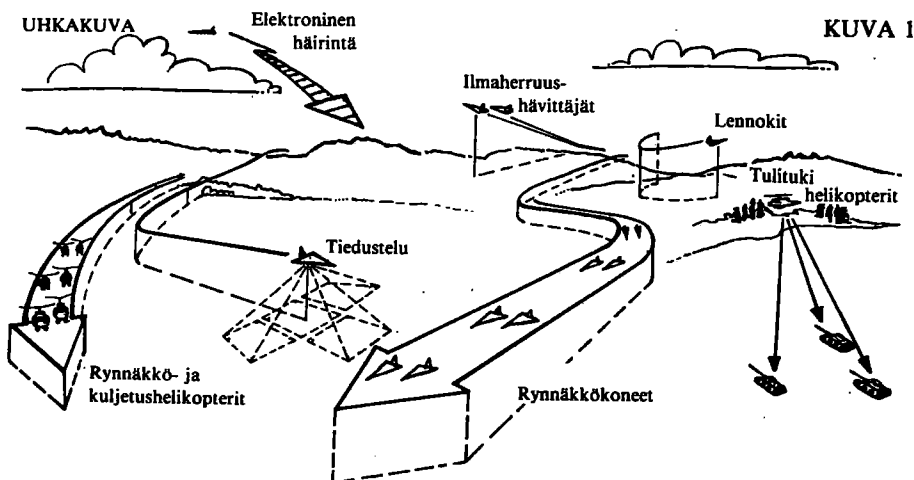


LENTOTIEDUSTELUN JA ILMAVOIMIEN TULIVAIKUTUKSEN VIIMEAIKAINEN KEHITYS

Yleisesikuntaeverstilutnantti Matti Kausto

JOHDANTO

Sodankäynnin liikkuvuuden monipuolistuminen ja nopeutuminen taistelualueella sekä vaatimus ympärivuorokautisesta toiminnasta ovat asettaneet viime vuosina yhä kasvavia paineita lentotiedustelulle ja ilmavoimien rynnäkkötoiminnalle. Ilmavoimissa tapahtuneen voimakkaan kehityksen on tehnyt mahdolliseksi ennen kaikkea elektroniikan kehitystä seurannut tietokonetekniikan nopea kasvu. Erityisesti lentokoneasejärjestelmien kehityksessä on elektronisten apuvälineiden käyttö lisääntynyt ja tuonut käyttöön kokonaan uusia asejärjestelmiä. Samalla asejärjestelmien tarkkuus on parantunut oleellisesti ja niiden suunnittelussa on pyritty käytön helppouteen ja käyttäjän selviytymistodennäköisyyden lisäämiseen taisteluolosuhteissa. Oleellista järjestelmien käyttöön otossa on ollut kustannus — tehokkuus — hyötysuhteen parantuminen. Sähkömagneettisen spektrin laajentunut käyttö sekä tiedusteluvälineissä että asejärjestelmissä on luomassa uuden integroidun taistelujärjestelmän, joka pyrkii täyttämään taistelukentän asettamat nopeusvaatimukset ja tekemään toiminnan mahdolliseksi lähes kaikissa sääolosuhteissa kaikkina vuorokauden aikoina. Lentotiedustelu ja ilmavoimien tulivaikutus ovat oleellinen osa siitä toiminnasta, jota vastustaja kohdistaa taistelujoukkoihin. Kuvan 1 mukaisen uhkakuvan toimintojen sekä taktillinen että



teknillinen tunteminen on tulevaisuudessa ehdoton edellytys, jotta puolustaja välttyisi turhilta tappioilta.

Seuraavassa tarkastelussa käsitellään yksinomaan taktillista lentotiedustelua (pl elektroninen tiedustelu) sekä siihen liittyvää ilmavoimien asejärjestelmän käyttöä ja asevaikutusta.

On kuitenkin syytä todeta, että tiedusteluvälineiden, lentokoneasejärjestelmien sekä tiedonsiirtovälineiden edelleen kehittyessä on edellä mainittujen toimintojen rajaaminen taktillisesta strategiseen yhä vaikeampaa. Globaalisten tiedonsiirto- ja navigointijärjestelmien avulla voi taktillinen johtaja tulevaisuudessa käyttää hyväkseen nyt ainoastaan strategiseen käyttöön suunniteltuja järjestelmiä.

Tutkimuksessa tarkastellaan lentotiedustelua perinteisen jaon: lentotähystyksen, ilmakuvaamisen, infrapunakuvaamisen ja lentotutkauksen pohjalta. Tulivaikutuksen osalta tarkastellaan kehitystä tykkien, rakettien, pommien ja ohjusten sekä asejärjestelmien käyttöön liittyvän, teknillisen ja taktillisen kehityksen perusteella. Rajoituttaessa tarkastelemaan taktillista toimintaa voidaan lentotiedustelun ja rynnäköinnin todeta ulottuvan samoille alueille, sillä onhan taktillista tiedustelua perinteisesti käytetty ensisijaisesti maalien tiedusteluun ennen rynnäköintiä ja toisaalta asevaikutuksen tiedusteluun rynnäköinnin jälkeen. Kuvan 2 perusteella voidaan todeta, että taktillinen lentotiedustelu ja -rynnäköinti ulottuvat etulinjasta noin 500 km:n etäisyydelle (yksittäisten kohteiden tiedustelun osalta jopa 1 500 km:n etäisyydelle). Taistelualan tiedustelu ja välitön tulituki kohdistuvat taisteleviin joukkoihin ja niitä tukeviin yksiköihin. Tällä alueella ei yleensä käytetä tiedusteluun varsinaisia tiedustelukoneita alueella olevan voimakkaan ilmatorjunnan vuoksi, vaan tiedustelu suoritetaan pääasiassa lähitiedusteluna, tähystyksenä helikoptereista ja lentokoneista sekä lennokkien avulla. Tukialueen tiedusteluun tarkoitetuilta tiedustelukoneilta edellytetään monipuolisen tiedusteluvälineiden lisäksi hyvää tunkeutumiskykyä.

Välittömään tulitukeen voidaan käyttää osittain jo vanhentunutta lentokalustoa, erikoisesti lähitulikoneiksi suunniteltuja lentokoneita sekä taisteluhelikoptereita. Eristämistehtävät vaativat käytettävältä lentokalustolta pitkää toimintasädettä, hyvää navigointivarustusta ja taistelukestävyyttä sekä edellyttävät suurta asekuormaa /26, s. 461/.

Tutkimuksessa esitetyt arviot perustuvat yksinomaan länsimaisiin kirjallisuusläheteisiin. Nopean ja laajalla rintamalla tapahtuneen kaupallisen kehityksen myötä on kuitenkin vaikeaa saada tarkkoja ja todellisia tietoja sotilaskäyttöön otetuista laiteratkaisuista ja aikakauslehdistötiedot antavat useimmiten liian optimistisen kuvan sovelutusten käyttökelvopuudesta taisteluolosuhteissa.

1 LENTOTIEDUSTELU

1.1 Yleistä

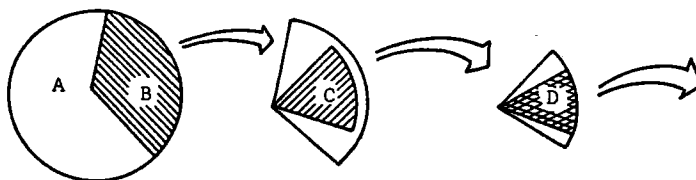
Lentotiedustelu, kuten muukin tiedustelu, pyrkii vastaamaan kysymyksiin: mitä, missä, milloin sekä selvittämään lisäksi mahdollisuuksien mukaan yksityiskohtaisem-

TAKTILLISEN LENTOTIEDUSTELUN JA -RYNNÄKÖINNIN KOHTEET JA
ULOTTUVUUS TAISTELUALUEELLA

KUVA 2

| KOHTEITA | ULOTTUVUUS JA TOIMINTA | ESIMERKKEJÄ KÄYTETTÄVÄSTÄ KALUSTOSTA | |
|---------------|---|--------------------------------------|-----------------------|
| | | LENTOTIEDUSTELU | RYNNÄKÖINTI |
| Teollisuus | Eristäminen | SR-71 | F-111 |
| Liikenne | (Interdiction) | Mig-25 | Su-17/19 |
| Ilmapuolustus | | Jak-25R | Mig-23/27 |
| Varikot | 50 - 500 km | | Jak-25/28 |
| | Tukialueen lentotiedustelu (voi ulottua 1500 km:iin) | | |
| Ylikulku | | | |
| Reservi | Taistelualueen eristäminen | RF-4 B,-C | |
| Huolto | (Battlefield Interdiction) | Mirage III RS | A-7A, F-4, Mig-21 |
| Esikunnat | | Mig-21 | Tornado, Su-7 |
| ----- | | | |
| Tykistö | | Yleensä joukko- | |
| Komentopaikat | Taistelualueen tiedustelu | hekot, lekot ja lennokit | A-10, Alpha Jet |
| Joukot | 0 - 50 km | | AH-64, Su-7, Mi-24 |
| | Välitön tulituki (Close Air Support) | | |

pia tietoja kohteesta. Kuinka paljon informaatiota saadaan kohteesta riippuu ensisijaisesti tiedusteluvälineestä, olosuhteista sekä tietojen tulkinnasta. Tavoitteena on luonnollisesti maksimoida tiedon määrää ja laatua. Oheinen piirros kuvaa sitä miten käyttäjälle tuleva informaatio vähenee tiedustelun kuluessa. Piirros on periaatteellinen, eikä liity erityisesti mihinkään tiedustelujärjestelmään.



Ympyrä A kuvaa kaikkea sitä tietoa, jota kohde sisältää. Tiedusteluvälineestä riippuen kohteesta saadaan laiteteknisistä seikoista johtuen sektorin B verran tietoa. Ul-

koiset olosuhteet ja tiedusteluvälineen käyttäjän toimenpiteet aiheuttavat kuitenkin sen, että tiedusteluvälineen koko kapasiteettia ei pystytä hyödyntämään ja näin lopullinen kuva kohteesta sisältää informaatiota vain sektorin C verran. Tämä tietomäärä annetaan tulkitsijan käyttöön, joka pystyy kuvasta tulkitsemaan sektorin D verran tietoja, jotka lähetetään tiedustelupyynnön esittäjälle.

Tiedustelun kannalta on muodostunut oleelliseksi pyrkiä maksimoimaan käyttöön saatavaa tietomäärää ja toisaalta nopeuttamaan tiedusteluun kuluva-aikaa. Tietomäärää on viime vuosina tapahtuneen kehityksen aikana pyritty lisäämään ennen kaikkea siten, että sähkömagneettisen spektrin tiedusteluun käytettävää aluetta on laajennettu. Lisäksi on tiedusteluvälineitä ryhdytty käyttämään siten, että samalla kertaa voidaan käyttää eri aaltoalueilla toimivia laitteita ja näin saadaan kasvatetuksi kohteesta saatavan informaation määrää. Tiedonsiirtovälineiden nopea kehitys on puolestaan luonut edellytykset nyt jo lähes reaaliaikaiselle tiedustelulle, joskin siirtekniikka omalta osaltaan vähentää informaatiolle asetettuja tarkkuusvaatimuksia.

Oleellisen osan nykyaikaisen tiedustelun ymmärtämisessä merkitsee sähkömagneettisen spektrin tunteminen. Kuvassa 3 on esitetty sähkömagneettisesta spektristä se osa-alue, jolla useimmat lentotiedusteluun ja lentokoneasejärjestelmiin liittyvät laitteistot toimivat. Tiedustelun alalla on viimeisen vuosikymmenen aikana ollut pyrkimys kehittää erityisesti infrapuna-aaltoalueen tiedustelujärjestelmiä, mutta myös mikroaaltoalueen hyväksikäytössä lentokoneesta suoritettavan tutkimuksen kehittämisessä on saavutettu hyviä tuloksia.

Infrapuna-aaltoalueelle sijoittuvat myös useimmat laserit, joiden merkitys lentokoneasejärjestelmien kehittämisessä on ollut merkittävää. Kaiken kaikkiaan kehityksen painopiste on sijoittunut sähkömagneettisen spektrin optiselle alueelle /4, s. 1/.

1.2. Lentotähystys

1.2.1 Yleistä

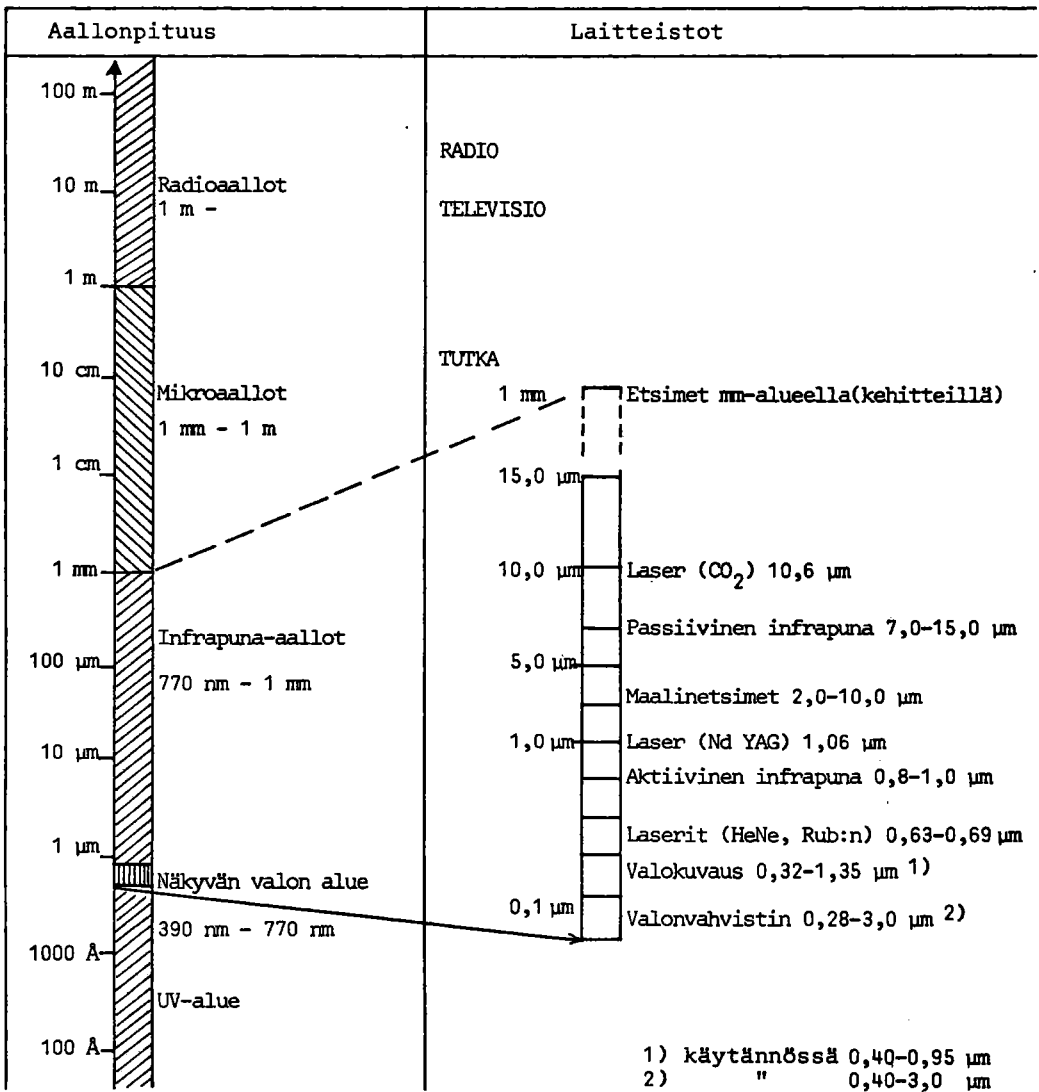
Lentotähystyksen alalla ei laajamittaista kehitystä ole tapahtunut viime vuosien aikana. Tämä ei kuitenkaan merkitse sitä, että lentotähystyksen osuus lentotiedustelussa olisi vähäinen. Tätä puoltaa myös esitetty väite, että taktillisessa lentotiedustelussa näkö-tiedustelu tulisi yhä olemaan päämenetelmä /5, s. 71/. Tiedustelusuoritusten määrään nähden näin tulee varmaankin olemaan, mutta sidonnaisuus valoisuus- ja näkyvyysolosuhteisiin rajoittaa lentotähystyksen suorittamista ratkaisevasti.

Näkö-tiedustelun etuina voidaan mainita /6, s. 392/:

- tiedustelutulosten nopea käyttöön saanti (yleensä)
 - tiedustelija voi keskittyä oleellisten asioiden selvittämiseen
 - riippumattomuus ilmaisimien teknisistä ominaisuuksista olosuhteiden vaihtuessa lennon aikana ja
 - tiedustelun häirintä on vaikeaa.
- haitat ovat kuitenkin huomattavia:
- silmä pystyy havainnon tekoon vain varsin rajoitetulla aaltoalueella

Tiedustelu- ja asejärjestelmälaitteiden sijoittuminen sähkömagneettisen spektrin alueelle/1. liite 8/2. s 17/4. s.1/

Kuva 3



- lennettäessä matalalla havainnontekoon jää vähän aikaa suurien kulmanopeuksien vuoksi
- naamiointi ja kasvillisuus peittää helposti kohteen
- sääolosuhteet vaikuttavat ratkaisevasti tiedustelun onnistumiseen
- tiedustelijan huomio kiinnittyy usein epäoleellisiin, helposti havaittaviin kohteisiin ja
- tietoja ei voida käyttää myöhemmään ja tarkempaan analysointiin.

1.2.2 Käytettävät välineet ja tekniikka

Lentotähystyksessä käytetään samoja apuvälineitä kuin maatähystyksessä, nimittäin tavanomaisia kiikareita, infrapunakiikareita, valonvahvistuslaitteita ja käsikameroita.

Suurten kulmanopeusten vuoksi lähellä olevien kohteiden havaitsemiseen laitteita ei voida käyttää nopeista lentokoneista ja kun varsinkin kehityksen alkuaikoina laitteet olivat raskaita ja hankalia käsitellä, oli niiden käyttö lentokoneissa lähes mahdotonta. Suurilla etäisyyksillä valvontaan käytettäessä hitaista valvontalentokoneista ja helikoptereista on niistä sen sijaan todettu olevan hyötyä ja laitteiden koon pienentyessä tulee myös niiden käyttö helpommaksi.

Ihmissilmän aallonpituusalue on 397—723 nm ja värisävyjä silmä pystyy erottamaan noin 160 /7, s. 18—19/. Silmän kyky erottaa ja detektoida kohde perustuu kohteen kontrastiin taustaan nähden sekä kohteen kokoon ja etäisyyteen, eli näkökulmaan, jossa kohde havaitaan. Valoisuus vaikuttaa näkökykyyn, mutta sen vaikutus voidaan eliminoida pimeäkatselulaitteilla /4, s. 74/.

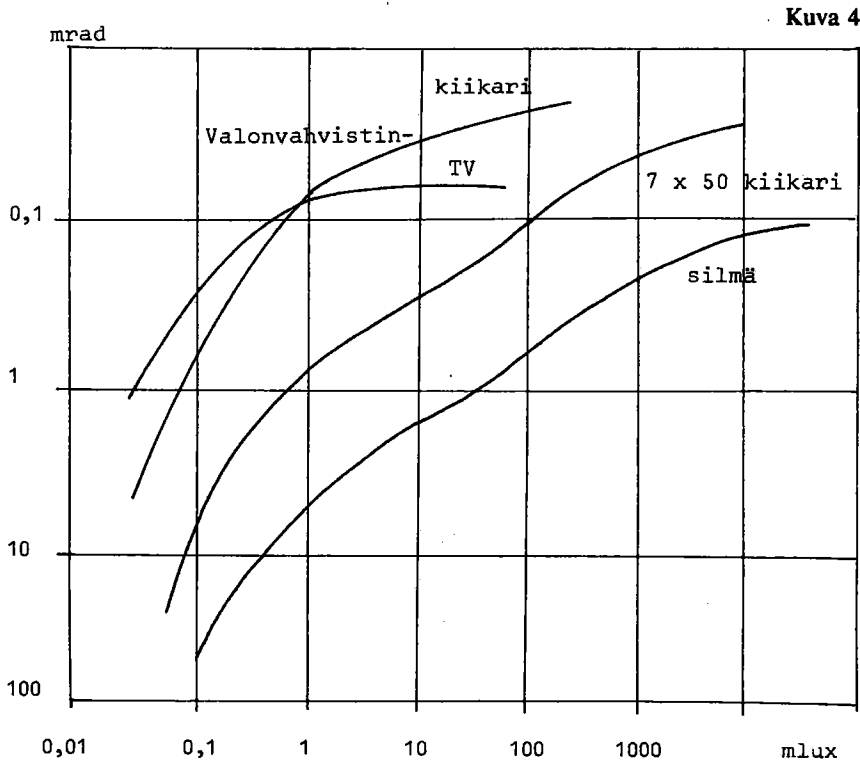
Valvontaan käytettävä aktiivinen infrapunakiikari muuttaa lähi-infrapuna-alueen (0,7—3 μm) säteilyn näkyväksi valoksi. Laite tarvitsee valolähteen, joka on esimerkiksi näkyvän valon etusuodattimella varustettu tavallinen valonheitin /4, s. 8/. Aktiivisella infrapunakiikarilla on kuitenkin rajoitettu toimintasäde ja laitteet paljastavat olemassaolonsa säteilyllään paljon etäämmältä kuin ne itse voivat havainnoida /8, Makkonen s. 9/. Sen tähden aktiiviset infrapunalaitteet korvataan nykyään passiivisella pimeäapuvälineillä, valonvahvistinkiikareilla ja hämärätelevideoilla, jotka pystyvät käyttämään yön pimeimpinä hetkinäkin olemassa olevaa vähäistä valoa /4, s. 8/.

Ihmissilmä ja valonvahvistinlaitteet havainnoivat kohteesta heijastuvaa säteilyä. Tällöin havaittavuuteen vaikuttavat ratkaisevasti kohteen koko ja ilmakehän vaimennus. Ratkaisevaa vertailtaessa näkyvyysetäisyyttä silmän ja valonvahvistuslaitteen välillä on kohteen koko. Suuret kohteet havaitaan valonvahvistinlaitteiden avulla kauempaa, mutta pienet sen sijaan molemmilla yhtä kaukaa /4, s. 78—79, 83—84/.

Kuvassa 4 on esitetty ihmissilmän, kiikarin sekä valoa vahvistavan kiikarin ja television erottelukyky valaistuksen voimakkuuden funktiona. Havaitaan, että hämärässä (valaistus ~ 1 lux) valonvahvistuslaitteiden erottelukyky on samaa luokkaa kiikarin kanssa ja tätä pienemmillä valaistusvoimakkuuksilla valonvahvistinlaitteiden erottelukyky on selvästi parempi kuin kiikarilla. Noin neljänneskuun paisteessa (~ 1 mlux) va-

lonvahvistinkiikarin ja hämärätelevision erottelukyky on sama, pienemmillä valaistusvoimakkuuksilla hämäräteleviisillä se on parempi kuin valonvahvistinkiikarilla ja suuremmilla valaistusvoimakkuuksilla päin vastoin /7, s. 60/.

Näkyvän valon alueella toimivien laitteiden erottelukyky valaistusvoimakkuuden funktiona /4, s. 25/.



Infrapunadetektoreiden eduksi voidaan todeta, että ne toimivat sumussa, sateessa ja savussa paremmin kuin valonvahvistinlaitteet. Toinen niiden etu on täydellinen riipumattomuus yövalaistuksen voimakkuudesta. Toisaalta infrapuna-alueen laitteiden tilaerottelukyky on huonompi kuin valonvahvistinlaitteiden /7, s. 60—61/.

Esimerkkinä kevytkoneiden ja helikopteriohjaajien käyttämistä valonvahvistinkiikareista voidaan mainita amerikkalaiset AN/PVS-5 -kiikarit, joka ovat osoittautuneet käyttökelpoisiksi /31, s. 391/. Edellisistä kiikareista on edelleen kehitteillä uudempi järjestelmä, joka tunnetaan lyhenteestä ANVIS (Aviators Night Vision Imaging Sys-

tem). Järjestelmä tulee parantamaan huomattavasti erottelukykä ja takaa helikopteriohjaajalle turvalliset toimintamahdollisuudet 60 m:n korkeuteen saakka ja laitteen käytöstä on todettu olevan hyötyä aina 500 m:n korkeuteen asti /60, s. 51/.

Infrapunatekniikan sovellutuksena lentotähystykseen ja -valvontaan käytetään varsin yleisesti ns FLIR-laitteita (FLIR = Forward Looking Infra Red). Tällaisen laitteen käytöstä merialueen valvontaan kevytkoneella (OV-10 D) ovat amerikkalaiset saaneet erittäin myönteisiä tuloksia /30, s. 47/. FLIR-laitteiston tarkempi esittely tässä kirjoituksessa suoritetaan infrapunakuvausten yhteydessä.

1.2.3. Johtopäätöksiä

Johtopäätöksinä lentotähystyksestä voitaneen todeta:

- lentotähystystä tultaneen käyttämään ensisijaisesti merialueiden, suurten aukeiden ja valtatien valvontaan
- kulmanopeuksien pienentämiseksi tullaan valvontaan käyttämään ensisijaisesti hädästä kevytkonekalustoa ja helikoptereita
- edellä mainittujen apuvälineiden käyttö yleisty ja lisää tähystyksen ulottuvuutta ja varmentaa sitä erilaisissa sää- ja valaistusolosuhteissa
- tähystystulosten taltiointi- ja välitysmenetelmien kehittämisen myötä korostuu lentotähystyksen käyttökelpoisuus entisestään valvonnassa alueilla, joilla ei ole väli-töntä vaaraa vastustajan aseellisista vastatoimenpiteistä.

1.3. I l m a k u v a u s

1.3.1. Yleistä

Ilmakuvaustiedustelun arvo on tunnustettu aina siitä päivästä lähtien, jolloin Tournachon otti ensimmäiset ilmakuvat ilmapallosta Bievren yläpuolella Ranskassa vuonna 1858 ja huolimatta toisen maailmansodan jälkeisen ajan valtavasta kehityksestä ja kilpailusta lentotiedustelun alalla, on ilmakuvaus hyvissä sääolosuhteissa yhä kustannuksiltaan edullisin, tehokas ja erottelukyvyltään erinomainen kuvausjärjestelmä /9, s. 699/.

Ilmakuvausten etuina voidaan pitää muun muassa seuraavia seikkoja:

- erittäin suuri erottelukyky
 - hyvä kontrasti kuvattaessa kohtuullisilta lentokorkeuksilta
 - mahdollisuus ottaa värikuvia
 - mahdollisuus käyttää hyväksi myös UV- ja infrapuna-aaltoaluetta, joka helpottaa muun muassa naamioinnin paljastamisessa
 - mahdollisuus kolmiulotteiseen kuvaukseen
 - kuvauslaitteistot ja filmimateriaalit ovat verrattain halpoja ja käyttövarmoja.
- Haittoina voidaan mainita:
- kuvauksen sitoutuneisuus valoon, jolloin kuvaus yleensä tulee suorittaa päiväsa-

kaan. Muussa tapauksessa joudutaan käyttämään apuvalaistusta ja tulokset heikenevät

- menetelmä vaatii myös tietyn näkyvyyden. Utuinen, autereinen, sateinen ja pilvinen sää vaikeuttaa kuvausta tai tekee sen mahdottomaksi
- filmien kehitys ja tulosten saanti tarvitsijalle vie yhä paljon aikaa, seikka mikä kenties kaikkein eniten on vaikuttanut muiden kuvausalojen voimakkaaseen kehitykseen /2, s. 28/.

1.3.2. Käytettävät välineet ja kuvaustekniikka

Tiedustelukoneiden kameravarustus on kehittynyt käytettävän kuvaustaktiikan mukaisesti. Vastustajan alueelle suuntautuvat tiedustelulennot joudutaan yleensä suuntaamaan joko korkealle tai matalalle. Erillisestä kohteesta voidaan kuvaus suoritaa myös kaukoviistokuvauksena, jolloin tiedustelukone ei joudu esimerkiksi kohteen suojana olevan ilmatorjuntatulen kantaman sisäpuolelle.

Nykyaikaisiin tiedustelukoneisiin kamerat on sijoitettu joko koneen nokkaan rakennettuihin nopeasti avattaviin kameratiloihin tai erillisiin ripustettaviin kamerasäiliöihin. Säiliöiden etuna on se, että niiden tilalle voidaan tarvittaessa sijoittaa myös muuta varustusta. Tiedustelukoneen varustukseen kuuluu yleensä 5—8 kameraa, jotka ovat ryhmitelty tehtäväkohtaisesti ja asennettu siten, että tarvittava kuvauspeitto saadaan aikaan. Kamerat ryhmitellään tavallisesti niin, että yhdellä kuvausvarustuksella pystytään:

- kuvaukseen matalalta ja keskikorkeuksilta päivällä sekä yöllä tai
- matalalta ja korkealta viuhkakuvaukseen (kuvaus horisontista horisonttiin) sekä keskikorkeuksista viistokuvaukseen tai
- kaukoviistokuvaukseen /10, s. 1699/.

Kameroiden polttovälisuuruusluokista voidaan todeta, että

- kuvauksiin matalalta ja keskikorkeuksista (korkeus = 30—2 000 m) käytetään polttovälejä 40—300 mm:iin ja
- kuvauksiin korkealta ja kaukoviistokuvauksissa (korkeus/etäisyys 2 000—20 000 m) käytetään polttovälejä 300—1 700 mm:iin /10, s. 1 700/ ja /2, s. 30/.

Kehitetyllä kuvanliikkeentasaustekniikalla, riittävän nopeilla sulkimilla (1/1 000—1/3 000 sek) ja automaattisesti, esimerkiksi pii-fotoilmaisimen avulla säädettävällä aukolla pystytään ottamaan huomioon osittain nopeuden ja valaistusolosuhteiden muutokset kuvauslennon aikana. Tästä huolimatta on ilmakehän vaikutus kontrastiin oleellinen pienten yksityiskohtien välillä.

Tapahtuneesta kehityksestä huolimatta kameroiden linssien ja filmimateriaalin erotuskyky asettaa rajat pienimpien yksityiskohtien kuvaukselle. Ottaen huomioon edellä mainittujen tekijöiden lisäksi silmän erotuskyky negatiivin stereotulkinnassa voidaan käytännön erotusarvona pitää 0,03—0,05 mm:ä. Jälkimmäinen arvo laskuperusteena on oheiseen taulukkoon merkitty muutamia kohteen erotteluarvoja mittakaavan funktiona ja vastaavat kuvaukorkeudet 600 mm:n ja 100 mm:n polttovälin kameroille /2, s. 23/.

| Negatiivin mittakaava | Kohteen erotusarvo (m) | Mittakaavaa vastaava kuvauskorkeus (m) | |
|--------------------------|---------------------------|--|------------|
| | | f = 600 mm | f = 100 mm |
| 1: 1 000 | 0,05 | 600 | 100 |
| 1: 2 000 | 0,10 | 1 200 | 200 |
| 1: 5 000 | 0,25 | 3 000 | 500 |
| 1:10 000 | 0,50 | 6 000 | 1 000 |
| 1:20 000 | 1,00 | 12 000 | 2 000 |
| 1:50 000 | 2,00 | 30 000 | 5 000 |

Käytännössä tunnistettavan kohteen tulee luonnollisesti olla huomattavasti suurempi kuin taulukossa esitetty minimierotusarvo. Yleistäen voitaisiin todeta, että yksittäisten kohteiden kuten ajoneuvojen (vast) tunnistamiseen vaaditaan mittakaava 1:6 000—1:10 000, mutta ajoneuvojen yksityiskohtien tulkinta vaatii mittakaavan 1:2 000—1:3 000. Stereokuvaparia tarkasteltaessa paranee kuvan erotuskyky noin $\sqrt{2}$ -kertaiseksi.

Tavallisimmat lentotiedustelussa käytetyt filmit ovat: mustavalkoinen pankromaattinen filmi, tavallinen väri filmi, infraväri filmi sekä mustavalkoinen infraherkkä filmi. Varustamalla kamerat sopivilla suotimilla voidaan kuvausta suorittaa aina ultraviolettiaaltoalueelta (optiikan absorptio) lähi-infrapuna-aaltoalueelle, keino mikä lisää esimerkiksi naamiointin paljastamismahdollisuuksia.

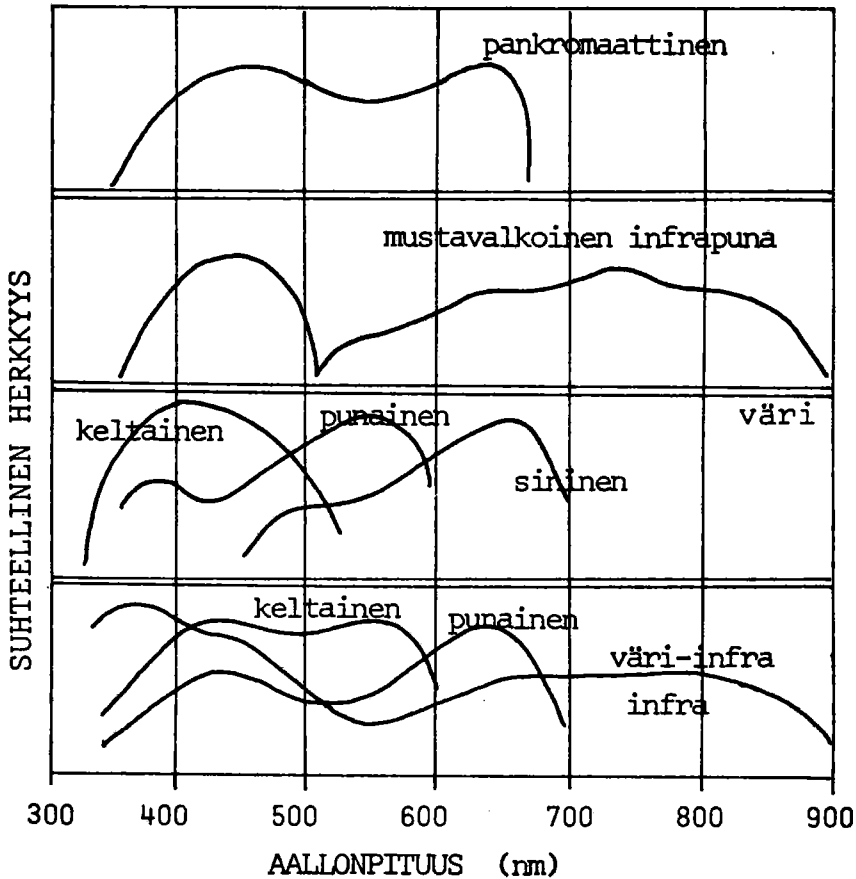
Oheinen piirros esittää eri filmien suhteellista herkkyyttä aallonpituuden funktiona (huom näkyvän valon aaltoalue 390—770 nm) /2. s. 34/.

Tiedustelukoneiden filmikapasiteetti on viime vuosina kasvanut kasettien kehittämisen myötä ja näyttää siltä, että tällä alalla ei kehitys ole lähitulevaisuudessa tarpeen, koska syntynyttä kuvamäärää ei pystytä toistaiseksi käsittelemään riittävän nopeasti. Tavanomaisilla kameroilla pystytään ottamaan noin 1 000 kuvaa. Tiedustelukoneella, joka lentää nopeudella 720 km/h pystytään kuvaamaan 10 kuvan sekuntinopeudella 20 km:n pituinen kuvajono. Tulkittava kuvamäärä kasvaa suureksi, koska riittävän kuvapeiton saamiseksi matalalta käytetään samanaikaisesti yleensä 3—4 kameraa (jopa 8 kameraa). Tästä syystä taktillinen tiedustelu onkin rajoitettu kohdetiedusteluun.

Edellä esitetyn ohella käytetään, lähinnä kartoituskuvauksissa, suurkasetteja, joihin mahtuu filmiä jopa 3 600 kuvaotosta varten. Pienkuvia käytettäessä otoksia mahtuu filmille 24 000 /6, s. 396/.

Kuvien paikantamista varten kuuluu nykyaikaiseen kuvausjärjestelmään ns data-kamera, joka rekisteröi jatkuvasti tiedustelukoneen paikkakoordinaatit, lentosuunnan, korkeuden, kallistus- ja syöksykulman sekä kelloajan. Tiedot rekisteröidään esimerkiksi sekunnin väliajoin filmin laitaan /11, s. 18/.

Taktillisen lentotiedustelun maajärjestelmän kehityksessä on painopiste viime vuosina ollut filmien kehitys- ja tulkintavälineistön automatisoinnissa ja ennen kaikkea liikkuvien kuvalaboratorioiden toteuttamisessa. Filmin kehitys tapahtuu täysin automaattisella kehityskoneella, jolla 45 m:n pituisen filmin kehitys kestää 10 min. Filmin



tulkinta tapahtuu valopöydällä, jolle filmi syötetään kelauspuolalta 11, s. 26/. Stereoskooppien ja kuvamittauslaitteiden lisäksi tarvitaan tai voidaan käyttää muitakin katselulaitteita. Ne tulevat kyseeseen varsinkin yksittäisten kuvien ja eräiden erikoiskuvien tulkinnassa /12, s. 216/. Kuvien katselulaitejärjestelmästä voidaan mainita esimerkkinä Oerlikonin Autophon Type REVI II. Järjestelmä sisältää seuraavat komponentit:

- valopöydän, jota voidaan liikutella y-akselin suunnassa
- 3 kpl filmirullia, joille filmiä voidaan koneellisesti kelata
- 2 kpl TV-kameroita valopöydän päällä
- magneettinauhayksikön, jolle kuva voidaan sähköisesti tallentaa sekä
- useita TV-monitoorejia.

Järjestelmä on tarkoitettu kolmen mustavalkoisen 70—140 mm:ä leveän negatiivifilmin yhtäaikaiseen katseluun. Järjestelmä voi mm muuntaa negatiivin positiiviksi

haluttaessa. Toinen TV-kamera on tarkoitettu normaaliin työskentelyyn ja toinen, jonka suurenus on jopa 67-kertainen, yksityiskohtien tarkasteluun. TV-monitorien ansiosta järjestelmä sopii erinomaisesti myös kuvantulkinnan opettamiseen /13, s. 1—4/.

Viimeisintä kehitystä kuvantulkinnan alalla edustavat tietokoneisiin perustuvat tulkintalaitteet. Tietokoneisiin perustuva tulkinta on jo käytössä ja periaatteessa mikä tahansa kuva voidaan juovittamalla muuttaa digitaaliseen muotoon tietokonetulkintaa varten /12, s. 216—217/. Tietokonetulkinta tapahtuu pääpiirtein seuraavalla tavalla:

- kuva muunnetaan digitaaliseen muotoon
- syntyneestä datasta otetaan Fourier-muunnos
- suodatetaan osa datasta pois
- verrataan jäljelle jäänyttä dataa vertailumaaliin sekä
- suoritetaan luokitus siihen luokkaan, johon äskeinen vertailu korreloi parhaiten /14, s. 4/.

Laitteet ovat toistaiseksi osoittautuneet kuitenkin suhteellisen hitaiksi ja epä-tarkoiksi.

1.3.3 Johtopäätöksiä

Tavanomaisen ilmakuvauksen alalla ei viime vuosina ole tapahtunut oleellista kehitystä. Kameran ovat saavuttaneet teknisen kehitysasteen, joka takaa näkyvän valon alueelta erottelukyvyltään riittävän tuloksen. Pimeäkuvauksen ovat tehneet mahdolliseksi valaisulaitteet ja eri tyyppisten filmien kehittymisen myötä on kuvausaluetta pystytty laajentamaan sekä infrapuna- että ultraviolettialueille.

Suurimman kehityksen alaisena ovat viime vuosina olleet ja tulevat myös lähitulevaisuudessa olemaan filmien kehityslaitteet ja kuvansiirtomenetelmien kehittäminen. Taktillisen tiedustelun ongelmana käytettäessä tavanomaista ilmakuvausta tulee olemaan tiedonsaannin nopeuttaminen tietoa tarvitsevalle.

1.4 Infrapuna-keilaus

1.4.1 Yleiset perusteet

Kohteet voidaan havaita tai kuvata lentotiedustelussa yleensä joko kohteesta heijastuvan valon tai kohteen itsensä lähettämän säteilyn perusteella. Edellä esitetyt lentotähystys ja ilmakuvaukset perustuvat pääosin juuri heijastuvan valon hyväksikäyttöön. Valolähteinä ovat aurinko tai muu keinotekoinen valaisulähde. Näkyvän valon aalto-alueella suuremmilla aaltopituuksilla kohde emittoi pääasiallisesti itse lämpösäteilyä raja-aallonpituuden ollessa noin 3—4 μm /7, s. 3/. Infrapunasäteily syntyy atomien ja molekyylien värähtely- ja pyörimisliikkeestä /15, s. 1/. Täten ympäristöään lämpöisempi kappale säteilee infrapunasäteilyä ympäristöään voimakkaammin ja tästä syys-

tä ko säteilyä kutsutaan myös lämpösäteilyksi. Tämän lämpösäteilyn tallentamiseen herkkien ilmaisimien avulla perustuu infrapunakuvaus.

Infrapunakeilauksen mahdollisuuksiin vaikuttavat oleellisesti

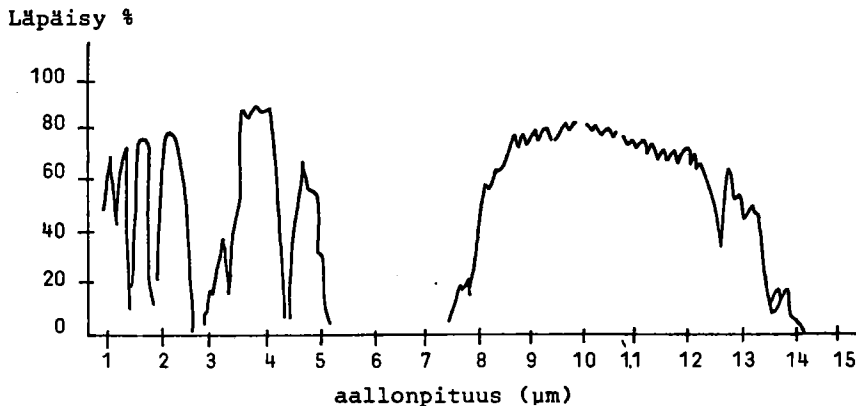
- kohteen ja taustan lämpötila sekä
- ilmakehän vaikutus infrapunasäteilyyn.

Lennotiedustelun kohteiden lämpötilat ovat useimmiten -20 — $+30$ °C (noin 250 — 300 °K), Wienin siirtymälain perusteella voidaan osoittaa että säteilyn intensiteetti kasvaa lämpötilan noustessa ja että em lämpötila-alueen säteilyn maksimialueet osuvat 8 — 15 μm aaltoalueelle /2, s. 18 ja s. 41/. Infrapuna-alueen ilmaisimen kannalta taustasäteilyä syntyy kahdella tavalla: taustan yleinen lämpötila aikaansaa säteilyä pienentäen kontrastia maaliin nähden ja erilliset säteilylähteet taustassa säteilevät aiheuttaen vääriä maalitulkinntoja /4, s. 64/. Maataustan säteily infrapuna-alueella on hyvin vaihteleva ajallisesti (vuorokautinen ja vuotuinen vaihtelu). Ilmasto-olosuhteet vaikuttavat myös paljon. Pilvisenä päivänä, etenkin sateen jälkeen, lämpötila- ja säteilyerot ovat tasoittuneet, jolloin tausta voi olla vakaa ja kontrastiton.

Auringon valaisemassa maataustassa sen sijaan on suuria kontrasteja eri kasvillisuuslajien välillä. Maa- ja vesिताustasäteilyn intensiteetti on korkeimmillaan alueella 8 — 13 μm /4, s. 65/.

Sähkömagneettisen aaltoliikkeen vaimennus ilmakehässä johtuu osaksi kaasumolekyylien ja hiukkasten absorptiosta ja osaksi hiukkasten aiheuttamasta sironnasta. Optisella alueella absorboivia alueita ovat lähinnä vesi ja hiilidioksidi. Infrapuna-alueella vaimennus aiheutuu pääosin vedestä /16, s.9/. Sironnan aiheuttama vaimennus on vähemmän taajuudesta riippuva ja riippuu ilman hiukkassisällöstä, hiukkasten lukumäärästä ja koosta /7, s. 13/.

Infrapuna-alueella ilmakehän vaimennuksen taajuusriippuvuudesta johtuen on ns ikkunoita, läpäisyalueita, joilla vaimennus on pieni. Kyseiset ikkunat ovat eri aallonpituuksilla oheisen piirroksen mukaisesti /20, s. 17/.



Piirroksen ensimmäiset ikkunat 1—2,6 μm ovat heijastavia alueita, alue 3—4,2 μm :n alue on luonteeltaan sekä heijastava että emittoiva. Alueet 4,5—5,5 μm ja 8—14 μm ovat emissioalueita (kohteista tuleva aaltoliike on enimmäkseen lämpösäteilyä johtuvaa) /4, s. 73/. Usvan ja kevyen savun aiheuttama vaimennus on suuremman aallonpituuden omaavalla emissioikaistalla pienempi kuin pienemmän aallonpituuden omaavalla emissioikaistalla. Sateessa ja paksussa sumussa vaimennus on samaa luokkaa kummallakin emissioikaistalla /16, s. 10/.

1.4.2. Käytettävät välineet ja kuvaustekniikka

Infrapunakamera on keilaava laite, joka muodostaa lämpökuvan kohteesta piste pisteeltä joko filmille tai raaliaikaiselle televisiotyyppiselle näyttölaitteelle. Jälkimmäinen kuvaesitys on tullut mahdolliseksi nopeiden detektorien myötä. Vaikeutena on optomekaaninen keilaus /7, s. 26—27/.

Infrapunakeilain (Infra-Red Linescan = IRLS) pyyhkäisee maanpinnalla jatkuvan kapean juovan tietyn aikavälein. Kun lentokone etenee, kuva muodostuu päällekkäisistä juovista, kuten televisiossakin. Saapunut säteily johdetaan juovittavan optiikan kautta ilmaisimelle, joka reagoi saapuvaan säteilyyn ja muuttaa sen havainnoitavaan muotoon /3, s. 183—184/.

Infrapunailmaisimet jaetaan fysikaalisen toimintaperiaatteen mukaan kolmeen luokkaan:

- termiset ilmaisimet
- kvantti- eli fotoilmaisimet ja
- kemialliset ilmaisimet /15, s. 7/.

Termiset ilmaisimet ovat herkkiä lähes koko infrapuna-aaltoalueella ja niitä ei tarvitse jäähdyttää kovin paljon, mutta ne reagoivat saapuvaan säteilyyn niin hitaasti, että niitä ei voida käyttää ilmakuvauksessa /3, s. 185/.

Fotoilmaisimet sen sijaan ovat käyttökelpoisia kun ne jäähdytetään riittävän herkkyyden saamiseksi alle 100°K lämpötilan /17, s. 239/. Fotoilmaisimet ovat nopeita ja niiden detektiivisyys on myös hyvä /15, s. 12/. Nykyisin käytetään enimmäkseen foto-konduktiivisia ilmaisimia ilmaisimateriaalin ollessa tellurium — kadmium — elohopea /18, s. 39/, joskin samasta materiaalista tehdyt fotojännitteiset ilmaisimet valtaavat alaa /19, s. 39/.

Infrapunalaitteilla on täydellinen toimintakelpoisuus yöllä. Ominaisuudet ovat verrattain hyvät myös sumussa ja usvassa. Infrapunalaitteiden tyypillinen kulmaerottelukyky on noin 1 mrad /16, s. 25/ ja lämpöerottelukyky tyypillisellä 0,01 mm²:n detektorilla noin 0,005 °C /s. 16, s. 37/.

Esimerkkinä lämpökamerasta, joka sopii sekä tiedusteluhävittäjiin, että tiedustelulennokkeihin, mainittakoon British Aerospace Dynamics'n lämpökamera tyyppi 401, joka on tarkoitettu matalalta, suurella nopeudella suoritettaviin lämpökuvauksiin. Kameran ominaisuuksista mainittakoon seuraavaa:

- ilmaisimena on elohopea — kadmium — tellurium

- käytetty aallonpituus on 8—14 μm
- erotuskyky on 1,0 mrad
- lämpöerotuskyky on 0,25 °C
- avauskulma on 120° ja
- kameraan mahtuu noin 90 m 70 mm:n levyistä filmiä.

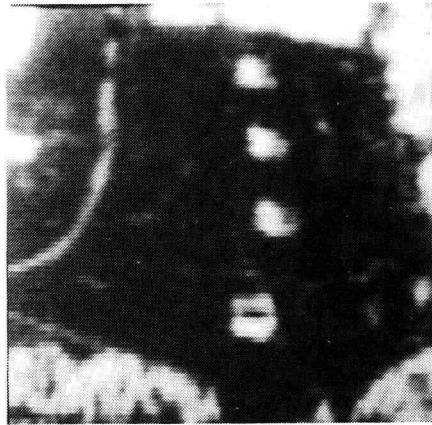
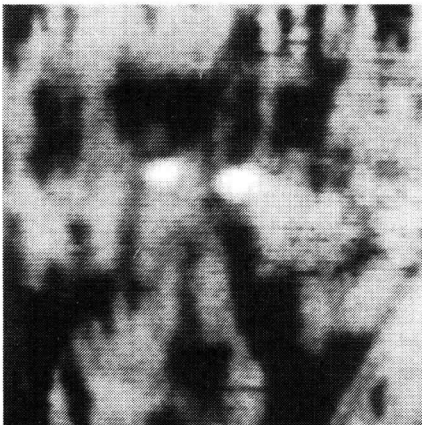
Kameran filmimäärä riittää kuvaamaan:

- 360 km 100 m:n korkeudelta
- 540 km 150 m:n korkeudelta ja
- 1 080 km 300 m:n korkeudelta /3, s.188/.

Kameran optiikan avauskulman ollessa 120° saadaan esimerkiksi 300 m:n korkeudelle lennettäessä noin 1 km:n levyinen kuvausala.

Edellä esitetyn laitteiston heikkoutena on, että filmin kehitys vie aikaa. Reaaliaikaisen lämpökuvan erottelukyky televisionäytöllä ei kuitenkaan toistaiseksi ole yhtä hyvä kuin filmille kuvattavalla lämpökuvalla. Erottelukyky riittää kuitenkin sellaisten kohteiden kuten merellä olevien laivojen, öljypäästöjen ja metsäpalojen tiedusteluun /21, s.812/.

Oheiset lämpökamerakuvat osoittavat miten selkeästi lämpötilaltaan taustasta eroavat kohteet paljastuvat. Vasemmanpuoleisessa kuvassa on kuvauskohteena ollut kaksi telttaa kuvausetaäisyyden ollessa noin 300 m ja toisessa kuvassa tehdaslaitosalue kuvausetaäisyyden ollessa noin 1 km.



Eräs lämpökameran sovellutus on helikoptereiden ja lentokoneiden pimeäsuunnistuslaitteeksi kehitetty FLIR-laitteisto (FLIR = Forward Looking Infra-Red). Laitteistojen kehittyessä niiden käyttö on laajentunut ja nykyisin laitteet ovat käyttökelpoisia

- matalalennon apuvälineinä
- lentosuunnistuksessa ja kohteiden etsinnässä sekä
- lentoonlähdessä ja laskussa /25, s.482/.

FLIR-laitteistossa on yleensä kaksi valittavaa näkökenttää. Matalalennossa ja suunnistuksessa täytyy näkökentän olla laaja. Koelennolla on todettu, että 20—25° on riittävä vaakatasossa ja 10—15° pystytasossa. Pyrittäessä FLIR-laitteiston osalta asevaikutukseen on näkökenttää kavennettava erottelukyvyn parantamiseksi. Hyökkäessä esimerkiksi ajoneuvoja vastaan riittää laitteistolle 0,5 mrad tilaerottelukyky ja muutamien asteen kymmenysoisien lämpötilaerottelukyky /25, s.483).

1.4.3. Johtopäätöksiä

Infrapunakuvausten kehitys on viime vuosina ollut nopeaa ja käyttökelpoisia tiedusteluvälineitä on saatu nopeasti käyttöön. Kuvauksen kohteina ovat tällä hetkellä erikoisesti:

- lentotukikohdat ja satama-alueet sekä merellä olevat alukset
- teollisuusalueet sekä
- maavoimien esikunta- ja majoitusalueet, panssarivoimat ja kuljetukset.

Infrapunakuvauksella pyritään nimenomaan täydentämään tavanomaista kuvausta, mihin tehtävään kuvaus soveltuu erinomaisesti. Muun muassa ruotsalaiset käyttävät eri kohteiden tiedusteluun lähes poikkeuksetta infrapunakuvausta tavanomaisen kuvauksen lisäksi. Ilmaisimien ja nimenomaan tiedonsiirtovälineiden kehittyessä voitaneen lähitulevaisuudessa odottaa yhä parempia tarkkuuksia reaaliaikaiselta infrapunakuvauselta.

1.5. Tutkan käyttö lentotiedustelussa

1.5.1. Yleistä

Tutkan käyttö tiedustelussa ja valvonnassa on ollut tunnettua jo vuosikymmeniä. Tutkat käyttävät sähkömagneettisen spektrin aluetta hyvin laajasti ja valittu aaltoalue riippuu ensisijaisesti tutkan käyttötarkoituksesta. Lentotiedustelun kannalta on eräänä merkittävänä kehitystä haittaavana tekijänä ollut tarvittavien antennien suuri koko, jotta saavutettaisiin tarvittava erottelukyky. Strategiseen tiedusteluun ja merialueiden valvontaan tarkoitetuissa järjestelmissä antennit ovat suuria (vrt E-3A AWACS, Grumman E-2C Hawkeye, Tupolev Moss ja AEW Nimrod), mutta taktilliseen tiedusteluun on pyritty kehittämään yhä pienempiä antennejä, jotka sallivat suurempien nopeuksien käytön. Yleisesti tunnettujen käyttöetujen ohella tutkan suurimpana haittana tiedustelua ajatellen on sen helppo paljastuvuus ja häirintämahdollisuus aktiivisen toimintaperiaatteensa vuoksi.

1.5.2. Käytettävät välineet ja tutkaustekniikka

Tiedusteluun ja valvontaan käytetään pääasiassa kahta eri tutkaustekniikkaa: tavanomaista ympärikeilaavaa tutkaa (scanning radar) ja sivuviistotutkaa (SLAR = Si-

de Looking Radar). Sivuviistotutkien kehittämisessä pyrittiin saavuttamaan parempi erottelukyky suurilta etäisyyksiltä ympärikeilaavaan tutkaan verrattuna. Erottelukyvyn parantaminen merkitsi kuitenkin antennikoon kasvamista ja niin päädyttiin pitkänomaisiin antenneihin, jotka on yleensä sijoitettu tiedustelukoneiden rungon alle.

Ensimmäisen sukupolven sivuviistotutkat ovat osoittautuneet erittäin käyttökelpoisiksi laajojen merialueiden sekä raja-alueiden valvonnassa. Merialueilla valvontaan soveltuvina kohteina ovat:

- öljyvahinkojen paikantaminen
- jäätilanteen kartoittaminen ja seuraaminen sekä
- alusten paikantaminen.

Mantereen päällä em sivuviistotutkat soveltuvat lähinnä suurten aukea-alueiden ja teiden valvontaan sekä suurten kohteiden kuten siltojen paikantamiseen /22, s. 772/. Toisen sukupolven sivuviistotutkina pidetään tällä hetkellä ns. koherenttisivuviistotutkaa (vrt ns SAR-sivuviistotutka, SAR = Synthetic Aperture Radar) /23, s. 111/. Tutkassa on pulssia käsittelemällä saatu parannetuksi erottelukykyä ilman, että antennia olisi täytynyt vastaavasti suurentaa ja erottelukyvyn sanotaan lähestyvän valokuvauksen erottelukykyä /23, s. 112/. Tämän lisäksi on toisen sukupolven sivuviistotutkissa kehitetty erityisesti tietojen käsittelyjärjestelmää. Tutka lähettimiseen, vastaanottoineen ja antennineen muodostaa ns keräysjärjestelmän. Kerätyt tiedot välitetään datalinkin välityksellä prosessointilaitteistolle, joka muuntaa ja taltioi lähetetyn tiedon. Järjestelmä mahdollistaa reaaliaikaisen tiedonsiirron ja käsittelyn samanaikaisesti jopa useissa vastaanottopisteissä /23, s. 112—113/. Huolimatta parantuneesta erottelukyvystä (185 km:n etäisyydeltä 100 m²:n maalit) ja tietojenkäsittelyjärjestelmistä on sivuviistotutkalla myös puutteensa. Keilaustapansa vuoksi tutkalla ei voida valvoa etusektoria ja maalista saadaan vain yksi havainto tiedustelukoneen ohittaessa maalin. Valvonnan kannalta tieto on yleensä riittävä, mutta ei välttämättä tiedustelumielessä. Uuden havainnon saamiseksi joutuu sivuviistotutkalla varustettu lentokone palamaan uudelleen kohteelle ja tämä voi olla vaikeaa varsinkin jos maaleja on paljon. Tämän vuoksi pidetään tavanomaista ympärikeilaavaa tutkaa parempana mikäli on tarvetta havaittujen kohteiden tarkempaan tiedusteluun samalla kertaa /24, s. 1002/.

1.5.3 Johtopäätöksiä

Tutkatekniikan edelleen kehittyessä tultaneen tutkia käyttämään yhä enenevässä määrin myös taktilliseen lentotiedusteluun. Tutkatietojen välitysmahdollisuus tarvitsijalle lähes reaaliajassa ja järjestelmän vähäisempi riippuvuus sääolosuhteista muihin tiedustelukeinoihin verrattuna korostaa tutkauksen merkitystä. Tutkauksen suurimpana haittana on, kuten edellä mainittiin, sen paljastuvuus, joka asettaa rajoituksia tutkauksen käytölle taisteluolosuhteissa.

2 ILMAVOIMIEN TULIVAIKUTUS

2.1. Yleistä

Luonteenomaista ilmavoimien tulivaikutuksen kehitykselle on ollut viime vuosina tulivoiman määrän ja tarkkuuden kasvaminen. Asekuorman kasvun ovat tehneet mahdolliseksi lentokoneiden ja helikoptereiden kehittyneet rakenne- ja voimalaiteratkaisut. Tarkkuuden huomattavaan parantumiseen on puolestaan ratkaisevasti vaikuttanut televisio-, infrapuna ja laser-tekniikan hyväksikäyttö asejärjestelmissä. Heitteiden osumatodennäköisyyteen vaikuttava tekniikka on myös muuttamassa käsitystä perinteisestä jaosta: ballistiset — ei-ballistiset heitteet. Pommeja ja kranaatteja on pidetty tyypillisinä ballistisina heitteinä kun taas raketit ja ohjukset ovat edustaneet ei-ballistisia lentoratoja. Ohjusten lisäksi pommien, kranaattien ja raketien ohjausmahdollisuus lentoradan loppuvaiheessa on merkinnyt uuden käsitteen, ”täsmäaseet” käyttöönottoa.

Täsmäohjatuiksi räjähteiksi (Precision Guided Munitions, PGM) nimitetään kaikkia niitä heitteitä, joiden osumatodennäköisyys taisteluolosuhteissa on parempi kuin 50 % /27, s. 4/. Edellä mainitun vaatimuksen täyttävät lentokoneaseistuksesta tällä hetkellä rynnäkköohjukset ja ohjautuvat pommit (ts ohjautuvat heitteet).

Yksittäisen heitteen osumistodennäköisyyden lisäämisen ohella on myös pyritty kehittämään asejärjestelmiä, joiden avulla tulentiheys saadaan suuremmaksi. Tämän kehitystyön pohjalta ovat syntyneet ns kasetti- (käytetään myös nimitystä rypälepommi, cluster bomb) ja sirotepommit (streubomblet dispenser), jotka koostuvat pikkupommeista. Näitä pikkupommeja voi em pommikaseteissa olla muutamista kymmenistä jopa tuhansiin kappaleisiin.

Tällä hetkellä on tulivoiman määrän ja osumatarkkuuden kehitykselle leimautavana piirteenä asemarkkinoilla olevien järjestelmien suuri määrä ja kirjavuus. Kehityksen nopeuden vuoksi on täysin mahdotonta arvioida mitkä nyt kokeilu- ja palveluskäytössä olevista asejärjestelmistä ovat pitkäikäisempiä, mutta varmaa on, että käyttöön otettu kehittyneet asetekniikka on tullut jäädäkseen.

2.2 Maalinetä - ja paikannusjärjestelmiä

Asetettu vaatimus ympärivuorokautisesta toiminnasta ja toiminnasta huonoissa sääolosuhteissa on tuonut asejärjestelmät teknisesti yhä lähemmäksi tiedustelujärjestelmiä. Tämä on sinänsä luonnollista, koska molempien järjestelmien tarkoituksena on nähdä maali tavalla tai toisella ja paikantaa se.

Käytettävä tekniikka perustuu jo aikaisemmin mainitun elektro-optiikan hyväksikäyttöön. Järjestelmät on yleensä kehitetty tiettyä konetyyppiä tai heitettä varten. Esimerkkinä etsintä- ja paikannusmenetelmistä voidaan mainita amerikkalaisten A-6E-koneisiin kehittämä TRAM-järjestelmä (TRAM = Target Recognition Attack Multi-sensor). Järjestelmä sisältää laserin hyväksikäyttöön perustuvat maalin ilmaisimen ja

etäisyysmittarin sekä FLIR-järjestelmän (FLIR = Forward Looking Infra Red). Ohjaaja pystyy suunnistamaan ja tarvittaessa myös paikantamaan maalin FLIR-laitteen avulla, saa tiedon maalin tarkasta sijainnista laser-ilmaisinta ja -etäisyysmittaria käyttäen ja pystyy tämän jälkeen käyttämään asejärjestelmänsä. Toisena esimerkkinä voidaan mainita edellistä, asejärjestelmän kannalta kehittyneempi ARBS-laitteisto (ARBS = Angle Rate Bombing System), joka on kehitetty A-4M Skyhawk koneita varten. Järjestelmä sisältää kolme pääkomponenttia:

- DMT-laitteiston (DMT = Dual Mode Tracker), joka on tarkoitettu maalin paikantamiseen ja toimii television tai laserin avulla
- WDC-laskimen (WDC = Weapons Data Computer) ampuma-arvojen laskemiseksi ja
- HUD-laitteiston (HUD = Head Up Display) maalitietojen esittämistä varten.

Eräitä maalinetsintä- ja paikannusjärjestelmiä

| Aircraft | Flir | LLTV | TV (day/night) | laser rangefinder | laser designator | laser spot tracker | Equipment |
|------------------------------------|------|------|----------------|-------------------|------------------|--------------------|---|
| UNITED STATES | | | | | | | |
| Bell AH-1S | | | | ● | | | Hughes Laser-Augmented Airborne Tow (Last) |
| Boeing B-52G/H | ● | ● | | | | | Boeing ASQ-151 Electro-optical Viewing System (EVS) Hughes AAQ-6 Flir Westinghouse AVQ-22 LLTV |
| Fairchild A-10A | | | | ● | ● | ● | Martin Marietta Pave Penny Martin Marietta Lantirn Ford Aerospace Pave Tack |
| General Dynamics F-111F | | | | ● | ● | ● | Martin Marietta Lantirn |
| General Dynamics F-16A | | | | ● | ● | ● | Hughes AAS-33 Target Recognition and Attack Multisensor (Tram) |
| Grumman A-4E | | | | ● | ● | ● | Northrop Television Sight Unit (TVSU) Martin Marietta Target Acquisition and Designation System/Pilot Night Vision System (TADS/PNVS) |
| Grumman F-14A | | | | ● | ● | ● | Texas Instruments AAS-36 Flir |
| Hughes AH-64 | ● | ● | | ● | ● | ● | Texas Instruments Flir Texas Instruments Flir Hughes Angle Rate Bombing System |
| Lockheed P-3C Update II | | | | ● | ● | ● | Hughes Angle Rate Bombing System |
| Lockheed S-3A | | | | ● | ● | ● | (F-4D/E) Westinghouse Pave Spike (F-4E) Northrop Target Identification System, Electro-optical (Tiseo) |
| Lockheed CP-140 | | | | ● | ● | ● | (F-4E, RF-4C) Ford Aerospace Pave Tack |
| McDonnell Douglas A-4M | | | | ● | ● | ● | Ford Aerospace Flir/laser spot tracker |
| McDonnell Douglas AV-8B | | | | ● | ● | ● | Texas Instruments AAS-37 Flir/laser Pave Low III (Texas Instruments Flir) |
| McDonnell Douglas F-4 | | | | ● | ● | ● | (A-7D) Martin Marietta Pave Penny (A-7E) Texas Instruments AAR-42 Flir |
| McDonnell Douglas F-15A | | | | ● | ● | ● | |
| Rockwell OV-10D NOS | | | | ● | ● | ● | Westinghouse Pave Spike |
| Sikorsky HH-53H | | | | ● | ● | ● | Ferranti Laser Ranger and Marked Target Seeker (LRMTS) |
| Vought A-7 | | | | ● | ● | ● | TRT/SAT Flir |
| INTERNATIONAL | | | | | | | |
| British Aerospace Succanar S.2D | | | | ● | ● | ● | (GR.1) Ferranti Laser Ranger and Marked Target Seeker (LRMTS) |
| British Aerospace Harrier GR.3 | | | | ● | ● | ● | (F.2) Marconi Avionics Visual Augmentation System (VAS) |
| Dassault-Breguet Atlantic NG | | | | ● | ● | ● | (UK) Ferranti Laser Ranger and Marked Target Seeker (LRMTS) |
| Panavia Tornado (UK) | | | | ● | ● | ● | (France) Thomson-CSF/Martin Marietta Atlas II |
| Sepecat Jaguar | | | | ● | ● | ● | |

Selite: Flir = Forward looking infra-red (ip-laitteisto)
 LLTV = Low Light Television (valonvahvistin ja TV-laitteisto)
 rangefinder = etäisyysmittari
 designator = maalin valaisin
 spot tracker = maalin ilmaisu ja seuranta

Järjestelmän avulla ohjaaja pystyy helposti hakeutumaan edulliseen ampuma-asemaan. Aseet voidaan laukaista tarvittaessa automaattisesti järjestelmän avulla tai ohjaaja voi suorittaa laukaisun tavanomaiseen tapaan manuaalisesti. ARBS-järjestelmä on tämän kevään aikana saatu tuotantoon tarkoituksena varustaa 132 A-4M konetta ko laitteistolla /30, s.49—50/.

Edellä esitetyt laitteistot mahdollistavat rynnäkkötoiminnan huonoissa näkyvyysolosuhteissa ja yöllä. Järjestelmien tarkkuudesta ei sen sijaan ole käytettävissä yksityiskohtaisia tietoja. Voitaneen kuitenkin olettaa, että hyökkäyskohteet ovat ensisijaisesti suuria, helposti paljastuvia maaleja kuten esimerkiksi siltoja, rakennuksia, suppealle alueelle ryhmitettyjä esikuntia tai valtatiellä liikkuvia kuljetusajoneuvoja.

Sivun 37 taulukkoon on merkitty eräitä edellä esitettyjä laitteistoja sekä tietoa niiden sijoittamisesta eri lentokone ja helikopterityyppeihin /38, s.988/.

2.3 Lentokonetykit ja raketit

Tykkiä voidaan pitää lentokoneen perusaseena siitakin huolimatta, että uusien asejärjestelmien kehittyminen saattaa asettaa tykin tehokkuuden kyseenalaiseksi. Tykit on asennettu lentokoneisiin joko kiinteiksi tai sijoitettu erillisiin, ripustettaviin tykkisäiliöihin. Säiliöiden käyttöönotto on johtunut kahdesta seikasta. Muutamia vuosia sitten kuviteltiin, että ohjukset syrjäyttävät tykin ja niin tykki jätettiin useista koneityypeistä kokonaan pois. Vietnamin sotakokemukset osoittivat kuitenkin tykin tarpeellisuuden ja niin tykki liitettiin asejärjestelmään erillisessä säiliössä, joka ripustettiin siiven tai rungon alle. Käytössä tykkisäiliöt ovat osoittautuneet käyttökelpoisiksi ja huoltotoimenpiteitä helpottaviksi järjestelmiksi. Toisena merkittävänä tekijänä, joka puoltaa säiliöjärjestelmän käyttöä on lentokoneen ja tykin eripituiset kehitys- ja käyttöiät. Lentokoneen suunnittelu vie aikaa yleensä noin kymmenen vuotta ja lentokoneen käyttöikä on tämän jälkeen 15—25 vuoteen. Uuden tykkijärjestelmän kehittäminen vie aikaa keskimäärin viisi vuotta. Tällöin on edullista, jos tykki on asennettu erilliseen, ripustettavaan säiliöön, jolloin tykkiaseistus on helposti modifioitavissa tai vaihdettavissa /28, s. 43/.

| Tykki | Valmistajamaa | Kaliperi mm | Aseen paino kg | Tulinopeus la/min | Lähtönopeus m/s | Ammuksen paino g | Räj aine-määrä g |
|---------|---------------|-------------|----------------|-------------------|-----------------|------------------|------------------|
| DEFA | Ranska | 30 | 85 | 1 300 | 815 | 236 | 40 |
| GAU-8/A | USA | 30 | 281 | 4 200/ 2 400 | 1 050 | 396 | 56 |
| KCA | Sveitsi | 30 | 130 | 1 350 | 1 050 | 360 | 42 |
| ADEN | Englanti | 30 | 85 | 1 200 | 815 | 226 | 56 |
| NR | N-liitto | 30 | 67 | 850 | 780 | 410 | 44 |

- Tykkien kehityksessä on viime vuosina pyritty erityisesti
- pidentämään tehokasta ampumaetäisyyttä
 - parantamaan ammuksen tehoa maalissa ja
 - lisäämään tulentiheyttä /28, s.43/.

Sivun 38 taulukossa on lueteltu muutamien yleisesti käytössä olevien 30 mm:n tykkien ominaisuuksia /29, s.72).

Parhimmilla tykeillä tehokas maksimiampumatäisyys ilmasta maahan on noin 1 000 m. Tykit ovat tehokkaita suojautumattomia joukkoja ja ajoneuvoja vastaan. Kranaateissa käytettävät ontelokärjet sekä massiivisissa ammuksissa käytetty uraani ovat lisänneet lähtönopeuden kasvun ohella tykin käyttökelpoisuutta panssarintorjunnassa. Heikkoutena on edelleen lyhyt ampumaetäisyys, joka pakottaa rynnäköivän koneen tulemaan ilmatorjunnan tehokkaan torjuntatulen ulottuville.

Lentokoneraketit muodostivat vielä 20 vuotta sitten huomattavan osan lentokoneiden asearsenaalista. Tänä päivänä raketit ovat edelleen tavanomaisia lentokoneasejärjestelmissä ja ajan mittaan raketit ovat kehittyneet erittäin monipuolisiksi ja niitä voidaan menestyksellisesti käyttää sekä elävää voimaa että panssarivaunuja vastaan. Raketien kaliiperit vaihtelevat 57 mm—240 mm:iin, joista viimeksi mainitut raketit ovat tarkoitettut yksittäisiä järeitä maaleja vastaan. Ilmeisistä eduistaan huolimatta ei raketien kustannus-tehokkuussuhde ole toistaiseksi muodostunut riittävän korkeaksi. Yksittäisen raketin hinta verrattuna sen osumistarkkuuteen on liian korkea, mutta osumistodennäköisyyden kasvaessa tulevat raketit myös tulevaisuudessa säilymään lentokoneiden asejärjestelmissä. Ensimmäiset kokeilut laser-ohjatun raketin kehittämiseksi on jo tehty Naval Weapons Center China Lake'ssa. Mikäli kokeilut osoittautuvat menestyksellisiksi, aloitetaan laser-raketien tuotanto jo tänä vuonna /30, s.49/. Samalla kun on tutkittu laserin käyttöä raketeissa ollaan USAssa ja Kanadassa kehittämässä ns ylinopeita raketteja (nopeus >4 Mach), joilla saavutetaan suuri iskuenergia ja läpäisykyky onteloammuksilla /29, s. 82/.

2.4 P o m m i t

2.4.1 Maaliinhakeutuvat pommit

Ilmavoimien asejärjestelmissä tapahtunut kehitys on viimeisten vuosien aikana kohdistunut ensisijaisesti ainakin määrällisesti pommiaseistuksen kehitykseen. Syyt tähän ovat olleet sekä taloudelliset että taktilliset. Käyttöön otettu uusi aseteknologia, jonka avulla pommiin osumatarkkuus on saatu riittäväksi, on tehnyt pommit kustannus-tehokkuusasteeltaan edullisiksi. Käytetty tekniikka on mahdollistanut myös pommiin edullisen taktillisen käytön. Aikaisemmin oli mahdollista pudottaa pommit vaakalennosta korkealta tai syöksypommituksena suurilla syöksykulmilla. Ilmapuolustuksen kehityttyä nykyiselle tasolle on edellä mainitulla taktiikalla pommittavan lentokoneen selviytymistodennäköisyys varsin vähäinen toimittaessa suojattuja kohteita vastaan. Matalalta tai vastustajan torjuntatulen ulkopuolelta suoritettava pom-

mitus näyttää tällä hetkellä parhaalta ja käyttökelpoisimmalta menetelmältä. Asejärjestelmiä, joilla tulitus voidaan suorittaa torjuntatulen ulkopuolelta nimitetään nykyisin yleisesti standoff-aseiksi (standoff-weapons).

Nykyiseen vaiheeseen johtanut pommien kehitys suuressa mitassa alkoi Vietnamin sodan aikana. Tällöin alettiin puhua Smart-pommeista (Smart = ovela, nokkela), joiden osumatarkkuus oli huomattavasti parempi tavanomaisiin pommeihin verrattuna. Eräs ensimmäisistä uutta teknologiaa hyväksikäyttävä pommi oli Yhdysvaltojen laivastolle kehitetty AGM-62 WALLEYE 1. Pommi otettiin käyttöön 1960-luvun puolivälissä. Pommin taistelukärki painaa 385 kg ja sen ohjautusjärjestelmä perustuu pommin nokkaan sijoitettuun gyrostabiloituun televisiokameraan. Suuria kohteita kuten siltoja ja aluksia vastaan kehitettiin edelleen WALLEYE II, jossa taistelukärjen paino on 970 kg. Jo tämän pommin yhteydessä voitiin soveltaa taktiikkaa ”ammu ja unohda” (fire and forget), joskin vain hyvissä olosuhteissa ja toimittaessa suuria maaleja vastaan. Lukittuaan kameran kohteeseen ohjaamossa olevan näyttölaitteen avulla saattoi ohjaaja aloittaa väistön ja pommi jatkoi matkaansa itsenäisesti kohteeseen /33, s 72—73/.

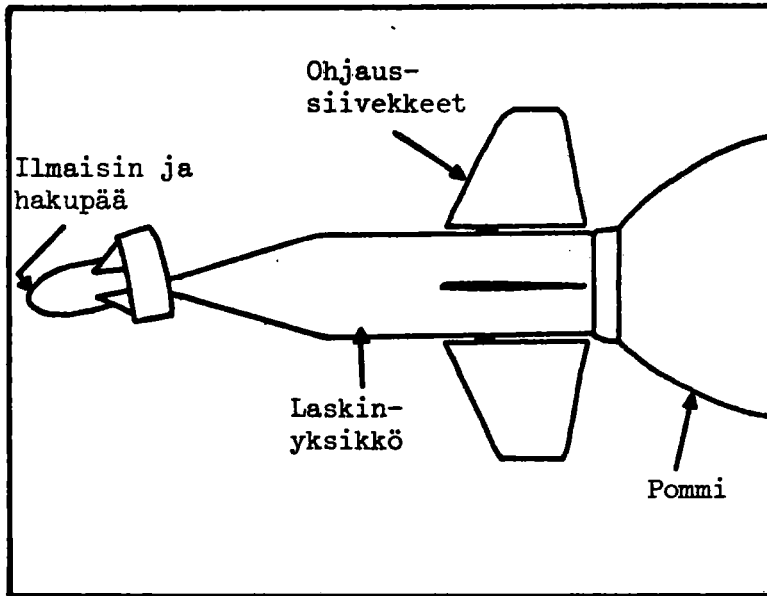
WALLEYE-pommien käyttöönoton yhteydessä ryhdyttiin myös tutkimaan mahdollisuuksia käyttää vanhoja, tavanomaisia pommeja. Näin syntyi HOBOS-järjestelmä (HOBOS = Homing Bomb System), jossa tavanomaisiin pommeihin liitettiin hakeutumis- ja ohjautusjärjestelmät. Pommien runkoina käytettiin 907 kg ja 1 361 kg:n pommeja, jotka varustettiin joko televisio- tai infrapunahakupäällä ja ohjaussiivekkeillä. Pommit otettiin laajamittaisesti käyttöön vuonna 1969 Vietnamin /33, s. 74/.

Televisio- ja infrapunaohjattujen pommien suuret kustannukset pakottivat etsimään halvempia ratkaisuja ja eräänä mahdollisuutena nähtiin olevan laser-tekniikan hyväksikäyttö. Kehitys laserin käyttöön ottamisessa oli nopeaa, olihan laserin periaatteet esitetty vasta vuonna 1958 ja laser-ilmio demonstroitu vuonna 1960 /34, s. 1/. Ensimmäiset PAVEWAY-sarjan pommit esiteltiin jo vuonna 1967 ja tämän jälkeen laser-tekniikka on nopeasti vallannut osan merkittävänä heitteiden hakeutumisjärjestelmänä.

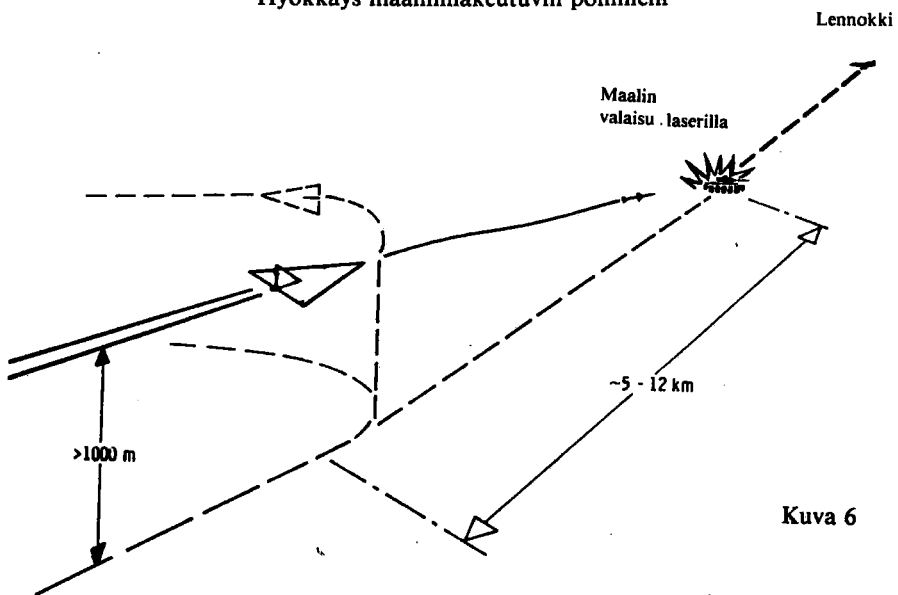
Kuvassa 5 on esitetty periaatteellinen piirros pommiin kiinnitettävästä laser-hakupäästä. Noin metrin pituisessa kärjessä on kaksi toisistaan erottuvaa yksikköä; ilmaisinyksikkö ja ohjausyksikkö, jotka on kytketty toisiinsa vapaasti kääntyvällä nivelellä. Ilmaisinyksikössä on neljä pii-ilmaisinta, joiden avulla havaitaan kohteesta heijastanut laser-valo. Haitallisen taustasäteilyn vaikutus on eliminoitu rajaamalla ilmaisiin pääsevä aallonpituuskaista hyvin kapeaksi optisin suodattimin. Ilmaisinyksikön keskiakselin osoittaessa suoraan heijastuslähteeseen ovat pii-ilmaisimen lähtösignaalit yhtäsuuret ja muuttuvat erisuuruiseksi keskiakselin suunnan kääntyessä pois heijastuslähteestä. Lähtösignaalit syötetään ohjausyksikössä olevaan laskimeen, joka puolestaan ohjaa ohjaussiivekkeitä. Ohjaustoiminnan periaatteena on pitää pii-ilmaisimen lähtösignaalit yhtäsuurina, jolloin pommin lentosuunta on aina kohti maalista heijastunutta laser-valoa /34, s. 18—19/.

Pommiin kiinnitettävä laser-hakupää

Kuva 5



Hyökkäys maaliinhakeutuvien pommein



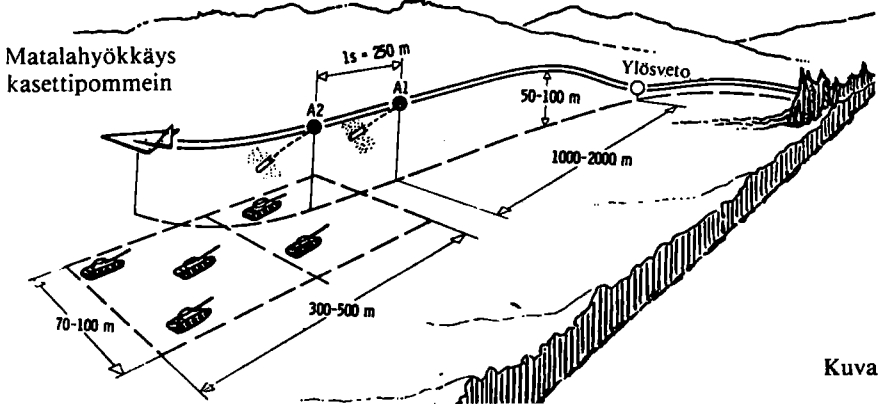
Kuva 6

Maalin laser-valaisu voidaan suorittaa joko maasta tai ilmasta. Ilmasta valaisu voidaan suorittaa joko rynnäköivästä koneesta tai toisesta ilma-aluksesta. Rynnäkkökoneen itse valaistessa maalia se menettää mahdollisuuden väistää välittömästi pommin irroituksen jälkeen ja joutuu useimmiten liian lähelle kohdetta mikä saattaa merkitä tuhoutumista hyökättäessä suojattuja kohteita vastaan /35, s. 43/. Vaikeuksia maalin valaistuksessa pidetään eräänä laser-järjestelmän käyttökelpoisuutta alentavana tekijänä. Taisteluketän häiriytyissä olosuhteissa on osoittautunut erittäin vaikeaksi ajoittaa hyökkäys valaisun kannalta oikea-aikaiseksi ja toisaalta elektroninen häirintä, savut ja sääolosuhteet heikentävät erikoisesti laser- ja televisiojärjestelmän käyttöä /36, s. 20/.

Kuvassa 6 on esitetty periaatteellinen hyökkäysmenetelmä käytettäessä maaliin haaveutuvia pommeja. Hyökkäyskorkeuden täytyy olla suhteellisen suuri, jotta pommi saadaan ballistiselle radalleen. Maalina on piirroksessa panssarivaunu, jota ei voida pitää edellä esitetyistä tarkkuuteen liittyvistä syistä pommiaseistukselle tyypillisenä maalina.

2.4.2 Kasetti- ja sirotepommit

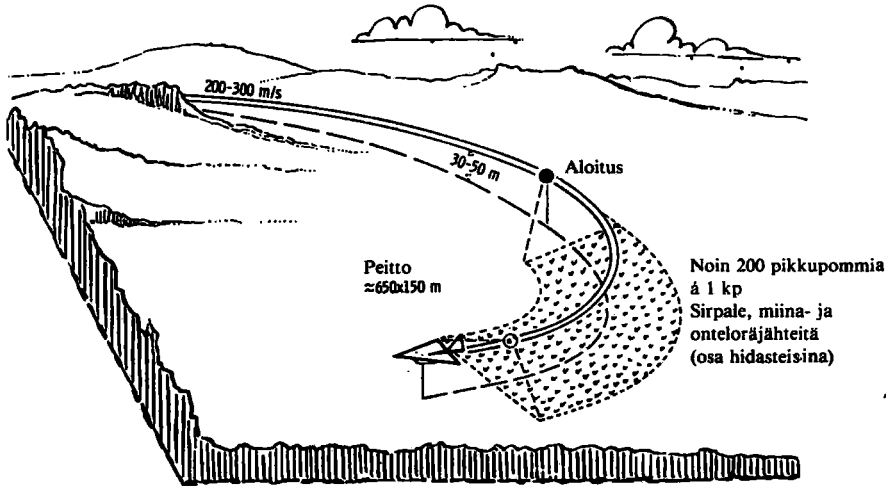
Tulivaikutukseen pääsemiseksi aluemaaleja vastaan kehittivät amerikkalaiset Vietnamin sodan aikana ns Cluster-pommit. Ideana pommi ei ollut kuitenkaan uusi joskaan Cluster-pommin varhainen muoto, mörssäristä singottu kranaattikimppu, jota käytettiin jo yli 100 vuotta sitten, ei muistuta muuten kuin toimintaperiaatteeltaan nykyistä Cluster-pommiä. Kuten kohdassa 2.1 jo mainittiin käytetään tässä kirjoituksessa nimitystä kasettipommi, kun tarkoitetaan englanninkielistä vastinetta Clusterbomb ja nimitystä sirotepommi, kun tarkoitetaan pommiin pudotus- tai paremminkin levitysmenetelmää, joka tunnetaan käsitteestä: ”Bomblet dispenser”. Jälkimmäinen eroaa edellisestä siinä, että pommit levitetään rynnäkkökoneesta kiinni pysyvistä säiliöistä. Kasettipommi sen sijaan pudotetaan lentokoneesta ja kasetin auettua pommit leviävät maalialueelle. Periaate-erot selviävät myös oheisista kuvista 7 ja 8.



Kuva 7

Matalahyökkäys sirotepommein

Kuva 8



Palveluskäytössä olevista kasettipommeista lienevät tunnetuimpia amerikkalaiset ROCKEYE I ja II pommit sekä englantilainen BL 755 -pommi. Rockeye I sisältää 247 ja Rockeye II 717 pikkupommia. BL 755 kasettipommi painaa 272 kg ja sisältää 147 pikkupommia. Pommin vaikutusalaksi ilmoitetaan 45 x 150 m². Tutkimuksissa on todettu, että pommin teho taistelujoukkoja vastaan (elävä voima ja ajoneuvot) on moninkertainen verrattuna tavanomaisiin heitteisiin (kranaatit, raketit ja pommit) /35, s. 43/.

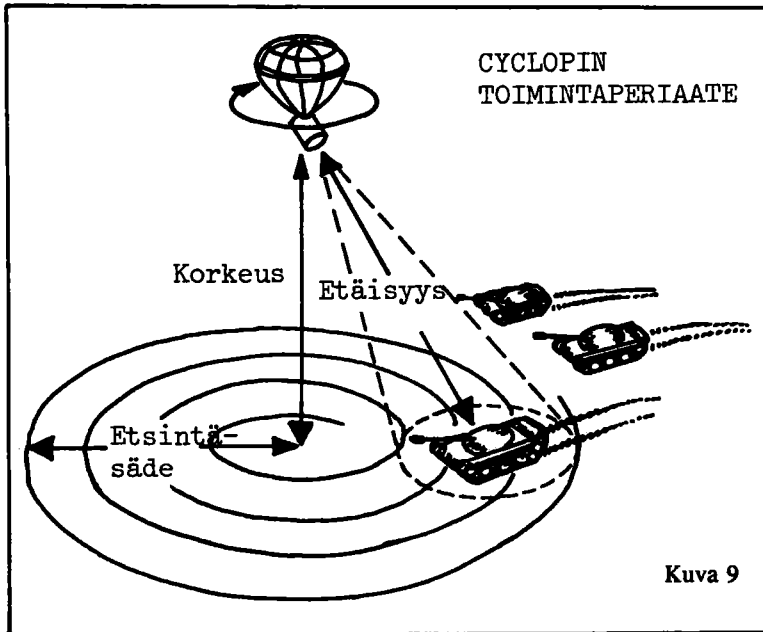
Sirotepommeja ovat kehittäneet lähinnä ranskalaiset ja saksalaiset. Ranskalaisten kehittämän GIBOULEEn, joka sisältää 60 tai 120 pikkupommia, vaikutusala on 20 x 100 m². Pikkupommit on sijoitettu pommikasetissa oleviin laukaisuputkiin, jotka riittävän hajontakuvion saamiseksi osoittavat eri suuntiin. Kussakin putkessa on viisi pommia, jotka laukaistaan ulos tietyllä ajoituksella. Ohjaaja voi tarvittaessa säätää ajoitusta, jolloin hajontakuvio muuttuu. Pikkupommit on tarkoitettu sirpalepommina elävää voimaa ja heikosti suojattuja kohteita vastaan ja varustettuna ontelokärjillä ne pystyvät läpäisemään 250 mm terästä /35, s. 44/.

GIBOULEE-pommin pohjalta ranskalaiset ovat kehittäneet BELUGA-pomminsa, joka sisältää 151 pikkupommia. Pikkupommeja on kehitetty kolmea eri tyyppiä; sirpalekranaatti, ontelokranaatti ja miinakranaatti. Beluga on kasettipommi, josta pikkupommit laukaistaan säteittäisesti. Pikkupommissa samoin kuin itse pommikasetissa on jarrutusmekanismi, joka takaa halutunlaisen vaikutusalueen pommille ja toisaalta myös riittävän iskukulman pikkupommeille. Ohjaaja voi valita ennen pommin laukaisua halutun vaikutusalan. Väitetään, että neljällä Beluga-pommilla varustettu Jaguar-rynnäköhävittäjä pystyy lamauttamaan hyökkäysryhmityksessä olevan pansarivaunukomppanian /29, s.78/.

Saksalaisten Tornado-rynnäköhävittäjää varten kehittämä MW 1 (Mehrzweck Waffe 1) sisältää 224 pikkupommiä, jotka on suunniteltu käytettäväksi ensisijaisesti panssareita vastaan. Pikkupommit voivat olla aktiivisia ja räjähtävät iskusytyttimellä tai passiivisia, jolloin ne on varustettu elektromagneettisella ja akustisella sytyttimellä ja toimivat kuten panssarimiinat /37, s.53/.

Nykyisten kasetti- ja sirotepommiin heikkoutena on se, että rynnäkkökone joutuu lentämään maalialueen yli. Pyrkimyksenä onkin kehittää kaseteista sellaisia, että ne pystytään laukaisemaan maalialueen ulkopuolelta (vrt standoff-weapons). Laukaisun jälkeen kasetit ohjautuvat maalialueelle, jossa pikkupommit laukaistaan. Tässä mielessä kasetit muistuttavat lennokkeja tai risteilyohjuksia, joskin käytettävät menetelmät tulevat olemaan huomattavasti yksinkertaisempia ja halvempia.

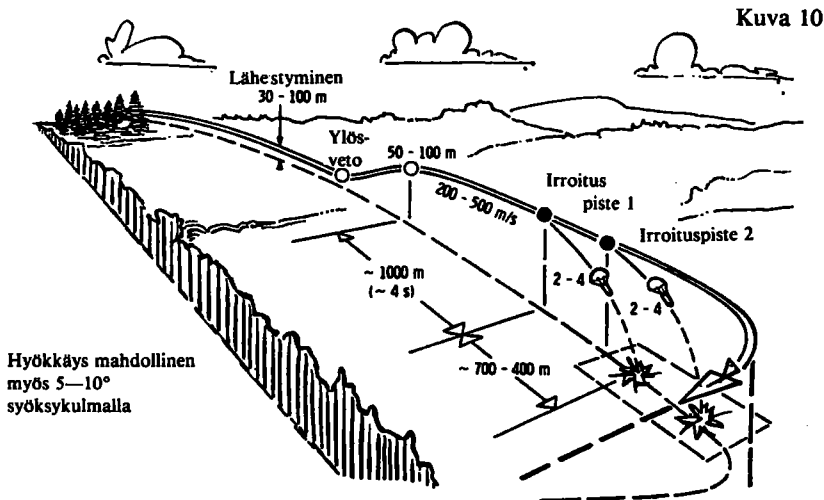
Tehokkuuden edelleen lisäämiseksi kehitetään myös pikkupommeille omaa hakeutumisyjärjestelmäänsä. Hakeutumisyjärjestelmissä tultaneen käyttämään samoja menetelmiä kuin muissakin täsmäaseissa eli televisio-, infrapuna-, laser- ja tutkatekniikkaa. Eräänä esimerkkinä tämänkaltaisesta kehitystyöstä mainittakoon USA:n ilmavoimien WAAM-ohjelma (WAAM = Wide Area Antiarmour Munitions). Kuvassa 9 on esitetty tähän ohjelmaan kuuluva pikkupommin, ns Cyclopin kehitemä. Pommi putoaa varjon varassa samalla keilaten alapuolella olevaa maalialuetta joko infrapunalaitteella tai millimetrialloilla toimivalla etsimellä. Havaittuaan maalin pommi räjähtää sopivalla, ennalta määrätyllä etäisyydellä maalista.



2.4.3. Jarruvarjopommit

Jarruvarjopommien kehittämistarve johtui lähinnä käyttöön omaksutusta lentotaktiikasta ja rynnäkökohteista. Hyvin suojattuihin kohteisiin, kuten lentotukikohtiin, hyökkääminen edellytti rynnäköintiä matalalla. Lennettäessä matalalla ei sirpalevaaran vuoksi voitu käyttää tavanomaisia pommeja, vaan kehitettiin pommiin jarruvarjomekanismi, joka hidasti pommin iskeytymistä kohteeseen niin paljon, että pommittava lentokone ehti turvalliselle etäisyydelle. Jarruvarjon käytöllä saavutettiin myös pommille suurempi iskukulma, mutta toisaalta iskuenergia pieneni vähentyneen nopeuden johdosta. Nopeuden lisäämiseksi onkin eräisiin pommeihin kiinnitetty apuraketit, joiden avulla kasvatetaan pommin iskunopeutta sen jälkeen kun jarruvarjon avulla on saavutettu suuri iskukulma. Kuvassa 10 on esitetty matalahyökkäysmenetelmä jarruvarjopommein.

Matalahyökkäys jarruvarjopommein



Esimerkkinä edellä kuvatuista jarruvarjopommeista mainittakoon ranskalaiset Durandal ja BAP 100. Durandal painaa 200 kg, josta taistelukärjen osuus n 15 kg. Pommin irrottua lentokoneesta avautuu pommista jarruvarjo, joka hidastaa pommin nopeutta niin, että turvallinen etäisyys lentiokoneeseen saavutetaan. Tämän jälkeen avautuu toinen varjo, joka kääntää pommin 30—40° iskukulmaan estäen näin mahdollisen kimmoamisen. Varjon irrottua syttyy ruutiraketti, jonka työntövoima on 90 kN ja paloaika 0.45 sek. Durandal iskeytyy maahan nopeudella noin 260 m/sek. Pommi läpäisee 40 cm betonia ja taisteluosa räjähtää yhden sekunnin viiveellä tehden viisi metriä halkaisijaltaan, kaksi metriä syvän räjähdyskuopan. Pommi murtaa esim kiitotien pintaa 250 m²:n alueelta.

BAP-100 toimii samoin kuin DURANDAL. Sen taistelukärki painaa 3,5 kg ja pommi pystyy tunkeutumaan 30 cm:n vahvuisen betonin läpi murtaen pintaa 50 m²:n alueelta. Viivästystä säättämällä pommi saadaan räjähtämään 1 sekunnin — 6 tunnin välillä. Seikka mikä vaikeuttaa huomattavasti raivausta /40, s. 1015—1016/.

Jaguar-rynnäköhävittäjällä suoritettavat kokeet ovat osoittaneet, että 2 400 m pitkä ja 45 m leveä kiitotie pystytään vaurioittamaan lentokelvottomaksi 90 % varmuudella käyttäen 18 BAP-pommiä /39 s.784/. Kuvassa 11 kiitotiealue BAP-100 pommin koeräjäytyksen jälkeen /39, s.782/.

Kuva 11



Eräs uusimmista jarruvarjopommeista on ranskalainen MODULAR-pommi (Modular Bomb), jota kehitettäessä on pyritty luomaan ase, joka on halvempi kuin kasettipommi, mutta tehokkaampi kuin tavanomainen pommi. Pommi on tarkoitettu pansaroihtuja ajoneuvoja sekä tutka- ja ohjusasemia vastaan. Pommi muodostuu suuresta pommikasetista, joka sisältää kaksi tai kolme 100 kg:n pommia. Kasetin irrottua lentokoneesta tulevat pommit jarruvarjojen vetäminä ulos kasetista tietyin väliajoin. Pommin vaikutus perustuu ensisijaisesti sirpalevaikutukseen ja kolme pommia peittää 600 x 200 m²:n suuruisen alueen /39, s.782/.

2.4.4 Napalm- ja FAE-pommit

Napalm-pommien osalta kehitystä ei juuri ole tapahtunut. Kuitenkin napalmia pidetään elävää voimaa vastaan taisteltaessa, varsinkin kesäolosuhteissa tehokkaana aseena ja mahdollisuus sekä valmius napalmin käyttöön on useimmilla olemassa. Nykyinen bensiini-perusteinen napalm-hyytelö pyritään mahdollisesti korvaamaan tule-

vaisuudessa pidempään palavalla trietyyli-alumiini- ja polyisobutuleenipohjaisella ai-
neella, joka saavuttaa palaessaan 3 500 °C lämpötilan /41, s. 170/.

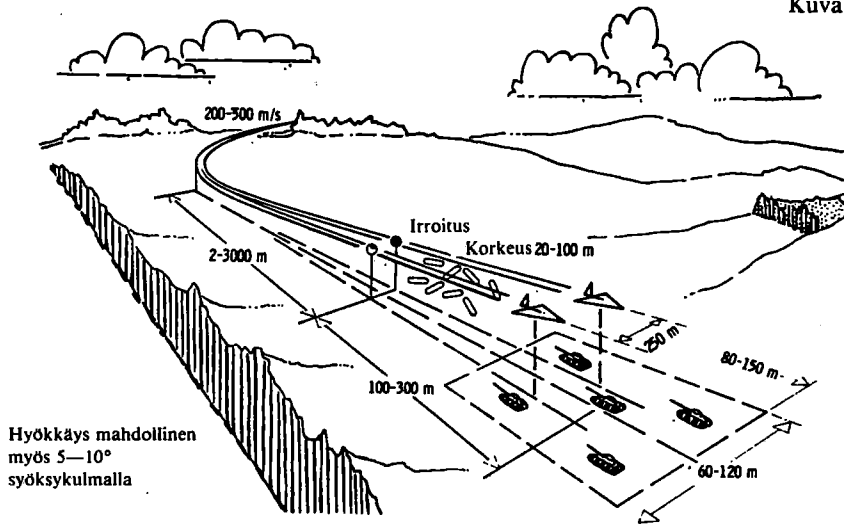
FAE-pommit (FAE = Fuel Air Explosive) (aerosolipommit) ovat olleet käytössä
Vietnamin sodan ajoilta vuodesta 1970 alkaen. Pommin kehittämiseksi nähtiin monia
etuja:

- palamiseen tarvittavaa happea ei tarvita sijoittaa pommiin ja pommi on täten
painoa verrattaessa tehokkaampi kuin konventionaalinen räjähdde
- räjähdde tuottaa tasaisen paineaallon, myös peitteisessä ja epätasaisessa maastos-
sa ja
- räjähdemassa oli halvempi kuin tavanomaisten pommien räjähdemassa /42, s. 20—
23/.

Pommeja käytettiin Vietnamin sodan aikana ensisijaisesti helikopterilaskupaikko-
jen raivaamiseen sekä miinakenttien räjäyttämiseen. Tällä hetkellä lienee kehitteillä
FAE-pommien kolmas sukupolvi, johon tulisivat kuulumaan suuret FAE-pommit ja
FAE-taistelukärjet /43, s. 992-996/.

Kuvassa 12 on esitetty matalahyökkäys napalm-pommein.

Kuva 12



2.5. Rynnäkköohjukset

Nykyiset rynnäkköohjukset ovat kehittyneet 1960-luvun loppupuolella ja ne on
otettu laajempaan taktilliseen palveluskäyttöön 1970-luvun alkuvuosina. Ohjusten ke-
hityksen mahdollisti tuohon aikaan tapahtunut nopea edistys elektro-optisten laittei-
den sovellutuksissa. Ohjusten parantunut tarkkuus ja suurentuneet laukaisuetäisyydet
loivat yhdessä ohjautuvien pommien kanssa perustan edellä mainituille käsitteille täs-

määseet (Precision Guided Munitions) ja torjuntatulen ulkopuolelta laukaistavat aseet (Standoff-weapons). Ohjuksissa käytetty hakeutumistekniikka on tehnyt niistä erittäin monipuolisia ja vaikeasti torjuttavia aseita. Tämä on todistettu viimeksi tämän vuoden toukokuussa Falkland-kriisin yhteydessä, jolloin argentiinalaiset käyttivät menestyksellisesti Exocet-ohjuksia englantilaisia aluksia vastaan. Ohjusten hakeutumisessa käytetään apuna televisio-, infrapuna-, laser- sekä tutkatekniikkaa ja hakeutumisjärjestelmät voivat olla passiivisia, puoliaktiivisia tai aktiivisia.

Eräs tunnetuimmista rynnäköhjuksista lienee Maverick, joka on suunniteltu lähitulitukiohjukseksi pieniä hyvin suojattuja maaleja vastaan (panssarivaunut, panssaroidut ajoneuvot, kantalinnoitetut asepesäkkeet ja ohjusten laukaisuasemat). Ensimmäinen Maverick-mallista (AGM—65A) on varustettu televisio-hakupäällä, jonka näkökenttä on 5°. Ohjuksen B-versiossa on samanlainen televisio-ohjausjärjestelmä kuin A-mallissa, mutta parannettu hakupää lisää laukaisuetäisyyttä. Televisio-ohjattujen ohjusten maksimiampumaetäisyydeksi suuria kohteita vastaan ilmoitetaan 15—20 km ja ohjuksissa on 56 kg:n taistelukärki. Televisio-ohjattavia ohjuksia seurasi kehityksessä laser-ohjus, AGM-65E, jonka hakupää ottaa vastaan maalista heijastunutta, koodattua laser-säteilyä, lukittuu maaliin ja ohjautuu kohteeseensa ilman että laukaisevan koneen ohjaaja on välttämättä edes nähnyt maalia. Laukaisuetäisyys ei riipu maalin koosta vaan ainoastaan siitä, että etsimeen heijastuva laser-säteily on riittävä. Käytännössä ampumaetäisyydet ovat olleet samaa luokkaa kuin televisio-ohjatuilla ohjuksilla, mutta maalit ovat voineet olla kooltaan huomattavasti pienempiä. Laser-ohjatut Maverick-ohjukset tulevat tuotantoon tämän vuoden aikana. Suurimman osan em ohjuksien tuotannosta vie kuitenkin lähitulevaisuudessa infrapunaetsimellä varustetut Maverick-ohjukset (AGM-65 D ja F) mikäli ohjus osoittautuu käytössä niin käyttökelpoiseksi kuin mitä testitulokset osoittavat. TV- ja laser-ohjuksiin verrattuna infrapunaohjus on huomattavasti käyttökelpoisempi sään suhteen ja sen häirinnänsietokyky on hyvä. Infrapunaetsimen hakupää on hyvin herkkä ja se pystyy lukittumaan myös taustaansa kylmempään kohteeseen. Digitaaliseen muistiyksikköön ohjelmoidut toimintaohjeet auttavat väistämään häirintää ja parantavat hakeutumista. Maverick-ohjuksien hyvään kilpailukykyyn asemarkkinoilla on ennen kaikkea vaikuttanut ohjuksen helppo huollettavuus ja osien standardisointi /44, s. 1463-1468/.

Erään merkittävän ryhmän rynnäköhjuksista muodotavat ns tutkaan hakeutuvat ohjukset. Ohjusten ohjautuminen maaliin perustuu maalina olevan tutkan lähettämän sähkömagneettisen energian vastaanottamiseen. Ensimmäinen palveluskäyttöön tullut tutkaanhakeutuva ohjus on SHRIKE (AGM-45), jota on valmistettu tähän mennessä yli 30 000 kappaletta kahtenatoista eri versiona. Shrike-ohjuksen maksimitoimintaetäisyys on 16 km ja ohjus sisältää 66 kg:n painoisen esisirpaloidun taistelukärjen, joka räjähtää lähisytyttimen avulla 20—30 m:n korkeudella maalin yläpuolella /44, s. 64—65/. Tehon ja toimintaetäisyyden lisäämiseksi kehitettiin Shrike-ohjuksen pohjalta AGM-78 Standard-ohjus, jonka toimintaetäisyydeksi ilmoitetaan 25 km ja taistelukärjen painoksi noin 150 kg. Ohjus on varustettu TIAS-järjestelmällä (TIAS = Target Identification and Acquisition System), joka laskee ohjuksenlentoaradan.

Ohjus jatkaa lentoaan maalia kohden vaikka maalina oleva tutka sulkisi lähettimensä. Edellisten ohjusten väliin suuruusluokaltaan asettuu kehitteillä oleva AGM-88 Harm-ohjus. Ohjus on varustettu digitaalisella lennonvalvontajärjestelmällä ja tutkaetsimellä, jonka taajuusalue kattaa hyvin laajan alueen. Ohjus kykenee toimimaan sekä pulssi-doppler- että monopulssitutkia vastaan ja siinä on kolme toimintamoodia:

- varoitustila, joka tutkavaroitimien avulla varoittaa maaleista ja identifioi ne
- etsintämoodi, joka etsii maalit ohjuksen herkän hakupään avulla ja
- toimintamoodi ennalta tiedusteltuja maaleja vastaan jolloin lentorata on voitu ohjelmoida etukäteen ohjuksen ohjainyksikköön /46, s. 1819/.

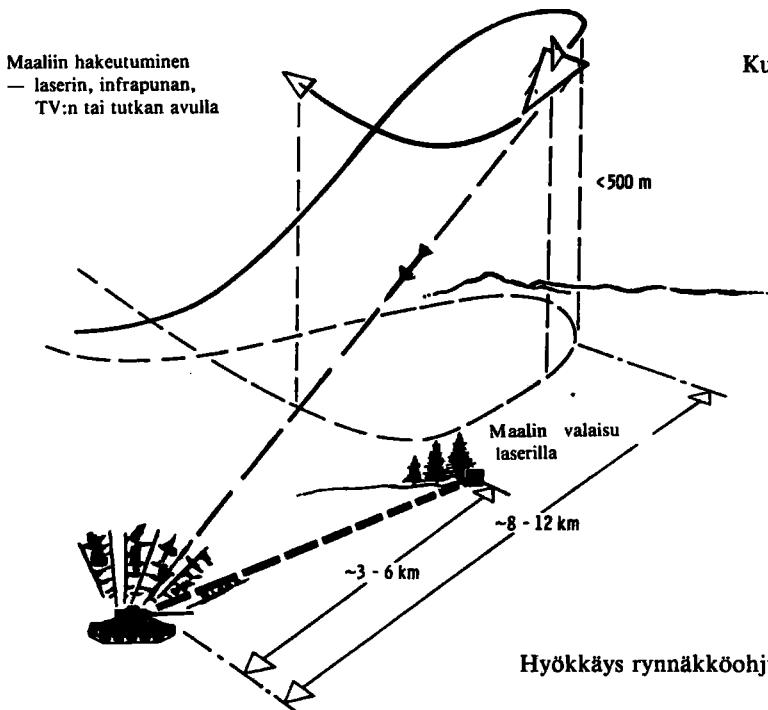
Merimaaleja vastaan suunnitelluista ohjuksista ovat saksalainen Kormoran, amerikkalainen Harpoon ja ranskalainen Exocet tällä hetkellä tunnetuimpia ohjusjärjestelmiä. Ohjusjärjestelmien toimintaperiaatteet ja ohjusten lentoradat ovat lähes samanlaiset. Laukaisun jälkeen ohjus käyttää yleensä inertiajärjestelmää suunnistuksessa maalia kohden ja ohjuksissa olevaa aktiivista tutkahakeutumista käytetään vasta lentoradan loppuvaiheessa. Ohjukset ovat vaikeasti häiritävissä ja mikäli ohjus lentää esimerkiksi korkean merenkäynnin vuoksi yli maalin, räjäyttää lähisytytin ohjuksen 160—230 kg:n taisteluosan. Kormoran ohjuksen tehokas kantama on noin 30 km.

Exocet-ohjuksella se on noin 50 km ja Harpoon-ohjuksella lähes 100 km. Falklandin kriisi osoitti Exocet-ohjuksien tehokkuuden ja on oletettavissa, että ohjuksien häirinnänsietokykyä pyritään lähitulevaisuudessa parantamaan edelleen.

Panssaritorjunnassa ovat helikopterit osoittautuneet erinomaisiksi nopeutensa, liikehtelykykynsä ja riittävän asekuormansa perusteella. Tällä hetkellä ovat voimakkaan kehityksen alaisena sekä infrapuna- että laser-tekniikkaan perustuvat ohjusjärjestelmät. Puoliautomaattinen komento-ohjautusjärjestelmä (Semi-automatic command-to-line-of-sight) on käytössä BGM-71 A Tow-ohjuksissa, jotka on juuri otettu käyttöön Lynx AH 1 -helikopterin aseistuksessa. Hughes'n AH-64 tulitukihelikopteri on varustettu 16 Hellfire-ohjuksella, joissa on laser-hakupää. Ohjusten maksimikantamaksi ilmoitetaan 5 km ja ne voidaan laukaista kohteeseensa myös maastoesteiden takaa mikäli valaisu tapahtuu maasta ja riittävän läheltä kohdetta. Rockwell-yhtiö on kehittämässä myös millimetrialtaoalueella toimivaa etsintä, jonka avulla parannettaisiin jokasään toimintakykyä (Helicopter Adverse Weather Target Acquisition and Destruction System) /48, s. 816/. Kuvassa 13 on esitetty hyökkäys rynnäkköohjuksin.

2.6. Johtopäätöksiä

Yleisenä kehityssuuntana voidaan kaikkien asejärjestelmien kohdalla nähdä tarkkuuden ja tehon sekä ampuvan ilma-aluksen selviytymistodennäköisyyden lisäämispyrkimykset. Tykkiaseistusta tultaneen edelleen käyttämään heikosti suojattuja kohteita, kuten kuljetusajoneuvoja ja marssirivistöjä vastaan. Osumistarkkuuden ja ampumaetäisyyden kasvaessa lisätyn nopeuden ansiosta saattavat raketit muodostaa tulevaisuudessa hyvin käyttökelpoisen asejärjestelmän häirityissä olosuhteissa. Lähitulevaisuudessa kehityksen painopiste lienee kuitenkin täsmäaseiden edelleen kehittämi-



Kuva 13

sessä. Taistelu olosuhteita ja häirintää vastaan on alkanut myös yksittäisen heitteen osalta. Aseiden kehitystä suosivat edelleen laskeva elektronisten laitteiden hinta ja pienentynyt koko, jotka mahdollistavat myös vanhenevan lentokaluston modifioinnin asejärjestelmien osalta. Oheinen sveitsiläisten esittämä arvio (kuva 14) lähitulituen prosentuaalisesta asejärjestelmäjakaumasta vuosille 1980—1995 osoittaa selvästi kasetti- ja sirotepommiin kasvavaa merkitystä. Rynnäkköohjusten ja ohjautuvien pommiin käytön painopiste tulee sen sijaan olemaan varsinaisen taistelualueen ulkopuolella olevien tärkeiden kohteiden tuhoamisessa /50, s.18—20, 31—34/.

Kuva 14

TORJUNTATULEN
ULKOPUOLELTA
LAUKAISTAVAT:

1, 2, 9

HYVIN
MATALALTA:

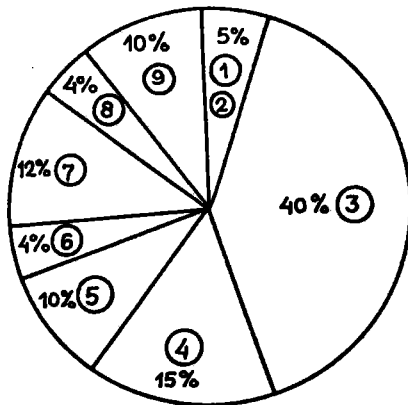
3, 5, 9

MATALALTA:

4, 6, 7

KORKEALTA:

1, 2, 8



- 1 RYNNÄKKÖOHJUKSET
- 2 OHJAUTUVAT POMMIT
- 3 SIROTEPOMMIT
- 4 KASETTIPOMMIT
- 5 NAPALM
- 6 JARRUVARJOPOMMIT
- 7 TYKIT
- 8 RAKETTI
- 9 HELIKOPTEREISTA LAUKAISTAVAT RYNNÄKKÖOHJUKSET

PÄÄTÄNTÄ

Edellä on pyritty luomaan käsitys siitä, mikä on ilmavoimien tiedustelu- ja asejärjestelmien tämänhetkinen kehitysvaihe ja mikä on kehityksen suuntaus. Viime vuosien aikana käydyt ja myös parhaillaan käytävät sodat eri puolilla maailmaa osoittavat selvästi, että moderni teknologia on muuttanut taistelujen luonnetta ratkaisevasti. Teknisesti kehittyneillä järjestelmillä on pystytty aiheuttamaan hyvin lyhyessä ajassa suuria tappioita. Esimerkiksi Yom Kippur -sodan aikana tuhoutui seitsemässä vuorokaudessa enemmän panssarivaunuja kuin toisen maailmansodan aikana Pohjois-Afrikan taisteluissa /51, s. 241/.

Kautta historian on ollut kuitenkin tunnettua, että myös edistykselliselle hyökkäysteknikalle löytyy ajanmittaan aina tehokas vastakeino. Elektroninen sodankäynti ei koske tulevaisuudessa yksinomaan johtamis- ja valvontajärjestelmiä, vaan tulee laajenemaan myös tiedustelu- ja asejärjestelmien vastatoimenpiteeksi. Edellä esitettyjen kehitettävien tiedustelu- ja asejärjestelmien käyttö- ja koulutuskustannukset tulevat olemaan huomattavasti korkeampia kuin nykyisin palveluskäytössä olevilla järjestelmillä ja tämä on omiaan hidastamaan ko järjestelmien laajamittaista käyttöönottoa. Yksinkertaisilla vastatoimepiteillä tultaneen saavuttamaan merkittäviä tuloksia esimerkiksi täsmäaseita vastaan. Muun muassa Yhdysvalloissa käynnistetyssä laajassa, erilaisten savujen kehitystyössä on saavutettu hyviä tuloksia /49, s. 47/.

Edellä esitettyjen asejärjestelmien hankkimiseen, saati sitten kehittämiseen meillä on vain hyvin rajoitetut mahdollisuudet. Tämän vuoksi meidän tulisikin keskittyä hankkimaan riittävästi tietoutta em tiedustelu- ja asejärjestelmistä sekä kehittämään omia vastatoimenpiteitä, kuten valelaitteita ja naamiointia /52, s.9—11/. Lisäksi olisi muistettava, että yksinkertaistenkin muutoksien toteuttaminen taktiikassa ja koulutuksessa vie vuosia aikaa.

LÄHDELUETTELO

- 1) Alanko, J, kapteeni: Modernit lentotiedustelujärjestelmät. Oppilasesitelmä, Sotakorkeakoulu, Helsinki 1970, 40 s.
- 2) Barracuda Camouflage: Military Surveillance, Methods and devices, AB Teleplan, Solna, Sweden 1973, 53 s.
- 3) Vuolevi, Matti, ye-majuri: Lämpökuvauksen sotilaalliset sovellutukset, Tiede ja Ase, Suomen Sotatieteellisen Seuran vuosijulkaisu n:o 38, 1980, s.178—196.
- 4) Glansholm, D: Optronik apparater och teknik Linköping 1980, Försvarets forskningsanstalt, FOA rapport C 30183-E, 113 s.
- 5) Welzer, W, Oberstleutnant Dipl.-Mil: Die taktische Luftaufklärung, MilitärWesen 8/1976, s.70—72.
- 6) Korkisch Friedrich W: Luftaufklärung (II), Öster Milit. Zeitschrift, Heft 5/1981, s.391—396.
- 7) Uosukainen, Seppo: Aisti-ilmavalvonnan teknilliset apuvälineet. Maanpuolustuksen tieteellinen neuvottelukunta, raporttisarja C, 1/C/1982 167 s.

- 8) Makkonen, L: Pimeännäkölaitteiden nykytaso, kts lähde n:o 7.
- 9) Dodds, Arthur: Air Reconnaissance. October 1981, s.699—701.
- 10) Warwick, Graham: Photo-reconnaissance, Flight International, 1 November 1980, s.1694—1709.
- 11) Vårt spaningsflyg av i dag, Flygvapen Nytt 1/79 s 17—32.
- 12) Vuolevi, Matti, ye-majuri: Kuvantulkinnan ja sen opettamisen välineistö ja metodiikka. Tiede ja Ase, Suomen Sotatieteellisen Seuran vuosijulkaisu n:o 37, 1979, s.199—243.
- 13) Oerlikon: Electronic Reconnaissance Film viewer for Aerial Photographs, System Autophon, Esite, 4 s.
- 14) Ashbaugh, John F: The Detection and Identification of Manmade Objects from Aerial Reconnaissance Photographs, Air Force Institute of Technology Ohio 1973.
- 15) Tikkanen, T: Katsaus infrapunatekniikkaan, Espoo 1976, VTT/Teletekniikan laboratorio, tutkimuslous, 19 s.
- 16) FOA orienterar om infrarödteknik. Toim Lundqvist, N-H. Julk Försvarets Forskningsanstalt, Tukholma 1975, 76 s.
- 17) Fagerlind, S: Aktuelle teknik för militära spanings- och siktessensorer. Kung. Krigsvetenskapsakademiens Handlingar och Tidskrift 5/1978, s.234—254.
- 18) L'Loyd, D B: Staring IR sensors. Military Electronics/ Countermeasures (1979) Nov s.58—61, 92—94.
- 19) L'Loyd, D B: Staring IR Sensors, Part II. Military Electronics/Countermeasures (1979) Dec s 32—39.
- 20) Stewart, S R & Beard, J L: Study and Investigation on Infrared Multispectral Target Cueing Techniques, Michigan 1979. Environmental Institute of Michigan, Night Vision Laboratory, 131500-9-F. (NTIS AD/A-074799) 157 s.
- 21) Artbutnott, J, M.A. The Bae Infra Red Linscan Equipment and Real Time Developments Military Electronics Defence Expo' 78. Conference Proceedings, Interavia Switzerland s.809—820.
- 22) Ekengren, Birger: Inexpensive radar mapping by Ericsson SLAR. Military Electronics/Defence Expo' 78 Conference Proceedings, Interavia S.A. Geneva Switzerland, s.769—777.
- 23) Jolley, James & Dotson Charles: Synthetic Aperture Radar Improves Reconnaissance, Defense Electronics September 1981, s.111—115.
- 24) Van Dijk, Robert: Scanning Radar or SLAR; which is best for sea surveillance? Interavia 10/1981, s. 1000—1002.
- 25) Larsson, Lars-Göran, Airborne Flir Experiences from flight tests. Military Electronics Denfense Expo' 79. Conference Proceedings, Interavia S.A. Geneva Switzerland, s.479—486.
- 26) Nikunen, Heikki, ye-everstiluutnantti:
Lentotiedustelu tuottaa tietoja, rynnäköinti tappioita, Sotilasaikakauslehti, toukokuu 1982, s. 360—462
- 27) Miettinen, Jorma K, professori: Eräitä uusimman sotilasteknologian kehityspiirteitä.
II Parlamentaariselle puolustuskomitealle 18. 2. 1976 annettu asiantuntijalausunto
- 28) Choose Your Weapons, The Gun, artikkelisarja Flight International, 5 Jyly 1980, s 43—44
- 29) Flume, Wolfgang, Flugzeugbewaffung WT 6/81, s. 71—84
- 30) Davis, James M LtCol, Aids to Night Combat Marine Corps gazette, March 1981, s 46—52
- 31) Vuolevi, Matti, ye-majuri: Optroniikka pimeätaistelun apuna, Sotilasaikakauslehti, toukokuu 1982, s. 390—393
- 32) Arbeitsgruppe "Luftkriegswesen", Wo stchen die taktische Fliegerknäfte zu Beginn der achtziger Jahre? Truppendienst 2/1982, s. 119—126, 185
- 33) Payne Brian, Bombs Renaissance by Terminal Guidance Natós Fifteen Nations, October—November 1980, s. 72—78
- 34) Laserteekniikan käyttömahdollisuudet maanpuolustuksessa, Matine raporttisarja C, 1/c/1978, 124 s.
- 35) Precision—Guided Ammunition and Special Air Ordnance, Aerospace International/July—August 1980, s. 42—44
- 36) Keith Donald, LT Gen, The Pragmatics of Precision Guided Munitions, Signal, September 1980, s. 19—22
- 37) Mehrzweckwaffe MW-1 für den "Tornado", Militärtechnik 1/1979, s. 53
- 38) The Vison Suppliers, Flight International, 4 April 1981, s. 979—988
- 39) Gilson, Charles, A Family of Air-to-Ground Weapons from Brandt, International Defense Review 6/1981 s. 781—784

- 40) Can the runway survive? *Flight International*, 3 October 1981, s. 1015—1016
- 41) Verbesserte Napalmbombe. *Kampftruppen/ Kampfunterstützungstruppen* 4/1981, s. 170
- 42) Blomqvist, G: Fuel air explosives, *Armenytt* 4/1977 s. 20—23
- 43) Johansson, G: Fuel air explosives revolutionize conventional warfare, *International Defense Review* 9/1977, s. 992—996
- 44) Geddes, Philip J: Maverick Missile Enters New Phase, *International Defense Review* 11/1981, s. 1463—1468
- 45) Alder, Konrad: Air Defense Suppression In a Central European Theatre, *Armada International* 2/1980/E, s. 60—76.
- 46) US anti-radar missile completes tests, *Flight International*, 19 December 1981, s. 1819
- 47) Guided Missiles, *International Defense Review Special Series-10*, Interavia, Geneva 1980, 167 s.
- 48) Gaines, Mike: The Armour busters, *Flight International*, 21 March 1981, s. 815—818
- 49) Bulger, Johan P, Lieutenant Colonel, *Obscurants: Countermeasures to Modern Weapons*, *Military Review* May 1982, s. 45—53
- 50) Luftverteidigung in den 80 er und 90 er Jahren, *Schweizerische Kriegstechnische Gesellschaft, Allgemeine Schweizerische Militärzeitschrift*, Huber & Co. AG. Presseverlag, 8500 Frauenfeld, 1981, 92 s.
- 51) Hartman, Richard: Standoff-weapon considerations vs on-board aircraft ew-systems, *Military Electronics Defense Expo' 79*, Conference Proceedings, Interavia S.A. Geneva Switzerland, s. 239—250
- 52) Miettinen, Jorma K, professori: Yö- ja lämpönäkölaitteista sekä vastatoiminnan tärkeydestä, *Alustus Pääesikunnan yhteistyöryhmälle* 7. 5. 1979, 22 s.