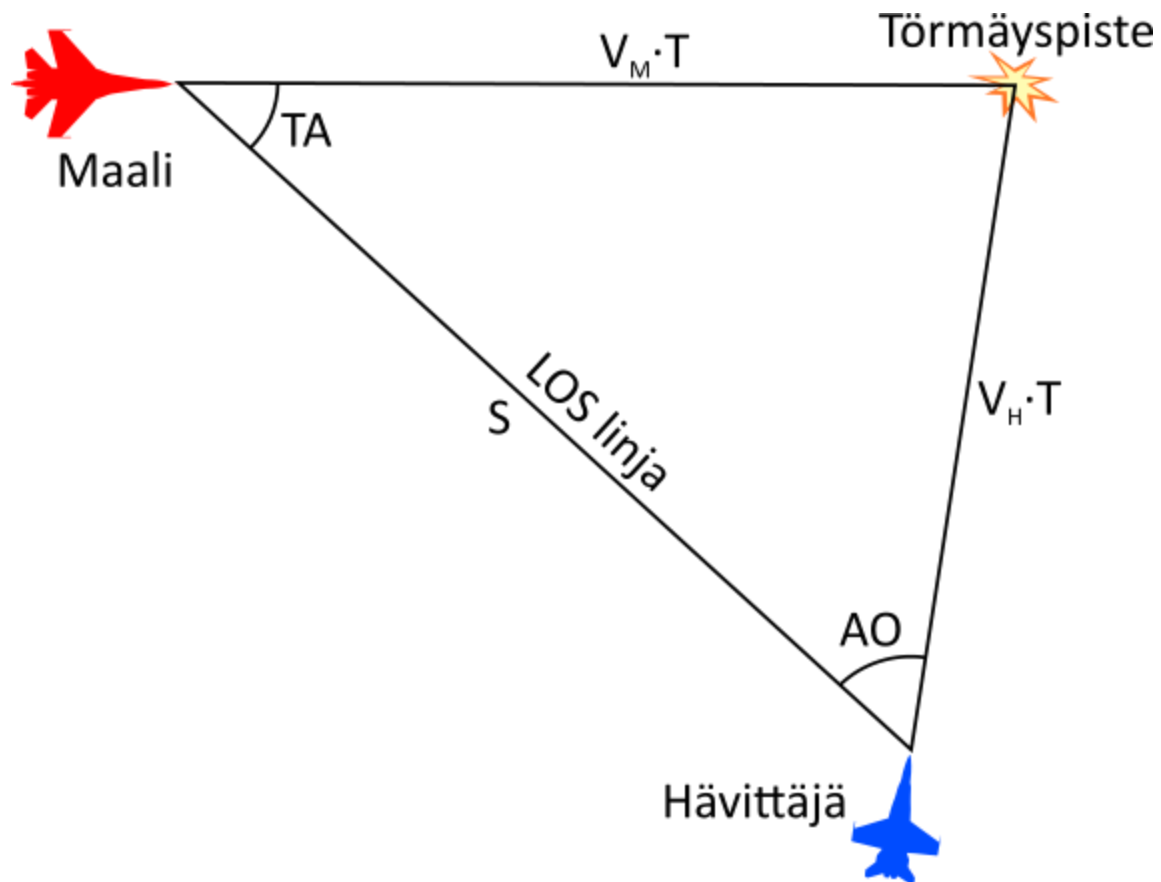
Termejä joita tarvitaan hakeutumisgeometriasta keskustelemiseen:

- LOS linja: Line-Of-Sight linja, jana hävittäjän ja maalin välillä
- Aspekti: Kulma maalin pyrstöstä LOS linjaan (Aspect Angle, AA)
- Target Aspect: Kulma maalin nokasta LOS linjaan (TA)
- Angle Off: Kulma hävittäjän nokasta LOS linjaan (AO)
- Maalin suunta: LOS linjan kompassisuunta hävittäjästä maaliin

Näistä termeistä ainoastaan aspektia käytetään käytännön toiminnassa muiden käytön rajautuessa teorian käsittelyyn.

Optimaalisen hakeutumisgeometrian havainnollistamiseen käytetään kolmiota (hakeutumiskolmio) jonka yhdessä nurkassa on hävittäjä, toisessa maali ja kolmas on näiden "törmäyspiste". Teorian yksinkertaistamiseksi oletetaan, että sekä hävittäjä, että maali lentävät suoraan ja tasaisella nopeudella alkutilanteesta lähtien. Maalikone suorittaa tehtävänsä ja hyökkää tärkeään kohteeseen lentämällä suoraviivaisesti sitä kohti ja hävittäjä yrittää lähestyä maalikonetta mahdollisimman nopeasti ampuakseen tämän alas ennen kuin maalikone ehtii laukaista aseitaan suojattavaan kohteeseen.

Lyhin ja siten nopein reitti törmäykseen (etäisyys nolla) maalin kanssa on suora linja. Tavoitteena ei ole törmätä maaliin (yleensä) vaan vain lähestyä maalia mahdollisimman nopeasti eli teorian kannalta etsiä reitti joka johtaa etäisyyden nollautumiseen mahdollisimman nopeasti. Kun empumaetäisyys on saavutettu, vaihdetaan lentorata optimaaliseksi ohjuksen laukaisulle.

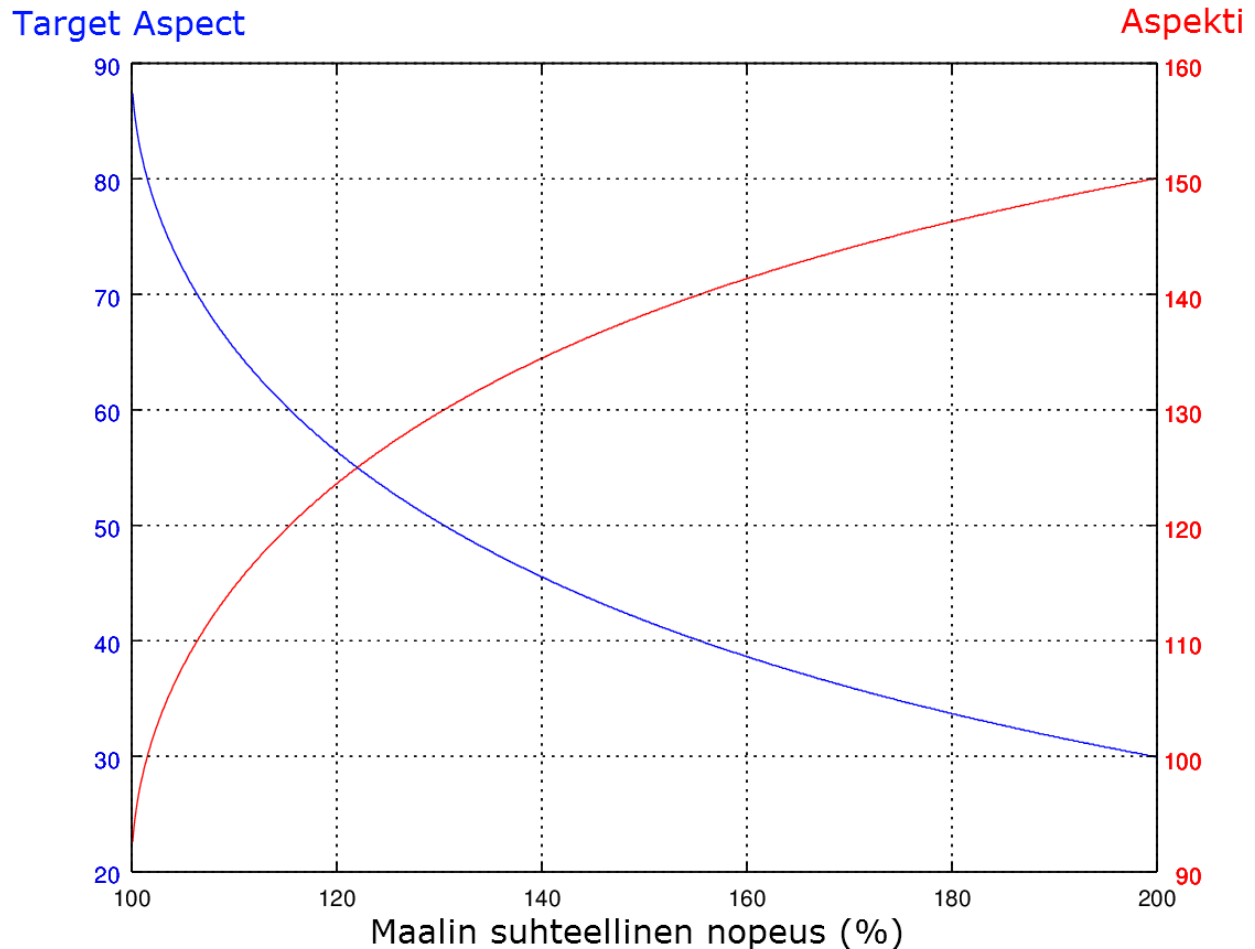


Kuva 8-1. Hakeutumiskolmio yleisessä tapauksessa. S on hävittäjän ja maalin välinen etäisyys, $V_T \cdot T$ hävittäjän etäisyys törmäyspisteestä ja $V_M \cdot T$ maalin etäisyys törmäyspisteestä (matka = nopeus · aika). Kun maalin ja hävittäjän välimatka, maalin lentosuunta ja -nopeus sekä hävittäjän lentonopeus tiedetään, voidaan ratkaista kolmion sivujen pituudet ja kulmien suuruudet ja siten saadaan selvitettyä AO kulma joka yleensä on näppärin tapa suunnata nokka törmäyskurssille tutkaa käytettäessä kompassisuunnan sijaan joka vaatisi vielä hieman ylimääräistä laskemista.

Hakeutumiskolmion yksi piirre on se, että kolmion kylkien (kun LOS linja on kanta) pituuksien suhde on sama kuin koneiden nopeuksien suhde. Jos maalin nopeus on kaksi kertaa niin suuri kuin hävittäjällä, on myös maalin lentämä matka kaksinkertainen suhteessa hävittäjän lentämään matkaan. Tämä ominaisuus on olennainen törmäyskurssin selvittämiseksi graafisesti. Kun maalin ja hävittäjän nopeudet ovat samat, on hakeutumiskolmio tasakylkinen jolloin AO ja TA kulmat ovat yhtäsuuret. Tästä johtuen törmäyskurssin selvittäminen on suhteellisen helppoa kun oma ja maalin nopeus ovat samat.

Törmäyskurssia ei ole olemassa kaikissa tilanteissa eli tällöin hävittäjän ei ole mahdollista päästä mielivaltaisen lähelle maalia (törmätä). Tämä tilanne tulee kyseeseen kun maalin nopeus on sama tai suurempi kuin hävittäjän. Jos maalia ei saada kiinni on olemassa kuitenkin minimietäisyys joka kohteeseen saavutetaan jonka jälkeen etäisyys alkaa taas kasvamaan (paitsi jos maalin nopeus on sama jolloin se säilyy samana). Minimietäisyys voi olla riittävän

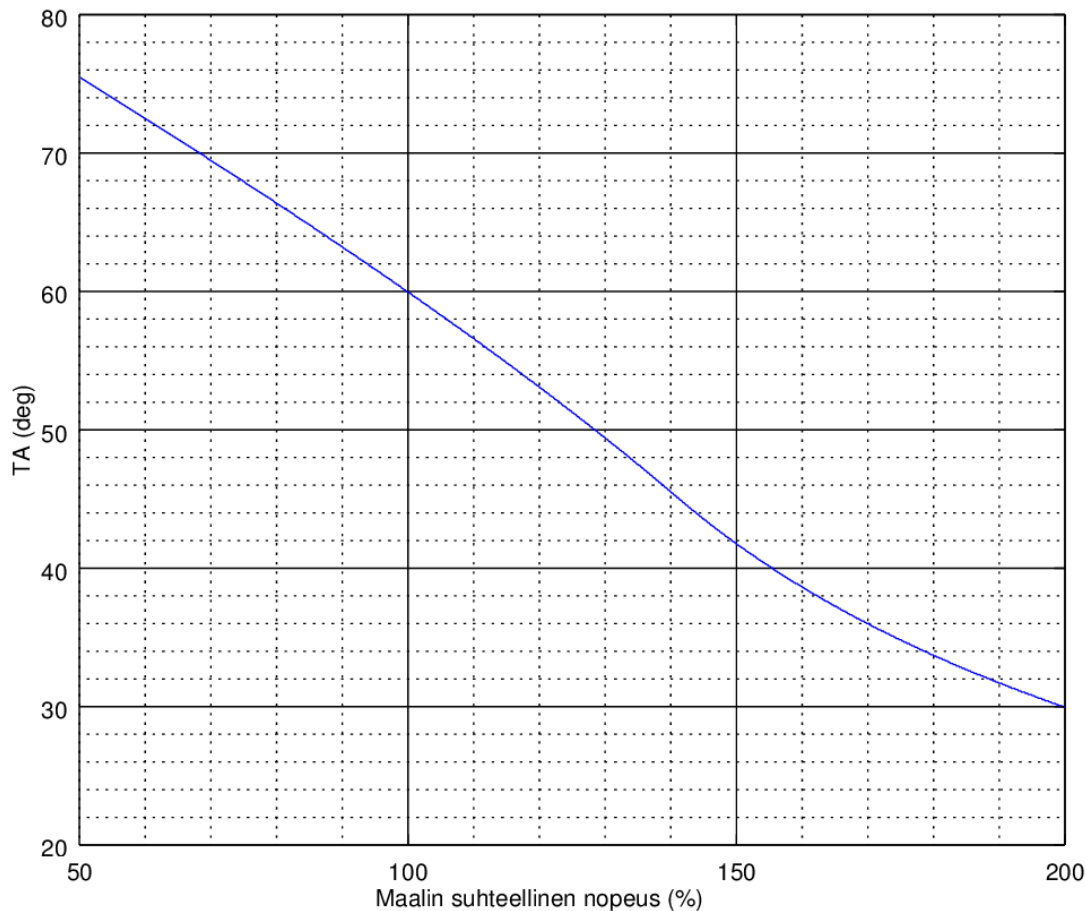
lyhyt maalin ampumiseen ohjuksella. Jos hävittäjän nopeus on suurempi kuin maalin, saa hävittäjä maalin aina ennen pitkää (äärettömän ajan kuluessa) kiinni riippumatta maalin lentosuunnasta. Käytännössä jos hävittäjän nopeusetu on kovin pieni ja maali lentää karkuun, joutuu hävittäjä luovuttamaan takaa-ajon polttoaineen vähyden takia tai maali pääsee ilmapuolustuksen suojiin ennen maalin kiinni saamista. Jos hävittäjän ja maalin lentonopeudet ovat samat, pitää TA olla 90 tai pienempi jotta maali saadaan kiinni. Mitä enemmän maali on hävittäjää nopeampi, sitä pienempi tulee TA:n olla (ja vastaavasti sitä suurempi aspekti) jotta maali on ylipäänsä mahdollista saada kiinni.



Kuva 8-2. Maalin suhteellinen nopeusero ja suurin sallittu target aspect sekä aspekti jotta se on vielä mahdollista saada kiinni. Eli jos maalin nopeus on kaksi kertaa suurempi kuin oma nopeus, on sen aspektin oltava ainakin 150 tai enemmän jotta maali on ylipäänsä mahdollista saada kiinni.

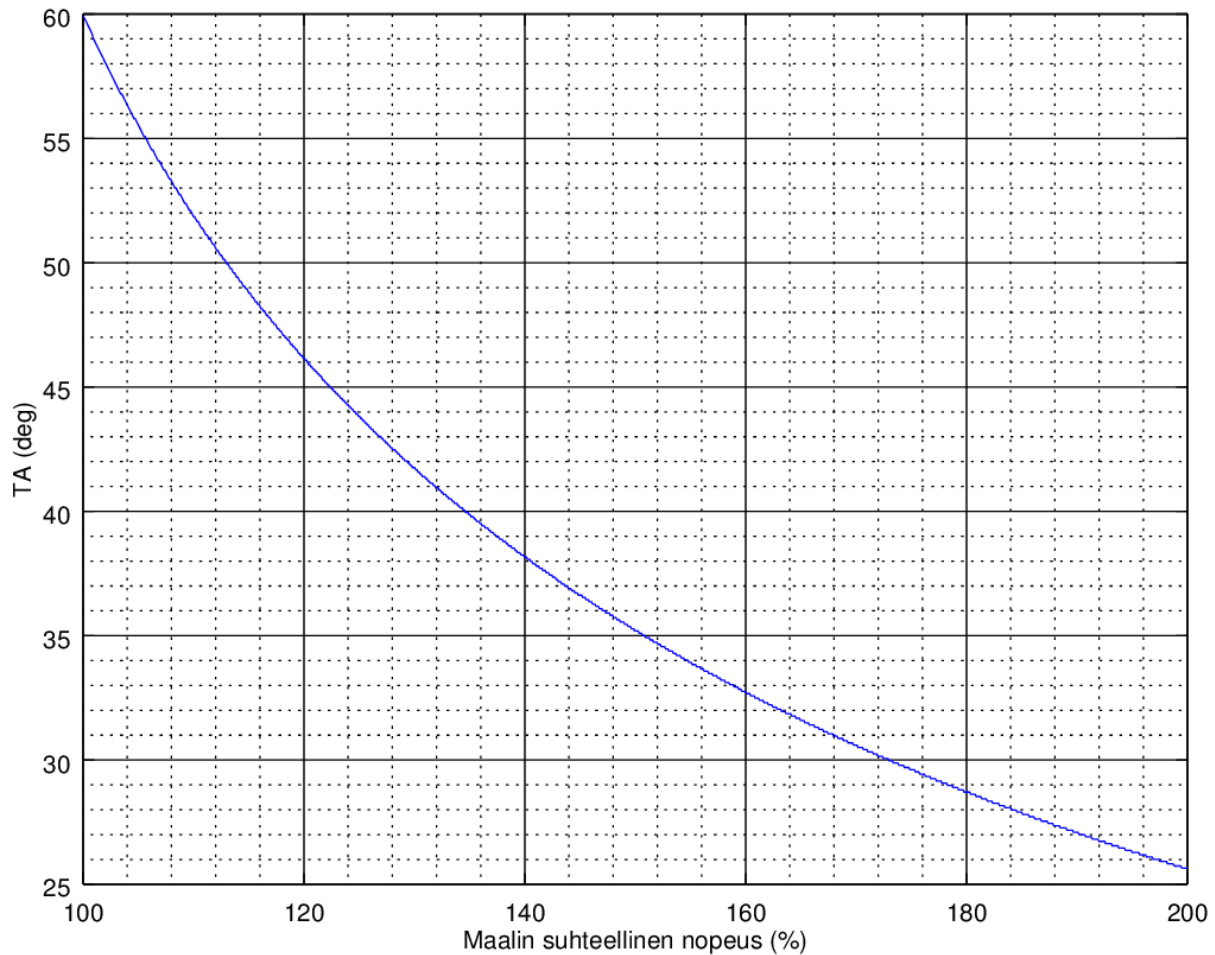
Vaikka maali on teoriassa mahdollista saada kiinni ei siihen hakeutuminen ole mielekästä jos kiinnisaamiseen kuluu paljon aikaa ja siten polttoainetta. Nyrkkisääntönä järkeväksi maksimaaliseksi hakeutumisreitit pituudeksi voi pitää etäisyyttä josta hakeutuminen aloitettiin, tosin hakeutumisen mielekkyys tulee aina miettiä tilannekohtaisesti. Joskus haluttu vaikutus

viholliseen saadaan aikaan jo sillä että vihollinen tunnistaa hakeutumisgeometrian ja päättelee olevansa hyökkäyksen kohteena (tämänkaltaisen päättelyn tekee yleensä taistelunjohtaja).



Kuva 8-3. Maalin suurin sallittu target aspect jotta hakeutumisen lentomatka on pienempi tai yhtäsuuri kuin aloitusetäisyys maalin suhteellisen nopeuden funktiona.

Hakeutuminen tehdään yleensä oman tutkan avulla jonka antennin suurin kääntymiskulma rajoittaa AO kulmaa jolla maalia voidaan edelleen seurata hakeutumisen aikana. Tyypillisesti tutkan suurin kääntymiskulma on 60° jolloin suurin käytännön AO on noin 55° . Hakeutuminen on kuitenkin mielekästä tehdä epäideaalisella geometrialla vaikka tarvittava AO olisikin hieman enemmän kuin tutkan sallima maksimi AO pitämällä AO tutkan sallimassa maksimissa. Tämä johtaa kaarevaan ja siten epäideaaliseen hakeutumisreittiin mutta jos ideaalinen AO ei poikkea suuresti tutkan maksimaalisesta kääntymiskulmasta (alle 10° ero) on kaareutuminen pientä eikä siten ole suureksi haitaksi.



Kuva 8-4. Maalin suurin sallittu target aspect jotta AO kulma on pienempi tai yhtäsuuri kuin 60° maalin suhteellisen nopeuden funktiona.

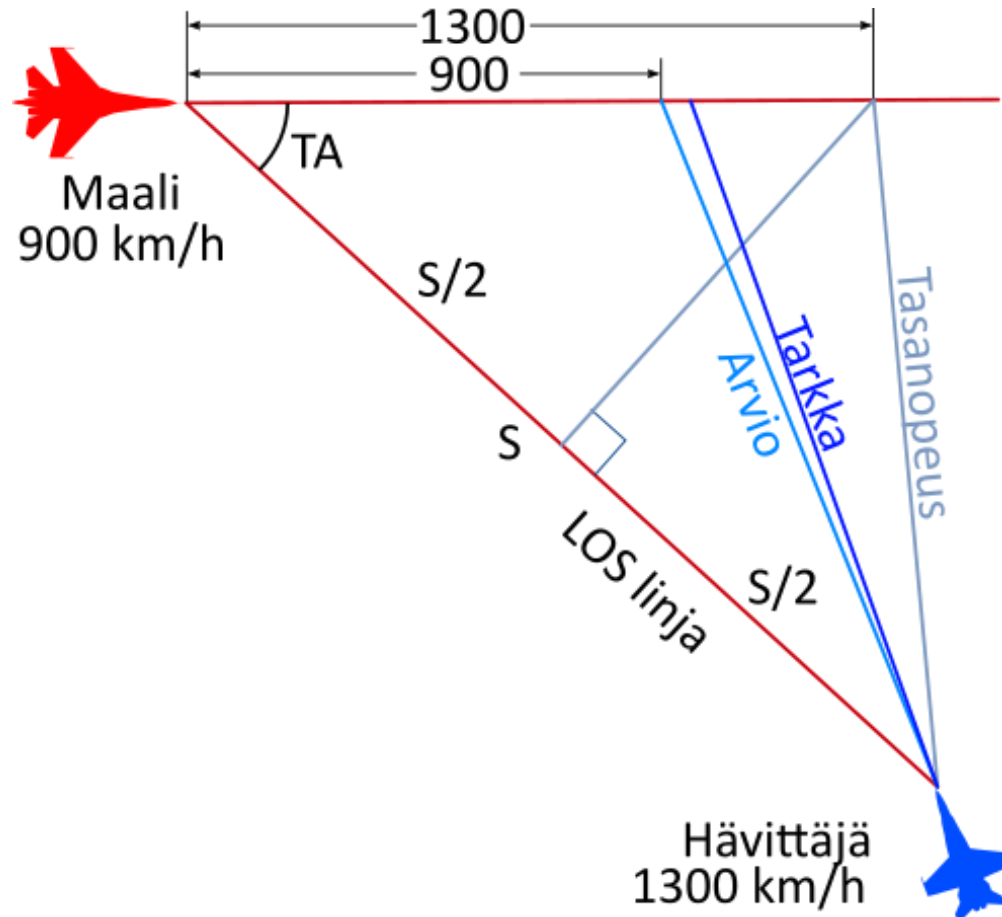
Törmäyskurssin selvittäminen käytännössä

Törmäyskurssi voidaan löytää kolmella eri menetelmällä; laskemalla, arvioimalla kuvasta ja kulmanopeusreititys tekniikalla.

Laskeminen

AO kulma ja siten törmäyskurssi voidaan laskea ratkaisemalla hakeutumiskolmio. Kun maalin nopeus ja lentosuunta sekä oman koneen lentonopeus ja etäisyys maaliin tiedetään, pystytään hakeutumiskolmio ratkaisemaan. Tästä selvittää lukion pitkän matematiikan tiedoilla mutta sen enempää tähän ei puututa koska laskeminen on käytännöllistä ainoastaan automaattisissa järjestelmissä. Esim. useimpien neljännen sukupolven hävittäjien tutka laskee automaattisesti törmäyskurssin lukittuun kohteeseen.

Koska hakeutumiskolmion kylkien pituuksien suhde on sama kuin koneiden nopeuksien suhde, voidaan maalin lentolinjalta etsiä piste josta etäisyydet koneisiin ovat samassa suhteessa kuin niiden nopeudet. Tämä menetelmä on erityisen helppo kun koneiden nopeudet ovat samat jolloin maalin lentolinjalta etsitään piste josta etäisyydet molempiin koneisiin ovat samat. Tämä menetelmä on näppärä kun käytössä on PPI näytöllä oleva tutka (esim. taistelunjohtajalla). Kuvasta arvioiminen ei ole tarkka menetelmä mutta käytännössä sillä päästään riittävään tarkkuuteen tehokkaan hakeutumisen toteuttamiseksi.

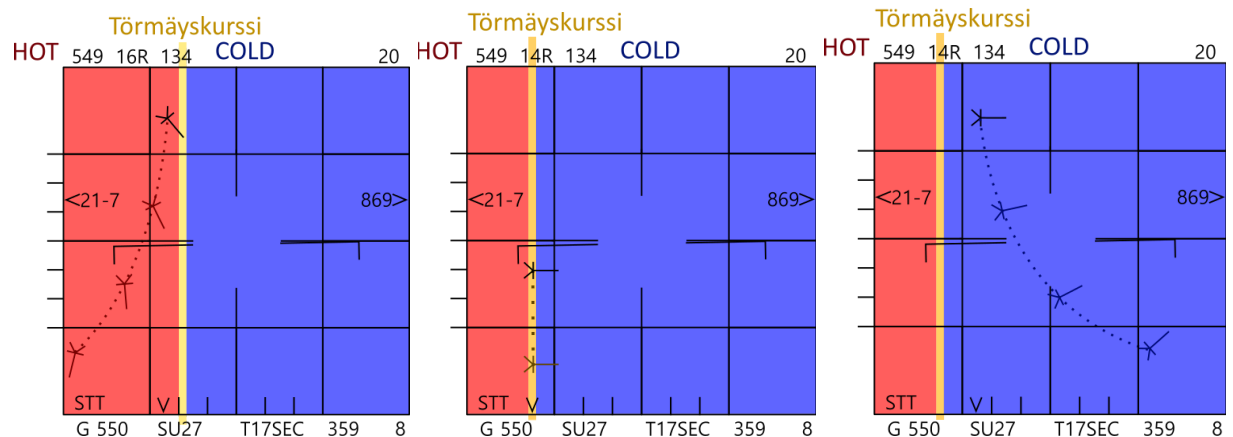


Kuva 8-5. Törmäyskurssin arvioiminen kuvasta. Törmäyskurssi tasanopeus tilanteessa on helpoin selvittää etsimällä LOS linjan puoliväli ja vetämällä LOS linjaan nähden kohtisuora viiva maalin lentolinjalle jolloin törmäyspiste on näiden leikkauspisteessä (tasakylkisen kolmion korkeusjana puolittaa kannan). Jos maalin ja hävittäjän nopeuksissa on hieman eroa, voidaan hyvä arvio törmäyskurssille saadaan siirtämällä törmäyspistettä maalin lentolinjalla tasanopeustilanteesta samassa suhteessa kuin maalin nopeus eroaa hävittäjän nopeudesta. Eli jos maali on esim. kaksi kertaa nopeampi, siirretään törmäyspiste kaksinkertaisen etäisyyden päähän maalista maalin lentolinjalla. Käytännössä tämän arviointitempun tuottama virhe on todennäköisesti pienempi kuin törmäyspisteen paikan silmämääräisen sijoittamisen virhe.

Kulmanopeusreititys tekniikka

Tämä menetelmä on käytännössä sama mitä ohjukset käyttävät hakeutumiseen. Esitys kulmanopeusreitityksen geometriasta löytyy kuvasta 4-4.

Kun hävittäjä on törmäyskurssilla maaliin, pysyy AO kulma muuttumattomana. Jos kurssi on hieman vinoon, alkaa AO kulma siirtymään pois päin törmäyskurssista. Korjaamalla AO kulmaa valuman suunnan vastakkaiseen suuntaan voidaan löytää AO kulma joka säilyy vakiona ja tällöin törmäyskurssi on löydetty.



Kuva 8-6. Esimerkki kulmanopeusreitityksestä tutkan B-scope näytöllä. Kun AO kulma on törmäyskurssilla, maalin AO pysyy vakiona eli se kulkee näytöllä suoraan alaspäin (keskimmäinen kuva). Jos maalin AO ei ole törmäyskurssilla, AO siirtyy pois päin törmäyskurssin AO:sta.

Tätä menetelmää voidaan käyttää tutkan kanssa, visuaalisesti, TACAN järjestelmällä (hakeutuminen tankkauskoneeseen tai siipimieheen) tai millä tahansa muulla järjestelmällä joka antaa jatkuvan suunnan maaliin.

AO maalin aspektista

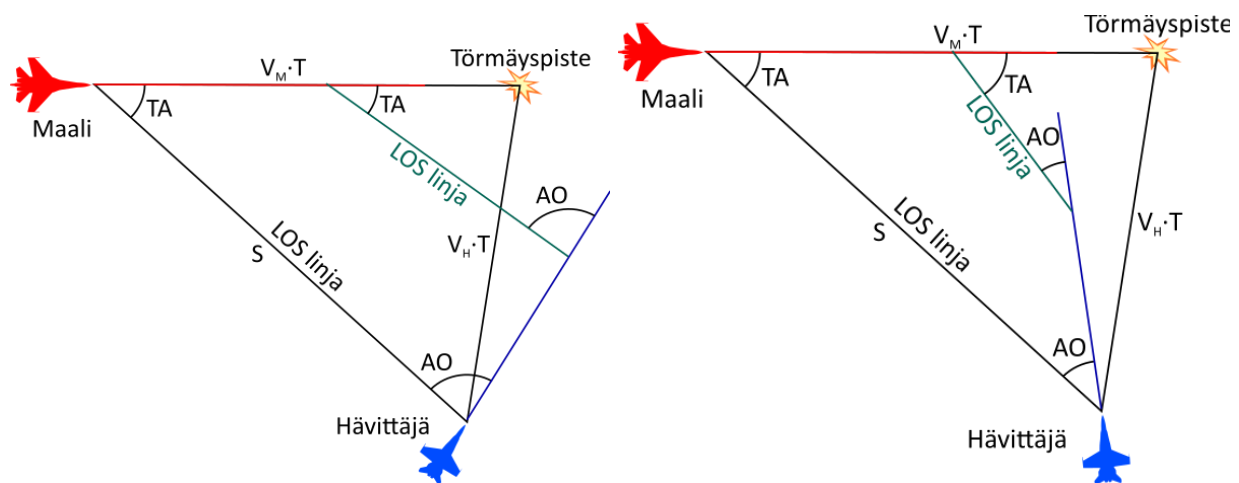
Kun hävittäjän ja maalin nopeudet ovat jotakuinkin samat saadaan AO kulma laskettua tutkan mittaamasta maalin aspektista. Koska tasanopeus tilanteessa AO ja TA kulmat ovat samat, saadaan AO kulma selville laskemalla TA aspektista ($TA = 180 - \text{aspekti}$). Tällä tekniikalla saadaan yleensä suoraan useimmissa tilanteissa riittävän hyvä arvio törmäyskurssille ja jos tätä tulosta halutaan tarkentaa entisestään, voidaan käyttää kulmanopeusreititystä törmäyskurssin tarkentamiseen.

Hakeutumisgeometrian kontrollointi

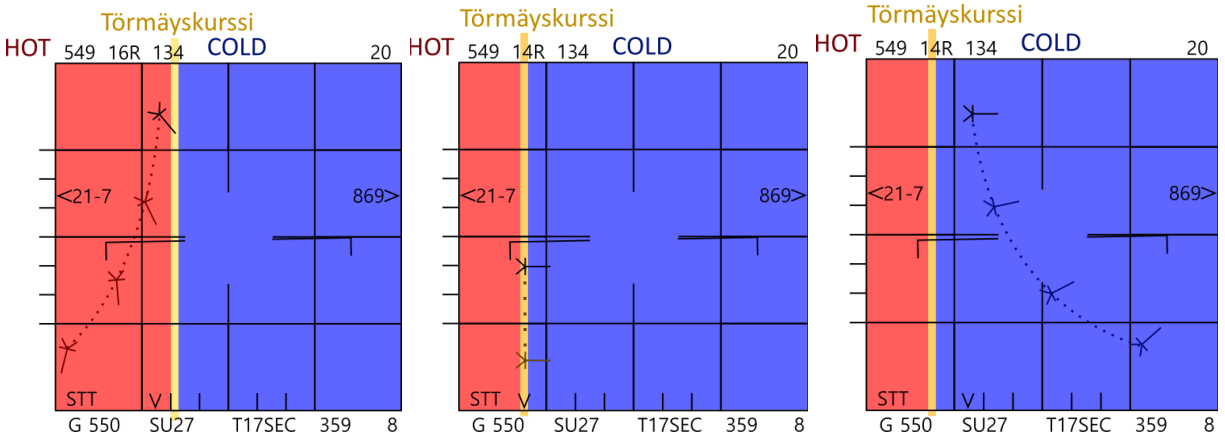
Hävittäjän tehtävän suorituksen kannalta voi olla edullista pyrkiä lähestymään maalia tietystä suunnasta, esim. suoraan edestä tai takasektorista. Eteen hakeutuminen tulee kyseeseen

erittäin nopeisiin maaleihin hakeutuessa jolloin pyritään minimoimaan maalin mahdollisuudet väistöliikkeisiin. Yleisempi tavoite hakeutumisessa on kuitenkin maalin takasektoriin pyrkiminen. Molemmassa tavoitteissa pyritään pääsemään tiettyyn asemaan suhteessa maaliin mikä tarkoittaa tietyn aspektin aikaansaamista tietyllä etäisyydellä. On huomioitava, että maalin liikehdintä sotkee yritykset hallita hakeutumisgeometriaa joten tämä onnistuu vain maaleille jotka eivät havaitse hävittäjää tai välitä siitä.

Pääasiallinen parametri johon pyritään vaikuttamaan on maalin aspekti jotta se olisi halutussa arvossa kun päästään sopivalle etäisyydelle maalista. Tyypillinen tavoite on 150° 5-10nm etäisyydellä josta saadaan tehtyä stern conversion eli kaarto maalin kutoseen ampumaetäisyydelle. Aspektia hallitaan AO kulmaa säätämällä. Kun AO on törmäyskurssilla, pysyy maalin TA vakiona (kuten AO kulmakin). Jos AO on enemmän kuin törmäyskurssi, alkaa AO kasvamaan ja TA pienenemään eli hävittäjä ajautuu maalin etusektoria kohti. Tällöin hakeutumisgeometria on HOT (Brevity-termi) ja hävittäjä ohittaa maalin lentolinjan maalin etupuolelta jos kurssia ei muuteta. Vastaavasti jos AO kulma on pienempi kuin törmäyskurssi, alkaa AO kulma pienenemään entisestään (ja kasvamaan kun maali menee nokan toiselle puolelle) ja TA kasvamaan eli hävittäjä ajautuu kohti maalin takasektoria jolloin hävittäjä ylittää maalin lentolinjan maalin takapuolelta jos kurssia ei muuteta. Tällöin hakeutumisgeometria on COLD (Brevity-termi). Mitä enemmän AO poikkeaa törmäyskurssista, sitä nopeammin AO ja TA muuttuvat.



Kuva 8-7. Esimerkit AO kulman vaikutuksesta TA ja AO kulmiin hakeutumisen edetessä. Jos AO on törmäyskurssia suurempi, ajautuu hävittäjä maalin etupuolelta kohti jolloin TA pienenee. Vastaavasti jos AO on törmäyskurssia pienempi, ajautuu hävittäjä maalin pyrstön puolelta kohti jolloin TA kasvaa.



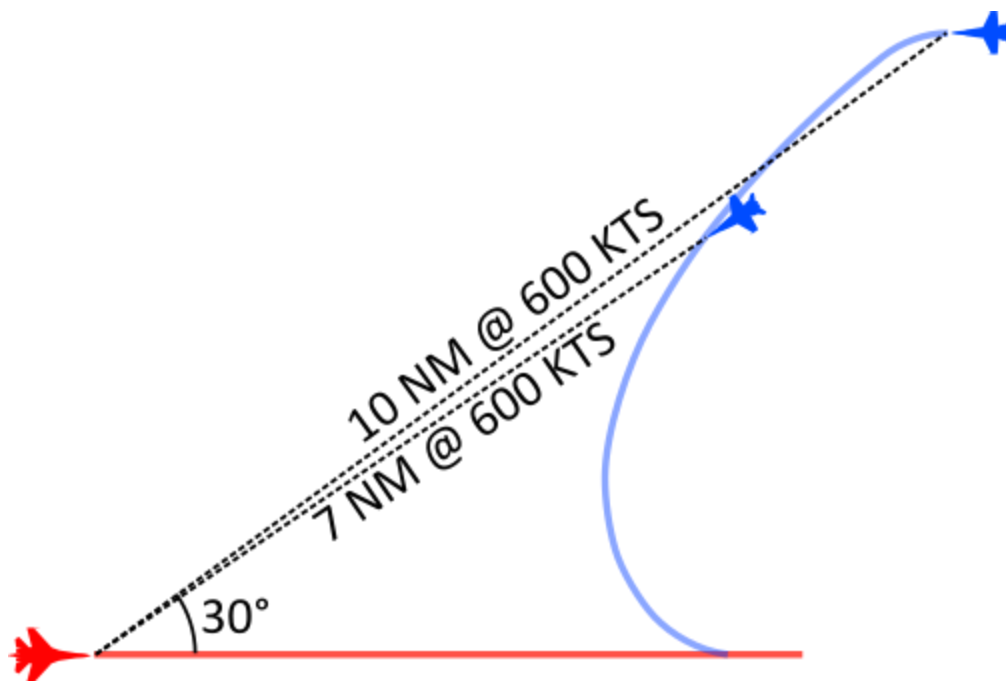
Kuva 8-8. Esimerkki hakeutumisen kontrolloimisesta tutkan B-scope näytöllä.

Törmäyskurssin AO jakaa näytön kylmään ja kuumaan puoleen. Jos maali on kylmällä puolella (AO törmäyskurssia pienempi) alkaa maalin AO sekä aspekti pienenemään ja kontakti siirtyy näytöllä sen nokan suuntaan (eli jos maali lentää oikealle, siirtyy se näytöllä oikealle). Maalin ollessa näytön kuumalla puolella (AO törmäyskurssia suurempi) alkaa maalin AO sekä aspekti kasvamaan ja kontakti siirtyy näytöllä sen pyrstön suuntaan. Mitä enemmän AO poikkeaa törmäyskurssista, sitä nopeammin AO ja aspekti muuttuvat.

Stern conversion

Hakeutumisen lopuksi on yleensä edullista päästä maalin taakse ampumaetäisyydelle mitä sanotaan Stern conversion liikkeeksi (stern = perä). Tätä liikettä tarvitaan kun pyritään pääsemään maalin perään sen etusektorista josta maaliin tyypillisesti hakeudutaan. On hyvä huomata, että jos maalia seuraa muita viholliskoneita, Stern Conversion liike saattaa hävittäjän suoraan näiden eteen maalitauluksi. **Stern Conversion tulee aina tehdä vihollisryhmän viimeiseen koneeseen.** Toisekseen maalin on helppo estää Stern Conversion pure pursuit geometrialla kohti hävittäjää mistä syystä Stern Conversion tehdään yleensä ilman tutkaa ja tutkaa käytetään apuna vain jos maalilla ei ole tutkavaroitinta tai maalin huomio on poissa tutkavaroitimesta siten että se ei hälytä maalia reagoimaan hävittäjään.

Joidenkin hävittäjien tutkassa on ominaisuus joka antaa lentäjälle ohjeet Stern Conversion liikkeen suorittamiseksi suhteessa lukittuun maaliin. Stern conversion ei kuitenkaan ole vaikea suorittaa myöskään manuaalisesti ja jos maalille ei haluta antaa varoitusta tutkalla on stern conversion tehtävä manuaalisesti joka tapauksessa. Seuraavaksi esitellään Stern conversion liike joka tehdään ilman tutkaa poislukien hakeutuminen aloituspisteeseen jossa tutka on yleensä tarpeellinen.

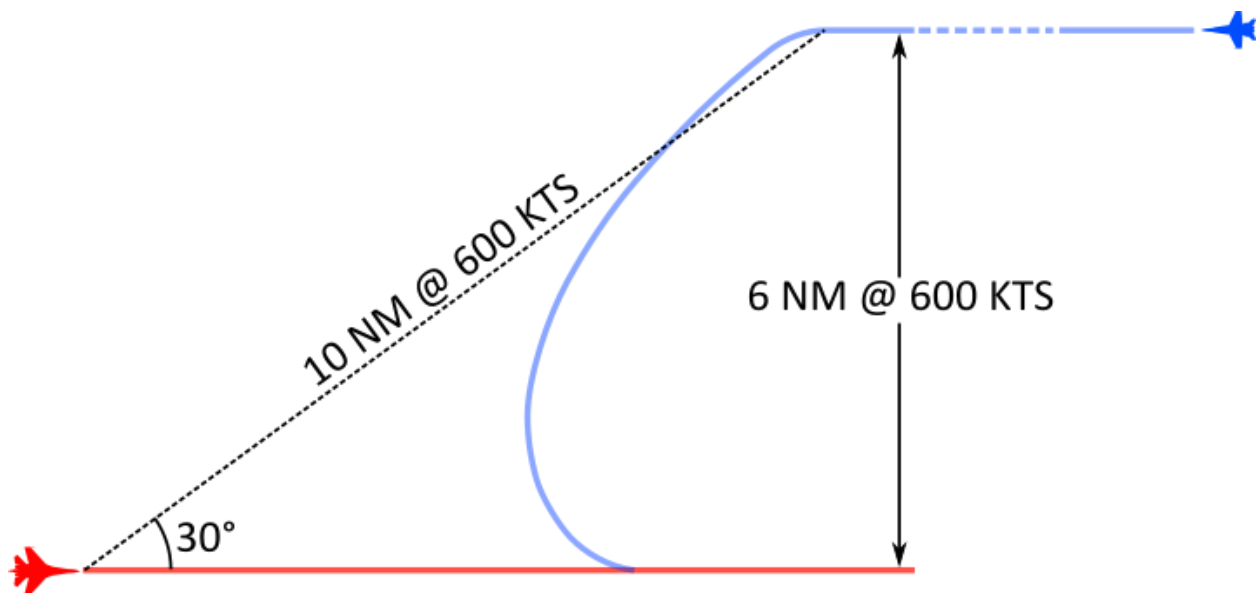


Kuva 8-9. Pure Pursuit Stern Conversion liikkeen aloitusparametrit noin 0.9 M lentonopeudella (sekä maali että hävittäjä). Perustapauksessa maalin aspekti on 150° 7-10 NM etäisyydellä josta käännetään pure pursuitiin. Jos maaliin on näköyhteys voidaan tutka sammuttaa tässä vaiheessa koska sitä ei tarvita enää hakeutumiseen. Pitämällä pure pursuitin jatkuvasti hävittäjä päättyy lopulta noin 0.5 NM päähän maalin taakse. Mitä lähemmäksi maali tulee, sitä tiukemmin hävittäjä joutuu kaartamaan mutta em. aloitusparametreilla kaarron kuormituskerroin on tiukimmillaan 4 G. Jos aspekti on aloituksessa suurempi, kasvaa vaadittava suurin kuormituskerroin mutta loppuetäisyys pienenee. Vastaavasti pienempi aspekti aloituksessa kasvattaa loppuetäisyyttä mutta pienentää suurinta tarvittavaa kuormituskerrointa. Aloitusetäisyyden ollessa alle 7 NM tulee aspektin olla myös suurempi.

Stern conversion kaarron aloituspaikkaan hakeutuminen tutkalla tapahtuu kontrolloimalla maalin aspektia hakeutumisgeometrian avulla. Jos maalin aspekti on liian pieni, muutetaan hakeutumisgeometria kuumaksi jolloin aspekti alkaa kasvamaan ja jos aspekti on liian suuri muutetaan geometria vastaavasti kylmäksi. Lentokorkeus on hyvä sovittaa hieman alemmaksi maalia jolloin maalin on vaikeampi havaita hävittäjää visuaalisesti kun taas hävittäjä näkee maalin helpommin ja kauempaa taivasta vasten. Kun aloituspaikka on saavutettu, aloitetaan pure pursuit kääntämällä maalin TD laatikko keskelle HUD:ia ja pyritään saamaan näköyhteys maaliin. Kun näköyhteys on saatu, voidaan tutka sammuttaa ja tehdä loppulähestyminen visuaalisesti.

Vaihtoehtoisesti hakeutuminen voidaan tehdä taistelunjohtajan ohjeiden avulla ilman hävittäjän omaa tutkaa. Taistelunjohtaja ohjaa hävittäjän maalin eteen vastakkaissuuntaiselle kurssille mutta tarvittavan kaarron halkaisijan (noin 6 NM) verran sivuun ja hieman alapuolelle (esim. 1000 jalkaa tai 500m alemmaksi). Stern conversion aloituspisteessä taistelunjohtaja kääntää

aloittamaan pure pursuitin ja alkaa antamaan maalin kompassisuuntia jatkuvalla tahdilla joiden mukaan hävittäjä lentää kunnes hävittäjä ilmoittaa saaneensa näköyhteyden maaliin.



Kuva 8-10. Stern conversion aloituspaikkaan hakeutuminen taistelunjohtajan ohjaamana.

Meld ja RESAN etäisyys

Tilannetajun ylläpitämiseksi ja yllätysten välttämiseksi hävittäjä jatkaa taistelutilan sanitoimista hakeutumisen aikana. On mahdollista, että lähellä ampumaetäisyyttä maali voi liikehtimisellä välttää uudelleen havainnoinnin kurkkauksen jälkeen ennen ampumaetäisyydelle päätymistä joten kurkkauksia ei tehdä enää tietyn etäisyyden jälkeen jotta ensisijaiseen maaliin saadaan ammuttua oikealta etäisyydeltä myöhästymisen sijaan.

Meld etäisyydellä hävittäjä etsii ensisijaisen maalinsa tutkalla tai muulla sensorilla ja pitää jatkuvan kontaktin siihen ampumaetäisyydelle saakka. Tämä ei edelleenkään estä muiden maalien skannausta esim. TWS moodin etsintäaluetta maalin ympärillä siirtelemällä mutta jatkuva yhteys maaliin tulee säilyttää. Meld etäisyyden sisällä tutkan asetukset säädetään maalin luotettavaan seurantaan optimoiduiksi maalin etsimisen sijasta. Tyypillisesti tämä tarkoittaa etsintäkuvion pienentämistä päivitysnopeuden kasvattamiseksi.

Meld etäisyys riippuu tilanteesta ja pääasiallinen vaikuttava tekijä on maalin varmaan löytämiseen tarvittava aika ja tänä aikana maalin ja hävittäjän lähestymä etäisyys sekä ampumaetäisyys. Yksinkertaisesti Meld etäisyys on ampumamatka lisättynä maalin etsimiseen tarvittavalla lähestymisetäisyydellä. Esim. jos oletetaan maalin varmaan löytymiseen kuluva 20 sekuntia ja maali sekä hävittäjä lähestyvät 600 kts nopeudella jolloin etsinnän aikana välimatka pienenee 7 NM. Jos ampumamatka on 10 NM niin Meld etäisyys on 17 NM.

Varsinainen Meld etäisyys sovitaan/määrätään käskynjaossa ennen lentoa tai edellä kuvatulla tavalla arvioidaan itse. On syytä huomioida, että oma ja maalin lentokorkeus vaikuttaa ampumamatkaan ja maalin korkeusero vaikuttaa nopeuteen jolla maali löydetään (korkeuseron kasvaessa maalin löytyminen hidastuu).

Ennen Meld etäisyyttä tehdään RESAN eli uudelleen sanitointi jossa tutkalla skannataan koko etsintäsektori äärilaitojaan myöten yllätysten välttämiseksi. Havaitut maalit lukitaan tarvittaessa hetkeksi jotta niiden parametrit (nopeus, korkeus, suunta, aspekti, konetyyppi) saadaan selvitettyä taktisen tilanteen yksityiskohtien selvittämiseksi. Jos parin tai parven sisällä on jaettu vastuualueita, jokainen skannaa RESAN:issa oman vastuualueensa äärireunoja myöten jotta mahdolliset yllätykset havaitaan. RESAN on aloitettava sen verran ajoissa että se ehditään suorittaa kokonaan ennen Meld etäisyyttä. Jos RESAN saadaan tehtyä loppuun ennen Meld etäisyyttä, aloitetaan uusi RESAN kierros kunnes ollaan Meld etäisyydellä. Etäisyyttä maaliin on syytä tarkkailla jotta RESAN:in aikana ei epähuomiossa ajauduta yllättäen Meld etäisyyden, tai pahimmassa tapauksessa ampumaetäisyyden, sisäpuolelle. Jos vastuualueita on jaettu, vastuu etäisyyden tarkkailusta kuuluu sille kenen vastuualueella maali on.

Jos RESAN tehdään yksin, on parempi skannata ylhäältä alas jolloin vaikeimmin havaittavat horisontin alapuolella olevat maalit ovat oletettavasti lähimmillään ja siten luotettavimmin havaittavissa.

Myös RESAN etäisyys sovitaan ennen lentoa käskynjaossa tai arvioidaan itse sopiva etäisyys. Riittävä RESAN etäisyys riippuu siitä kuinka kauan tutkalla kestää skannata koko etusektori alhaalta ylös ja lähestymisnopeudesta joista saadaan laskettua lennetty matka RESAN:in aikana.

9 - Ohjushyökkäyksen teoriaa

Terminologiaa

- ❑ *Extend* = Lennetään väliaikaisesti pois päin vihollisesta etäisyyden ja/tai energian hankkimiseksi uutta hyökkäystä varten.
- ❑ *F-pole* = Hävittäjän etäisyys maaliin ohjuksen osuessa maaliin.
- ❑ *A-pole* = Hävittäjän etäisyys maaliin aktiivisen tutkaohjuksen tutkan aktivoituessa.
- ❑ *E-pole* = Hävittäjän etäisyys maaliin josta aloitettu abort-liike / extension estää kaikkia maalin mahdollisesti laukaisemia ohjuksia saamasta hävittäjää kiinni.
- ❑ *First Launch Opportunity (FLO)* = Ampuja voi ampua maalia maalin aseiden vaikutusalueen ulkopuolelta.
- ❑ *Abort-liike* = Maksimi suorituskyvyn kaarto suoraan poispäin vihollisesta extensionin aloittamiseksi.
- ❑ *Minimum Out Range (MOR) / Desired Out Range (DOR)* = Etäisyys maaliin josta aloitettu abort-liike / extension pitää hävittäjän riittävän kaukana jotta samaa maalia vastaan voidaan tehdä uusi hyökkäys Launch-And-Decide taktiikalla.
- ❑ *Lock Range (LR)* = Etäisyys josta maali ehditään lukita ja tunnistaa, tehdä hyökkäyspäättös ja edelleen säilytetään FLO.
- ❑ *Minimum Abort Range (MAR)* = Sama kuin E-pole.
- ❑ *Crank (kampeaminen)* = Liike jossa nokka käännetään sivuun maalista siten että se on tutkan antennin maksimikäntymiskulman lähellä. Tällöin maali on tutkan näytöllä lähellä reunaa. Kampeamisen tarkoituksena on minimoida lähestymisnopeus silti tutkakontakti säilyttäen.
- ❑ *Pump* = Liike jolla säilytetään etäisyys viholliseen samana käytännössä lentämällä siitä poispäin jotta hyökkäyspaikka tai -hetki saadaan sijoitettua/ajoitettua paremmin.
- ❑ *SARH* = Semi Active Radar Homing. Ohjus hakeutuu laukaisseen koneen tutkalla valaisemaan maaliin jolloin tutkalukko on säilytettävä maaliin koko ohjuksen lennon ajan.
- ❑ *ARH* = Active Radar Homing. Ohjus hakeutuu alkumatkan laukaisseen koneen ohjaamana ja lennon loppuvaiheessa käynnistää oman tutkan jolloin laukaissut kone voi katkaista lukon ja on vapaa liikehtimään.

Taktiikasta puhuttaessa puhutaan paljon tietyillä tavoilla määritellyistä etäisyyksistä mutta niitä ei määritellä käytännössä sen tarkemmin. Tämä johtuu osaksi siitä että etäisyys voi olla liian tilanneriippuvainen jotta sille voi antaa mitään konkreettista yleistä numeroarvoa. Toisekseen määritellyt etäisyydet voivat riippua käytettävästä kalustosta (lentokoneista ja ohjuksista) jolloin annettu etäisyys pätee vain tietyllä koneella/ohjuksella. Kolmanneksi DCS:n mallinnuksessa voi tapahtua muutoksia jolloin määriteltujen etäisyyksien numeroarvot saattavat muuttua. Näistä syistä konkreettisia numeroarvoja ei välttämättä anneta vaan niiden selvittäminen jätetään lukijan vastuulle.

Ohjuksen kantama

Kantamalla tarkoitetaan tyypillisesti ampumaetäisyyttä johon aseeseen ammus lentää tai josta maaliin saadaan haluttu vaikutus (esim. osuma tai läpäisy) järkevällä todennäköisyydellä. Ohjuksen ohjautuvuus hieman mutkistaa kantaman määrittelyä ja siksi ilmataisteluohjuksille määritellään useampia eri tyyppisiä kantamia.

Maksimi Fly-out kantama

Etäisyys ohjuksen laukaisupisteestä pisteeseen jossa ohjuksen nopeus laskee liian pieneksi jotta se voisi lentää tai jossa ohjuksen toiminta-aika täyttyy. Maksimi Fly-out kantama riippuu laukaisevan koneen lentonopeudesta ja -korkeudesta sekä ohjuksen lentoradasta.

R_{aero} (aerodynaaminen maksimi kantama)

R_{aero} tai R_{max} on ohjuksen suurin kantama suoraan lentävään maaliin. R_{aero} on maksimi fly-out kantama johon lisätään maalin lentämä matka ohjuksen lennon aikana. Koska maalin suunta voi olla mikä tahansa, täytyy summaaminen tehdä vektoriperiaatteella. Tällöin siis loittonevaan maaliin R_{aero} on pienempi kuin maksimi fly-out kantama ja lähestyvään maaliin R_{aero} on tätä suurempi. Käytännössä pienikin maalin suunnanmuutos tai tuulenpuuska pakottaa ohjuksen tekemään ylimääräisen ohjausliikkeen joka hidastaa ohjusta sen verran ettei se pysty osumaan maaliin. Käytännössä R_{aero} on siis teoreettinen kantama josta osuminen edellyttää täydellisesti yhteistyötä tekevän maalin joka ei liikehdi edes vahingossa.

R_{TR} (Turn and Run etäisyys)

Etäisyys josta maali ei pysty lentämään ohjusta karkuun vaan ohjus saa maalin aina kiinni. Ohjus voi silti olla helposti väistettävissä juuri ennen osumaa tehtävällä tiukalla kaarrolla. Ohjus kuitenkin aina lentää maalin ohi jos se ammuttiin R_{TR} kantaman sisältä. R_{TR} riippuu ohjuksen suorituskykyyn vaikuttavien seikkojen lisäksi myös maalin aspektista, nopeudesta ja liikehtimiskyvystä.

R_{min} (minimi ampumaetäisyys)

Ohjus tarvitsee jonkin verran aikaa ja siten tilaa laukaisun jälkeen hakeutumiskurssille asettumiseen. Mitä tarkemmin ohjus ammutaan kohti ennakkopistettä, sitä lyhyemmällä matkalla ohjus ehtii asettamaan kurssinsa ennakkopisteeseen ja siten sen minimikantama on lyhyempi. Maalin aspekti vaikuttaa minimikantamaan siten, että loittonevaan maaliin R_{min} on pienempi kuin lähestyvään maaliin.

First Launch Opportunity (FLO)

Peruseriaate ilmataistelussa on päästä ampuma-asemaan josta vastustaja ei voi ampua takaisin jolloin maali saadaan tuhottua tuhoutumatta itse. Ohjusten vaikutusalueeseen vaikuttaa

oman koneen nopeus ja korkeus, maalin AO ja aspekti, maalin nopeus ja korkeus sekä maalin väistöliikkeet.

Ohjuksen tehokasta ampumaetäisyyttä kasvattaa:

- ☐ Laukaisevan koneen suurempi energia
- ☐ Maalin suurempi lentokorkeus
- ☐ Maalin pienempi energia
- ☐ Laukaisevan koneen lentosuunta kohti ohjuksen ennakkopistettä
- ☐ Maalin lentosuunta kohti ohjusta

Ohjuksen tehokasta ampumaetäisyyttä pienentää:

- ☐ Maalin matala lentokorkeus
- ☐ Maalin suurempi energia
- ☐ Laukaisevan koneen lentosuunta sivuun ohjuksen ennakkopisteestä
- ☐ Maalin väistöliikkeet
- ☐ Maalin lentosuunta pois päin ohjuksesta

Käytännössä FLO paikkaa haetaan yrittämällä kasvattaa omaa energiaa laukaisuhetkellä suuremmaksi kuin vihollisella. Vastustajan ohjuksen väistämiseksi oma lentonopeus kasvatetaan suureksi laukaisuhetkeen mennessä vaikka siitä koituisi pieni kokonaisenergian pieneneminen. Hakeutumisvaiheessa lentonopeus sovitetaan nousunopeuden optimoimiseksi ja korkeutta kerätään niin paljon kuin ehditään. Hieman ennen laukaisuetäisyyttä aloitetaan syöksy jossa lentonopeus saadaan kasvatettua suureksi laukaisuhetkeen mennessä.

Tavoitelentonopeus on reilusti suurempi kuin kulmanopeus ja mielellään jossain 1.0-1.7 M välillä jotta energiaa riittää pitkään maksimi G:n kaartoon. Korkealla (> 30k jalkaa) kulmanopeus on erittäin suuri minkä vuoksi myös lentonopeuden on oltava erittäin suuri jotta ohjuksen väistäminen onnistuu. Laukaisun jälkeen aloitetaan kampeaminen (crank) tai väistö ja syöksytään alemmas jotta vastustajan ohjus saadaan ajatettua tiheämpään ilmaan ja omaa nopeutta saadaan kasvatettua lisää.

Omaa suhteellista ampumaetäisyyttä pyritään kasvattamaan oman ohjuksen kantamaa kasvattamalla ja vastustajan ohjuksen kantamaa pienentämällä. Kun näiden tekijöiden yhteisvaikutuksella saavutetaan suhteellinen kantamaetu on FLO saavutettu.

SARH vs SARH taistelussa FLO on aina hyödyllinen ja siten oleellinen osa hyökkäystekniikkaa koska alakynnessä oleva vastustaja ei voi pakottaa FLO:n omaavaa konetta puolustuskannalle.

ARH vs ARH taistelussa FLO:n suoma etu ei aina toteudu käytännössä. 1vs1 taistelussa FLO:n omaava kone voi ampua ensin ja pakottaa toisen koneen puolustamaan ensin. Tämä ei kuitenkaan yleensä estä myös puolustavaa konetta ampumasta ohjuksia juuri ennen väistön aloittamista jotka FLO:n hankkinut kone joutuu väistämään puolustusliikkein. Notchauksen avulla alakynnessäkin oleva kone pystyy menestyksekkäästi harhauttamaan korkea-energiset ohjukset. Koska alunperin puolustuskannalla ollut kone aloitti väistön ensin hän mahdollisesti

myös onnistuu harhauttamaan ohjukset ensin ja nyt seuraavan ampumatilanteen FLO saattaa jopa siirtyä alunperin puolustuskannalla olleelle koneelle (tosin tämä etu on pieni). Tässä tilanteessa FLO ei johdu energiaerosta vaan toisella koneella kestää pidempään saada nokka ampumasuuntaan puolustusliikkeiden takia. FLO edun omaajan vaihtumisen lisäksi toisten ohjuksien ampumaetäisyys on yleensä pienempi tehden pudotuksesta todennäköisemmän jolloin FLO:n merkitys on suurempi verrattuna ensimmäiseen ampumatilanteeseen jossa pudotuksia tapahtuu vain lentäjän aloittelijamaisten virheiden seurauksena.

Vasta kun ampumaetäisyys on niin pieni, ettei maali ehdi ampumaan ohjuksia takaisin ennen väistön aloittamista tai maali ei pysty käyttämään notchausta ohjusten harhauttamiseen pystyy FLO tilanteen käytännössä hyödyntämään ARH ohjuksilla.

1vs1 ARH vs ARH taistelussa taistelun kulku pitää ennakoida ja manipuloida siten, että FLO etu on itsellä kun sillä on oikeasti merkitystä. ARH vs. ARH taistelussa nopea ohjusten harhautustekniikka on olennaisen tärkeä FLO edun hankkimisessa toiseen tai kolmanteen ohjustenlaukaisutilanteeseen joissa pudotukset yleensä saadaan aikaan. Toinen tekijä millä FLO etua voidaan hankkia on omien ohjuslaukaisujen ja väistöjen ajoitus siten, että oma väistöliike voidaan lopettaa ennen vastustajaa.

ARH vs ARH taistelussa notchaus on tärkein tekniikka ohjusten harhauttamiseen ja osaava lentäjä voi käyttää sitä hyvin nopeaan ohjusten harhauttamiseen mahdollistaen FLO edun kumoamisen. Notchauksen hyödyntäminen voidaan estää hyökkäämällä yhtä konetta vastaan kahdelta eri suunnalta jolloin notch ei toimi kuin yhdeltä suunnalta tulevia ohjuksia vastaan ja nyt FLO etu saadaan hyödynnettyä käytännössä. Esim. 2vs2 tilanteessa parin molemmat koneet ampuvat yhden ohjuksen molempiin rosvoihin sopivan leveästä rivi-muodostelmasta jolloin rosvot eivät voi käyttää notchausta ohjusten väistöön.

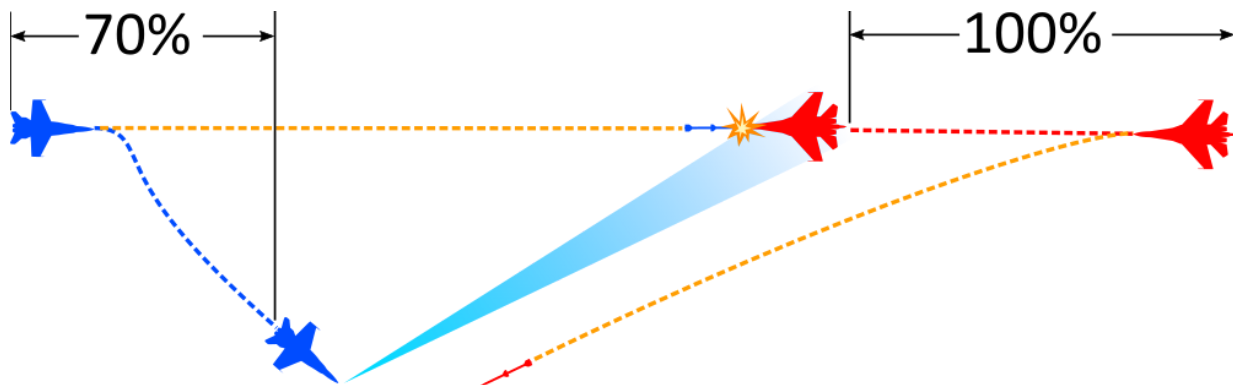
ARH vs SARH tilanne on erittäin epäedullinen SARH ohjusta käyttävän kannalta koska SARH ohjuksen käyttäjä voi pakottaa ARH koneen puolustuskannalle vain jos SARH ohjuksen kantama on niin paljon suurempi ARH ohjusta että ARH kone tuhoutuu ennen tehokkaalle ampumaetäisyydelle pääsemistä. Tässäkin tilanteessa ARH kone yleensä pystyy pääsemään omien ohjuksiensa ampumaetäisyydelle notch taktiikalla. Tyypillisesti SARH kone joutuu katkaisemaan lukon ARH koneeseen ARH ohjuksien väistämiseksi jolloin SARH ohjus menettää lukon ja ARH kone on sillä välin vapaa hakeutumaan hyökkäysasemaan ja pystyy ampumaan heti uuden ohjuksen kun SARH kone on onnistunut väistämään edellisen.

F-pole/A-pole taktiikka

F-pole taktiikalla tarkoitetaan taktiikkaa joka maksimoi etäisyyden maaliin ohjuksen osumahetkellä. Etäisyyden maksimoimisen tarkoituksena on maksimoida etäisyys jonka vastustajan ohjus joutuu lentämään minimoiden siten vastustajan ohjuksen osumisen mahdollisuus. A-pole taktiikan määritelmä on vastaava mutta nyt maksimoidaan etäisyyttä

maaliin kun oma ARH ohjus aktivoi tutkan. Molemmissa tapauksissa toimintamenetelmät ovat samat mutta A-pole taktiikassa voidaan aloittaa ohjusväistö kesken oman ohjuksen lennon.

F-pole/A-pole etäisyyttä maksimoidaan minimoimalla lähestymisnopeus maaliin. Ilman mitään rajoituksia tämä tehtäisiin lentämällä suoraan poispäin vihollisesta mahdollisimman suurella nopeudella. Koska kummassakin tapauksessa tutkalukko on kuitenkin säilytettävä ohjuksen osumaan/tutkan aktivoitumiseen asti voidaan lentosuunta kääntää pois päin vihollisesta vain tutkan antennin kääntymiskulman sallimissa rajoissa. Kääntämällä maali tutkan kääntymiskulman rajalle saadaan oma lähestymisnopeus maalin suuntaan minimoitua tutkalukko säilyttäen. Tätä liikettä sanotaan crankkaamiseksi tai kampeamiseksi. Kampeamiskulman tulee olla ainakin 40° jotta se olisi tehokas (20% pienennys lähestymisnopeuteen). 60° kampeaminen puolittaa lähestymisnopeuden.



Kuva 9-1. Kampeaminen SARH ohjusta käytettäessä. Lähestymällä maalia mahdollisimman vinosti tutkan kääntymiskulman sallimissa rajoissa voidaan omaa lähestymisnopeutta maaliin pienentää ja siten omaa etäisyyttä maaliin ja tämän ampumaan ohjukseen kasvattaa oman ohjuksen osumahetkellä.

Lisäbonuksena kampeaminen saa vastustajan ohjuksen kaartamaan jolloin se menettää energiaa sekä saa sen lentämään pidemmän matkan. Periaatteessa lentonopeus minimoimalla lähestymisnopeus pienenee vielä lisää kammetessa mutta käytännössä oman lentonopeuden maksimoiminen kasvattaa vastustajan ohjuksen tarvitsemaa ennakkkoa ja siten saa sen kuluttamaan enemmän energiaa liikehtimiseen.

Kammetessa on tärkeää olla kampeamatta liikaa jolloin lukko katkeaa, ohjus lentää taivaan tuuliin ja itse joutuu väistämättä puolustuskannalle. Kontakti on järkevää pitää noin 5° - 10° tutkan antennin maksimi kääntymiskulmasta jotta lukko ei katkea. STT moodissa päivitysnopeus on suurempi jolloin kääntymiskulman rajaa voidaan mennä lähemmäksi kunhan lentäjä reagoi muutoksiin nopeasti. Jos maali kampeaa vastakkaiseen suuntaan (maalin aspektin kätisyys vastakkainen kuin oman nokan suunta, esim. maalin aspekti vasemmalle oikealle kammetessa) vaeltaa kontakti tällöin ruudulla koko ajan näytön reunaa kohti mitä pitää kompensoida kaarrolla kohti vastustajaa. Mitä pienemmäksi etäisyys kutistuu, sitä nopeammin

kontakti yrittää valua ulos ruudulta. Jos vastustaja kampeaa samaan suuntaan, pysyy kontaktin AO jotakuinkin vakiona.

F-pole/A-pole taktiikka on perustemppu ohjustaistelussa mitä tulisi aina käyttää kun mahdollista. Kampeamisen aikana on yleensä hyödyllistä samalla syöksyä oman nopeuden kasvattamiseksi ja ohjuksen vetämiseksi alemmas tiheämpään ilmaan jossa sen vauhti ja energia kuluu nopeammin. Syöksyssä on kuitenkin huomioitava vihollisen mahdollisen lyhyen kantaman ilmatorjunnan olemassaolo jos toimitaan vihollisen alueen yläpuolella.

Luonnollisesti asiansa osaava vastustaja kampeaa myös jolloin voittaja ratkeaa muiden seikkojen johdosta joten tämä taktiikka ei vielä anna voiton avaimia mutta **jos kampeamisen jättää tekemättä tulee alasammutuksi hyvin suurella todennäköisyydellä.**

MOR, MAR ja takaa-ajo

Hyökkäyksen keskeyttäminen ja extensionin aloittaminen oikeaan aikaan on tärkeä taito. Väärään aikaan tehtynä se voi antaa hyökkäysaseman viholliselle lahjana ja jos sen jättää tekemättä kun se pitäisi tehdä tulee alasammutuksi tilanteesta josta olisi voinut vielä päästä karkuun myöhempää uutta yritystä varten.

MOR edellyttää määritelmän mukaan riittävää etäisyyttä takaa-ajavaan viholliseen abort-liikkeen jälkeen jotta on mahdollista ehtiä tekemään U-käännös, löytämään maali tutkalla ja ampumaan ohjus siihen siten, että on vielä MAR etäisyyden ulkopuolella F-pole/A-pole etäisyydellä. DCS:n ohjuksilla MOR on ohjusten tehokasta ampumaetäisyyttä suurempi.

Pump voidaan tehdä vain oltaessa MOR etäisyyden ulkopuolella.

MAR edellyttää määritelmän mukaan riittävää etäisyyttä takaa-ajavaan viholliseen abort-liikkeen jälkeen jotta yksikään vihollisen ampuma ohjus ei saa omaa konetta kiinni. Jos lähestyvää vihollista voidaan ampua ARH ohjuksella ennen abort-liikettä voidaan abort-liike aloittaa lähempää vihollista koska vihollinen ei voi lähestyä abort-kaarron aikana vaan joutuu tekemään väistöliikkeitä ohjusten harhauttamiseksi. Koska ohjuksen kantama takaa-ajotilanteessa riippuu lentokorkeudesta riippuu myös MAR lentokorkeudesta. Kun ollaan lähellä MAR etäisyyttä on abort-kaarto hyödyllistä tehdä laskevana (split-S jos korkeus sallii ja vino split-S muulloin) pintaan asti vihollisen ohjusten kantaman minimoimiseksi.

MAR etäisyyden hahmottamiseksi on tärkeää tietää ohjusten kantamat takaa-ajotilanteessa eri korkeuksilla. Lisäksi on tiedettävä kuinka paljon ylimääraistä etäisyyttä abort-liikkeen aloitus vaatii kun vastustajaa ei voida hidastaa ARH ohjuksella ja kun ohjuksella hidastaminen on mahdollista.

Yleisesti ottaen abort ei ole järkevää MOR etäisyyden sisäpuolelta 1vs1 tilanteessa koska takaa-ajava vihollinen olisi liian lähellä ja siten liian suuressa etulyöntiasemassa jotta hyökkäys

olisi järkevää vaan extensionia joudutaan jatkamaan siihen asti, että vihollinen luovuttaa tai saa kiinni ja ampuu alas. 1vs1 tilanteessa MOR etäisyyden sisäpuolelle jouduttaessa on viisaampaa käyttää Launch-And-Defend taktiikkaa ja viedä taistelu tarvittaessa mergeen ja kaartotaisteluun asti.

Kun mukana on siipimies joka on sellaisessa asemassa josta voi tuhota tai hätistää takaa-ajavan vihollisen pois voidaan abort-liikettä käyttää aina MAR etäisyydelle asti. On hyvä huomata, että jos siipimies on liian kaukana tai "väärässä" suunnassa siten ettei tämä pysty ampumaan takaa-ajavaa vihollista, syntyy pakotettu extension. Oma extension tulisi suunnata siipimiestä kohti tai mielellään sopivasti ohi jotta tämä pystyy vaikuttamaan takaa-ajavaan viholliseen. Jos aloitat extensionin liikaa sivuun siipimiehestä tämä ei voi auttaa vaikka olisi kuinka "oikeassa" paikassa tai suunnassa.

Takaa-ajossa lentonopeuttaan voi parantaa nousemalla loivasti korkeammalle. Edessä oleva kone voi kuitenkin nousta vain niin korkealle kuin takaa-ajavan koneen ohjusten kantama sallii. Ohuempaan ilmaan nouseminen kasvattaa takana olevan koneen ohjusten kantamaa ja liikaa nousemalla kantama kasvaa välimatkaa suuremmaksi. Takaa-ajava kone puolestaan voi nousta niin korkealle kuin näkee hyväksi ja kiihdyttää nopeutensa edellä menevää suuremmaksi jolloin pitkässä takaa-ajossa takaa-ajava kone saa edellä menevän kiinni jos välimatka ei ole liian iso.

P_k

P_k tarkoittaa ohjuksen osumatodennäköisyyttä (Probability of Kill). Todennäköisyyksistä puhuttaessa käsitellään ilmiöitä joihin liittyy satunnaisuutta. Ohjuksen osumiseen vaikuttavista tekijöistä satunnaisuutta sisältyy ohjuksen tekniikan luotettavuuteen, hakupään mittaamiin ja käsittelemiin signaaleihin sekä ilmakehän tuulisuuteen. Maalin puolustuksellista liikehdintää voidaan myös jossain mielessä käsitellä satunnaisena tekijänä koska se riippuu lentäjän eli ihmisen toimista johon aina sisältyy virheiden tekemisen mahdollisuus.

DCS:n ohjukset ovat aina 100% luotettavia ilman valmistusvirheitä tai huolimattomasta käsittelystä tai varastoinnista aiheutuneita vikoja. Ohjuksen hakupään toimintaan liittyviä satunnaisia ilmiöitä ei mallinneta DCS:ssä vaan ohjus näkee (tai ei näe) maalin aina samalla tavalla samassa tilanteessa pois lukien omasuojaheitteiden vaikutus joka on satunnaista. Tuulen vaikutus ohjuksen lentoon ilmataisteluohjuksen osalta on hyvin pieni ohjuksen ja maalin suuren nopeuden vuoksi mutta teoriassa vastatuuli tai myötätuuli vaikuttaa ohjuksen kantamaan.

Ohjuksen suuren energian voidaan ajatella parantavan P_k:ta koska maalin pitää tehdä väistöliike sitä paremmin mitä enemmän ohjuksella on energiaa osumisen välttämiseksi. Samoin voidaan ajatella jos maalilla on vähän energiaa liikehtimiseen väistöliikkeiden tekemiseksi. Maalin puolustuksellisesta liikehdinnästä puhuttaessa on kuitenkin kyse lentäjän väistötaidoista eikä ohjuksen osumatodennäköisyydestä koska osumatodennäköisyys ei tällöin riipu ohjuksen ominaisuuksista vaan maalikoneen ominaisuuksista ja tämän lentäjän taidoista. Osaavan

maalikoneen lentäjän tapauksessa ohjus menee käytännössä aina ohi jos se on tavalla tai toisella väistettävissä tai harhautettavissa ja selkeää satunnaisuutta ohjuksen osuvuudessa esiintyy lähinnä silloin kun maalikonetta lentää aloittelija jolla ei ole selkeää ideaa tarvittavasta väistöliikkeestä tai sen toteutuksesta.

P_k :ta voidaan parantaa ampumalla useampi ohjus samaan maaliin jolloin todennäköisyys, että edes yksi ohjus osuu kasvaa. On huomattava, että useamman ohjuksen ampuminen parantaa osumatodennäköisyyttä vain satunnaisten tekijöiden osalta. Jos maali väistää ohjuksen kinemaattisella väistöllä, nopeasti peräjälkeen laukaistut ohjukset lentävät lähestulkoon identtisiä lentoratoja ja siten väistöliikkeen vaikutus molempiin on identtinen. Toisekseen maali voi harhauttaa ohjuksen notchaamalla jolloin jälleen kerran molemmat ohjukset harhautuvat 100% todennäköisyydellä.

DCS:ssä useamman ohjuksen laukaiseminen parantaa osumatodennäköisyyttä vain jos maali yrittää harhauttaa ohjuksen pelkästään omasuojaheitteillä. Käytännössä tällainen puolustustaktiikka on järkevää vain etusektorista tulevien lämpöhakuisten ohjuksien harhauttamiseen, muissa tapauksissa omasuojaheitteisiin luottaminen on epävarmaa. SARH ohjusturnajaisissa tupla ohjuslaukaus voi olla paikallaan oman kinemaattisen edun varmistamiseksi siltä varalta, että oma ensimmäisenä varmasta paikasta ammuttu ohjus harhautuisi silppuun ja mutta vastustajan myöhemmin osuva ohjus ei. Luonnollisestikaan tuplalaukauksia ei kannata ampua kun laukauksella tavoitellaan vain vastustajan puolustuksellista liikehdintää tilanteessa jossa vastustaja voi väistää ohjuksen suurella varmuudella kinemaattisesti tai notchaamalla.

Ohjusten väistäminen ja harhauttaminen

(Lisää aiheesta ohjustekniikkaa käsittelevässä luvussa)

Vihollisen tuhoamisessa tuhoutumatta itse on yhtä oleellista pienentää vihollisen ohjuksien kantamaa ja osumismahdollisuuksia kuin on maksimoida oman ohjuksen kantama ja osumismahdollisuus. Ohjus voidaan väistää kinemaattisesti jolloin ohjus ei saa maalia kiinni tai ohittaa sen vaarattomalta etäisyydeltä tai sen hakupää voidaan harhauttaa pois maalista jolloin ohjus ei hakeudu maaliin.

Varmin tapa estää ohjuksen osuminen on pyrkiä pysymään poissa hyvistä laukaisuparametreista jolloin puhutaan ohjuksen väistämisestä sen ollessa vielä kiinni laukaisukiskossa. BVR taistelussa tärkein osuvuuteen vaikuttava parametri on etäisyys ja kaartotaistelussa ennakko.

Kinemaattinen väistö edellyttää aina riittävän suurta laukaisuetäisyyttä jotta ohjuksen energia ei riitä maaliin hakeutumiseen. Ohjukselta karkuun lentäminen vaatii suuremman laukaisuetäisyyden kuin ohjuksen väistäminen kaartamalla. Ero näiden etäisyyksien välillä on kuitenkin yleensä liian pieni jotta tarkoituksellista kaartamalla väistämistä kannattaisi edes

harkita karkuun lentämisen sijasta. Jos karkuun lentämisessä on tehnyt pienen virhearvion ja ohjus on saamassa kiinni voi sen tällöin yleensä vielä väistää kaartamalla. Kaartaamalla väistöä yrittäessä on hyvin helppoa tehdä arviointivirhe ja joutua tilanteeseen jossa ohjusta ei voi väistää.

Ohjuksen maahan ajattamista voidaan ajatella kinemaattisena harhauttamisena. Maahan ajattaminen voidaan tehdä miltä etäisyydeltä hyvänsä kunhan ampumatilanteen geometria mahdollistaa maahan ajattamisen. Maahan ajattaminen on nopein mahdollinen ja luotettavin tapa hankkiutua eroon vihollisen ampumista ohjuksista. **Kaikki DCS:n ohjukset ovat alttiita maahan ajattamiselle.**

Ohjuksen hakupään harhauttaminen tapahtuu omasuojaheitteiden avulla ja lämpöhakuisten ohjusten tapauksessa lisäksi omaa herätettä kaasun käytöllä pienentämällä (jälkipoltto pois) ja tutkaohjusten tapauksessa notchaamalla.

Lämpöhakuisen ohjuksen harhautuminen soihtuun riippuu maalin aspektista ja herätteestä. Jälkipoltto kasvattaa herätettä huomattavasti kuten myös taka-aspekti. **DCS:ssä lämpöhakuisen ohjuksen pystyy luotettavasti harhauttamaan soihtuilla vain kun se tulee etusektorista ja jälkipoltto ei ole kytkettynä.** Tästä syystä lämpöhakuisen ohjuksen harhauttamiseksi on nokka käännettävä kohti ohjusta ja jälkipoltto kytkettävä pois ennen kuin soihtujen laukaisulla on todennäköistä vaikutusta. Soihtuttaminen ei kuitenkaan ole hyödytöntä sivultakin tulevaa ohjusta vastaan mutta harhauttamisen onnistuminen on epätodennäköistä. Jos on aikaa odottaa, kannattaa soihtut säästää kunnes ohjus on käännetty etusektoriin. Jos ohjus pääsee liian lähelle ennen kuin soihtuja on ilmassa (noin 0.8 NM), se ei mene soihtuun ollenkaan. Läheltä tulevia laukauksia vastaan pitää soihtuttaa ennakoivasti ennen laukaisua jotta ohjus saadaan harhautettua.

Tutkahakuisen ohjuksen hakupään harhautuminen silppuun riippuu maalin aspektista. Koska silppupilvi liikkuu vain hitaasti pystysuunnassa pystyy dopplertutka erottamaan lähestyvän tai loittonevan maalin silpusta dopplersiirtymän avulla. Mitä tarkemmin maali on notchissa sitä vaikeampaa silppu on erottaa maalista. Silppu vaikuttaa siis tehokkaimmin kun ohjus (tutka) on 3/9-linjalla, myös taivaan ollessa taustana. **Silppu toimii tällä tavalla ohjuksia vastaan myös DCS:ssä mutta ei vaikuta muihin kuin ohjusten tutkiin.**

Väistö- ja harhautustekniikat

Väistö- ja harhautustekniikat ovat liikkeitä joissa hyödynnetään edellä mainittuja periaatteita ohjusten harhauttamiseksi taktisesti järkevällä tavalla. Taktiikan näkökulmasta harhautus-/väistöliikkeen tulee olla luotettava, helppo toteuttaa ja nopeasti vaikuttava jotta hävittäjä pystyy palaamaan hyökkäykseen mahdollisimman nopeasti.

Nopein harhautusmenetelmä on etusektorista tulevan lämpöhakuisen ohjuksen soihtuttaminen (oletuksena nokka jo valmiiksi kohti vihollista jolloin ohjus saadaan harhautettua soihtuja

laukaisemalla). Toiseksi nopein on maahan ajattaminen (ohjus tuhoutuu kesken lentomatkan). Kolmanneksi nopein on tutkahakuisen ohjuksen harhauttaminen silpulla (oletuksena vaatii kaarron notchiin jonka jälkeen ohjus harhautuu laukaistuun silppuun) ja sen jälkeen nopein on notchaus (ohjus harhautuu lopullisesti vasta ohilennon jälkeen). Ohjusta karkuun lentäminen on hitain tapa väistää ohjus (ohjus ei harhaudu vaan jatkaa hakeutumista kunnes sen lentonopeus ja siten kaartokyky loppuu kesken).

Lähestyminen kampeamalla

Ohjuksen ampuminen kauempaa kuin vastustajan ohjuksen äärikantaman rajalta on yleensä ohjusten tuhlausta. Suoraan vihollista lähestymällä vihollisen ohjuksen kantama on suurempi kuin kampeamalla lähestyttäessä jolloin oma ohjus päästään ampumaan lähempää ja rosvo joutuu tekemään suuremman väistöliikkeen ohjuksen väistämiseksi joka antaa itselle rosvon ohjuksen väistön jälkeen enemmän aikaa saada nokka kohti ja mahdollisesti saada etulyöntiasema taistelussa. Kampeamalla rosvon ohjus väistetään jo sen ollessa vielä kiskoilla estämällä hyvä laukaisupaikka.

Kampeaminen laukaisun jälkeen

Pienentämällä omaa lähestymisnopeutta rosvoon ja tämän ohjukseen joutuu rosvon ohjus lentämään pidemmän matkan ja sen kaartokyky ei riitä osumiseen tai kiinni saamiseen loppupelissä.

Syöksy ja notchaus

Tämä on yksi yleiskäyttöisimmistä väistötekniikoista tutkaohjuksia vastaan. Tilanteesta riippuen se hyödyntää maahan ajattamista tai notchausta ohjuksen harhauttamiseksi. Jos vihollinen on itseä korkeammalla tämä tekniikka harhauttaa tutkaohjuksen notchilla. Jos maali on alempana, ja oma korkeus on myös riittävän pieni, tämä tekniikka ajattaa ohjuksen maahan.

Tämä tekniikka toimii aina kun rosvo on samalla korkeudella tai ylempänä tai kun taistelu on riittävän lähellä maanpintaa. Tämä tekniikka ei toimi ollenkaan jos itse on vihollista korkeammalla sekä niin korkealla ettei maahan ajattaminen onnistu.

Käytännön toteutus:

- Oman ohjuksen laukaisun jälkeen tarvittaessa aloitetaan kampeaminen ja saatetaan ohjus PITBULL:iin.
- Tämän jälkeen tehdään puolikas split-S joko suoraan alaspäin tai vinosti jos korkeus ei riitä, pudotetaan paljon silppua ja kallistetaan 90° siipi kohti rosvon ohjusta.
- Loivennetaan tarvittaessa syöksyä kevyellä vedolla noin 45° syöksyksi ja korjataan tarvittaessa lentosuuntaa notchin aikaansaamiseksi samalla silppua pudottaen.
- Jatketaan syöksyä tarvittaessa pintaan asti ja oikaistaan syöksy viime hetkellä.
- Lopetetaan väistö kun ohjuksen havaitaan lentäneen ohi, törmänneen maahan tai ohjus on kuluneen ajan perusteella varmasti lentänyt ohi.

Syöksyn aikana on hyvä vilkuilla ohjuksen tulosuuntaan siltä varalta että sattuu huomaamaan rosvon ohjuksen törmäävän maahan tai huonommassa tapauksessa tulevan kohti. Jos ohjus nähdään tulevan kohti aloitetaan välittömästi maksimi G:n veto siinä toivossa että ohjus ei pysty vastaamaan kaartoon ja lentää ali.

Jos ohjus harhautuu notchauksen takia, se jatkaa hakeutumista viimeisimmän maalihavainnon perusteella samalla etsien maalia. Jos notchauksen lopettaa tässä vaiheessa ohjus saa lukon uudestaan ja osuu ellei sitä ehdi notchaamaan uudestaan. Notchiin menneen ohjuksen ohilennon pystyy monesti näkemään tai kuulemaan ylääänipamauksen jolloin tiedetään ohjuksen olevan vaaraton.

Jos ohjuksen tutkalukko häviää RWR:stä ja oman koneen siipi on jotakuinkin ohjuksen tulosuuntaa kohti (eli ohjus ei ole RWR:n katveessa), voi ohjus olla notchissa ja ottaa lukon uudestaan notchista pois kaartaessa. Jos RWR signaali hävisi jo väistön alkuvaiheessa voi tässä tilanteessa ensin kokeilla pienellä kaarrolla (noin 20° pois notchista) ottaako ohjus lukon uudestaan ja jos lukkoa ei tule muutaman sekunnin sisällä niin ohjus todennäköisesti on harhautunut silppuun ja siten vaaraton. Jos ohjus ottaa lukon uudestaan voidaan pienellä kaarrolla palata takaisin notchiin. Jos ohjuksen lukko saadaan katkaistua vasta ohjuksen ollessa jo suhteellisen lähellä osumaa, odotetaan rauhassa ohjuksen lentävän ohi koska uutta notchia ei ehdi tekemään jos ohjus saa lukon uudestaan.

Ohjuksen maahan ajattaminen ennen laukaisua

Jos rosvo lentää lähellä maanpintaa (0-3k jalkaa AGL) ja itse on rosvoa korkeammalla mutta alle 8k jalkaa, pystyy sopivasti ajoitetulla syöksyllä estämään vastustajaa ampumasta ohjuksia vaan ne syöksyvät maahan heti laukaisun jälkeen. Noin 20°-30° syöksy aloitetaan juuri ennen hyvää ohjusten ampumaetäisyyttä (tyypillisesti noin 8 NM) samalla ampuen oma ohjus. Syöksy ajattaa vastustajan ohjukset maahan jolloin itse voi jatkaa lentoa suoraan rosvoa kohti tutkalukko säilyttäen kun taas rosvo joutuu notchaamaan ja menettää tutkalukon. Rosvo joutuu käytännössä heti puolustuskannalle ja joutuu ylläpitämään notchia mergeen asti ellei tajua lähteä karkuun heti tämän tempun havaittuaan.

Tämän tempun vastaliike on lähestyä rosvoa samalla korkeudella tai lähteä karkuun hyvissä ajoin ja kerätä korkeutta ennen uutta hyökkäysyritystä.

Split-S

Jos ohjus halutaan väistää kinemaattisesti (mikä on luotettavin tapa välttää osuma) paras tapa on lähteä karkuun split-S käännoksellä. Tällä liikkeellä ohjus saadaan ajatettua matalalle jossa ilma on tiheämpää, ja mahdollisesti jopa maahan jos ampumatilanne tapahtuu matalalla, sekä maksimoitua oma lentonopeus ohjusta karkuun pääsemiseksi. Korkeuden pudotus lisäksi pienentää mahdollisesti perässä tulevan vihollisen ohjusten kantamaa.

Tätä väistöä käytetään pääasiassa vain parina tai parvena toimittaessa jolloin takaa-ajavat rosvot eivät ole ongelma siipimiesten hätistäessä tai ampuesssa ne pois.

Käärme / Slalom

Ohjuksen tehokkaan ampumaetäisyyden ulkopuolelta ammuttu laukaus on helposti väistettävissä mutkittelemalla tutkan suurimman käänkökulman rajoissa. Käytännössä siis käännetään täysi kampeus ja sitten heti perään kammetaan toiseen suuntaan. Mutkittelua voi tehdä myös pystysuunnassa. Parhaiten tämä väistötekniikka toimii kun pystysuuntainen mutkittelu tehdään kammetessa.

Eräs variaatio tästä tekniikasta on tynnyrin lentäminen joka on tehokas tekniikka etenkin vanhempia ohjuksia vastaan. Tynnyrin lentäminen riittävän suurella kuormituskertoimella syö nopeutta kuitenkin sen verran nopeasti ettei tätä liikettä voi lentää jatkuvasti kuten esim. vaaka- tai pystykäärmettä. Tynnyri on yleensä käyttökelpoisiin läheltä ja etusektorista ammuttujen ohjusten väistöön.

Kommunikaatio ohjushyökkäyksessä

Seuraavassa käydään läpi muutama perus Brevity koodi liittyen ohjusten ampumiseen. Aiheeseen liittyviä Brevity koodeja on enemmänkin mutta tässä tärkeimmät. Näiden viestien tarkoituksena on parantaa omien koneiden SA:ta ja mahdollistaa hyökkäyksen tehokas ja koordinoitu toteutus. Useamman koneen taisteluissa on tärkeää ilmaista riittävän yksiselitteisesti mitä rosvoa ilmoitus koskee sekaannusten ja hämmennyksen välttämiseksi.

FOX-3 tai FOX-1 koodi ilmaisee ARH (FOX-3) tai SARH (FOX-1) ohjuksen laukaisun. Kun mahdollisia maaleja on useampi on tärkeää ilmaista mihinkä maaleista ohjus on ammuttu. Esimerkiksi *"TWO, FOX-3, RIGHT MAN"*, *"THREE, FOX-3, 15 THOUSAND"*, *"ONE, FOX-3 TWO SHIP, LEFT LEAD GROUP"*. Jos ohjus on ammuttu tehokkaan etäisyyden ulkopuolelta tai varman osuman etäisyydeltä, tämä voidaan ilmaista kertomalla laukaisuetäisyys, esim. *"FOUR, FOX-3, 15 MILES"*. Kun maaleja on vain yksi ja ohjuksen tyyppin kertominen ei kerro mitään oleellista muille, riittää esim. *"ONE, FOX"*.

PITBULL koodi ilmaisee ARH ohjuksen saavuttaneen etäisyyden maaliin josta se pystyy aktiivisesti hakeutumaan maaliin, esim. *"TWO, PITBULL"*.

SPLASH koodi ilmaisee, että rosvo on ammuttu alas. Kun maaleja on useampi, on syytä kertoa mikä rosvo on ammuttu alas. Esim. *"TWO, TIMEOUT, SPLASH LEFT BANDIT"*.

TIMEOUT ilmaisee ohjuksen saavuttaneen maalin mutta ei kerro osuiko ohjus vai ei. Jos TIMEOUT hetkellä maali ei räjähdä, ohjus meni ohi. DCS:n (F-15C:n) timeout laskuri ei näytä osumahetkeä oikein vaan ohjus osuu maaliin vasta useita sekunteja timeoutin jälkeen joten

timeout täytyy arvioida itse. TIMEOUT kertoo muille, että ohjus on mennyt ohi ja rosvoa pitää ampua uudestaan. Esim. *"TWO, TIMEOUT"*.

TRASHED ilmaisee oman ohjuksen menevän ohi maalista tutkalukon katkeamisen, ECM:n, maalin liikehdinnän tai muun seikan perusteella. TRASHED kertoo muille, että ohjus ei tule osumaan maaliinsa ja rosvoa pitää ampua uudestaan. Esim. *"ONE, TRASHED"*.

10 - Hyökkäystekniikka ja 1vs1 taktiikka

Pump

- ❑ *Pump = Lentoliike etäisyyden säilyttämiseksi vakiona viholliseen tai maamerkkiin. Käytännössä siis lennetään viholliskoneesta poispäin tai beamataan maamerkkiä jotta etäisyys kohteeseen säilyy vakiona.*

Pumpin käyttötarkoitus on vihollisen kohtaamispisteen tai -hetken kontrollointi itselle edullisemmaksi. Esimerkiksi kohtaamispiste maalina olevan rosvon kanssa saattaa osua juuri vihollisen IT-ohjuspatterin ampuma-alueelle jolloin pumpilla saadaan kohtaamispistettä vedettyä lähemmäksi omaa aluetta ja pois IT-patterin vaikutusalueelta. Toisena esimerkkinä pumppia voidaan käyttää ajan pelaamiseen lisävoimien saapumista odottaessa jonka jälkeen vihollisen kimppuun voidaan hyökätä suurempana joukkona (tämä on oleellinen liike etenkin SARH-ohjuksia käytettäessä).

Luonnollisestikin Pump siirtää kohtaamispistettä omaa aluetta kohti pois päin vihollisen tulosuunnasta. Kohtaamispisteen siirtäminen päinvastaiseen suuntaan vaatisi joko rosvon pump-liikettä tai epäkäytännöllisen tai mahdottoman suurta lentonopeutta.

Mahdollisia syitä pumppaukseen:

- Kohtaamispisteen kontrollointi
 - Vihollisen IT:n vaikutusalue
 - Oman IT:n vaikutusalue
 - Tilan ottaminen vihollisen takaa-ajoon
 - Itselle suotuisien maastonpiirteiden hyödyntäminen
 - Vuoret ja mäet
 - Tasainen avomaasto
 - Vihollisen vetäminen kauemmaksi lentokentästä/tankkauskoneesta
 - Vihollisen vetäminen taistelunjohdon tutkien/radioiden kantaman ulkopuolelle
- Kohtaamishetken kontrollointi
 - Muiden omien koneiden liittyminen taisteluun
 - Vihollisen polttoaineen kuluttaminen
 - Grinder taktiikan aloittaminen

On tärkeää muistaa, että Pump pitää tehdä sen verran kaukana vihollisesta jotta uudelleen rosvoa kohti kääntäessä etäisyyttä on riittävästi rosvon löytämiseen ja hyökkäysprosessin suorittamiseen oikein. Käytännössä tämä tarkoittaa, että Pump on tehtävä MOR etäisyyden ulkopuolella.

ARH ja SARH 1vs1 hyökkäystaktiikat

Oleellinen ero ARH ja SARH ohjuksissa on mahdollisuus vapaaseen liikehtimiseen kun ARH ohjus on lukittunut maaliin sen sijaan että tutkalukko pitäisi säilyttää ohjuksen koko lentomatkan ajan kuten SARH ohjuksilla joka rajoittaa mahdollisen lentosuunnan vain tutkan antennin suurimman kääntymiskulman (yleensä noin 60°) verran sivuun maalista. Vapaa liikehtiminen taas mahdollistaa tehokkaampien väistöliikkeiden käyttämisen tai taistelusta irtautumisen ohjuksen tehokkaalta ampumaetäisyydeltä ammutun laukauksen jälkeen. SARH ohjuksilla tutkalukko pitää pitää ohjuksen osumaan asti mikä väistämättä johtaa jatkuvaan maalin lähestymiseen. Tehokkaalta kantamalta ammutun ohjuksen osumahetkellä etäisyys maaliin on yleensä liian pieni jotta vihollista pääsisi enää karkuun jos ohjus ei osunutkaan. SARH ohjustaistelu yleensä onkin turnajaismainen taistelu kuolemaan asti kun molemmat ovat siihen sitoutuneet ja päättäneet saattaa ohjuksensa loppuun asti.

ARH vs ARH

ARH ohjuksilla varustetun koneen alasampuminen edellyttää free entryä tai tämän pakottamista puolustusliikkeisiin ampumapaikkaan hakeutumisen ajaksi. Muussa tapauksessa ARH ohjuksilla varustettu kone pystyy ampumaan takaisin ja pakottamaan hyökkääjän myös puolustusliikkeisiin tai tuhoaa tämän. ARH vs ARH 1vs1 taistelu muodostuu ohjuslaukauksista ja näiden jälkeisistä väistöliikkeistä jossa voittaja on väistöt nopeammin suorittava ja uuden ohjuksen nopeammin laukaiseva osapuoli joka pakottaa toisen osapuolen puolustuskannalle ennen uuden ohjuksen ampumista.

ARH vs ARH taistelussa on siis tavoitteena päästä ampumaan ohjus siten, että vastustaja ei pysty tai ehdi ampumaan ohjusta takaisin. Tämä mahdollistaa pääsyn ampumapaikkaan josta vastustajan on hankalaa tai mahdotonta väistää seuraavaa ohjusta tai tykin sarjaa. Tämä saadaan aikaan pakottamalla vastustaja ohjuslaukaisulla puolustukselliseen liikehdintään jonka aikana tämä ei voi ampua ohjuksia takaisin mikä käytännössä vaatii vastustajan tutkalukon katkeamisen. Ohjus on siis ammuttava sellaiselta etäisyydeltä, että sen väistäminen vaatii notchia tai karkuun kääntämistä jotta vastustajan tutka ei pysty säilyttämään lukkoa. Jos ohjuksen voi väistää slalom tekniikalla pystyy vastustaja säilyttämään tutkalukon ja siten ampumaan uusia ohjuksia väistön aikana jolloin itse joutuu väistelemään ohjuksia perä perään pystymättä ampumaan uutta ohjusta takaisin.

Käytännössä pudottava laukaus ammutaan paikasta josta maali ei pysty käyttämään mitään tehokasta väistötekniikkaa ohjuksen väistämiseksi. Notch, kinemaattinen väistö ja maahan ajattaminen ovat tällaisia tekniikoita. Kaikille näille väistötekniikoille on yhteistä se, että niiden suorittaminen on sitä vaikeampaa mitä lähempää ohjus ammutaan. On hyvä huomata, että ohjuksen maahan ajattaminen on nopeampi väistötekniikka kuin notchaaminen joten omat ohjukset on yleensä parempi ampua vastustajaa korkeammalta jos maahan ajattaminen on mahdollista jolloin tämä joutuu käyttämään enemmän aikaa väistöön kuin itse tarvitsee. Jos maahan ajattaminen ei ole mahdollista, on parempi ampua ohjukset vastustajan alapuolelta

jotta tämä ei voi notchata niitä vaan joutuu lentämään karkuun (joka on hitaampi tekniikka kuin notchaus).

Taistelun aloittava laukaus on järkevää ampua sellaiselta etäisyydeltä josta vastustaja joutuu katkaisemaan lukon ohjuksen väistämiseksi. Jos vastustajan ohjuksien tehokas kantama ei ole merkittävästi suurempi, pystyy vastustajan ohjukset väistämään kampeamalla ja slalom tekniikalla samoin kuin vastustaja pystyy väistämään omat liian kaukaa ammutut ohjukset. Liian kaukaa ammutut ohjukset eivät saa haluttua vaikutusta vastustajassa eli tutkalukon katkaisevaa puolustusliikettä kun taas liian lähelle meneminen estää vastustajan ohjuksen väistämisen.

ARH vs ARH lyhyesti:

1. Hakeudu tehokkaalle ampumaetäisyydelle ja väistä vastustajan liian kaukaa ampumat ohjukset ennakoivasti (aina lähestyminen kampeamalla ja slalom tarvittaessa)
2. Aloita kaarto kohti vihollista ja ohjusten ennakkopistettä vasta viime hetkellä siten, että saat ohjukset ammuttua oikealta etäisyydeltä.
3. Ammu ohjus ja aloita väistö.
4. Väistä ohjus nopeimmalla mahdollisella tavalla.
5. Käännä kohti vihollista, etsi tämä tutkalla, ammu uusi ohjus ja aloita väistö.
6. Toista edellistä kunnes vihollinen tuhoutuu tai joutuu pysyvästi puolustuskannalle.
7. Pidä vihollinen puolustuskannalla ampumalla ohjuksia ja hakeudu vihollisen kutoseen.

On hyvä huomata, että FLO ei taistelun alkuvaiheessa anna yleensä riittävää etua jotta vastustajan voisi pakottaa puolustuskannalle ensilaukauksesta lähtien. Merkittävämpää on olla asemassa josta vastustajan ohjukset voi väistää nopeammin ja luotettavammin (eli notchaamalla karkuun menemisen sijaan).

SARH vs SARH

SARH ohjuksilla varustetun koneen alasampuminen SARH ohjuksilla edellyttää tämän tuhoamista ennen kuin hänen ohjuksensa osuvat. Tässä tilanteessa omien ohjusten suhteellisen kantaman maksimoiminen on oleellisin tekijä. Tähän päästään oman lentonopeuden ja korkeuden maksimoimisella omien ohjusten kantaman kasvattamiseksi sekä tehokkailla väistöliikkeillä vastustajan ohjusten kantaman pienentämiseksi.

Taistelun voittaa se joka saa ensimmäisenä ohjuksen osumaan maaliinsa. Suhteellisen kantamaedun hankkimisen lisäksi oma ohjus on ammuttava mahdollisimman läheltä tehokkaan kantaman rajaa mutta kuitenkin sisäpuolelta. Symmetrisessä tilanteessa ensin tehokkaalta kantamalta ampunut osuu ensin jolloin tuhoutuneen koneen vielä lentävä ohjus lakkaa hakeutumasta ja menee ohi. Jos ohjuksen ampuu liian kaukaa vastustaja pystyy väistämään sen mutta tämän hieman myöhemmin tuleva mutta tehokkaalta kantamalta ammuttu ohjus osuu. Tehokkaalta kantamalta kannattaa ampua kaksikin ohjusta kerralla ohjuksen silppuun harhautumisen varalta sekä vastustajan koneen ja etenkin tulenjohtotutkan tuhoutumisen

varmistamiseksi. Jos osut vastustajaan ensin mutta tämän tutka säilyy ehjänä ja ehtii saattaa ohjuksen perille käy itselle kuitenkin huonosti.

On hyödyllistä ampua ohjus jo sopivasti ennen tehokasta kantamaa joka pakottaa vastustajan väistöliikkeisiin. Vastustaja saattaa silloin myöhästyä tehokkaalta kantamalta ampumisessa tai ampua ohjuksen huonoista parametreista. Väistöliikkeet myös pakottavat vastustajan käyttämään energiaa väistöihin jolloin tämän ampumilla ohjuksilla on vähemmän alkunenergiaa ja siten lyhyempi tehokas kantama.

Yleensä SARH ohjustaistelussa etäisyys ennen ohjusten osumaa pienenee niin pieneksi että päästään lämpöhakuisten ohjusten tehokkaalle kantamalle. Näiden käytön mahdollisuus on syytä muistaa sekä itse että mahdollisena vastustajan toimenä.

ARH vs SARH

Tämä tilanne on hyvin epäedullinen SARH ohjuksilla varustetulle koneelle koska ARH ohjuksen A-pole on yleensä paljon suurempi kuin SARH ohjuksen F-pole. Tällöin ARH ohjuksilla varustettu kone voi helposti väistää SARH ohjukset kun taas SARH varustettu kone joutuu katkaisemaan lukon ennen SARH ohjusten osumaa ARH ohjusten väistämiseksi. Tällöin ARH kone voi heti palata hyökkäyskannalle ja ampua uuden ohjuksen pakottaen SARH koneen jatkamaan puolustuksellista liikehdintää.

Edellä mainitun tilanteen estämiseksi SARH ohjuksin varustettu kone tarvitsee ohjuksen jonka tehokas kantama on riittävän suuri jotta ARH koneen tuhoutumisen jälkeen on vielä aikaa väistää ARH ohjukset. Tässä tilanteessa ARH koneen on päästävä lähemmäksi SARH koneen tutkalta piilossa notchaamalla ja hyökättävä SARH koneen kimppuun riittävän nopeasti notchista poistumisen jälkeen jotta A-polen jälkeen ehtii vielä väistää SARH koneen ohjukset.

SARH koneen tyypillisin tapa päästä ampumaan ARH kone alas on yllätyksen tai merkittävän numeerisen ylivoiman suoma free entry ampumaetäisyydelle josta ARH kone ei ehdi ampua takaisin tai väistää.

Launch & Leave

Launch & Leave taktiikalla tarkoitetaan vihollisen ampumista kerran ja tämän jälkeen taistelusta irtautumista. Pääasiallisin syy Launch & Leave taktiikan käyttämiseen on mergen ja etenkin kaartotaistelun välttäminen (etenkin monta vs monta tilanteissa). Launch & Leave ei välttämättä ole käytännöllinen SARH ohjuksia käytettäessä koska F-pole on yleensä hyvin lähellä tai pienempi kuin MAR kun ohjus ammutaan tehokkaalta ampumaetäisyydeltä joten viholliselta karkaaminen ohi menneen laukauksen jälkeen on haastavaa tai mahdotonta.

Launch & Leave taktiikan käytännön toteutuksessa on ensimmäinen askel MAR ja MOR etäisyyksien selvittäminen vastustajan kykyjen ja taistelutilanteen mukaan (tehtävää

suunnitellessa). 1vs1 tilanteessa MAR etäisyydeltä karkuun lähteminen tarkoittaa käytännössä karkuun lentämistä kunnes vastustaja päättää lopettaa takaa-ajon tai saa kiinni ja ampuu alas. MOR etäisyydeltä karkuun lähteminen taas edellyttää ohjuksen ampumista tehokkaan kantaman ulkopuolelta mutta mahdollistaa vielä toisen yrityksen MAR etäisyydeltä.

Vaikka näyttäisikin siltä ettei vihollinen lähtenyt takaa-ajoon tai hän luovutti niin perässä saattaa silti olla rosvo näkymättömissä tutka sammuksissa. Etenkin pienikokoiset hävittäjät ovat hankalia nähdä suoraan edestä joten hieman ampumaetäisyyden ulkopuolella olevaa rosvoa voi olla likimain mahdoton nähdä maata vasten. Toisekseen rosvo voi olla odotettua ylempänä jolloin häntä ei huomaa koska rosvoa tuli etsittyä vain horisontin suunnalta. Rosvo voi olla myös koneen rungon, siipien tai pyrstön takana maskissa joten konetta on kallisteltava tai kaarrettava näiden sokeiden kulmien tarkistamiseksi.

Koska Launch & Leave taktiikka altistaa takaa-ajettavaksi joutumiselle, ei sitä yleensä ole hyödyllistä käyttää 1vs1 tilanteissa. Monta vs monta tilanteissa kaartotaisteluun joutuminen on kuitenkin yleensä varma tapa tulla alas ammutuksi vaikka omana kohteena olleen rosvon saisikin ammuttua alas koska ympärillä lentelevät muut rosvo yleensä käyttävät tilaisuuden hyväkseen ja nappaavat helpon pudotuksen koneesta jonka SA on kiinnittynyt kaartotaisteluun. Tällaisissa tilanteissa on hyvä sopia siipimiehen kanssa että toinen pysyttelee hieman taaempänä ja karkikone käyttää launch & leave taktiikkaa. Jos rosvo lähtee takaa-ajoon, pystyy taaempi kone joko ampumaan rosvon alas tai ainakin pakottamaan tämän karkuun. Näitä rooleja voidaan vaihdella vuoronperään jolloin aina toinen kone pystyy suojaamaan toisen koneen extendaamisen.

Launch & Decide

Launch & Decide taktiikalla pyritään viemään taistelu kaartotaisteluun asti jos rosvo ei sitä ennen putoa. Pääasiallinen syy Launch & decide taktiikan käyttämiseen on takaa-ajetuksi joutumisen välttäminen tai pakottava syy/tarve ampuu rosvo alas tai pakottaa tämä extendaamaan. Vaikka tavoitteena olisi pyrkiä kaartotaisteluun, ei siihen joutuminen puolustuksellisessa asemassa ole hyödyllistä tai järkevää mistä syystä ennen MAR etäisyyttä arvioidaan taistelun tilanne ja jatketaan hyökkäystä vain voitolla (tai tasapelissä, riippuen ROE:sta) ollessa (parempi joutua takaa-ajetuksi kuin puolustusasemassa kaartotaisteluun).

Launch & decide taktiikan onnistumisessa keskeistä on saada rosvo puolustuskannalle jo BVR taistelussa jolloin kaartotaisteluun päästään hyökkäysasemassa. Tämä saadaan aikaan ampumalla omat ohjukset tehokkaalta ampumaetäisyydeltä ja mielellään paremmasta asemasta kuin vastustaja jotta vastustaja joutuu käyttämään enemmän aikaa ja energiaa ohjuksen väistämiseen jolloin itse päästään ampumaan seuraava ohjus nopeammin ja pakottamaan vastustaja jatkamaan puolustuksellista liikehdintää.

Mäkisessä maastossa rosvo saattaa pystyä käyttämään mäkiä suojana jolloin hän pystyy väistämään ohjukset ja mäen suojassa palaamaan hyökkäyskannalle jolloin taistelu neutraloituu. Mäkien vaikutusta voi yrittää minimoida pysyttelemällä sen verran korkealla että

pystyy näkemään ja ampumaan rosvoa mäkien yli. Korkeuden ylläpitäminen ei välttämättä onnistu jos vastustaja onnistuu ampumaan ohjuksensa hyvästä paikasta jolloin väistö pakottaa pudottamaan korkeutta. Jos mäkien sijaan maasto on vuoristoa, ei edes korkealta pysty näkemään syvimpiin vuorien laaksoihin jolloin vastustajan pakottaminen puolustuskannalle BVR taistelussa ei onnistu vaan taistelu joudutaan aloittamaan suoraan kaartotaisteluetaisyydeltä.

Notch to merge

Notchausta voidaan käyttää tutkaohjuksien harhauttamisen lisäksi lentokoneiden tutkalta piiloutumiseen. Notchausta käyttämällä on mahdollista lähestyä vihollisen konetta tai tiivistä muotoa huomaamatta. Notchaus toimii vain suhteellisen kapeassa sektorissa (noin 10°) olevia tutkia vastaan joten sillä ei voi piiloutua leveältä viholliskoneiden muodostelmalta koska aina jokin tutka on notch sektorin ulkopuolella.

Notchaus voidaan aloittaa jo vihollisen tutkan havaintoetaisyyden ulkopuolelta jolloin paljastuminen voidaan välttää eikä vastustaja osaa aloittaa vastatoimia notchausta vastaan. Tällöin riittävän pitkään notchaamalla päästään vastustajan tutkan keilan ulkopuolelle jonka jälkeen lähestyminen voidaan tehdä tutkan keilan ulkopuolelta. Ongelmana on, että havaintoetaisyyden ulkopuolelta aloitettu notchaus vie niin kauas sivulle, että etäisyyden kurominen ohjuksen ampumaetaisyydeksi tältä etäisyydeltä kestää kauan. Toinen ongelma on tietää, missä vihollisen kone on kun RWR ei enää havaitse vastustajan tutkaa eikä siten voi mitata sen suuntaa (DCS ei mallinna sivukeilojen näkymistä RWR:ssä). Apuna voi olla mahdollista käyttää taistelunjohtajalta saatavaa tietoa tai vastustajan jättämää tiivistysvanaa.

Kun notchaus aloitetaan tutkan havaintoetaisyyden sisältä, vastustaja osaa alkaa etsimään notchaajaa tai varautua mahdolliseen yllätykseen. Mahdollisia vastaliikkeitä voi olla tutkan sammuttaminen hetkellisesti ja lentosuunnan muutos jolloin tutka vähän ajan päästä uudelleen käynnistäessä notchausta yrittävä kone on ainakin hetkellisesti pois notchista ja voidaan havaita. Toinen mahdollinen vastaliike on korkeuden pudottaminen jolloin notchaaja siirtyy horisonttiin tai sen yläpuolelle. Jos vastassa on useampi kone, voivat koneet levittäytyä riittävän leveään riviin jolloin notchaus onnistuu vain yhden koneen tutkaa vastaan mutta muut koneet näkevät maalin edelleen. Yksittäistä konetta vastaan notchattaessa voidaan edelleen estää BVR ohjuslaukaisut vaikka varsinaisesti piiloon pääseminen tai yllättäminen ei onnistuisikaan.

Jos notchaus aloitetaan näköetaisyyden sisältä (n. 5-10 NM riippuen oman koneen koosta) pystyy korkeammalla oleva kone edelleen jatkamaan lähestymistä visuaalisesti jolloin minkäänlainen yllättäminen ei ole mahdollista. Tässäkin tilanteessa on vielä kuitenkin mahdollista selvitä ylläpitämällä notch tutkahakuisten ohjusten minimikantamalle asti jonka jälkeen käännetään kohti hyökkääjää ja soihduilla harhautetaan lämpöhakuiset ohjukset ja lopuksi vielä väistetään hyökkääjän tykkisarja jonka jälkeen taistelu on neutraalissa mergessä josta voidaan aloittaa kaartotaistelu. Jos hyökkääjä ei muista hillitä nopeuttaan ennen mergeä voi olla mahdollista saada nopea voitto yhden ympyrän flown taktiikalla.

Free Entry

Free entry tulee vastaan lähinnä parina tai parvena lennettäessä kun vastustajalla on useampi kone seurattavana jolloin joku saattaa jäädä huomaamaatta. Sama pätee useampaa vastustajaa vastaan lennettäessä jolloin täytyy kiinnittää erityistä huomiota kaikkien vastustajien sijaintien seuraamiseen jotta joku ei pääse yllättämään. Perus ampuma- ja väistötekniikat hallitsevan vastustajan alasampuminen yleensä edellyttää free entryä jotta pääsee ampumapaikkaan josta ohjusta ei voi väistää ja rosvo saa ammuttua alas BVR taistelussa.

Jotta free entryn pystyy hyödyntämään, on sen mahdollisuus ensinnäkin tunnistettava. Tyypillisin tuntomerkki on vihollisen tutkavaroituksen puute ja lentosuunta ainakin jossain määrin sivuun itsestä. Toinen tuntomerkki on siipimiesten ilmoitukset vihollisen STT tutkalukosta. Vihollisen tutkan ja muiden sensorien toiminnan tunteminen on oleellista free entryn tunnistamiseksi.

Kun free entryn mahdollisuuden on havainnut, pitää tilaisuus hyödyntää etenemällä varmaan ampumapaikkaan varoittamatta vihollista. Vihollinen voi saada varoituksen RWR:n tai vaikka siipimiehen kautta. RWR varoituksen voi estää tekemällä hakeutumisen visuaalisesti tai käyttäen tutkamoodia joka pitää vähemmän meteliä RWR:ssä mutta maalin siipimieheltä ei voi yleensä piiloutua.

Vastustajan free entryn voi estää tehokkaalla sensorien ja silmien käytöllä sekä radion kautta siipimiehen tilannetajua hyödyntämällä. Siipimiehen hyödyntäminen edellyttää siipimiestä joka osaa katsoa kaveriensa perään ja kertoa havainnoistaan muille.

Tyypillisin free entry syntyy rosvoon lähestyessä reilusti omaa korkeutta korkeammalta tai alapuolelta jolloin rosvo jää tutkan keilan yläpuolelle tai alle. Luotettavin tapa välttää nämä tilanteet on havaita korkealla tai matalalla olevat vastustajat kauempaa jolloin he osuvat tutkan etsintäkuvioon helpommin ja sen jälkeen pitämällä heitä silmällä. Toinen luotettavasti toimiva metodi on pitää yksi kone taaempana joka siten pystyy helpommin skannaamaan ylhäältä ja alhaalta ja varoittamaan muita.

Takaa-ajo

Vaikka takaa-ajo on itselle edullinen tilanne voi siinäkin tehdä asiat takaa ajettavalle vielä hankalammaksi oikealla taktiikalla verrattuna vain suoraan perässä lentämiseen. Takaa-ajettavalla voi olla myös muutama ikävä yllätys varattuna takaa-ajajan pään menoksi joihin on syytä osata varautua.

Vastustajan takaa-ajamiseksi on kaksi perustaktiikkaa, matalalla ja korkealla seuraaminen.

Matalalla seurattaessa pyritään pysymään vastustajalta piilossa matalalla lentämällä (vältetään taivasta vasten näkymistä) ja seuraamaan vastustajaa visuaalisesti tutka sammuksissa. Tällöin vastustaja ei voi tietää onko perässä vastustajaa vai ei ja joutuu kääntämään ympäri ammutuksi joutumisen riskillä tai jatkamaan suoraan omille linjoille asti (ilmatorjunta hätistää rosvon perästä pois) ennen ympäri kääntämistä. Pitkän karkuun lentämisen seurauksena polttoaine saattaa kuitenkin olla niin vähissä että kotiin paluu on väistämätöntä. Matalla seuraaminen on toimiva taktiikka jos rosvoilla ei alun alkaenkaan ole varmuutta onko joku perässä seuraamassa jolloin rosvo saattaa hyvinkin kääntää ympäri tai hidastaa varsin pian takaa-ajon aloittamisen jälkeen. Matalalla seuraaminen on myös pystyttävä tekemään visuaalisesti eli etäisyyden on oltava riittävän lyhyt jotta rosvoon on tälly. Jos rosvo tietää, että perässä on kone lähellä, hän vain jatkaa karkuun lentämistä kunnes takaa-ajaja luovuttaa.

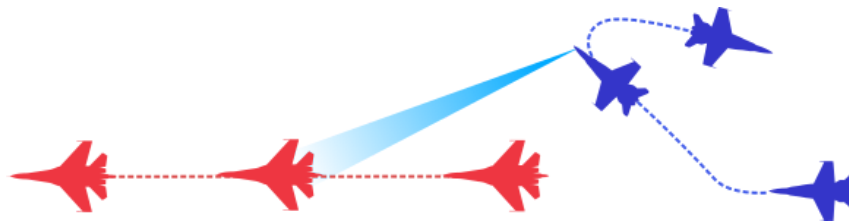
Jos rosvon haluaa ajaa kiinni tai tutka on pidettävä päällä vastaantulevien rosvojen varalta jolloin rosvo on pakko ajaa kiinni on parempi aloittaa nousu korkeammalle ja seurata rosvoa noin 10-15 tuhatta jalkaa (3-5 km) rosvon yläpuolella. Tällöin oma polttoaineen kulutus on pienempää ja oma huippunopeus suurempi jolloin rosvon pystyy ajamaan kiinni pidemmässäkin takaa-ajossa. Jos rosvo nostaa myös korkeutta pystyy tämän ampumaan alas ohjuksen kantaman kasvaessa korkealla. Korkeammalla takaa ajavaa konetta ei käytännössä voi päästä karkuun ellei etäisyys ole riittävän suuri (yli 15 NM / 30 km). Lisäksi rosvon on vaikeampaa ympäri kääntäessä löytää takaa-ajajaa tutkalla korkealta. On syytä kuitenkin muistaa, että jos rosvo onnistuu löytämään sinut korkealta, voi rosvon ohjuksen väistäminen olla mahdotonta joten rosvon aloittaessa kääntämään ympäri on geometria syytä muuttaa mahdollistamaan ohjuksen maahan ajattaminen jos on vähänkään pelkoa rosvon ohjuksesta. Rosvoa voi seurata korkealta myös tutka sammuksissa jolloin on mahdollista päästä täysin piiloon rosvoilta ja täydelliseen free entryyn kun rosvo kääntää ympäri. Korkealta ampuessa oman ohjuksen kantama on hieman suurempi jolloin etäisyyttä ei tarvitse kuroa ihan niin pieneksi kuin matalalla seurattaessa.

Tutka sammuksissa seuraaminen on riskialtista jos on mahdollista, että joku toinen rosvo tulee vastaan auttamaan kaveriansa jolloin tätä ei huomaa ajoissa. Monta vs. monta tilanteissa on syytä olla erittäin varovainen takaa-ajoissa koska yksi tyypillinen tapa saada aikaan free entry on houkutella vastustaja takaa-ajoon jonka jälkeen toinen kone hiipii kylkeen ja ampuu ahneen putkinäköisen takaa-ajajan alas. Takaa-ajajan voi yllättää joko sivusta tai korkeammalta hyökkäämällä.

Takaa-ajoon lähteminen tulisi tehdä vain tilanteissa joissa muita vihollisia ei varmasti ole lähimaailmaan, muuten seurauksena on todennäköisesti ansaan lentäminen. Takaa-ajon aikana tulisi ilmatilaa edessä seurata tutkalla ansaan lentämisen välttämiseksi. Jos toinen vihollinen tulee vastaan ja hyökkää sen kimppuun, on syytä muistaa, että äsken takaa-ajettu vihollinen saattaa kääntää ympäri ja hyökätä myös. Takaa-ajo on varmasti turvallista vain tilanteessa jossa ainoa ilmassa oleva vihollinen on takaa-ajettuna. Jos takaa-ajettavia vihollisia on useampi erillinen kone, voivat ne mahdollisesti lentää toisiaan vastaan ja yrittää ampuu toistensa

takaa-ajajia vastapalloon. Takaa-ajetut rosvo saattavat myös erkaantua jolloin yhtä seuraamalla toinen pääsee hyökkäämään kylkeen.

Takaa-ajon keskeyttäminen läheltä ohjuksen ampumaetäisyyttä saattaa kääntää tilanteen hetkessä päinvastaiseksi jos rosvo huomaa takaa-ajajan luovuttavan (molemmat tekevät 180° käännöksen jotakuinkin samaan aikaan jolloin etäisyys säilyy samana mutta järjestys vaihtuu). Tästä syystä ennen takaa-ajon keskeyttämistä pitäisi etäisyyttä rosvoon kasvattaa hidastamalla tai tehdä irtautuminen piilossa esim. mäen takana jolloin rosvo ei heti huomaa irtautumista. Hyvä irtautumistekniikka on täysi crank joka pidetään sen aikaa että etäisyys kasvaa riittäväksi jonka jälkeen irtaudutaan. Jos rosvo reagoi irtautumisyriytykseen, voidaan crankista nopeasti jatkaa hyökkäystä ja pakottaa rosvo uudestaan puolustuskannalle. Tämä tekniikka voidaan luonnollisesti tehdä olosuhteiden sen salliessa myös visuaalisesti ilman tutkaa.



Kuva 10-1. Irtautumistekniikka takaa-ajosta. Takaa-ajettava kone lukitaan tutkalla tai sitä pidetään silmällä visuaalisesti samalla kun crankataan. Jos rosvo ei reagoi crankkiin, pidetään sitä yllä kunnes haluttu etäisyys rosvoon on saatu jonka jälkeen käännetään karkuun. Jos rosvo kääntää vastaan, voidaan hyökkäystä jatkaa välittömästi uudestaan.

Aggressio

Aggressio ilmataistelussa on merkittävä periaate koska paras puolustuksellinen asema on sama kuin paras hyökkäyksellinen asema eli rosvon takana. Tämän aseman säilyttäminen ei ole itsestään selvyys vaan vaatii aktiivista reagointia vastustajan liikkeisiin. Tästä asemasta poistuminen turvallisesti on myös erittäin hankalaa vaan kutosessa joutuu todennäköisesti roikkumaan siihen asti kunnes rosvo on ammuttu alas. Tavallaan vielä parempi puolustuksellinen asema on poissa vihollisen aseiden vaikutusetäisyydeltä. Eli jos haluat välttää alasammutuksi joutumisen sinun on syytä pysyä poissa taistelusta kokonaan tai sitten ammuttava rosvo alas ensin.

Aggressiivisuus voi olla hämäävä termi koska tässä yhteydessä sillä ei tarkoiteta tunnepitoista räyhäämistä vaan laskelmoitua aktiivista sekä aloitteellista toimintaa vastustajan toimintamahdollisuuksien minimoiseksi ja ennustettavaan toimintaan pakottamiseksi lopullisena päämääränä tämän alas ampuminen. Pääpaino on siis aktiivisuudessa reaktiivisuuden sijaan ja aloitteen tempaamisessa itselle vastustajan toimiin reagoimisen sijaan. Aloitteen omaaminen ei kuitenkaan tarkoita sitä, että omaa suunnitelmaa suoritettaisiin riippumatta vastustajan toimista (mikä ei tule toimimaan) vaan vastustajan vastaliikkeisiin reagoidaan siten, että vastustajan on jälleen pakko reagoida puolustuksellisesti tuhoutumisen välttämiseksi.

Käytännössä aggressiivisuus on esim. ohjusten ampumista tilanteesta josta pudotus on epätodennäköinen mutta joka pakottaa rosvon puolustukselliseen liikkeeseen jonka seurauksena rosvo joutuu asemaan josta ammuttu ohjus todennäköisesti pudottaa rosvon. Tai kaartotaistelussa rosvoa osoitetaan nokalla jonka seurauksena tämä joutuu tekemään puolustusliikkeitä jotka kuluttavat energiaa ja kulmia ja mahdollistavat pääsyn parempaan ampumapaikkaan.

On hyvä myös muistaa, että liiallinen tai huonosti toteutettu aggressiivisuus voi johtaa epäedulliseen tilanteeseen josta ei pysty enää selviytymään (esim. lentäminen drag'n bagiin). Toisaalta aggressiivisuudella voi kokemattoman rosvon pelotella tekemään virheitä jotka hyödyntämällä epäedullisen tilanteen voi kääntää voitoksi. **Aggression on aina oltava harkittua ja pakotettava rosvo reagoimaan (tai ottamaan osunaa).**

11 - 2 vs 1 Taktiikka

Keskinäinen tuki

Parin koneiden keskinäisellä tuella tarkoitetaan kykyä puolustaa siipimiestä ja jakaa tilannetajua parantavaa tietoa. Keskinäisen tuen toimimiseksi koneiden tulee olla sen verran lähellä toisiaan jotta pulassa olevan koneen ahdistelija saadaan siipimiehen aseiden ulottuville mutta toisaalta sen verran kaukana toisistaan jotta sama rosvo ei voi pakottaa molempia samanaikaisesti puolustuskannalle. Sopiva välimatka on hyödyksi myös jotta koneet pystyvät jakamaan tilannekuvaa eri havaintopisteistä, mikä on tärkeää etenkin BVR taistelussa jossa vihollinen voi olla vaikeasti havaittavissa tietystä havaintopisteestä esim. notchauksen tai suuresti poikkeavan lentokorkeuden takia. Keskinäinen tuki hyökkäyksessä mahdollistaa taktikoiden käytön joita vastaan vihollisen on vaikeaa puolustautua, kuten esimerkiksi pihtiliikkeen (bracket).

Keskinäisen tuen ylläpitämiseksi ja hyödyntämiseksi on ehdottoman tärkeää, että koneet tietävät toistensa sijainnin sen verran tarkasti jotta ne voivat tarvittaessa lentää siipimiehensä luokse.

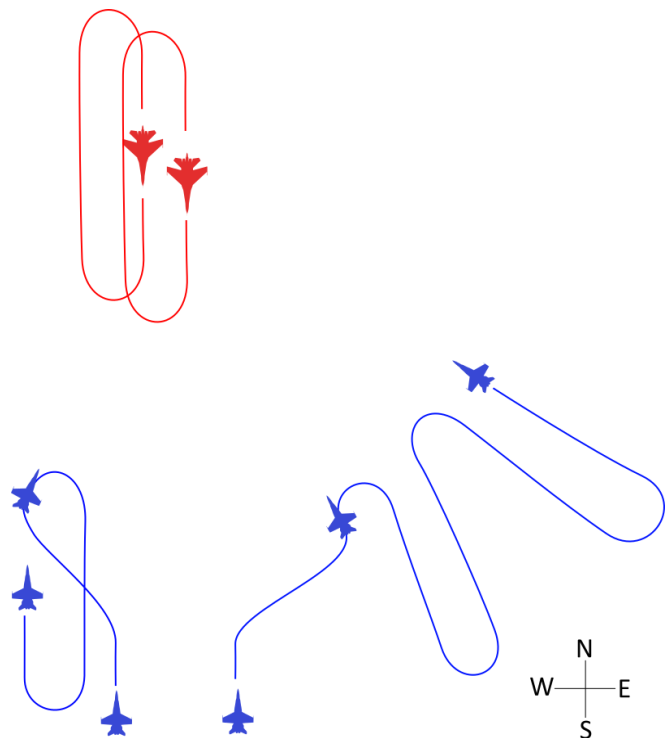
Jotta molemmat koneet eivät joutuisi samanaikaisesti puolustuskannalle, tulee toisen koneen olla vihollisen aseiden tehokkaan vaikutusetaisyyden ulkopuolella. Tämä etäisyys riippuu tilanteesta, mm. käytetyistä aseista sekä lentokorkeudesta. Parin koneiden välinen etäisyys voi olla tätä suurempikin kunhan puolustuskannalla oleva kone pystyy hakeutumaan siipimiehen läheisyyteen ennen tuhoutumistaan. Esim. lämpöhakuisia ohjuksia käytettäessä sopiva etäisyys koneiden välillä on noin 1 NM kun taas BVR ohjuksia käytettäessä etäisyys on luokkaa 5-10 NM.

Keskinäisen etäisyyden ollessa aseiden ampumaetäisyyttä suurempi, on tärkeää tietää missä suunnassa siipimies on jotta puolustuskannalle joutuessaan pystyy vetäytymään tämän läheisyyteen keskinäisen tuen mahdollistamiseksi. Väärään suuntaan tehty extension saattaa

hävittäjän eroon siipimiehestään ja pakottaa yrittämään taistelemaan tilanteesta ulos omin voimin.

Jos käytössä ei ole datalinkkiä tai vastaavaa apuvälinettä siipimiehen sijainnin tietämiseksi on mahdollista taistelun kuluessa pikkuhiljaa ajautua liian kauas siipimiehestä esim. tekemällä U-käännökset aina samaan ilmansuuntaan. Kaartojen ja väistöliikkeiden suunnat tulisi valita siten, että oma sijainti ryhmyksessä ei ala pikkuhiljaa ajautumaan mihinkään suuntaan vaan pysyy jotakuinkin samana. Esim. tekemällä U-käännökset aina oikean (tai vasemman) kautta vältetään serpentiinimäinen ajautuminen tiettyyn ilmansuuntaan.

Kuva 11-1. Peräkkäisten kaartosuunta-valintojen aiheuttama ajautuminen tai paikallaan pysyminen. Vasemman puoleinen sininen kone kampeaa ennen ampumista vasemmalle ja väistää oikealle estäen ajautumisen länteen. Tämän jälkeen vasen kone kääntää ympäri aina oikean kautta jälleen estäen ajautumisen. Oikeanpuoleinen kone kampeaa oikealle ennen ampumista ja kääntää ympäri oikean kautta. Recommitissa oikean puoleinen kone kääntää ympäri vasemman kautta ja ammunnan jälkeen oikean kautta ajautuen pikku hiljaa itäänpäin. Ajautuminen voi olla taktisesti toivottavaa tai haitallista, riippuen käytettävästä taktiikasta. Ajautuminen epähuomiossa liian kauas siipimiehestä estää tehokkaan keskinäisen tuen.



Keskinäisen tuen ylläpitämiseen on ollut historian saatossa pari huomion arvoista taktiikkaa. Fighting wing taktiikka on ensimmäinen taktiikka jolla yritettiin ylläpitää keskinäistä tukea. Taktiikan ideana on laittaa kokemattomampi lentäjä lentämään muodossa kokeneen lentäjän siivellä jolloin kokematon lentäjä voi seurata kokeneen työskentelyä ja samalla varmistaa tämän selustan. Käytännössä perästä tulevan koneen huomio on lähinnä johtokoneessa eikä kokemattomalla lentäjällä ole ketään varmistamassa hänen selustaansa. Lisäksi muodossa lentävä kone ei käytännössä osallistu taisteluun jolloin kahdella koneella on käytännössä likimain sama taktinen vaikuttavuus kuin yhdellä.

Nykyään käytössä oleva taktiikka on loose deuce, jossa pari lentää rinnakkain ja molemmilla on yhtäläinen oikeus ja velvollisuus hyökätä vihollisen kimppuun. Tästä muodostelmasta molemmat koneet näkevät toistensa selustan (WVR etäisyyksillä), muodostelmaa ei pidetä yllä

tiukasti vaan lentäjien huomio voi kiinnittyä enemmän ympäristön tarkkailuun ja koneiden välinen etäisyys mahdollistaa tehokkaat vastataktiikat yllättävää hyökkäystä vastaan. Hyökkäyksessä koneiden välimatkaa kasvatetaan entisestään pihtiliikkeen tai vastaavien taktiikoiden toteuttamiseksi. Taktiikan näkökulmasta molemmat koneet ovat samanarvoisessa asemassa eli kumpi kone tahansa joka on paremmassa asemassa voi toimia hyökkääjänä. Toinen kone ei jää sivustakatsojaksi vaan aktiivisesti hakee paikkaa omalle hyökkäykselleen toisen koneen pitäessä rosvon kiireisenä ja ennustettavana.

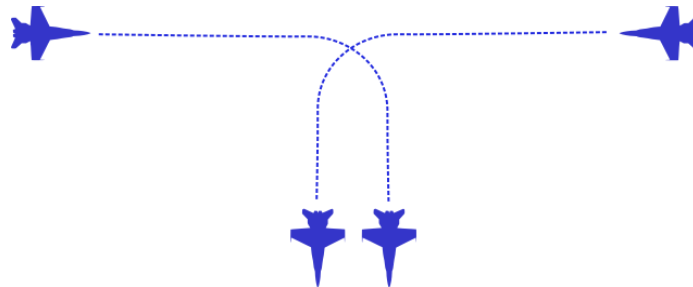
Kun vastapuolella on käytettävissään ARH ohjuksia ei ole hyödyllistä pysytellä siipimiehen lähistöllä koska tämä tekee molemmista koneista helppoja maaleja yhdellekin rosvolle ja siten vaikeuttaa mahdollisen numeerisen ylivoiman hyödyntämistä (esim. pääsyä free entryyn). Alivoimalla toimiessa molempien joutuessa puolustuskannalle samaan aikaan on seurauksena pakollinen extension kunnes vihollinen lopettaa takaa-ajon.

Point

Point on Brevity koodi liikkeelle jossa parin koneet kaartavat toisiaan kohti ja visuaalisesti ja/tai tutkalla varmistavat toistensa selustan. Tällä liikkeellä parin koneet pystyvät myös palaamaan keskinäisen tuen mahdollistavalle etäisyydelle.

Jos parin koneet joutuvat eroon toisistaan ja suunta siipimieheen on epävarma on hyvä pyrkiä löytämään siipimies uudelleen jotta suunta siipimieheen on jälleen selvillä eikä etäisyys koneiden välillä ole liian suuri keskinäisen tuen hyödyntämiseksi. Point on tähän näppärä tekniikka. Ennen Pointia on etsittävä siipimies tutkalla ja Raygun Brevity koodia tai kohteen lentosuuntaa ja korkeutta hyväksi käyttäen (kysytään radiolla siipimiehen lentosuunta ja korkeus jolloin tutkalla voidaan verrata kontaktia siipimiehen ilmoittamiin lukuihin) todennettava kontakti omaksi siipimieheksi.

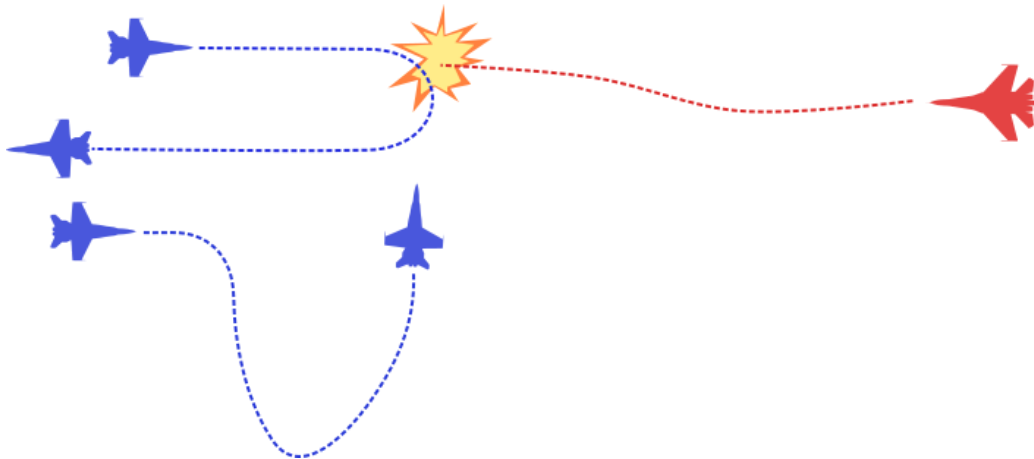
Parven kesken Point toteutetaan pareittain ja jos koko parvi halutaan kasaan niin parit hakeutuvat muotoon asti ja Point tehdään sen jälkeen vielä parien kesken (eli parit lentävät toisiaan kohti). Pointista päästään muotoon helpoiten molempien koneiden kaartaessa 90° samaan ilmansuuntaan sopivasti ennen kohtaamista. Kaarron aikana näköyhteys toiseen koneeseen katkeaa joten törmäysten välttämiseksi toisen on tehtävä kaarto hieman korkeammalla mikä pitää sopia radiossa etukäteen.



Kuva 11-2. Muotoon liittyminen Pointista. Sopiva etäisyys kaarron aloitukselle on luokkaa 2-3 NM jolloin kaarto on nopea mutta ei tarvitse liian suurta kuormituskerrointa.

Drag and Bag

Drag and Bag on yleisnimitys 2vs1 taktiikalle jossa parin toinen kone vetää huomion puoleensa jolloin parin toinen kone pääsee free entryyn. Tämän periaatteen toteuttamiseksi voidaan käyttää monenlaisia liikkeitä mutta yleisin on parin tekniikka jossa toinen kone piiloutuu notchaamalla tai maastoesteiden taakse ja toinen kone houkuttelee rosvon takaa-ajoon lentäen siten että piilossa oleva kone pääsee iskemään rosvoa kylkeen.



Kuva 11-2. Drag and Bag taktiikka. Parin toinen kone piiloutuu notchaamalla tai maastoesteiden taakse kun toinen houkuttelee rosvon peräänsä. Jos rosvo ei alunperinkään huomaa parin toista konetta tai unohtaa tämän olemassa olon takaa-ajoon päästessään voi parin vapaa kone iskeä rosvon kylkeen. Taktiikan onnistumisen kannalta on olennaista, että rosvo ei osaa varoa vapaata konetta ja rosvo saadaan sopivan lähelle tätä mutta rosvo ei lennä suoraan vapaata konetta kohti jolloin ansa todennäköisesti paljastuu.

Drag and Bag voidaan tehdä väijytyksen omaisesti jolloin toinen kone piiloutuu jo kauempana ja sitten rosvo vedetään takaa-ajossa väijytykseen. Toinen vaihtoehto on aloittaa pihtiliikkeellä ja jos rosvo onnistuu pysymään poissa pihtien välistä ja hyökkää toisen koneen kimppuun, voi engaged kone vetää rosvon vapaan koneen luokse joka sitten yrittää päästä free entryyn.

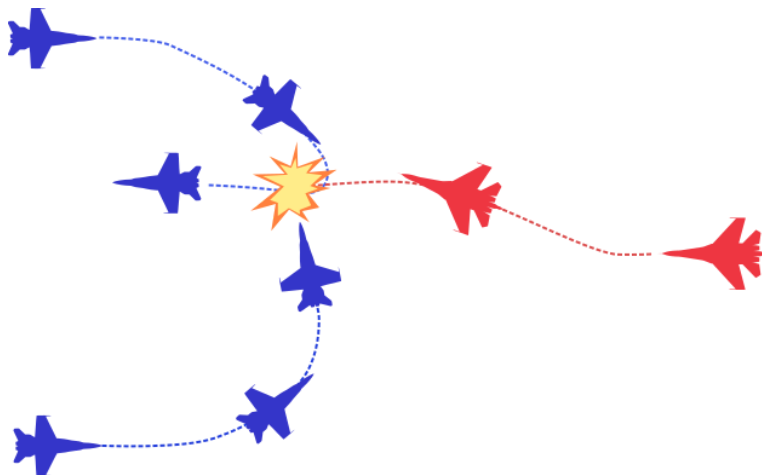
Jos rosvo huomaa väijytyksen ja vaihtaa kohteen vapaaseen koneeseen, voidaan osia vaihtaa jolloin aikaisemmin vapaa kone alkaa vetämään rosvoa perässään aikaisemmin engaged koneen hyökätessä kyljestä.

Jos siipimies ei onnistu ampumaan rosvoa alas vaan jää takaa-ajosta jälkeen, on takaa-ajettavan lennettävä karkuun kunnes rosvo luovuttaa tai jokin toinen kone pääsee apuun.

Drag and Bagiin joutumisen välttämiseksi on syytä olla varuillaan taistellessa useampaa viholliskonetta vastaan. Takaa-ajoon lähtiessä tai kaartotaisteluun joutuessa toinen vihollinen suurella todennäköisyydellä pyrkii hyödyntämään tilanteen ja hiipimään huomaamatta kylkeen. Takaa-ajon sijaan onkin yleensä ensin viisasta tarkastaa etusektorin lisäksi sivustat kylkeen pyrkivien rosvojen varalta. Etenkin jos yksittäinen rosvo lähtee karkuun yllättävän helposti, on syytä alkaa epäilemään Drag and Bagia. Tämä taktiikka on erityisen vaarallinen koneilla (esim. Su-27 ja MiG-29) joilla on IRST järjestelmä passiiviseen etsintään ja tulenjohtoon.

Bracket (pihtiliike)

Pihtiliike on 2vs1 taktiikka jossa parin koneet kiertävät yksittäisen rosvon molemmille puolille ennen ampumaetäisyydelle tulemistä. Hyökkäsipä rosvo kumman koneen kimppuun tahansa, toinen kone pääsee aina hyökkäämään rosvon kyljestä. BVR ohjustaistelussa pihtiliikkeen leveys tulisi mitoittaa siten, että toinen kone pääsee hyökkäämään nimen omaan kyljestä eikä takaa. Engaged koneen ei kannata käyttää Launch and Decide taktiikkaa siihen liittyvien turhien riskien takia vaan käyttää Launch and Leave taktiikkaa sen sijaan ja pyrkiä saamaan aikaan free entry vapaalle koneelle. Tällöin pihtiliike muuttuu käytännössä Drag and Bag taktiikaksi mutta free entry haetaan yllätyksen sijaan geometrialla. Rosvon kylkeen hakeutumisella pyritään välttämään tilanne jossa engaged kone lentää rosvoa sekä vapaata konetta karkuun eikä vapaa kone siten pääse ampumaetäisyydelle rosvosta.



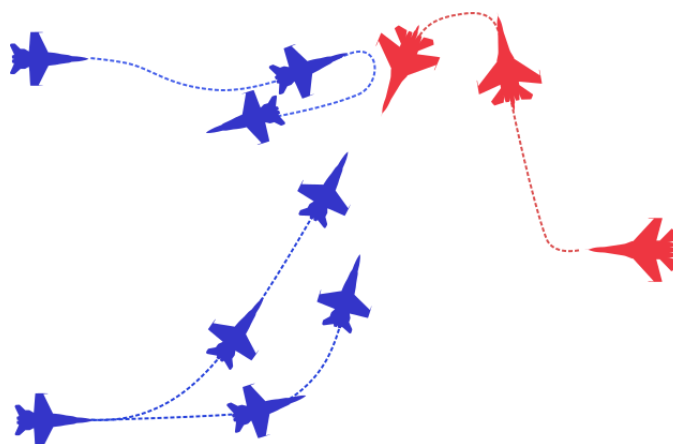
Kuva 11-3. Pihtiliike. Pari erkanee jolloin rosvon hyökätessä toisen kimppuun toinen pääsee free entryyn rosvon kyljestä. Engaged kone lähtökohtaisesti käyttää Launch and Leave taktiikkaa houkutellen rosvon seuraamaan.

ARH ohjuksia käyttävää konetta vastaan pihtiliikkeen leveys tulisi olla joka tapauksessa ainakin sen verran leveä jotta rosvo ei pystyisi ampumaan molempia koneita samanaikaisesti missä tapauksessa kumpikaan koneista ei pääsisi free entryyn. Vaihtoehtoisesti pihtiliike voidaan tehdä pystysuunnassa (ja myös samalla sivusuunnassa) jolloin rosvo ei saa molempia koneita

tutkansa etsintäkuvioon ja näin vältetään molempien koneiden joutuminen tekemään väistöliikkeitä.

Järkevä rosvo pihtiliikkeen huomattessaan pyrkii kampeamaan toista konetta kohti jolloin toisen reunan kone jää kauemmaksi eikä ehdi free entryyn ennen kuin kun rosvo on jo saanut väistettyä engaged koneen ohjukset ja pystyy siten hyökkäämään jälkimmäisen vapaan koneen kimppuun tai lähtemään karkuun hyvissä ajoin. Tässä tilanteessa engaged koneen on järkevää tehdä Pump tai Notch kauempaa kuin MOR etäisyydeltä hidastusliikkeenä ja hyökätä vasta kun toisen koneen etäisyys rosvoon lähestyy omaa etäisyyttä (siihen ei todennäköisesti menee montaa sekuntia joten hidastusliikkeen kanssa on oltava tarkkana, 0.9M nopeudella hävittäjä etenee 1 NM / 6 s). Jos rosvo vaihtaa kohdetta heti Pumpin/Notchin aloituksen jälkeen, pitää hyökkäystä jatkaa heti uudestaan. Tavoitteena on saada molemmat koneet ampumaetäisyydelle rosvosta samaan aikaan eri suunnista jolloin aina toinen pääsee free entryyn.

Pihtiliikettä toteutettaessa pitää molempien koneiden tietää toistensa etäisyydet rosvoon jotta ampumaetäisyydelle päästään saman aikaisesti. Tästä syystä molempien koneiden tulisi tasaisin väliajoin kertoa etäisyytensä rosvoon (esim 2-3 NM välein) jotta lähempänä oleva kone osaa tehdä hidastusliikkeen oikea-aikaisesti.

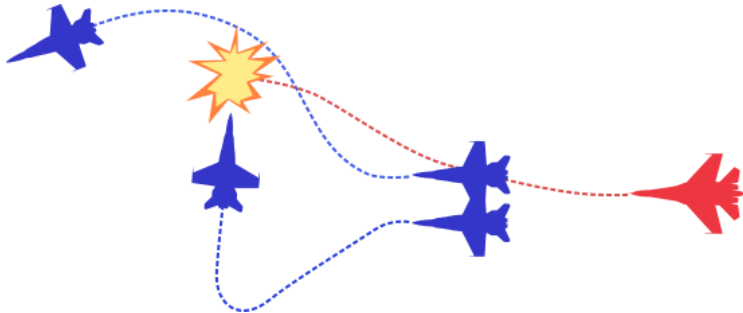


Kuva 11-4. Bracket vastaliike. Kun rosvo havaitsee pihtiliikkeen käytön, hän notchaamalla tai kampeamalla yhden koneen suhteen kasvattaa etäisyyttään toiseen koneeseen. Jos parin lähempi kone ei hidasta lähestymistään rosvoa kohti jää vapaa kone liian kauaksi tai pihtiliikkeen leveys kaventuu liikaa jotta free entry onnistuisi. Tällöin rosvo pystyy hyökkäämään molempien koneiden kimppuun peräkkäin tai lähtemään turvallisesti karkuun ensimmäisen koneen ampumisen jälkeen.

Bracket karkuun lentäessä

Jos yksittäinen rosvo ajaa takaa paria, pystyy pari järjestämään rosvolle hankalan tilanteen jakautumalla eri suuntiin. Rosvo joutuu valitsemaan kumpaa konetta seuraa jolloin parin välimatkan kasvaessa riittävän suureksi vapaa kone pääsee kaartamaan rosvon kylkeen. Jos rosvo ei seuraa kumpaakaan konetta, kasvaa koneiden etäisyys rosvoon joka tapauksessa

jossain vaiheessa riittäväksi uudelleen hyökkäystä varten. Tekemällä Recommitin samanaikaisesti, rosvo joutuu käytännössä pihtiliikkeen väliin. Kun havaitsee ajavansa takaa erkanevaa paria, on parempi irtautua takaa-ajosta hyvissä ajoin (ks. lk. 10, takaa-ajo).



Kuva 11-5. Pihtiliike takaa-ajossa. Takaa-ajettaessa pari erkanee ja rosvon valitessa maalinsa, vapaa kone riittävästi loitonnuttuaan kääntyy rosvoa kohti ja mahdollisesti pääsee free entryyn sivusta.

12 - N vs N taktiikka

Keskinäinen tuki

Usean koneen BVR taistelussa tyypillisin pudotukseen johtava virhe on tutkatyöskentelyssä, jolloin kaikkia uhkia ei havaita ajoissa, tai ansaan joutumisessa, jolloin pakoikkunaa ei käytetä silloin kun siihen on mahdollisuus ja lopputuloksena joudutaan epätoivoiseen tilanteeseen josta ei ole pakotietä. Molemmat virhetyypit palautuvat lopulta SA:n ylläpitämiseen. Ensimmäisessä tapauksessa ongelma on havainnointi ja toisessa havaintojen tulkinta.

Tutkatyöskentelyssä tyypillisin virhe on pystysuuntaisen skannauksen unohtaminen jolloin selvästi eri korkeudella ja lähellä olevat rosvoit jäävät huomaamatta ja ne pääsevät free entryyn. On huomattava, että jos rosvo on aluksi riittävän lähellä ja riittävästi eri korkeudella, voi hänen havaitsemisensa tutkalla luotettavasti olla käytännössä mahdotonta koska pystysuunnassa skannaamiseen menee niin paljon aikaa, että rosvo ehtii ampumaetäisyydelle ennen hänen havaitsemistaan.

Tutkalla rosvojen etsimistä ja lähellä olevien rosvojen löytämistä auttaa huomattavasti jos siipimies pystyy radion kautta antamaan rosvon korkeuden (ja ehkä myös summittaisen sijainnin) tai ainakin varoittamaan tämän olemassaolosta jolloin tietää kääntää karkuun ajoissa jos rosvoa ei heti onnistu löytämään.

Ansaan joutumista ei pysty 100% välttämään yksin lennettäessä (omia koneita voi olla ympärillä mutta yhteistyötä heidän kesken ei ole) koska kaikkia sivustaan tai taakse pääseviä vihollisia ei pysty yhden hävittäjän havaintovälineillä havaitsemaan luotettavasti, etenkin jos samalla joudutaan ilmataistelemaan.

Monien koneiden ilmataistelussa radion, datalinkin, ym. välineiden kautta saatava off-board SA on ratkaisevan tärkeää ansaan joutumisen välttämiseksi ja järkevien taktisten päätösten tekemiseksi.

NvsN tilanteissa välitön tuki saadaan edelleen siipimieheltä kuten 2vsN tilanteissa mutta tämän lisäksi voidaan hyödyntää parien välistä keskinäistä tukea. Parien välinen keskinäinen tuki saadaan aikaan kun parit ovat sopivasti erillään siten, että parit vartioivat toistensa sivustoja. Parien välinen etäisyys on vähintään yhtä suuri kuin parin koneiden keskinäinen etäisyys mutta voi olla sitä jonkin verran suurempikin. Oleellista on, että väli on kuitenkin sen verran pieni jotta siitä ei pääse hyökkäämään jomman kumman parin kylkeen altistumatta toisen parin hyökkäykselle kyljestä. Väli on oltava kuitenkin mielellään niin leveä kuin mahdollista jotta voidaan hyödyntää pihtiliike geometriaa jos vastustaja yrittää keskittää koneitaan yhteen paikkaan tai vastustajalla on koneita vähemmän.

Kuten parin kesken, keskinäisen tuen ylläpitäminen parien välillä edellyttää niiden välisien etäisyyksien hallitsemista. Käytännössä tämä voidaan tehdä pysyttelemällä jotakuinkin samalla ennalta sovitulla maantieteellisellä alueella välttämällä liikehtimistä joka saa aikaan ajautumista sivuun omalta alueelta.

Pakoikkuna

Pakoikkunalla tarkoitetaan mahdollisuutta päästä karkuun käsillä olevasta tilanteesta. Kun pakoikkuna on auki, pääsee tilanteesta helposti vetäytymään. Pakoikkunan alkaessa menemään kiinni, tilanteesta poistuminen edellyttää aina vain täydellisempää irtautumisen suoritusta kunnes tullaan tilanteeseen jossa pakoikkuna menee kiinni ja tilanteesta ei pysty irtautumaan ilman taistelua.

1vs1 tilanteessa pakoikkunan avoinaisuus määräytyy koneiden keskinäisen aseman, energian ja aseistuksen perusteella. Esim. tykkitaistelussa pakoikkuna on aina vähintäänkin raollaan kunhan itsellä vain on suuri lentonopeus joka mahdollistaa rosvon tykin väistelyn jopa takaa ajossa control zonelta ammuttuja laukauksia vastaan. Toisaalta jos rosvolla on tutkahakuisia ohjuksia, ei kaartotaistelusta käytännössä pääse irtautumaan vaan rosvo on ensin ammuttava alas.

NvsN tilanteessa pakoikkunan hahmottaminen on monimutkaisempaa. Sen lisäksi että pakoikkuna pitää miettiä jokaista viholliskonetta kohti 1vs1 näkökulmasta, pitää huomioida myös rosvojen mahdolliset yhteistyökuviot jotka saattavat tehdä tilanteesta vaarallisemman kuin pelkkien konekohtaisten 1vs1 tilanteiden perusteella voisi päätellä.

Tyypillisiä vaaranpaikkoja ovat pihtiiliiketaktiikat (vaaka- tai korkeussuunnassa) sekä väljässä jonossa hyökkäävät viholliset. Myös kovalla vauhdilla korkealta hyökkäävät viholliset ovat hankalia koska niiltä karkaaminen on hankalaa heidän nopeusedun takia. Kaikissa näissä

tapauksissa on osattava hahmottaa MAR ja MOR etäisyydet sekä hahmotettava milloin haluttuun pakosuuntaan vielä pääsee karkaamaan. Yhdeltä viholliselta karkaaminen ei auta jos sen joutuu tekemään suuntaan joka vie vielä pahempaan ahdinkoon.

Erityistä huomiota on kiinnitettävä kaartotaisteluun joutumisen välttämiseen. Kaartotaistelu jumittaa siihen osalliset pidemmäksi ajaksi yhteen paikkaan ja pakottaa keskittämään SA:n lähinnä kaartotaisteluun osallisiin koneisiin jolloin ympärillä olevat koneet pääsevät nappaamaan helpon pudotuksen. Kaartotaistelua tulisi välttää aina kun ympäristössä on muita vihollisia jotka voivat tulla mukaan kaartotaisteluun. Merge ei aina johda kaartotaisteluun mutta jos vihollisen pudottaminen ennen mergeä ei ole varmaa, ei mergeä pitäisi lähteä edes tavoittelemaan (jos ROE ei sitä edellytä).

On hyvä myös miettiä, jos aikoo tehdä blow throughn mergestä, voiko sen tehdä turvalliseen suuntaan (esim. suoraan vihollisen tulosuuntaa kohti mergeämällä blow through pakottaa irtautumaan syvemmälle vihollisen tulosuuntaan mikä ei yleensä ole hyvä siirto NvsN tilanteessa). Mergen suuntaa voi yrittää kontrolloida kampeamalla sivustaan jolloin irtautumissuunta ei ole ainakaan suoraan kohti vihollisen tulosuuntaa vaan ainakin jonkin verran sivuun. Rosvon kaartosuunta vaikuttaa myös mahdollisuuteen muuttaa irtautumissuuntaa mergen jälkeen. Etäisyyden maksimoimiseksi rosvoon irtautumisen jälkeen tulisi rosvo pitää täsmälleen kello 6 suunnassa mergen jälkeen mikä saa aikaan loivan kaarron samaan kiertosuuntaan rosvon kanssa. Riippuen tilanteesta täydellinen irtautumisgeometria ei välttämättä ole tarpeen vaan osan etäisyydestä voi uhrata lentosuunnan muutokseksi mutta joka tapauksessa rosvon kaarron kiertosuunta vaikuttaa myös irtautumissuuntaan mergen jälkeen.

Jos itse päättää taistella, voi oman kaarron suunnalla mergen jälkeen vaikuttaa rosvon mahdollisuuksiin päästä karkuun.

Factor bandit range (FBR)

❑ *TARGET(ED) = Käsky/ilmoitus ryhmän valitsemisesta hyökkäyksen kohteeksi.*

FBR on minimi etäisyys vihollis ryhmien välillä jotta lähempiin ryhmiin saavutetaan F-Pole kun tämän etäisyyden ulkopuolella oleviin ryhmiin on vielä säilytetty FLO. Kaikki ryhmät tämän etäisyyden sisällä tulisi mahdollisuuksien mukaan targetoida. Brevity koodi kohteille tämän etäisyyden ulkopuolella on NO FACTOR. No factor rosvoihin voidaan joko hyökätä tai lähteä turvallisesti karkuun lähimpiin kohteisiin hyökkäyksen jälkeen.

FBR määrittyy omien sekä vihollisen aseiden kantaman ja omien kykyjen perusteella eli ohjusten suorituskyvyn sekä ampumatilanteen lisäksi sen mukaan kuinka nopeasti perässä tulevaan ryhmään pystytään hyökkäämään ensimmäiseen ryhmään hyökkäyksen jälkeen.

On syytä huomata, että vaikka FBR etäisyyden sisällä oleviin kohteisiin pyritään hyökkäämään näiden tuhoamiseksi tai pakottamiseksi puolustuskannalle, ei FBR etäisyyden äärirajoilla oleviin rosvoihin välttämättä pystytä vaikuttamaan tehokkaasti jotta oman hyökkäyksen jatkaminen ammunnan jälkeen olisi viisasta. Vastustaja voi tarkoituksella luoda tällaisen tilanteen ryhmittämällä koneensa sopivin välein syvyydessä jolloin Banzai taktiikka käytännössä aina johtaa jälkimmäisten vihollisryhmien pääsyyn free entryyn. Tällaista ryhmitystä vastaan ei käytännössä voi hyökätä muuten kuin pihtiliikkeellä tai vastaavalla omalla jono ryhmityksellä käyttäen Skate taktiikkaa.

Suuntaongelma etäisyysongelmaksi

Jos vihollinen yrittää pihtiliike taktiikkaa on vaarana joutua pihtiliikkeen väliin ansaan. Tätä voi yrittää estää kampeamalla tai beamaamalla toisen viholliskoneen suuntaan jolloin toinen kone lähestyy nopeammin kuin toinen ja rosvot eivät pääse ampumaetäisyydelle samanaikaisesti. Jos kampeamisen aloittaa riittävän kaukaa on jopa mahdollista saada toinen kone no factor etäisyydelle jolloin koneiden kimppuun voidaan hyökätä peräjälkeen. Tietenkin vihollinen voi reagoida tähän taktiikkaan pyrkien sovittamaan lähestymisnopeudet samaksi esim. geometriaa tai lentonopeuksia muuttamalla mutta siitä huolimatta kampeaminen vaikeuttaa vihollisen suunnitelman toteutusta.

Sama taktiikka toimii luonnollisesti myös vihollisryhmiä vastaan eli sivuttaisliikkeellä voidaan estää useamman vihollisryhmän pääseminen ampumaetäisyydelle samanaikaisesti.

Sort

Sort on parin/parven sisäinen maalinnusprosessi jossa jokaiselle target ryhmän koneelle määritetään ampuja. Tällä vältetään useamman ohjuksen ampuminen samaan maaliin ja varmistetaan, että jokaista vihollisen konetta ammutaan. Sujuva ja virheetön Sort on onnistuneen hyökkäyksen perusedellytys. Vaikka taktinen tilanne edellyttäisi molempia koneita ampumaan kaikkiin maaleihin, on sort silti hyödyllinen jotta ohjukset ammutaan maaleihin eri järjestyksessä (ohjukset maalissa eri hetkillä) jolloin väistäminen hankaloituu ja osumatodennäköisyys paranee.

Sort prosessi toteutetaan tyypillisesti etukäteen sovittujen sääntöjen mukaan. Oletus sort periaatteet ovat seuraavat kahden vihollisen tapauksessa:

- Vasen kone sorttaa vasemman vihollisen, oikea oikean (suunta sort / azimuth sort)
- Lead sorttaa lähemmän ja siipimies kauemman (etäisyys sort / range sort)
- Lead sorttaa korkeamman ja siipimies matalamman (korkeus sort / elevation sort)

Johtokone käskee sort periaatteen tai suoraan kuka sorttaa minkäkin kohteen. Kun siipimies on lukinnut maalinsa, hän ilmoittaa mikä kohde on sortattu.

Esim. kun maalina kaksi kohdetta rinnakkain *“AZIMUTH SORT”*, *“TWO SORTED RIGHT”*.

Esim. kun maalina kaksi konetta päällekkäin *“ELEVATION SORT”, “TWO SORTED LOW GUY”*.

Jos toinen kone näkee kaksi maalia ja toinen vain yhden, yhden koneen näkevä ilmoittaa lukitsemansa kohteen BRAA:n (aspektin sijaan mieluummin lentosuunta joka on selkeämpi) jonka perusteella kaksi konetta näkevä yrittää lukita toisen kohteen. Esim. *“ONE, SINGLE CONTACT”, “TWO, CONTACT, TWO SHIP”, “ONE, SORTED BRAA 046/15, 15K HEADING 245”, “TWO, SORTED BRAA 043/13, 14K”*.

Jos sort on syystä tai toisesta epäselvä, eli ei ole varmaa onko lukittuna oikea kone (esim. STT lukko tiiviiseen koneryhmään), ilmoitetaan *“LOCKED BRAA ...”* jolloin toinen kone yrittää sortata jäljelle jääneen kohteen.

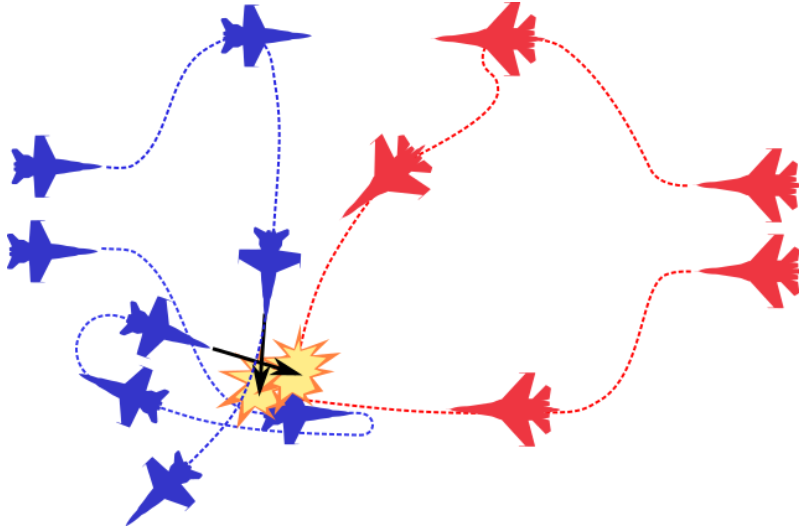
Ylivoimatilanteessa vain tarvittava määrä koneita ampuu vihollista ja muut koneet tukevat tarkkailemalla rosvojen ympäristöä TWS lukko rosvoon kuitenkin säilyttäen. Jos hyökkäävä kone ei jostain syystä pysty ampumaan, tukeva kone voi hyökkäävän koneen käskystä ampua rosvoa heti TWS lukon ansiosta. TWS lukko mahdollistaa ilmatilan sanitoinnin rosvon ympäristöstä ja mahdollisesti aikaisemmin havaitsemattomien rosvojen huomaamisen ja niihin hyökkäämisen.

Maalintaminen monimaali tilanteessa

Kun vastassa on ylivoimainen vihollinen, on mergeä ja piiritetyksi joutumista syytä välttää viimeiseen asti. Tästä syystä Banzai taktiikkaa on käytettävä hyvin varoen. Käytännössä aggressiivinen taktiikka on järkevää vain jos viholliset ovat hajautuneet syvyydessä ja heidän keskinäinen tukensa on olematonta jolloin ansaan joutuminen on vältettävissä.

Jos mahdollista tulisi aina pyrkiä hyökkäämään pienempään vihollisen ryhmään isommalla omalla ryhmällä. Eli esim. 2vs2 tilanteessa jossa toinen rosvo on no factor pari hyökkää yhdessä ensin toisen koneen kimppuun ja tämän alasampumisen jälkeen yhdessä jäljellä olevan koneen kimppuun jos vain mahdollista. Jos jälkimmäinen rosvo on factor, pitää toisen koneen kuitenkin sortata jälkimmäinen kone.

Erkaantumista eri vihollisiin hyökkäämällä tulisi välttää jos mahdollista. Eri maaleihin hyökätään vain kun on pakko vihollisen free entryn estämiseksi (molemmat rosvot samalla etäisyydellä). Mahdollisuuksien mukaan tilanne koitetaan muokata suuntaongelmasta etäisyysongelmaksi. Esim. rosvojen pihtiliikettä voidaan käyttää hyväksi heidän erottelemiseksi kahdeksi yksittäiseksi maaliksi. Keskinäinen tuki pyritään säilyttämään ja hyödyntämään viimeiseen asti.



Kuva 12 - 1. Esimerkki rosvojen pihtiliikkeen hyväksi käyttämisestä 2vs2 tilanteen muuttamiseksi kahdeksi 2vs1 tilanteeksi. Pohjoisempi hävittäjä irtautuu ensimmäisen ammunnan jälkeen etelään ja hyökkää eteläisemmän rosvon kimppuun kyljestä eteläisen hävittäjän vetäessä rosvoa perässään. Tämän jälkeen eteläinen hävittäjä kääntää ympäri ja hyökkää pohjoisempaa hävittäjää seuraavan rosvon kimppuun kyljestä.

Grinder

Grinder on puolustuksellinen taktiikka jossa parin/parven koneet lentävät race-track rinkiä ampuen vuorotellen hyökkääviä rosvoja Skate taktiikalla ja irtautuvat sen jälkeen ringin perälle josta jälleen omalla vuorollaan tekevät uuden hyökkäyksen. Grinder mahdollistaa tehokkaan keskinäisen tuen ja hyvän SA:n mistä syystä suora hyökkäys Grinderia vastaan on vaikeaa. Grinder edellyttää asejärjestelmää joilla voidaan ampuu useampaa maalia samanaikaisesti jotta myös vihollisen usean koneen yhtäaikainen hyökkäys voidaan torjua ja hajottaa. Grinderin pääasiallinen käyttötarkoitus on ilmatilan hallinta, eli vihollisen liikkeen estäminen puolustettavalle alueelle tai sen läpi.

Grinder on puolustuksellinen tai alivoimataktiikka koska se ei luo tilannetta jossa vihollinen on pakotettu perääntymään ja ennustettavuutensa takia Grinderia lentävät koneet eivät pysty yllättämään vihollistaan muuten kuin vihollisen havainnointivirheiden ansiosta. Ylivoimaista vihollistakin vastaan Grinder toimii vain jos vihollinen ei hyökkää leveällä rintamalla. Leveän rintaman hyökkäys on kuitenkin vaikea toteuttaa siten, että rivi pysyy suorana ja jos tämä ei onnistu muuttu hyökkäys useammaksi peräkkäiseksi hyökkäykseksi jolloin Grinder edelleen toimii. Jos vihollisen hyökkäyksen leveys on syystä tai toisesta rajoitettu, voidaan Grinder taktiikkaa käyttää ylivoimaistakin vihollista vastaan menestyksellisesti muodostamalla useampi vierekkäinen Grinder jotka suojaavat toistensa sivustoja.

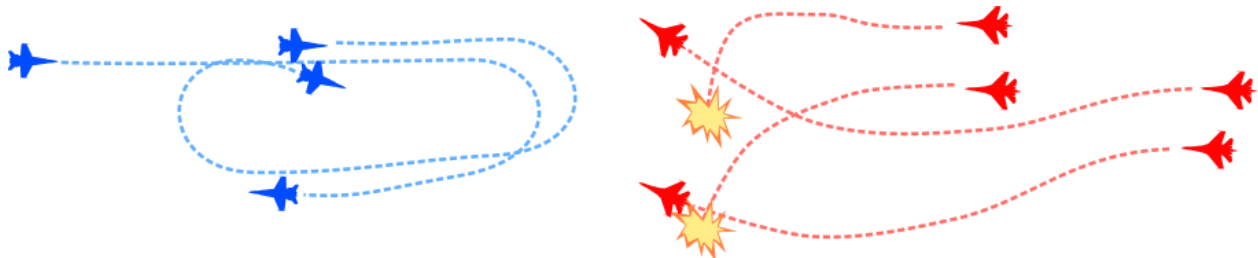
Grinder aloitetaan yleensä Pump liikkeellä jossa muodon muut koneet kääntävät hetkellisesti ympäri kasvattaakseen välinsä ensimmäiseen koneeseen sopivaksi. Tavoitteena on saada

koneet jonoon 5-10 NM välein. Pidempi väli antaa enemmän aikaa ja tilaa ilmatilan sanitoimiseen mutta jättää jälkimmäiset koneet no-factor etäisyydelle edellä olevan koneen suhteen. Jos välit pidetään sen verran lyhyinä, että seuraava hävittäjä pääsee ampumaan vielä ohjusväistää tekevää rosvoa, voi luotettava ilmatilan sanitoiminen muuttua mahdottomaksi ennen ampumaetäisyydelle päätymistä.

Käännettäessä kuumaksi jonon perällä ilmoitetaan siitä muille radiolla (esim. *"TWO, IN"*). Ennen ampumaetäisyydelle pääsemistä ilmatilaa sanitoidaan mahdollisimman tarkkaan ja ilmoitetaan radiolla kontakteista muille joita he eivät ole mahdollisesti havainneet. Hävittäjä maalittaa kaikki viholliset joihin voidaan ampua tehokas laukaus tai joita on ammuttava onnistuneen irtautumisen varmistamiseksi. Irtautuessa ilmoitetaan siitä radiossa (esim. *"TWO, OUT"*) ja käytetään aluksi täyttä tehoa kunnes joku radiolla ilmoittaa ettei perässä ole seuraajia tai grinderin seuraava kone on ohitettu. Tämän jälkeen kerätään korkeutta ja jos mahdollista tehoasetusta voidaan laskea sekä etsitään jonon viimeinen kone. Kaarto kuumaksi tehdään siten, että seuraavaan koneeseen on IN kaarron jälkeen käsketty etäisyys (5-10 NM). Käytännössä viimeisen koneen ohituksen jälkeen lennetään vielä hetki suoraan ennen kaarron aloitusta.

Jos vihollinen hyökkää aggressiivisesti Banzai taktiikalla, on mahdollista, että jokainen kone vuorollaan kääntää kylmäksi sitä mukaa kun edellinen kone ohittaa perästä tulevat koneet irtautuessaan. Tämä on odotettavaa etenkin jos Grinderissa on vain kaksi tai kolme konetta ja välit ovat suuret. Tällä tavalla hyökkäävä vihollinen on kuitenkin altis joutumaan ansaan jos vetäytyvät koneet päättävät tehdä recommitin samalla kun rosvo vaihtaa hyökkäyksen kuumaan hävittäjään. Tällöin on erittäin hyödyllistä, että kuumat ja kylmät hävittäjät ovat reilusti eri korkeuksilla jolloin rosvo ei pysty tutkalla jatkuvasti tarkkailemaan molempien koneryhmien liikkeitä. Vaikka tällainen liike sotkee Grinderin toteutusta, on se pieni ongelma koska Grinder oli menossa sekaisin joka tapauksessa mutta tällä liikkeellä rosvon virhe saadaan kuitattua.

Grinder on altis pihtiliikettä vastaan jolloin viholliset eivät hyökkää Grinderin akselin suunnasta (Race-track ringin suunta) jolloin hävittäjä joko altistaa itsensä hyökkäykselle kyljestä tai kampeaa sivuun Grinderin akselista ja rikkoo keskinäisen tuen. Jos hävittäjät pitäytyvät Grinderin akselilla, on seurauksena pakkautuminen sekalaiseen kasaan vihollisen pihtiliikkeen "polttopisteeseen". Leveää vihollisen rintamaa vastaan on omaa rintamaa myös levitettävä esim. jakamalla 4 koneen Grinder kahdeksi rinnakkaiseksi 2 koneen grinderiksi.



Kuva 12-2. Esimerkki Grinder taktiikasta 2vs4 tilanteessa.

CAP (Combat Air Patrol, ilmapuolustusrinki)

- CAP käyttötilanteet ja terminologiaa
 - BARCAP
 - TARCAP
 - HVAACAP
 - RESCAP
 - alueen puolustus
 - kohteen puolustus
 - counteropposing vs counterrotating
 - beam CAP
- CAP perus idea
 - ilmavalvonta
 - aina vähintään yksi koneista kuumana
 - ilmakuvaa taistelunjohtajalta
 - polttoaineen säästäminen
 - lentonopeus ja korkeus polttoaineen kulutuksen minimoimiseksi
 - reagointikyvyn maksimoiminen
 - ringin sijainti tehtävän kannalta järkevässä paikassa
 - vastualueella pysyminen, ei jahdata rosvoja liian pitkälle
 - polttoaineen ja aseiden haaskaamisen välttäminen toiminta-ajan maksimoimiseksi
 - ilmatankkaus ennen kuin torjuntaan tarvittava minimipolttoainemäärä saavutettu
 - tarvittaessa parin koneet tankkaavat yksitellen toisen päivystäessä ringissä
- CAP toiminta (ringin parametrit (reittipisteet, nopeus, korkeus, jne.), ringiin hakeutuminen, ringissä lentäminen, commit päätös (kuka tekee, millä perusteilla))
- commit criteria ja commit tekniikka (keskinäisen tuen muodostaminen)
- reset criteria ja reset tekniikka
- kommunikointi parven sisällä ja taistelunjohtajan kanssa

Operaatiot

- Operaatio on voiman taktista käyttämistä strategisten tavoitteiden saavuttamiseksi
 - Sodankäynnin tasot: taktinen, operationaalinen ja strateginen taso
- Käytännössä siis operaatiotaito ilmaisee kuinka parvet/lentueet operoivat jotta ne voivat toimia edullisessa taktisessa tilanteessa, hyödyntää omia vahvuuksiaan ja käyttää hyväksi vihollisen heikkouksia ja parvien taktiset vaikutukset tukevat toisiaan ja muodostavat kokonaisuuden joka on yksittäisten parvien vaikutuksien summaa suurempi.
- Käytännön ongelmia operaatioissa:

- Fog of Warin vaikutuksen arviointi
- Kitkan vaikutuksen arviointi
- Numeerisen ylivoiman hyödyntäminen / paikallisen ylivoiman hyödyntäminen
 - Paikallisen ylivoiman hankkiminen
 - Vihollisen hajaannuksen edistäminen
 - Oman pakan kasassa pitäminen
- Resurssien käytön ajoittaminen keskinäisen tuen hyödyntämiseksi (esim. Sweep oikeaan aikaan kohteella jotta Strike pystyy hyödyntämään syntyneen aukon puolustuksessa)
 - Lentoaikojen ja toiminta-aikojen arviointi (ja optimointi)
 - Tankkaus ja aseistusaikojen arviointi (operaatioalueelta tukikohtaan ja takaisin)
 - Komentoviiveen arviointi (käskyn antaminen ja toteutuksen aloittaminen vie aikaa)
- Resurssien käytön ajoittaminen yllättäen (tai ennalta arvattavan mutta ennalta määräämättömällä hetkellä) syntyneiden tilaisuuksien hyödyntämiseksi.
 - Polttoaineen säästäminen
 - Aseiden säästäminen
 - Lentokoneiden säästäminen

Suunnitelma BVR:n opiskelemiseksi ja oppaan tekemiseksi: Tietoa BVR taktiikoista ei löydy kokonaisuuksina vaan ainoastaan pienissä palasissa muiden aiheiden yhteydessä (esim. brevity oppaissa). Tiedon hankkiminen siis edellyttää kaikkien näiden pienten palasten keräämistä yhteen ja kokonaisuuden muodostamista ja täydentämistä näiden palasten pohjalta. Kerätään tähän listaa erilaisista BVR taktiikoihin liittyvistä termeistä ja niiden merkityksistä joiden pohjalta palapeliä voidaan alkaa kasaamaan.

Hävittäjän tehtävä

Aerodynamiikkaa

- nouseminen
- polttoaineen säästö (cruise/endurance)
- Huippunopeus
- liittäminen

Ohjustekniikkaa

Tutkatekniikkaa

Yhteistoiminta taistelunjohtajan kanssa

Maalin etsintä

- AOR (area of responsibility)
- sanitize

Hakeutuminen

- meld
- RESAN (re-sanitize)
- stern conversion

Tunnistaminen

Ohjushyökkäys

- A-Pole
- E-Pole
- F-pole
- DOR (desired out range)/MOR (minimum out range)
- DR (decision range)
- first launch opportunity (FLO)
- LR (lock range)
- minimum abort range (MAR)/E-Pole
- Pk
- hyökkäysprosessi (ARH ja SARH)

Ohjuksen väistäminen

- Ohjuksen osumista vaikeuttavat tekijät
- Split-S
- notch

Hyökkäystekniikka ja 1vs1 Taktiikka

- Pump
- merge pisteen kontrollointi

-syynä esim. SAMit, keskinäinen tuki (omien koneiden sijainti), maasto, tila takaa-ajoon

-hyökkäyshetken kontrollointi

-syynä esim. ajoitus siipimiehen hyökkäyksen kanssa

-Launch&Leave

-Launch&Defend

-merge criteria

-aggression merkitys, "firing for effect"

-ARH ja SARH hyökkäystekniikan erot

2vs1 Taktiikka

-keskinäinen tuki

-Drag'n Bag

-Bracket

NvsN Taktiikka

-keskinäinen tuki

-FBR (factor bandit range)/factor range

-sort

-secondary locker

-primary locker

-CAP

-Grinder

-vertical bracket

-merge criteria

-ARH ja SARH taktiikan erot

-ristiin sorttaus SARH ohjuksilla

Tehtävätyypit

- Fighter Sweep

- CAP

-

BVR SA

-RWR

-sokeat pisteet

-etäisyyden arviointi

-tutka

-sokeat "pisteet"

-notch

-jammerit

-vertical bracket

-TWS moodi

-etsintäkuvion koon valinta

-PRF moodin valinta

-silmat

-maalin löytäminen ja seuraaminen kaukaa visuaalisesti

Hävittäjän tehtävätyypit ja periaatteet tehtävien toteuttamiseksi