

ÖSSZEFOGLALÓ A LÉGI HARCÁSZATRÓL ÉS LÉGVÉDELMI ESZKÖZÖKRŐL, TECHNIKATÖRTÉNET

Ez a mű azok számára készül akik érdeklődnek a haditechnika iránt, de ismereteik korlátozottak. Ez a „rövid” összefoglaló remélhetőleg segít képbe kerülni – főleg angolszász – terminológiával, elnevezésekkel, típusokkal és típusjelzésekkel, természettudományos alapelvekkel, harcászati és technikai alapokkal.

„Kötelező” irodalomként ajánlanám az *Aranyas* magazinban megjelent „*Ha rövid a kardod*” című 5 részes cikksorozatot *Zord Gábor* Lászlótól és a „*Pilótasuli*” című 6 részes cikksorozatot *Kárpáti Endrétől*. Az elsőt az *Aranyas* magazin 2003 évfolyam 4,7-10-dik számában lehet megtalálni, a másodikat ugyanezen évfolyam 4-9 számaiban. Ezen felül annyi *Top Gun* magazint (2001 szeptemberéig) és *Aranyas*-t (2001 decemberétől) amihez csak hozzá tudtok férni.¹

Sajnos igen nehéz teljes vagy részletekbe menő képet adni a téma terjedelme miatt. Sok év alatt szerzett ismereteimet próbálom minél jobban besűríteni ebbe a műbe. Ahhoz remélhetőleg elég lesz, hogy az olvasó lássa és remélhetőleg meg is értse a nagy összképet, de a részletes technológiai megoldásokkal és finomságokkal terjedelmi okok miatt nem lehet foglalkozni, de ez jelen estben nem is cél. Az írásban található információkkal el lehet indulni, amennyiben kitart a lelkesedés és érdeklődés, a további ismeretszerzéshez ez az írás megfelelő alap lehet. Az angol *Wikipedia* kiindulásnak nem rossz, de azért nem kell szentírásnak venni minden esetben.

Aerodinamikáról, hajtóművekről és sok egyéb rendszerről, amitől repülőgép egy repülőgép nagyon keveset lesz szó. Akit érdekel, az nézzen utána vagy kérdezősködjön fórumokon. A cikkek megadják a kezdő löketet, a többi az olvasón áll. Egyes dolgok lehet, hogy kicsit (vagy nagyon) elnagyoltak (vagy esetleg pontatlanok) lesznek. Ez mű igen nagy témát átfogó jellegéből következik. Egy vérbeli szakember valószínűleg belekötne egyes dolgokba, de ez az összefoglaló **nem nekik készült**. Számtalan dolog, amiről szó esik amúgy is titkos, csak becslések, „közvetett bizonyítékok”, esetleg kiszivárgott információk vagy csak simán szóbeszédnek állnak rendelkezésre.

Képeket nem nagyon teszek be, hiszen a mai internetes képkeresőkkel az összes említésre kerülő harceszkörről könnyedén lehet sok és jó minőségű fotót találni, arra azért érdemes figyelni, hogy milyen átírásban keressen az ember.

A cirill betűs ábécéből való átírások pontatlanok lehetnek és egyes helyeken inkább a közismertebb angol átírást használom – vagy a magyart, ha éppen az tetszik – mert az elterjedt a hazi vagy külföldi internetes fórumokon. Pl. levegő – föld rakétánál a **H-31** típust lényegében az angol nyelven mindenütt **Kh-31** néven találhatja meg az ember, ezért mindenhol ezt a terminológiát követem.

¹ <http://www.mediafire.com/?sharekey=7f14074ff0e1c710ab1eab3e9fa335ca6049737380fff702>

Aki érdeklődik, az alábbi oldalon felteheti kérdéseit, több területen nálam tájékozottabb emberek szívesen válaszolnak az *sg.hu* Haditechnikai fórum topikjában ² és az *index.hu* légvédelmi rakétás fórumában.³ A két legnagyobb – légvédelmi rakéták és katonai repülés – témával kapcsolatban jól tájékozott emberek írnak mindkét fórumba, de természetesen itt a HTKA oldalon is vannak a témában jártas és elmerült kommentelők. Természetesen sok más repüléssel és haditechnikával foglalkozó oldal is van magyar nyelven is. Ezek elérhetőségét a dokumentum végén megtalálod.

² <http://www.sg.hu/listazas.php3?id=1074537255>

³ <http://forum.index.hu/Article/showArticle?t=9120320>

Tartalom

1. Jelölésrendszer, NATO kódjelzések és orosz elnevezések	4
2. Repülőgépek feladatköre, repülőgép típusok	10
3. Bevetések típusainak angol rövidítése, bevetési profilok.....	15
4. „Elektronikus csatatér”, rövid „mi micsoda?” SARH, AESA, ECM és a többiek.....	20
4.1. Repülőgép fedélzeti radarok, radarvezérlésű légharc rakéták.....	20
4.1.1. Repülőgép fedélzeti és földi telepítésű radarok alap jellemző	20
4.1.2. Légharc rakéták rávezetési módjai	25
4.2. AWACS, földi rávezető rendszerek.....	29
4.3. SAM rendszerek és hagyományos csöves légvédelmi tűzéréség.....	32
4.4. Repülőgép fedélzeti önvédelmi rendszerek, védekezési módok, radar keresztmetszet...44	
4.5. Infravörös légharc rakéták, szenzorok egyéb rávezetési módok	62
5. Légitankolás.....	74
6. Vadászgépek generációs besorolása	78
7. Egy kis aerodinamika	86
8. Fenyegetések és ellenlépések	96
8.1. Repülőgépek által indított vagy használt fegyverek.....	96
8.2. Föld- vagy vízfelszíni rendszerek által indított rakéták vagy használt fegyverek.....	97
8.3. Ellentevékenységek lehetséges módozatai.....	98
8.4. Védekező manőverek	99

1. Jelölésrendszer, NATO kódjelzések és orosz elnevezések

A hidegháború idején a Szovjetunióban a legegyszerűbb harceszközök is, gyakorlatilag mind titkosnak minősültek, mindennek a nevét és típusjelzését betegesen titkolták. A helyzetet tovább bonyolította, hogy minden fegyvernek vagy repülőgépnél volt gyártmány jelölése, a csapatoknál is volt egy jelölése és a tervezőirodában is volt egy megnevezése. Még további bonyolító tényező a **GRAU** kód. **GRAU** kód a tüzér főcsoportfőnökség által kiadott elnevezés,⁴ például a *Sztrela-2 GRAU* kód szerinti neve a **9K32** (szám-betű-szám), de ilyen csak a szárazföldi, illetve az ebből kifejlesztett légi és vízi eszközök kaptak, vagyis a légiharc rakéták nem.⁵

Az **USA** és a **NATO** is ezért fenntart(ott) egy (majdnem) logikus kódrendszert. Mostanában már nem követik a logikát, nem tudom mi okból kifolyólag.⁶ Ez a rádiókommunikációt és azonosítást segítette. Az **USA** csak típus megjelölést használt, angol rövidítésből és sorszámozásból álló rendszert hozott létre. A **NATO** kód minden egyes szovjet és kínai repülőgép kategóriához vagy fegyverfajta-hoz hozzárendelt egy kezdőbetűt, ez alapján adtak kódnevet mindennek. Persze ma már többnyire ismertek az szovjet/orosz megnevezések is.⁷

Mivel részletes és pontos információkat sokszor nem sikerült szerezni, ezért egyes esetekben több altípus könyveltek el, mint ami a valóságban volt, de fordított eset is előfordult. A szovjetek egyes helyekre „butított” – degradált – verziókat adtak el különféle repülőgépekből és légvédelmi rendszerekből.⁸ Legtöbbször ezt azt jelentette, hogy különböző elektronikával adták a külsőleg egyező gépeket. Egyes típusokról ma már kideríthetetlen, hogy valójában pontosan milyen verziót milyen rendszerekkel adtak el. Következzék néhány példa a jelölésekre és elnevezésekre, az **USA** kód és **NATO** kód egyszerre van feltüntetve egymás után.

- Helo, helikopter, **H** – *Mi-24 Hind*, *Mi-8 Hip*
- Fighter (aircraft), vadászgép, **F** – *MiG-29 Fulcrum*, *Szu-27 Flanker*. A jelölés mondjuk már ekkor sem volt teljesen következetes, mert a csapásmérő és „vadászgép méretű” támadógépeket is ebbe az osztályba sorolták, ilyenek például a *Szu-25*, *Frogfoot* és *Szu-24 Fencer*.
- Bomber, bombázó, **B** – *Tu-22M Backfire*, *Tu-16 Badger*, *Il-28 Beagle*.
- Föld-levegő légvédelmi rakéták – *SA-9 Gaskin*, *SA-2 Guideline*, *SA-6 Gainful*. A g kezdőbetű a névben valószínűleg a 'guided' szóra utal a névben, ami irányított rakétarendszerre utal. Az **SA** rövidítés a 'surface to air' szavakat takarja, tehát szárazföldi telepítésű rendszerkről van szó. Több ilyen rendszernek volt navalizált, hajóra telepített verziója, ezek rövidítése **SA-N** (surface to air –

⁴ Pl. a *MiG-21F-13* az *MiG-21* család egy tagjának rendszeresített típusjelzése volt. A tervező irodai jelzése *Je-6T* volt, ipari jelzése pedig „74-es gyártmány”.

⁵ Nem biztos, de valószínűleg igaz. (Tarr Gábor)

⁶ A *Kh-41* levegő-felszín rakéta nem 'K' kezdőbetűs, ahogy elődei voltak, hanem a *Sunburn* elnevezést kapta. A *Moskit* / *Sunburn* azért lett "S" kezdőbetűs, mert hajó-hajó rakétaként indult, a hajóról indítható rakéták/robotrepülőgépek pedig "S" kezdőbetűsek. Nem hoztak létre külön jelölés / besorolást a légi indítású változatra, hanem megtartották azt. (Cifka Miklós kiegészítése.)

⁷ http://en.wikipedia.org/wiki/NATO_reporting_name

⁸ Az **USA** fegyverexportjánál is bevett gyakorlat volt.

naval) betűnek kezdődött. A leggyakrabban használt rövidítés a légvédelmi rakétákra a **SAM**. Ez 'surface to air missile', a levegő föld rakéta angol megnevezése.

A szovjetek a légvédelmi rakétarendszereket egyébként jellemzően folyókról nevezték el, de persze itt is vannak kivételek. A legtöbb rakétarendszernek tovább fejlesztett változata is létezik, ezért több nevük is van, növelve a zavart.

- Levegő-föld rakéták, air to surface, röviden **AS** – **AS-6 Kingfish**, **AS-4 Kitchen**, **AS-10 Karen**.⁹
- Levegő-levegő légiharc rakéták (Air to Air, röviden AA), **A** – **AA-2 Atoll**, **AA-11 Archer**, **AA-10 Alamo**, **AA-7 Apex**.
- Szállító repülőgépek (Cargo), **C** – **Il-76 Candide**, **An-72 Coaler**, **An-24 Coke**.

Az első szovjet / orosz légtérelenőrző gépek nagyon egyediek és különlegesek voltak. A **Tu-126 Moss** típusjelzéssel bíró gépek szó szerint „sufniban barkácsoltak” voltak, úgy vették darabokban a hozzávalókat. Szovjetunióba a hidegháború alatt csak különleges elbírálás után volt lehetséges bármiféle fejlett technológia exportja a nyugati országokból, Japánból és többnyire ezek szövetségeseitől is.¹⁰ Emiatt kialakult az a sajátos helyzet, hogy belsőleg nem volt két egyforma **Tu-126**. Az újabb légtérelenőrző az **Il-76** szállítógép alapjain létrehozott légtérelenőrző **A-50 Mainstay**. (Az szovjet / orosz légtérelenőrzők 'M' betűvel kezdődő nevet kaptak.)



E-3 Sentry (bal) és **A-50 Mainstay** (jobb) légtérelenőrző gépek.

Az **USA** vadász- (fighter), támadó/csapásmérő- (attack / strike) és bombázó (bomber) repülőgépeinél is néha kavardás van a jelölések között, mert egyes gépeket vadászgépeknek kezdtek fejleszteni, de aztán más lett belőlük. Ilyen pl. a csapásmérő/bombázó gépek volt nagyágyúja a '60-as évektől az **F-111**. Még az amerikai légierőben a **SAC**¹¹ (*Strategic Air Command*) is rendszeresítette

⁹ Fogalmam sincs, hogy miért K betűkódot kaptak ezek...

¹⁰ Már a COCOM lista előtt is ott korlátozták a fejlett technológia exportját, nem csak elektronikai iparra vonatkozott bármire, aminek elősdeleges felhasználása nagyban segítette volna a szovjet hadiipart. Ez lényegében a keleti blokk gazdaságát is megfektette és hosszútávon nagyon komolyan hozzájárult a Szovjetunió összeomlásához. Ez azonban már egy másik történet.

<http://www.youtube.com/watch?v=nLnD4fOQ6YM>

¹¹ A SAC '92-ben megszűnt. Azóta többször is átszervezték a nukleáris fegyverek feletti szervezeti fennhatóságot.

stratégiai célokra, mint nagy hatótávolságú atomfegyver hordozó – némi átalakítás után – holott eredetileg nem ilyen céllal tervezték A módosított gépek típusjelzése **F-111**-ről **FB-111**-re változott.¹²

Az **F-117** estében más a helyzet. Az első „lopakodó” (stealth) – ez valójában csökkentett észlelhetőséget takar – repülőgép volt, de csakis csapásmérésre tervezték. Azonban megtévesztés céljából kapta ezt a típusjelzést, ezzel is védték a titkot.

Tovább bonyolítja a helyzetet, hogy egyes feladatkörök néha nehezen választhatók el egymástól. Az utóbbi évek konfliktusaiban előfordult, hogy olyan gépekkel támadtak taktikai célokat, amiket stratégiai feladatok végrehajtására terveztek és viszont. Ezen kifejezések magyarázata később következik. Az európai nemzetek néha csak neveket adtak vasmadaraiknak, de típusjelzést nem.

Néhány példa a repülőgép típusjelzésekre az **USA** légierijénél és haditengerészeténél.

- Támadó/csapásmérő gépek (attack) – **A-10 Thunderbolt II**, **A-4 Skyhawk**, **A-6 Intruder**, **A-7 Corsair II**, **A-1 Skyraider**. Itt a vadászoknál kakukktojás **F-111** és az **F-117**, mingkettő csapásmérő . Az **AV-8 (Harrier)** típusnál a 'V' betű a vertical szóra utal, képes függőleges leszállásra a típus.
- (Nehéz / Interkontinentális)Bombázó repülőgépek (bomber) – **B-52 Stratofortress**, **B-1B Lancer**, **B-2 Spirit**. Félig kakukktojás az **FB-111**.
- Vadászrepülőgépek (fighter) – **F-15 Eagle**, **F-16 Fighting Falcon**, **F-14 Tomcat**, **F/A-18 Hornet**, a „teenager” széria gépei. Az **F-111** tervezése után újakezdték a számozást az összes repülőgépnél – harcjárműveknél is – az egységesítés jegyében.
- Elektronikai zavaró gépek – **EF-111A Raven**, **EA-6B Prowler**¹³
- Légtérelőző gépek (**AWACS**, Airborne Warning and Control System) – **E-2 Hawkeye**, **E-3 Sentry**, bár ide tartozik az **E-8 Joint STARS**. Ez az **AWACS** „szárazföldi verziója”, a földi és vízi célokat követi figyelemmel. A legmodernebb gépek ma már mindkét funkció egyidejű ellátására képesek lehetnek, persze a szárazföldi célok esetén erősen korlátozottan.
- Légiutántöltő gépek (kerosene cargo) – **KC-135 Stratotanker**, **KC-10 Extender**
- Szállító gépek (cargo) – **C-130 Hercules**, **C-5 Galaxy**, **C-17 Globemaster**, **C-141 Starlifter**

A függesztmények – fegyverek vagy konténerek – jelölése is viszonylag logikus.¹⁴ Mindig egy előtag utal a fő feladatkörre, hogy micsoda aztán egy számsor következik, ami a konkrét típust azonosítja. A légiharc rakétáknál ez **AIM** (Air Intercept Missile) előtag és számozás.

¹² <http://htka.hu/2010/04/11/general-dynamics-f-111-aardvark-avagy-a-rettegett-foldimalac/>

¹³ Első karakter a specializált feladatkört mutatja, a többi része az alaptípusra utal.

¹⁴ <http://www.designation-systems.net/usmilav/jetds/an-aa2ad.html>, Az oldal tetején lehet végigmenni ABC sorrendben, a lent megnyíló oldalakon magyarázva vannak a jelölések és az oda sorolható elemek is fel vannak tüntetve.

A levegő föld (felszín)¹⁵ rakéták az **AGM** (Air to Ground Missile) előtaggal és számozással jelöltek, a célravezetésük sokféleképpen történhet. Lehet radaros, passzív, infravörös, lézeres és televíziós és passzív radaros. A lézerirányítású bombák rövidítése **LGB** (Laser Guided Bomb), de a típusjelzésük **GBU** (Guided Bomb Unit). A résztölteteket tartalmazó fegyverek jelzése **CBU** (Cluster Bomb Unit). Ezeket kazettás vagy fürtös bombának is szokták hívni. Itt is vannak kivételek, pl. **Mk-20 Rockeye** kazettás bomba, de a típusjelzése nem erre utal. A valóságban a résztöltetek igen sokféle kombinációban lehetnek jelen egyetlen bombán belül is akár. Ezeket betű-szám(betű) kombinációval tüntetik fel. Pl.: **CBU-58A**, **CBU-58B** vagy **CBU-58A/B**.¹⁶

A különféle elektronikai konténerek jelzése **AN/ALQ** és számozás. Az elektronikai védelmi rendszerek, radar besugárzásjelző és zavarótöltet szórók az **AN/ALE** kódolással jelöltek. Az újabb **GPS** vezérlésű bombák is **GBU** kódot viselnek (**JDAM** család), a **GPS** vezérlésű siklóbomba család tagjai is az **AGM** típusjelzést viselik (**JSOW** program).

A típusjelzés után az altípusokat további számokkal vagy betűkkel szokás megkülönböztetni. Például az **AIM-9 Sidewinder** légiharc rakétából az idők során létezett már **B, D, E, G, H, J, L, M, N, P, S** és **X** verzió, de még ezeknek is voltak modifikációi. A Sidewinder M változatának egyik legutolsó szériás variánsa az **AIM-9M8**. Az egyes verziók nem feltétlen **ABC** sorrendben követik egymást.¹⁷

A hagyományos szabadesésű bombák kódjele az **Mk** és utána számsor. A harci része az lehet többféle is, de általában nagy erejű robbanóanyag (**HE**, High Explosive) vagy napalm / gyújtó¹⁸ de léteznek egyes bombáknak páncéltörő verziói „kemény” célok ellen, betonbunkerek, rakétasilók, stb. Nem függesztmény, de akkor ide sorolom a vadászgépek fedélzeti radarjai lokátorok jelölését is, ezek **AN/APG** előtaggal rendelkeznek

Egyes fegyverek / fegyvercsaládok a típusjelzésen kívül rendelkezhetnek hivatalosan is névvel. Az USA lézerirányítású bombái a **Paveway** családnevet viselik, már negyedik generáció tagjait gyártják ebből.¹⁹ Egyes gépekre a sajtó vagy az üzemeltető személyzet által ráaggatott becenevek is léteznek. Az **F-117** esetében a **Nighthawk** csak úgy „ráragadt”. Az **A-10** típust gyakran hívják varacskos disznónak (**Warthog**). Nem az a hivatalos neve, csak egyesek szerint körülbelül annyira elegáns a repülőgép.²⁰ A **B-52** interkontinentális bombázót is sokszor csak **BUFF**-nak „becézik”. Jelentését nem írom le ide mert elég trágár, aki tudni akarja, hogy mit jelent, az járjon utána. ☺

Vannak viccesebb becenevek vagy csak olyanok, amik a gép szerepkörére utalnak, de ragadvány nevet sokszor ellenfelek is adtak harceszközöknek. Az afgán mudzsahedinek a **Mi-24** harci helikoptert ördöghintónak „becézték”, de az **A-10** típust hívták már „suttogó halálnak”, mert csendes hajóműveit

¹⁵Érdekes, hogy a szovjet levegő-föld rakéták **AS** rövidítést kaptak az amerikaiaktól, de a saját ugyanilyen kategóriájú fegyverek típusjelze **AGM**.

¹⁶Annyira nem egyszerű a helyzet, mert a bombákban levő szóró rendszereknek és a bombatestnek is van elnevezése az amerikai fegyveres erőknél, de néha egész bombára is ezt értik. (Ebben nem vagyok biztos.)

¹⁷<http://www.sci.fi/~ftg/aim9.html>

<http://www.designation-systems.net/dusrm/m-9.html>

¹⁸icendary

¹⁹Ennek semmi köze a vadászgépek generációs besorolásához. Egyszerűen **Paveway I, II, III** és **IV** megnevezése az egyre fejlettebb fegyvereknek.

²⁰Szerintem kifejezetten szép, de kinek mi tetszik...

2-3 km távolságból már nem is nagyon hallani. Az **F-117** típust karbantartói „Toxic Avenger” névvel is illették a mérgező festése miatt.

A szovjet/országi fegyverek jelölése is követi nagyjából a fenti a logikai elveket. A légi harc rakétákat típus – szám és betű jelöléssel látták el, a csapatoknál ez a jelölésforma a használt. Amelyikből van infravörös és radaros verzió is, ott **R** kód van a számsor után, ez jelöli a radaros verziót és **T** az infravöröset. Pl. **R-23R** vagy **R-23T**. A **NATO** kódban a számok után alfanumerikus karakterekkel jelölik az egyes altípusokat, tehát az **R-23** két eltérő verziója **AA-7A** és **AA-7B** Apex vagy az **R-27** Alamo különböző típusai az **R-27R** és **R-27ER** esetén **AA-10A** és **AA-10C**.

A bombáknál és rakétáknál már igen nagy a variációs lehetőség és az ebből adódó kavardóság. Vannak főbb bombatípusok, de utána még egyéb rövidítésekkel különböztetnek meg speciális változatokat és a főbb bombatípusok jelzései egyben más bombák altípusait is jelölhetik vagy például azt, hogy rakéta póthajtásúak vagy ernyős fékezésűek vagy bármi mást. Következzenek a főbb típusok. (Fonetikus átírásban, én nem tudok oroszul.)

- **FAB** = Fugasznaja Aviacionnaja Bomba. Repülőgépek fedélzeti rombolóbomba. Az USA Mk bombacsaládjának megfelelő bombák.
- **OFAB** = Oszkolacsznaja Fugasznaja Aviacionnaja Bomba. Repesz-romboló bomba.
- **BetAB** = Betonbojnaja Aviacionnaja Bomba. Betonromboló légi bomba, kifejezetten kifutópályák ellen.
- **ODAB** = Objemno Detoniujuscsaja Aviacionnaja Bomba. Aeroszolos töltetű bomba.
- **KAB** = Korrektimjemaja Aviacionnaja Bomba. Korrigált zuhanású légibomba. Ez lehet infravörös, TV, rádió parancsvezérelt vagy lézeres vezérlésű is, lényeg az, hogy precíziós.
- **PTAB** = Protyivo Tankovij Aviacionnaja Bomba. Páncéltörő bomba.
- **KMGU** = Kontejner Mglogabanitnih Guzov. Minibombák szórására alkalmas eszköz. A bombák kiszórása után is a repülőgépen marad. Lényegében a kazettás bombákhoz hasonló eszköz, csak nem egyszer használatos, és jobban variálható. Ilyen volt a **JP-233**-as egyes **NATO** légierőkben.
- **RBK** = Razovaja Bombovaja Kaszeta; Egyszer használatos kazettás bomba, a **CBU** orosz testvére.
- **ZAB** = Zazsigatyelnaja Aviacionnaja Bomba; Gyújtótartály, gyakorlatilag napalm bomba vagy valami hasonló.

Egy példa, pl. a **FAB-250 UKB**. 250 kg-os bomba nagy légellenállású vezérsíkkal. Vannak még egyéb bombák is (világító, füst, mélységi, gyakorló), de azok nem túl lényegesek. A szovjet/országi rakéták nagyrészt **Kh-XY** jelzéssel vannak ellátva. Ez alól kivétel pl. a **Tu-22M** gépek fő fegyvere a **KSR-5** levegő–felszín rakéta **NATO** kódjelük az **AS-XY**. Az orosz rakéták számtalan rávezetési módot alkalmazhatnak típusváltozattól függően. Aktív radaros, passzív infravörös, lézeres, televíziós, passzív radaros. Ezen rávezetési módon mikéntje később lesz taglalva.

Ezen kívül minkét oldalon léteznek még felderítő konténerek, amikbe különböző kamera rendszerek lehetnek elhelyezve. Régen csak filmre dolgoztak, de a digitális korszak beköszöntével már élőben, közvetlenül lehet a felderítési adatokat továbbítani.

A 2011-ben Líbia felett repülő gépeken hagyományos felderítő konténerek és digitálisok vegyesen fordultak elő. A franciák a *Reco NG* podokat használták a *Rafale* gépeken, a svédek pedig a **SAAB** moduláris podját a *Gripeneken*. A franciák a direkt felderítő feladatkörű *Mirage F.1CR* felderítő repülőgépet is használták a hadműveletek alatt. A korszerű lézeres célmegjelölő konténerek nagyfelbontású infravörös kamerái olyan minőségű képet adnak, hogy részben képesek kiváltani a filmre dolgozó rendszereket.

Ehhez annyit fűznék hozzá, hogy a „real time” felderítő rendszerek felbontó képessége régen messze elmaradt a filmre dolgozó rendszerekétől még a felderítő fotó felderítő műholdak estében is. Az, hogy még ma is így van -e, az megválaszolatlan kérdés. Szigorúan őrzött titok, hogy mi az igazság. Az speciális feladatkörű **SR-71 Blackbird** felderítő repülőgép nyugdíjazásában az is közrejátszott, hogy ez a különbség már nem olyan drámai, mint régen.

2. Repülőgépek feladatköre, repülőgép típusok

A régi időkben – egészen a '70-es évek végéig – a harci repülőgépek adott célra voltak tervezve, tehát csak egyetlen célra voltak igazán alkalmasak. Felderítésre, vadász feladatokra, csapásmérésre vagy stratégiai célok támadására különféle géptípusok voltak tervezve és rendszeresítve. Az első kivétel ez alól **F-4 Phantom II** volt, bár ez nem volt követelmény a tervezésekor, csak így alakult, bár sokoldalúságban azért messze nincs egy szinten egy modern 4., vagy 4+ generációs vadászgéppel. Korának legsokoldalúbb gépe lett és sok helyen még mind a mai napig első vonalbeli szolgálatot tölt be a géptípus, persze modernizálva.²¹

A '70-es évektől kezdve egy-két vadászgépet leszámítva nyugaton véget ért a fent említett felfogás. A vadászgépeknek, univerzálisaknak, azaz többfeladatúnak kellett lenniük.²² Néhány kivétel persze megint csak van. Az **F-15** alaptípusa (A és C változatok) egyfeladatos vadászgépek, de idővel annak áttervezésével született meg az **F-15E Strike Eagle**. Az **F-22 Raptor** is egyfeladatos vadászgépnek készült, de tervbe van véve feladatkörének kibővítése. Jelenleg **GPS** vezérlésű bombák közül néhány típus alkalmazására képes. Egy ideig néhol **F/A-22**-nek volt a gép típusjelzése megadva, de egy idő után ezt ejtették. Valószínűleg ennek inkább politikai természete volt, pénzszerzés céljából a program további finanszírozása érdekében. Az **F-117** is egyfeladatos gép, csak csapásmérésre alkalmas.²³

Az **F/A-18** típusnál egyértelműen meg van jelölve a típusjelzéssel a többfeladatúság, eleve ilyen gépnek készült. A **F-16** feladatköre később lett kibővítve, eleinte csak a **NATO** univerzális könnyű vadászgépének szánták.

Az elérendő célok között megkülönböztetünk taktikait és stratégiait a nyugati terminológia szerint. Stratégiai célok az ellenfél hátországa, ipari termelése, hátországi raktárai és közlekedési rendszere (logisztika), kommunikációs rendszere, interkontinentális ballisztikus rakéták silóinak, stb. elpusztítása. Összegezve azok a stratégiai feladatok, amik nem közvetlenül a harccselekményekhez közeli célok. Ez is elég pongyola megfogalmazás, de nagyjából lefedi a lényegét. Ezen célok eléréséhez általában igen nagy hatósugarú, tehát nagyméretű gépek szükségesek, ezek általában a hidegháború nagy bombázó gépei, melyek az elsődleges atomfegyver célba juttató repülőgépek. Pl. **Tu-95**, **Vulcan**, **Vailant**, **B-52**, **B-1**, **B-2** és az **FB-111**, ami egy kicsit kilóg a sorból.

Taktikai bevetések kifejezett az ellenfél harceszközeinek elpusztítására irányulnak. Fronthoz közeli raktárok, közlekedési csomópontok, radarok, harcjárművek, légvédelmi egységek, kommunikációs központok, parancsnokságok utánpótlási konvojok elpusztítása, repterek megbénítása, hajók elpusztítása és természetesen az ellenfél légierejének pusztítása. Ezen feladatokra különféle „vadászgép méretű” gépeket terveztek. Az **A-10 Thunderbolt II** például csakis az ellenség különféle

²¹Vagy nem. Irán F-4D gépeket üzemeltet, de lényegében mindenféle fejlesztés nélkül.

²²Bár a 4. generációs vadászok között a SEAD feladatkör még mindig egy külön kategória. A rövidítés magyarázatát lás később.

²³Sokáig hangoztatták, hogy a gép bármilyen fegyver használatára képes, ami elfér a bombakamrában, de ez maximum terv vagy elméleti elképzelés lehetett. A gép pályafutása során csak különféle lézer- vagy GPS vezérlésű bombák speciális változatait használhatta. Az bombák alap változatai nem minden esetben fértek volna el a bombatérben.

páncélos eszközeinek és járműveinek leküzdésére lett tervezve – orosz megfelelője a **Szu-25** – a többi klasszikus vadászgép vagy vadászbombázó hajtja végre a fentiek közül bármelyiket. Ilyen gépek pl. **F-16**, **F/A-18**, **F-15E**. Csapásmérésre alkalmasak a **Szu-24**, **F-111**, **A-6**, **A-7** és **A-4**. Helikopterek kizárólag taktikai feladatokat hajtanak végre.

A taktikai célok közül kiemelném az ellenfél légvédelmi rendszere ellen, főleg légvédelmi rakétarendszerek ellen folytatott tevékenységet. Angol terminológiával ezek a **SEAD** bevetések, Suppress Enemy Air Defenses – légvédelem elnyomása (és megsemmisítése). Ez olyan fontos és kiemelkedő, hogy az **USAF**²⁴ speciálisan erre a feladatkörre szánt gépeket szerzett be és üzemeltetett egészen a '90-es évek elejéig. Az első ilyen gép az **F-105F** volt, még a vietnámi háború idején, az akkori sikeres vadászbombázó átalakításával, később a gépek további fejlesztések után **F-105G** típusjelzéssel szolgált.²⁵ Egy idő után eljárt felette az idő, de csak 1984-ben vonták ki a hadrendből az utolsó példányokat. Ekkor már a csapásmérő verzió cirka 12 éve nyugdíjazva volt.

A már fent említett **F-4 Phantom II** gép átalakításával is létrehoztak egy ilyen nagyon specializált gépet, az **F-4G Wild Weasel** változatot. Ma már ez sincs szolgálatban. Ez nem a **SEAD** feladatkör hanyagolását jelenti, csak a mai többfeladatos gépek átvették a feladatkörét az ilyen egyfeladatos specializált típusoknak. Ez a **USAF** állományában jellemzően az **F-16 CJ/DJ** gépek feladata. Bár más **F-16** változat is képes **AGM-88 HARM** – speciálisan a radarok ellen kifejlesztett rakéta – hordozására és használatára, de az alkalmazást elősegítő **AN/ASQ-213** konténer (**HARM** Tagrgeting System – **HTS** pod) csak a **CJ/DJ** gépekre kerül fel többnyire, de mint minden másból, ebből sincs soha elég. Még az **USAF** költségvetése sem végtelen...

A légvédelmi célokat azért sorolom a taktikai célok közé, mert bár a szovjet honi légvédelmi töménytelen mennyiségű légvédelmi rakétarendszerrel bírt, de azok a **SEAD** feladatkörű gépek számára néhány hely kivételével – tengerekkel vagy óceánokkal határos szovjet területek – gyakorlatilag elérhetetlen hadműveleti mélységben voltak a Szovjetunió területén.

A szovjet terminológia eltér a fent említettől, három kategóriát különböztetett meg. Stratégiai, hadműveleti és harcászati célokat. A nyugati terminológia a hadműveleti és harcászati lényegében összemosza, ez a taktikai célokkal. Szovjet terminológia szerint A **Szu-25** és **A-10** repülőgépek harcászati célpontokat támadtak volna.

Harcászati célpontok lehetnek a támadó hadseregcsoport mélységeiben elhelyezkedő repterek, közlekedési csomópontok, raktárak, vezetési pontok. Stratégiai célpont lehet az ellenség politikai, katonai felső vezetése, nukleáris csapásmérő reje, a hadiipar szűk keresztmetszete, de valójában az ellenfél teljes polgári lakossága és civil infrastruktúrája is.²⁶ A kettő között levő hadműveleti célok nagyon hasonlóak lehetnek a harcászatihoz, de a behatolási mélység jóval mélyebb.

²⁴United States Air Force – Egyesült Államok Légierője. 1947-ben az USAAF megszűnte után lett önálló haderőnem.

²⁵Először kétüléses F-100F Super Sabre gépeket használtak speciálisan kiképzett személyzetekkel, de a gép felszerelése lényegében változatlan volt.

²⁶Ez utóbbiak a nukleáris elrettentés „veszteség oldalon levő” alapkövei.

Az nyugati terminológiában a frontvonalától számított 500-600 km távolságban érnek véget a taktikai célpontok, ennél nagyobb behatolási mélység nemigen megvalósítható. Ez szovjet hadműveleti tartomány vége, a harcászati legfeljebb 100 km behatolási mélységet takar.

A fenti megkülönböztetések inkább még a hidegháborúra voltak jellemzőek. Az utóbbi 10 évben többször is előfordult, hogy taktikai feladatot stratégiai bombázókkal hajtottak végre és fordítva. Például az *Allied Force* hadműveletben, Szerbiában **B-1B** bombázók iktattak ki egyes reptereket és **F-16C** vadászgépek bombáztak stratégiaiak mondott célokat. A **B-52H** és **B-1B** bombázók Irak és Afganisztán felett is láttak és látnak el nem stratégiai feladatot, hosszú őrjáratozási idejük miatt. Azt hozzá kell tenni, hogy ez nagyon drága mulatság és részben az **USAF** maradiságának eredménye. Idegenkednek a **COIN**²⁷ célokra tervezett gépek használatától, bár ez mostanában kezd megváltozni.²⁸

Itt jegyezném meg, hogy az **USA**-bantöbb, egymástól független haderőnem van. A *US Army* (hadsereg), a *USAF* (légierő) és *US Navy* (haditengerészet) és a *USMC* (tengerészgyalogság)²⁹. Tehát aki pilóta nem feltétlenül a légierőben szolgál. A haderőnemek közötti rivalizálás és „civakodás” végeredményeképpen *US Army* csak helikopterekkel rendelkezik – néhány kisméretű utas- és teherszállító géptől eltekintve – a többi haderőnem mind rendelkezik „telivér”, merevszárnyú harci repülőgépekkel. Ez egyben azt is jelenti, hogy a katonai teherszállítást lényegében a légierő látja el, közepes és nehéz szállító gépekkel csak a légierő rendelkezik.³⁰ Érdekes módon mindezülig egyetlen merevszárnyú repülőgéptípus volt, amit három – valójában négy, ha a *Nemzeti Gárdát* is ide számítjuk – haderőnem is használt. Ez a már többször emlegetett **F-4 Phantom II**. Az **F-35 Joint Strike Fighter** is ilyen lesz, a **USAF**, **USMC** és a *US Navy* három különböző variánsát fogja használni.

A fent említett célok elérését támogatják a tankerek, szállítógépek, elektronikai felderítő zavaró és egyéb rendeltetésű repülőgépek. Tankerek például a **KC-135 Stratotanker** és **KC-10 Extender**. Ez a két gép a polgári légi forgalomban repülő *Boeing B707* és **DC-10-es** átalakításából született. A szállítógépek között a **C-5 Galaxy** és **C-141 Starlifter** vitte a prímet, a hidegháború idején. A **C-141** utolsó példányait 2006 májusában nyugdíjazták, feladatait a **C-17 Globemaster III** vette át. Repülőgép hordozóra egyedüli szállítógépként csak a **C-2 Greyhound** képes leszállni, az elődje a **C-1 Trader** 1988-ban vonult nyugdíjba a flottától, az utolsó dugattyúmotoros erőforrással rendelkező gép volt a flotta állományában.

A szovjet / orosz oldalon az *Antonov* és *Ilyusin* tervezőirodák által tervezett gépek szolgálják a szállítási célokat. **An-12**, **An-22**, **An-24/26**, **Il-76** és társai. Sokáig csak a szovjet haditengerészeti légierő nehézbombázói voltak levegőben utántölthetők, lényegében az összes szovjet vadász- és csapásmérő repülőgép ezen kívül nélkülözötte ezt a képességet. A hidegháború alatt egyetlen kivétel a

²⁷ http://katpol.blog.hu/2008/11/21/coin_repulogepek_part_1

²⁸ Véleményem szerint az idiotizmus csúcsa. Más, olcsóbb megoldás is elképzelhető lenne, de az *USAF* vezetői nem szívesen látnak nem „kőkemény” harci gépeket a gépállományban.

http://legiero.blog.hu/2010/07/19/igazi_ujdonsagok_farnborough_bo

²⁹ A *US Coast Guard* (Parti őrség) független, de háború esetén a Haditengerészet venné át a parancsnokságát.. Egyes források szerint a *Nemzeti Gárda* is független, de eszközparkja nem korlátozódik egyetlen fegyvernemre. Az *NG* rendelkezik, repülőgépekkel, helikopterekkel, és különdéle szárazföldi járművekkel is.

³⁰ Az ötödik fegyvernemként emlegetett *US Coast Guard*, a parti őrség. Speciális *C-130* változatokat használnak.

„vadászgép méretű” repülőgépek közül a **Szu-24M** volt, 80-as évek közepétől kezdve volt légiutántölthető. Az újonnan gyártott gépek és minimális mennyiségben modernizált gépeket leszámítva az orosz gépeknél nem jellemző ez a képesség még ma sem. A szovjet légierő mennyisége és általános kiképzési színvonala (kevés repült óra) amúgy sem tette lehetővé a légitankolás széleskörű elterjedését a hidegháború alatt. Az **II-76**-os átalakításából született az **II-78 Midas** tanker.³¹ Létezett még a *Myasishchev M-4 Bison* gépből légiutántöltő verzió, de igen kis számban. A **Tu-16** haditengerészeti bombázónak is volt légiutántöltő változata. A légiutántöltés mikéntjéről később esik szó.

További fontos feladat a felderítés, ebből is van taktikai és stratégiai. Ezen gépek nagyrészt sikeres, de egyes esetekben már elavult típusok modifikált változatai. Ilyen pl. az **RF-4 Phantom** vagy **RF-5 Tiger**. Ezek taktikai felderítők. Ezek a gépek fegyvertelenek, a felderítő rendszerek bele lettek építve a gépbe. Többnyire a radar és a gépágyú helyére, a gép orrába kerültek ezek a rendszerek. A repülőgép így aerodinamikailag teljesen „tisztá” marad és gyors lesz, védelmüket pusztán az elektronikai önvédelmi rendszereik és a nagy sebességük adta. Elvben. A vietnami háborúban felderítők szenvedték el bevetés arányosan a legnagyobb veszteséget...

Léteztek igen nagy hatósugarú felderítők, nehézbombázók átalakított változatai, de a légvédelmi rakéták elterjedése teljesen kiszorította őket. Ilyen volt a **RB-47 Stratojet** és **RB-36 Peacemaker**. Ezek még az '50-es években szolgáltak. Szovjet/országi oldalon elterjedt felderítő gépek a **Jak-28**, **II-28** felderítő változatai voltak. Ezeken felül a **Szu-17/22**, **MiG-21RF** felderítő konténerrel és a **Szu-24MR**³². Az európai országokban rendszerint csapásmérő gépeket használtak felderítő konténerekkel, ilyen például a közös európai fejlesztésű *Tornado* és *Jaguar*. A svéd *Viggen* felderítő verziója rendelkezett beépített felderítő rendszerrel, ahogy a *Mirage III R* is. Ezek mind taktikai felderítők.

A felderítőgépek két igen különleges típusa az **U-2** – ezt a '60-as évek elejéig még csak a **CIA** használta – és utódja a felderítőgépek királya, az **SR-71**. Az előbbi típus *Francis Gary Powers* nyomán lett ismert, akit 1960. május elsején lőttek le SA-2 egy változatával a Szovjetunió felett. A repülőgép ekkor még csak filmre dolgozó felderítő rendszerrel rendelkezett. Az eddig felsorolt összes gépre igaz ez, ekkor még nem jött el a digitális korszak. A felsoroltakon kívül persze léteztek még egyéb felderítő gépek is.

A félreértések elkerülése végett a amerikai berepülések mindenféle nemzetközi jogot megsértettek, a gépek lelövése teljesen jogszerű volt. Több ezer km mélységben berepültek és megsértették a Szovjetunió légterét. Olyan különleges esetek is előfordultak a '50-es évek legelején – tehát még jóval az **U-2** megjelenése előtt – hogy **RB-47** gépek több ezer km mélyen berepültek az északi sarkvidék felől a Szovjetunió légterébe. Gyakorlatilag semmiféle légtérelőjárás nem volt akkoriban arrafele. A légtérsértések egyébként rendszeresek voltak a hidegháború során mindkét oldalon. Volt olyan év, mikor szovjet gépek egy év alatt 400 (!) alkalommal sértették meg csak Japán légterét, de az Északi-tenger felől Norvégia és Anglia légterébe is berepültek. Persze közel sem olyan

³¹ Érdekes, hogy ez is 'M' kezdőbetűs, mint a AWACS verzió, a Mainstay.

³² Az R a 'razvedcsik' rövidítése, a felderítő feladatkörre utal.

súlyosan estek, mint a fentiek, de a szovjet megközelítéssel élve ezeket a gépeket simán le lehetett volna lőni...³³

A fenti eset után még a kubai rakétaválság idején játszott jelentős szerepet az **U-2** típus, itt is lelőttek belőle egyet. A pilóta, *Rudolph Anderson* életét vesztette. Az **U-2** típust ezután módosították, a rakétafenyegetés miatt eredeti feladatkörében nem használták tovább az Egyesült Államokban.³⁴ és a '80-as években „real time” – valós idejű – felderítővé alakították, digitális formában élőben sugározta a felderítési adatokat a harcterről. Ezen gép nyomán kezdték fejleszteni a pilótánélküli – pontosabban gépben nem ülő (**UAV** – unmanned aerial vehicle) – felderítőgépeket, mint a *Predator* vagy *Global Hawk*. Az **SR-71** egy több mint 3-szoros hangsebességgel repülő különleges felderítőgép. Az szolgálati csúcsmagassága elérte egyes források szerint a 28-30 kilométert is.³⁵ 1989 végén kivonták őket, de '95-ben reaktiváltak néhány példányt. 2 év múlva végleg nyugdíjazták őket.

Léteznek még elektronikai felderítő / lehallgató gépek, ilyen pl. az **EC-135** és **EP-3**-as. Ez a két gép a *Boeing B707*-es és a *Lockheed Electra* gép átalakításából született. Ez **EP-3** még 2001-ben vált ismertté egy ideig az átlagember számára is, amikor egy kínai repülőgép – a kínai pilóta hibázott – egy ilyenrel ütközött össze.³⁶ Ezek lényegében elektronikus „porszívók”, mindenféle elektronikai jelet begyűjtenek, ezzel lehet egyfajta elektronikai adatbázist („elektronikus ujjlenyomat”) összeállítani és ellenséges radarokat bemérni vagy bármi más egyéb meg nem nevezett tevékenységet végezni. Elektronikai zavaró gépek az ellenfél légvédelmét vagy kommunikációs rendszerét bénítják meg. Erre szolgált például az **EF-111 Raven** és még ma is szolgál az **EA-6B Prowler**. Szovjet oldalon volt elektronikai zavaró változata például a **Szu-24**, **Il-28**, **Yak-28**, **Tu-16** gépeknek. Ennyire specializált és drága típusok kifejlesztése és fenntartása más országoknak már nagy falat volt. Az angoloknak van (volt?) még hasonló gépük, a *Nimrod*. Ezek egyes változata volt képes ilyen feladatok végrehajtására. A már említett légtérelenőrző gépek is nagyjából ebbe a csoportba sorolhatóak.

Már csak egy fő feladatkör maradt hátra az **ASW** vagyis (Anti Submarine Warfare) a tengeralattjáró elleni hadviselés. Erre különlegesen átalakított helikoptereket és repülőgépeket használnak. Ilyenek például az **S-3 Viking** – ezt váltótípus nélkül kivonta az amerikai haditengerészet – a **P-3 Orion** – ez utóbbi szintén a *Lockheed Electra* átalakításából született – vagy a **SH-60 Seahawk**.

Persze vannak még egyéb igen speciális feladatok. Lelőtt pilóták mentése, különleges csapatok helyszínre szállítása, ejtőernyős csapatok és felszerelés deszantolása, stb. Ezeket részben helikopterek, részben katonai teherszállító gépek látják el, de ennek az írásnak a terjedelmét nem igazán érintik. Rengeteg féle speciális helikoptert fejlesztettek ki jól bevált alapváltozatokon, de specializált változataikból jellemzően kis mennyiség repül az alapváltozatokkal összevetve.

³³ A szovjetek több estben is nemzetközi légtérben repülő elektronikai vagy fotofelderítő gépet is lelőttek...

³⁴ Tajvan kapott néhány példányt, Kína felett végeztek felderítő repüléseket. Legalább egy gépet lelőttek közülük.

³⁵ A csúcssebesség és csúcsmagassága a gépnek mai napig titkos.

³⁶ http://en.wikipedia.org/wiki/Hainan_Island_incident

3. Bevetések típusainak angol rövidítése, bevetési profilok

Az itt felsorolt bevetéstípusok az angolszász, de elsősorban az amerikai szemléletet tükrözik. Más légi erőkben valószínűleg ezek más néven futnak, de lényegében ezekkel átfedésben lehetnek.

- **DCA** – Defensive Counter Air. Egy konkrét célpont védelme a cél Ez lehet bármi. Híd, reptér, katonai bázis stb. Minden más védelme lényegtelen. A pontvédelem vagy bázis-légyvédelem elnevezés talán megfelelő terminológia.
- **BARCAP** – Barrier Combat Air Patrol. Egy adott légtér védelme a behatolóktól, nem konkrét célt védesz. Nagyobb területre terjed ki, tehát a **DCA** ennél specifikusabb. Jellemzően a repülőgép hordozók körül adnak ilyen a flotta védővadászai és a repüléstilalmi övezetek fenntartása során is ez a fajta terminológia él.
- **HAVCAP** – High Value Asset Protection Combat Air Patrol. Jellemzően **AWACS** vagy tankergép vagy más kiemelten fontos és/vagy nagy értékű repülőgép fedezete/kíséréte.
- **TARCAP** – Target Combat Air Patrol. Egy ellenséges célpont körzetében járőrözik az ilyen bevetést teljesítő gép és távol tart minden ellenséges vadászt. Általában akkor kerül sor erre, ha a célkörzetben sok célpont van egymás mellett és több hullám támad egymás után. Például egy repülőtér és a légvédelmének elpusztítása és még mellette levő híd vagy bármi más objektum elpusztítása. Lokális jellegű légifölény biztosítása a cél a hadművelet kezdeti szakaszában.
- **Intercept** – Elfogás. A feltehetőleg nagyon fontos célokra támadó nagy sebességgel közeledő ellenséges gépekre indítanak készülségi gépet.
- **Stand Off Jamming** – Elektronikus zavarógépek repülnek ilyen. Elektronikai zavarással támogatnak nagy támadó kötelékeket, óvják őket a légvédelmi ütegektől fenyegetésétől, főleg **SAM** rendszerektől. A légvédelmi rendszerek hatósugarán kívül járőröznek vagy a kötelékkel együtt is repülhetnek. Az első esetben **HAVCAP** bevetésben levő vadászok vigyázhatnak rá.
- **OCA** – Offensive Counter Air. Repterek, földi radarok (nem járművek), katonai bázisok elleni támadást takarják. Kiemelt fontosságú katonai célpontok elleni taktikai vagy néha stratégiai csapásmérés.
- **Sweep** – „Söprögetés.” Szabad vadászat ellenséges repülőgépekre. Előfordul, hogy egyes nagy támadókötelékek előtt halad egy ilyen csoport, de az is lehet, hogy csak szimplán berepülnek mélyen az ellenséges légtérbe és provokálják az ellenfelet. Akkor igazán hatékony egy ilyen bevetés, ha olyan helyre tör be a kötelék, ahol biztosra lehet venni, hogy nincs előtted baráti gép. Ilyenkor lehet alkalmazni a „mindenre lőni, ami mozog” elvet, a célazonosítással nem kell sokat vesződni... Ez a szemlélet a **BARCAP** során is előfordulhat, ha az adott irányból nem várható egyáltalán baráti gép érkezése. Brámi jön szemre, azt lelövik.

- **SEAD Strike** – Suppress Enemy Air Defense. Ellenséges légvédelem elleni támadó bevetés, a légvédelem „elnyomása” a feladat. Felderített **SAM** ütegek vagy csöves légvédelmi ütegek (**AAA**, Anti Aircraft Armament) elleni bevetések. A **SEAD sweep** is valami ilyesmi lehet, de konkrét cél nincs megadva. Lényegében a nem várt légvédelmi fenyegetések elleni bevetés. **SEAD & DEAD** (Suppress Enemy Air Defense & Destroy Enemy Air Defense) rövidítés is használt forma. Ez erősebben utal arra, hogy nem csak az elnyomás, de a megsemmisítés is fontos.
- **SEAD Escort** – Gyakorlatilag a **SEAD sweep** bevetéssel azonos, csak nem szólóban teszi a kötelék, hanem egy „package” tagjaként.³⁷ Hasonló az előző bevetéshez, nagy támadókötelékek mellé van beosztva 2-4 ilyen gép, nem önállóan tevékenykednek. Az előre nem várt meglepetések ellen biztosítja a köteléket, a **SAM** rendszereket háborúban elvileg gyakran kell áttelepíteni a túlélés érdekében így felbukkanhatnak váratlan helyeken vagy olyan területeken, amit korábban „tisztának” minősítettek.
- **Escort** – Vadászkíséret a földi célokat támadó kötelékek számára.
- **RESCAP** – Rescue Combat Air Patrol. Lelőtt pilóták mentésekor repülnek ilyen bevetést jellemzően A-10 gépek vagy helikopterek.
- **Strike** – Csapásmérő bevetés különféle (statikus) objektumok ellen. Hidak, raktárak, gyárak, ami csak eszedbe jut, egyetlen megkötés, hogy nem túl mélyen hatolsz be az ellenséges légtérbe. Jellemzően vadászbombázók repülnek ilyen.
- **Deep Strike** – Ugyanaz, mint a fenti csak mélyebb berepülés az ellenséges légtérbe. Vadászbombázók is repülhetnek ilyen, de igencsak össze kell szedni magukat ehhez, nehézbombázók repülnek tipikusan ilyen, **B-1, B-52, B-2**.
- **FAC** – Forward Air Control. Előretolt légiirányító / koordinátor. Ezen repülőgép személyzete jelöli ki a célokat támadó repülőknél vagy helikoptereknek a közvetlen légi támogatásban részt vevő gépeknek. Régen ez **OV-10 Bronco** specialitása volt – az **USAF** már nem használja őket, de elvi szinten pár éve felmerült, hogy újra gyártani fogják a gépet – vagy más nem túlságosan ismert könnyű vagy ultrakönyű repülő tündökölnék ilyen szerepben.

Alapvető tulajdonságuk a gépeknek, hogy viszonylag lassan repülnek, jellemzően fegyvertelenek. Vietnám idejében sokszor 2-4 személyes polgári légi forgalomban használt kisrepülőgépek láttál el ezt a feladatot, mindenféle átalakítás nélkül. Képesek voltak lassan és csendben repülni, néhány kilométerről már nem igazán voltak hallhatóak. A célravezető személyzet felszerelése, térkép, rádió és távcső triumvirátusra korlátozódtak.

Helikopterről is végrehajtanak ilyen, de földi előretolt tüzérségi megfigyelők is osztogathatnak ilyen parancsokat, de manapság már **UAV**³⁸ gépek is gyakran látnak el ilyen feladatokat. Legjellemzőbb

³⁷ Egy csomag (package), az több kisebb kötelék (flight) együttese. Később előfordulhat, hogy mindkét szóra a kötelék megnevezést használom, mert a magyarban nincs megfelelő szó ezekre. Később lesz még erről szó.

³⁸ Unmanned Aerial Vehicle – „Pilótánélküli” repülőgép. Valójában csak azt jelenti, hogy operátor által távvezérelt repülőgép, tehát nem teljesen automatikus, csak a pilóta nincs a gép fedélzetén, bár a legtöbb folyamatban számítógép segítségével irányítják a gépeket. Régen csak olyan személyek vezérelhették a

alkalmazási forma a földi csapatok általi célkijelölés³⁹ volt a II. világháború óta eltelt időszakban, de ez folyamatosan toródik el, persze ez az aktuális taktikai helyzettől is erősen függ.

- **CAS** – Close Air Support. Közvetlen légi támogató bevetés, de **FAC** segítségével nélkül, csak az **AWACS** vagy **E-8** gép rávezetésével.

On Call CAS – A **FAC** ezeket a bevetéseket repülő gépeket kommandírozza. Közvetlen támogató bevetés a fronton küzdőknek. Harckocsik, páncélozott szállítójárművek, gyalogság és tüzérségi ütegek ellen. A gépek a frontvonalától néhány perc távolsága vagy egy kijelölt szárazföldi egység közelében operálnak. Ha nincs fenyegetés, akkor a váltás megérkezése után, az őrzési idő letelte vagy az összes fegyverzet elhasználása után hazatérnek, de hívás estén nagyon hamar rendelkezésre állnak.

- **Pre Plan CAS** – Ismert célpontok elleni támadó bevetés, gyakran **FAC** segítség nélkül. Akkor jellemző ez mikor a frontvonal merev és jól behatárolható.
- **Interdiction** – Közvetlenül a front felé tartó erősítés, menetoszlopok és logisztika megsemmisítése. Kicsit mélyebben berepülsz a front mögé, az éppen felvonuló csapatok megsemmisítése a cél. Mivel az ellenfél ilyenkor még nincs szétbontakozva a nagy célsűrűség miatt – mint egy előrehaladó menetoszlopban – iszonyatos pusztításra képes néhány kazettás bomba is. Végtelen nagy térközzel meg nem haladhat egy menetoszlop, mert a világ összes útja sem lenne elég a felvonuláshoz...
- **Reconnaissance** – Felderítő bevetés. Lehet pont jellegű időben és térben – egyszer áthúzni a célpont felett és fotózni például egy bombázás eredményét – vagy pl. egy frontszakasz vagy terület ellenőrzése UAV vagy könnyű felderítő helikopterrel.
- **BDA** – Battle Damage Assignment. Felderítő küldetés, a károk felmérésére. Ez úgy történt, hogy a támadó kötelék(ek) után néhány perccel áthúzza a felderítő, mikor a füst és a kavargás esetleg megszűnt és értékelhető felvételt lehet készíteni. Az is lehetséges, hogy a támadás után jóval később egy gép végigjárja több célt, de ez már inkább a *recon* kategória, nehéz meghúzni a határt. Ez esetben ezt a gépet ajánlatos védeni további gépekkel.⁴⁰ Az első alkalmazási forma manapság már kihalt, a Hidegháborús idők végéig volt jellemző.
- **Anti – Ship** – Hajók elleni támadó bevetés. Nincs mit rajta magyarázni.
- **Air Lift** – Légi szállítás. Csak szállító helikopterek és repülőgépek csinálnak ilyet. Távolságtól és a szállítmány méretétől/tömegétől függ, hogy milyen eszközzel.

gépet, akiknek volt valamiféle pilóta jogosítványuk, de ma már ezt sem követelmény a magas fokú automatizáltság miatt.

³⁹ „A Súlyom Végveszélyben” című filmben látható egy ilyen rávezetés, amikor a könnyű támadó helikopternek jelöltek ki célokat, a „Katonák Voltunk” című filmben is látható egy ilyen jelenet. Pusztán a két filmben látható két jelenet is felvillantja, hogy milyen kihívásokkal kell számolni ilyen tevékenység során.

⁴⁰ Az '91-es Öböl-háborúban állítólag volt olyan F-14 Tomcat ami 12 célpontról készített felvételt egyetlen bevetés alatt a TARPS (Tactical Airborne Reconnaissance Pod System) konténerével.

Most, hogy már ismered a különböző bevetéstípusokat lássuk, hogy hogyan zajlik egy átlagos bevetés kezdve az eligazítástól (Briefing) a kiértékelésig (Debriefing) nagyon röviden.

1. Eligazítás. A cél meghatározása. Ismert és lehetséges fenyegetések tisztázása, ellenséges és saját csapatok helyzete, rádió frekvenciák kiosztása, hívójelek meghatározása, kötelék fegyverzetének megválasztása, navigációs pontok kijelölése és más kötelékekkel való randevúzási helyek kijelölése. Ez a valóságban 1-2 órán keresztül is eltarthat.



2. A pilóta beöltözése, beszállás a gépbe, G ruha és egyéb létfenntartó és elektromos tartozékok csatlakoztatása a fedélzeti rendszerekhez.

3. A repülőgép beüzemelése. Hajtóműindítás, fedélzeti rendszerek bekapcsolása, kalibrálása, műszerek ellenőrzése, stb.



4. Kigurulás (taxi) és felszállás. Repülőgép hordozóról történő üzemeltetésnél a gépek nem teljesen önerőből mozognak, néha a vontató a személyzet mozgatja a gépeket, mert így biztonságosabb, vagy máshogy nem is lehetséges.

5. A kötelék (flight) – a két géppár (element) – összerendeződése és irány a cél vagy randevúzási pont más kötelékekkel. Több kötelék együttese a package. Levegőben történő üzemenyag felvétel is történhet.

6. Út a cél felé. Többféle bevetési profil létezik. Ott ahol nem várható ellenállás végig nagy magasságon lehet repülni, mert alacsonyan a repülő hajtóművének fogyasztása tisztességesen megugrik. 100 méteren és a 12000 méteren ugyanazon utazósebesség tartásához szükséges fogyasztás között akár háromszoros különbség is lehet főleg, ha nagy tömegű és légellenállású külső függesztményeket is hordoz a repülőgép. Gyakoribb eset, hogy a célkörzet megközelítése nagyobb magasságon történik. Ahol **SAM** ütegek vannak, ott a kötelék lesüllyed 30-150 méterre és „elszisszol” közöttük.⁴¹ Amint a célkörzetet elhagyták visszatérhetnek utazómagasságra a gépek és azon térnek haza. Ez a **HI-LO-HI** profil. Távolodó gépeket nem olyan könnyű lelőni, üldözni meg főleg. Tehát lehet **HI-HI** (High-High / magasan-magasan, oda-vissza) **LO-HI** (Low-High / alacsonyan-magasan) vagy **LO-LO** (Low-Low / alacsonyan-alacsonyan) profil. Persze ezek csak az útvonalrepülésre vonatkozik, ha valaki megtámadja a köteléket útközben, akkor kezdődnek a bonyodalmak, teljesen kaotikussá fajulhat a helyzet.

⁴¹A Föld görbülete és a hegyek akadályt jelentenek a keresőradarok számára. Lásd később.

7. Támadás a cél ellen. Alacsonyan / magasan rárepülés a célra, de ha erősen védik csak egyszer. Ez arany szabály. Egyetlen áthúzás és rögtön lelépni. A több gép támad egyetlen célt, akkor a gépek lehetőleg több irányból és minimális időközzel repülnek rá a célra, hogy a védelemnek minél kevesebb ideje legyen reagálni. Ehhez szükséges békeidőben a minél több és minél valóságosabb kiképzés.
8. Út hazafele. Néha ez eléggé fut a nyúl jelleget ölthet. Levegőben történő üzemanyag felvételre ismét sor kerülhet, a harccselekmény intenzitásától is függ a dolog.
8. Leszállás. A sérült gépek és üzemanyag szint miatt a sorrend erősen variálódhat. Egyes gépek már hamarabb kitérő / tartalék reptereken szállhatnak le, ha nem képesek elérni a bázisrepteret.⁴² Az is előfordulhat, hogy gépek távolléte alatt a gaz ellen szépen megoldozta a repteret vagy éppen akkor teszi, mikor a gépek hazaérkeznek.
9. Kiértékelés. Ez első körben a támadást végrehajtó személyzet beszámolója által és az ő gépük által rögzített felvételek alapján történik (fotogéppuska vagy videofelvétel), aztán a később átrepülő felderítő gépek felvételei, esetleg műholdfelvétel alapján. **CAS** bevetés esetén **FAC** segítségével is és a földi harcoló csapatok visszajelzése által is történhet.
10. Irány a századbár. ☺

Ha nem a tervek szerint alakult a bevetés, akkor a lelőtt gépszemélyzet megmentése már a bevetés ideje alatt megkezdődhet. Minél frissebb az információ a lelőtt személyzetről, annál nagyobb az esélye egy sikeres mentőakciónak ezen felül, ahogy telik az idő, egyre nő az esélye annak, hogy a gépszemélyzetet az ellenség elfogja. Nem egyértelmű vagy hiányos információk esetén adott esetben meg sem kísérlük a mentést.

A nagyobb hadműveletek idején a berepülések időtartama alatt a bevetési terület szélén, ugrásra készen várakozhatnak a mentéshez szükséges repülőgépek és helikopterek a reakció idő csökkentése végett.

⁴²Repülőgép hordozóról történő üzemeltetés esetén is lehetséges szárazföldi kitérő reptér.

4. „Elektronikus csatatér”, rövid „mi micsoda?” SARH, AESA, ECM és a többiek...

4.1. Repülőgép fedélzeti radarok, radarvezérlésű légiharc rakéták

4.1.1. Repülőgép fedélzeti és földi telepítésű radarok alap jellemző

Manapság igen komoly szerepet játszik az elektronika ezért külön fejezetet szentelek neki. Első lépésben a radarok szemszögéből ismertetem a dörgést. A radar szót igazából **RADAR**-nak kéne írni, ez ugyanis egy rövidítés, csak már igencsak beépült a nyelvbe. **RADAR** = Radio Azimuth Detecting And Ranging. Szépen sajnos nem igazán tudom lefordítani, rádió irányszög és távolságmérés talán a elfogadható fordítás. Remélem kihámozható belőle a lényeg. (Az orosz és német terminológia lokátornak nevezi a radart.)

A radaroknak igen sok fajtája és üzemmódja van – attól függetlenül, hogy szárazföldi, hajófedélzeti vagy repülőgép fedélzeti radarról beszélünk – ezért nagyon leegyszerűsítve fogom leírni, hogy nagyjából mi a helyzet. A legrészletesebb információkat a radarok elméletéről az alábbi linken találhatsz.⁴³ Tovább bonyolítja a helyzetet, hogy a korszerű radarok képességei erősen titkolt dolgok kategóriájába tartoznak, nem nagyon szeretnek erről beszélni, sokszor még képességek szintjén sem, nemhogy számszerűsítve azt, hogy mit tudnak. A régebbi rendszerek képességei viszonylag jól ismertek.⁴⁴

Ma minden komoly harci repülőgép – és valószínűleg radaros légvédelmi eszközök is – impulzus-doppler üzemű radarral vannak felszerelve. Ennek vannak bizonyos előnyei és hátrányai is. A legnagyobb gyengéje, hogy a radarkisugárzás helyéhez képest álló, vagy merőleges irányban repülő célokat igen nehezen képes detektálni. Ezt „*beaming*” jelenségnek is szokták hívni, de ma már ezt egyre nehezebb kihasználni, ez a hátrányuk egyre kevésbé érződik. Ennek a jelenségnek a földhátterben való keresésnél van kiemelt fontossága.⁴⁵

A nagy előnye az impulzus – doppler üzemű radarnak, hogy képes földhátterben (ground clutter) levő célok érzékelésére, bár ekkor az észlelési távolság jelentősen csökken (kb. a felére, régebben erősebben). Furmányos „trükkökkel” jelanalízis segítségével ma már szinte csodákra képesek a repülőgép fedélzeti és egyéb radarok, ehhez azonban komoly számítási kapacitás és rendkívül bonyolult matematikai algoritmusok használata szükséges. A régebbi radaroknál nincs „*beaming*” hatás, de ezek a radarok nem látanak földhátterben.

Földhátter alatt értem azt, ha a radarsugarat kisugárzó gép magasabban repül annál a gépnél, amit keres. Ekkor lefele keres a radar tehát ha „ránézünk” a gépre a kisugárzó repülőgép felől a föld van a hátterben és nem az ég. Ez igen komoly zavarforrás, ami a visszavert jelet – ami alapján érzékelni lehet a célt – tönkreteszi, a jel tele lesz mindenféle elektronikus zajjal. Ezen a fedélzeti

⁴³ <http://www.radartutorial.eu/index.en.html>

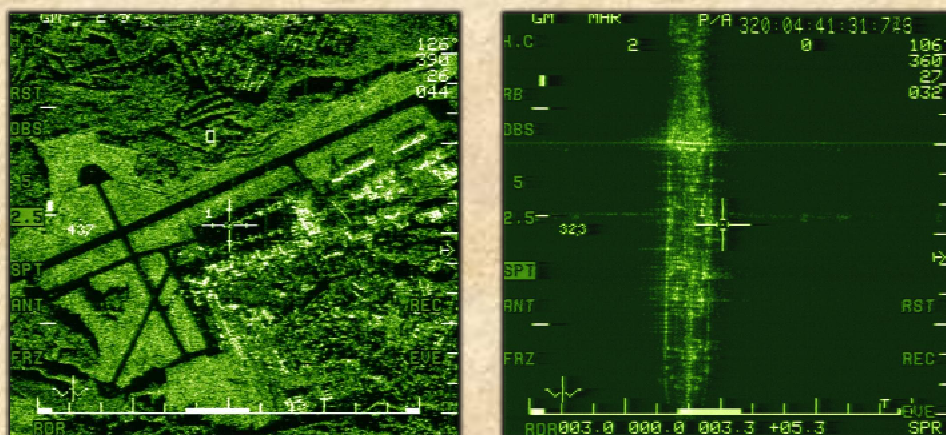
⁴⁴ <http://forum.index.hu/Article/showArticle?t=9120320>

⁴⁵ A frekvencia eltolódás ilyenkor nagyon kicsi a kibocsátott és visszavert jel között, a radar a doppler effektust felhasználva érzékel célokat. Ennek segítségével filterezhető (szűrhető) ki a földhátterből a cél gép. Ha nem merőlegesen repül, akkor a talaj és a célgép doppler frekvencia eltolódása eltérő. Itt pár száz Hertz nagyságrendben levő eltolódás méréséről van szó.

számítógéppel lehet segíteni, ami elemzi a visszavert jelet, de még számtalan más dologra is képes. Ezért van az, hogy a '80-as '90-es években a radarok szinte változatlanok voltak a gépekben – persze kisebb-nagyobb fejlesztések voltak – de az egyre gyorsabb számítógépek segítségével egyre többre lettek képesek a repülőgépek. A csúcspont ma légiharc tekintetében az **NCTR** (Non – Cooperative Target Recognizing) képessége. Erről a mellékelt cikksorozatban⁴⁶ is szó esik, ezért itt nem túlságosan részletezem. Lényegében arról van szó, hogy a visszavert radarjel karakterszékének megváltozásából – elsődlegesen a forgó kompresszorlapátok általi moduláció okozza ezt – és adatbázis léterhozásával a visszavert jel minősége alapján azonosíthatók az eltérő géptípusok. Tehát adott esetben nem csak azt tudja a pilóta, hogy potenciális célpont közeledik, de a konkrét típus ismeretében a pilóta képes felmérni a fenyegetés mértékét is. A kompresszor lapátokra való rálátás miatt a módszer csak közeledő célok ellen szűk szögterületben hatékony. Valószínű, hogy az észlelési távolság töredékénél lehetséges csak az **NCTR** módszerrel történő a célazonosítás. Elsőként ilyen képességgel az **USAF F-15C** gépei rendelkeztek 1985-től.

A fedélzeti számítógép segítségével a földi célok azonosítása terén is nagy előrelépés történt, ennek lényege a **SAR** (Synthetic Aperture Radar – szintetikus apertúra) üzemmód. Ezt is a nagy teljesítményű fedélzeti számítógépek teszik lehetővé. A lényege az egészen az, hogy minél nagyobb antennával veszel egy visszavert jelet, annál jobb „képet” kaphatsz vissza. A repülőgép mérete viszont finoman szólva erősen behatárolja az antenna méretét. A nagy trükk az, hogy egy virtuális antennarácsot hoznak létre (szintetizálnak). Ahogy a repülőgép halad előre a repülőgép radarja meghatározott időközönként végrehajt egy pásztázást. Minden pásztázásból nyert jelet eltárolnak – ehhez kell gyors számítógép és igen sok memória – egy vonal mentén előrehaladva lesz X darab eltárolt visszaverődés. Ezzel az X darab jellel egy igen hosszú virtuális antennát lehet létrehozni, ami majdnem olyan, mintha lenne egy olyan hosszú valóságos antennád, ami igen nagy felbontóképességgel – akár már 1 méteres vagy jobb – rendelkezik. Ezen sok mérésből és némi matematikai „bűvészkedéssel” igen figyelemreméltó dolgokat lehet véghezvinni.

A módszer minimum annyira jó, hogy egy menetoszlopban levő járművek darabszáma megállapítható akár már kb. 20-25 km-ről is, de néhány kilométerről talán már egy harckocsi megkülönböztethető egy teherautótól vagy különféle épületek megkülönböztethetőek egymástól.



Két **SAR** radarkép. A baloldali egy reptér a jobboldali egy hajó csak nem könnyű felismerni avatatlan szemnek. Ez valószínűleg nem a „csúcspont”, ennyit ismertek be. Ezek a képek kb. 20 éves technika használatával készültek...

⁴⁶ „Ha rövid a kardod..” cikksorozat.

Ezen tények ismeretében gondolom nem meglepő, hogy térképező / navigációs üzemmóddal is rendelkeznek a korszerű repülőgép fedélzeti radarok a '70-es évek óta, jellemző tereppontokat könnyedén meg lehet találni velük, ami segíti a navigációt.⁴⁷

Térjünk vissza a beaming manőverre. Ez csak doppler radarok ellen hatásos, régebbi gépek és radarok ellen szinte nem ér semmit, de ellenük nincs is szükség rá, mert alapvető jellegük miatt nem látnak földhátterben levő célokat. A doppler radarok a doppler elvet⁴⁸ felhasználva – milyen meglepő tény ☺ – a visszavert jel frekvencia eltolódását mérve és szűrve a földhátter zavaró hatását képesek csökkenteni.⁴⁹ Természetesen nagyon összetett fizikai jelenségek kiküszöbölése jóval bonyolultabb annál, mint amit itt egy sorban leírok.

A beaming manőver kivitelezése viszonylag egyszerű, alapvetően két fajta módon lehetséges, de a lényeg az, hogy az elrejtőzni próbáló gép földhátterben legyen. Az első módszernél a manővert alkalmazó gép folyamatosan merőlegesen repül az őt kereső gép útvonalához képest. A módszer lényege fizikailag az, hogy a radarsugár által pásztázott gép relatív sebessége közel legyen a célt kereső gép és földfelszín relatív sebességéhez. Ez már korábban említett szűrést megnehezíti vagy egyenesen ellehetetleníti. Természetesen a terep jellege erősen befolyásolja a feladat nehézségét. Egy tepsisímaságú terep vagy a tengerfelszín földhátterként egészen más kihívás mondjuk egy Alpok szerű hegység völgyeivel és erősen barázdált sziklás hegyoldalaival.

Mivel a beaming manővert végrehajtó géphez folyamatosan közeledik az őt kereső gép, egy idő után olyan közelségbe érhet a célpont, ahonnan már manőverező légi harc kezdeményezhető vagy szemből is indítható légi harc rakétával célba vehető a gép egy gyors szembefordulás után.⁵⁰ Persze a mai hipermodern radarok ellen ennyire szélsőséges eset elképzelhetetlen kategória, de a '70-es években egyáltalán nem volt az. A helyzet még kellemetlenebb, ha a bujkáló gépek számbeli fölényben vannak, mert beamingelés közben képesek bekeríteni az őket kereső gépet és rövid idő alatt nagyon sok helyen felbukkanhatnak az radar kijelzőjéről „elveszett” gépek. Még, ha közelebb érve hozzájuk újra felbukkannak a kijelzőn a gépek, maga a célkijelölés folyamata, azonosítás, rakétaindításhoz szükséges idő rendkívül rövid. Egyszerűen nincs idő minden célt leküzdeni, ez hatványozottan igaz volt a félaktív vezérlésű légi harc rakéták korában. A manőver végrehajtásához értelem szerűen nem árt az, ha a gép rendelkezik besugárzás jelzővel és az meg végképp nem árt, ha minél pontosabb információ nyújt. Arról, hogy ez műszer micsoda, arról később.

A másik módszer az, hogy a gép függőlegesen zuhan vagy emelkedik földhátterben. Persze ezt túl sokáig nem lehetséges művelni egyiket sem, ezért lényegében kombinálják az első módszerrel. Egy függőleges leborítás vagy felhúzás után, amikor a gép már /még földhátterben van a zuhanásból bal- vagy jobb fordulóval jön ki.

⁴⁷ Lásd F-111 cikk.

⁴⁸ <http://hu.wikipedia.org/wiki/Doppler-effektus#Radar>

⁴⁹ A repülőgépfedélzeti radarok jellemzően gigahertzes tartományban (X sáv) működnek. Az eltolódás mértéke mindössze néhány száz vagy ezer (!) Hertz. Ez a kis különbséget kell kimérni. A beérkező zajjal teli jelből a szűrés után ilyen kis különbséget kell kiszűrni. Hát nem egyszerű feladat...

⁵⁰ Az AIMAL / ACEVAL tesztek alatt pont ilyen esetet vizsgáltak. Lásd a Gondolatok a légi harcászat cikket.

Kevésbé ismert tény, de a szovjet/országi repülőgépek egészen a '80-es évek elejéig nélkülözték a valóban hatékony doppler radarokat, de azok képességei messze elmaradtak a hasonló időszakban használt amerikai radarok képességeitől és ez később is igaz maradt. Tehát a hatékony szót szovjet értelemben kell kezelni. Az első igazán hatékony, amik rendelkeztek a *look down/shoot down* képességgel – ez lényegében az angol terminológia a földhátterben való céllelküzdés képességére – csak a **MiG-29**, **Szu-27** és a **MiG-31** repülőgépeken jelentek meg.⁵¹ A **MiG-25PDSz** és **MiG-23MF** gépek rendelkeztek a fent említett képességekkel, de ezek elég korlátozottak voltak a 4. generációs nyugati gépek képességeivel összemérve. Természetesen ezek nem képesek semmire az fentebb felsorolt extrák közül pusztán a légi célok keresésére és „befogására” alkalmasak ráadásul csak a fent említett földhátteres korlátozással.

A szovjetek elsősorban a földi rávezetésre támaszkodtak, ezért a gépeknek elvben nem volt elsődelegesen szükséges a *look down/shoot down* képesség, csak hogy a gépeket így lényegében lekorlátozta azt, hogy a földi radarok mit láttak. Az alacsony replő célokat így elég problémás vagy egyenesen lehetetlen elfogni, mert a vadászok a radarjaik miatt nem képesek érzékelni őket, a földi radarok számára meg a domborzat és a horizont a korlátozó tényező, de az akkori felderítő radarokat hiába rakták hegytetőre, földhátterben azok sem voltak képesek érzékelni a repülőgépeket.

A '70-es évek elején szolgálatban álló amerikai vadászgépek estén – régebbi **F-4 Phantom II** változatok, **F-5E Tiger**, **F-8 Crusader** – is nagyon korlátozott volt ez a képesség, de az évtized végére gyakorlatilag teljesen kiszorították a régebbi felderítési rendszerekkel operáló vadászgépeket a teeageer vadászok – **F-14**, **F-15**, **F-16** – a továbbszolgáló *Phantom II* változatok újabb radarokat kaptak.

A „befogással” eljutottunk a levegő-levegő (**AA**, Air to Air) rakétákhoz. Itt két fajta rávezetési módot különböztetünk meg, ami rögtön négy is lesz. Ebből egy „kihalt” már a kezdet kezdetén, egy másik igen egyedi megoldást alkalmaz. Kifejlesztésüknek sorrendjében ismertetem majd őket, de előtte még szót kell ejteni a doppler radarok kettő fő (három) fajtájáról.

Ehhez jön egy magyarázat a hagyományos elven működő radarokról először, hogy érthető legyen a különbség. A **F-15E** radarja (is) hidraulikus munkahengerekkel mechanikusan kitérített síkantenna – az a szép nagy sárgaság a képen – és így pásztáz. Ennek a mechanikus mozgásnak komoly hátrányai vannak. Először is a radarnak igencsak mérhető pásztázási ideje van, egy mechanikus elven működő konstrukció meghibásodási valószínűsége ma már magasabb, mint a tisztán elektronikusan működőé, amik elektronikusan oldják meg a pásztázás problémáját.⁵² Két fajtája van a nem mechanikus nyalábeltérítéssel operáló radaroknak, a **PESA**⁵³ és **AESA**⁵⁴ elven működő radarok.

⁵¹ A Szu-27 üzemeltetési utasítás a repülőgéppel azonos irányban repülő nagyjából F-16 repülőgép méretű cél esetén felderítési távolságára kb. 20 kilométeres értéket ad meg. Nem túl acélos.

⁵² Ez nem teljesen igaz, készült már olyan radar, ahol az elektronikus kitérítésen felül az antenna mechanikus kitérítése továbbra lehetséges, bár ezt nem folyamatosan pásztázó üzemben teszik. Ezzel lehetséges az, hogy a repülőgép haladási irányához képes részben hátrafele is keressen a radar. Pl. 45 fokban elfordított radar és 60 fokos elektronikus pásztázás esetén a radar +/- 105 fokban kereshet a gép haladási irányához képest.

⁵³ Passive Electronically Scanned Array

⁵⁴ Active Electronically Scanned Array



F-15E AN/APG-70, MIG-31 RP-31 Zaslon (Pajzs) és a F-15 AESA radarja balról jobbra.

PESA – Egy sugárzó jelforrás kimenő jelét – elektromágneses hullámát – bontják szét többfelé, kisebb modulok segítségével. A **MIG-31** rendelkezett először ilyen típusú radarral.

AESA – Több száz, vagy több ezer apró modulból álló radar, ahol minden egyes modul maga állítja elő az adott rádiófrekvenciás jelet. Igazából tehát nem egy radarantenna van, hanem sok apró sugárzó teljesítménye adódik össze. Emiatt sokkal rugalmasabban alkalmazható, mint a **PESA** vagy a hagyományos mechanikus eltérítésű antennával rendelkező radarok.

A **PESA** előnye az, hogy egyszerűbb és olcsóbb ezért előbb is létezett, mint az **AESA**. Hátránya, hogy egyszerre csak egy frekvencián sugározhat hiszen lényegében egy antenna van. Az **AESA** megoldás esetén a modulok egyenként más-más frekvencián is dolgozhatnak. A hagyományos radar egyszerre csak egy funkciót képes ellátni. Vagy levegő-föld üzemmódban, vagy levegő-levegő üzemmódban vagy navigációs üzemmódban dolgozik. Tehát nem lehetséges egyszerre földi- és légi célokat támadni. Az **AESA** mivel sok apró modulból (antennából) áll ezért ott lehet variálni ez üzemmódokat. Az elektronikus nyaláb eltérítés hátránya az, hogy a visszavert jel nem merőleges antenna felületre érkezik vissza. A radar karakterisztikája nem állandó az azimuth – vízszintes helyszög – függvényében.

Lehetséges, hogy a radar moduljainak X százalékát levegő-levegő üzemmódban használják, és a fennmaradó modulokkal meg földi célokat keres a radar. További előny, hogy a hagyományos radarok jellemzően állandó teljesítménnyel sugároznak, addig az **AESA** radaroknál, ha nem használod az összes modult, akkor kisebb teljesítménnyel sugároz a radar. A régebbi radaroknál a teljesítmény nagyon szűk korlátok között állítható. Az **AESA** több ezer modulja lényegében fokozatmentes teljesítmény beállítást tesz lehetővé, a régebbi radarok estén néhány fix teljesítmény szint volt állítható,

Ezzel – és egyéb meg nem nevezett „trükkökkel” – el lehet érni, hogy az kevésbé korszerű besugárzás jelző rendszer (**RWR**)⁵⁵ bizonytalanul vagy egyáltalán nem jelez. Természetesen a besugárzásjelzőknek is van érzékenységi tartománya frekvenciatartomány szerint.

AESA radarokkal folyamatosan látják el a régebbi 4. generációs vadászgépeket a fejlettebb országok légierői – bár elég komótos tempóban – a legújabbak, például az **F-22 Raptor** már alapból

⁵⁵ Radar Warning Receiver

ilyennel rendelkeznek. A radarok **RWS**, **TWS**, **VS** és egyéb üzemmódjairól a „Ha rövid a kardod” cikksorozat foglalkozik.

4.1.2. Légi harc rakéták rávezetési módjai

Most, hogy nagyjából képben vagytok a repülőgépek radarok terén ideje néhány szót szólni a radarvezérlésű *légi harc rakéták* célravezetésének módozatairól.

- Vezetősugaras rávezetés. Ez az '50-es évek ópiuma volt. A rakétát indító repülőgép célzó üzemmódban egy rádió sugárral – tűnyalábbal – célozza meg a célgépet. E sugár mentén repül célra a rakéta. Két gyenge pontja volt a rendszernek. Először is a vezetés sugarat a célon kellett folyamatosan tartani, ami egy vadászgép méretű manőverező cél esetén akkor lehetetlen volt. A rendszer nagy hatótávolságú atomfegyver hordozására lépes bombázók leküzdésére lett tervezve, mint a **B-47** vagy **B-52**. Másodszor a vezetés sugarat sem tudta igazán precízen követni a rakéta, ennek technikai részleteit bevallom, nem ismerem. Ezen felül még problémásnak tűnik nagyobb távolságon a megfelelően keskeny nyaláb létrehozása, ami nagyobb távolságon is használható marad. Az akkori rakétahajtóművek és rakéta méretek mellett nem fenyegetett az a veszély, hogy az indítási távolság hátsó fél légtérből indítva nagy magasságban se haladja meg az 8-10 kilométert. Ez a fejlesztési irány zsákutcának bizonyult. Ilyen rakéta volt a szovjet **AA-1 Alkali (RSz-2USz)**, és az első *Sparrow* verzió is az '50-es években.
- **SARH** (Semi Active Radar Homing), félaktív rávezetés. A rakétát indító repülőgép radarja által kisugárzott jel visszaverődik a „befogott” gépről, a visszaverődést érzékeli a légi harc rakéta orrába épített szenzor (antenna). Ez alapján történik a célravezetés.

Alapvetően két fajta pályagörcében mozoghat a rakéta. Az első esetben egy úgynevezett „kutyagörcében”. A rakéta mindig visszaverődés irányába repül. A másik esetben a rakéta mindig egy előre számított ütközési (pályakeresztződési) pont felé halad. Az utóbbi módszer több esetben kinematikailag hatékonyabb és a cél számára a rakéta kimanőverezését megnehezíti. Viszont a szükséges számítási kapacitás jóval nagyobb. Ennek kiszámítása két gyorsan mozgó tárgy esetén nem egyszerű feladat, főleg a megfelelő sebességgel. A vezérlő rendszernek és a számítógépnek bele kellett férnie a rakétába. Ma már ez annyira nem nagy szám, de 40-50 éve nagyon kemény műszaki probléma megoldása volt.

A rakéták nem feltétlen közvetlen ütközéssel semmisítik meg a célt,⁵⁶ közelségi gyújtóval segítenek a be.⁵⁷ Amikor a rakéta egy bizonyos közelségbe ér a célhoz képest akkor lép működésbe a harci rész. A rakéta nem a robbanás lökéshullámával pusztít – bár alacsonyan ez sem elhanyagolható egyes rakétáknál – hanem a rakéta robbanófeje által szétszórt forró repeszekkel. Ezek a forró darabok repülnek szanaszét és teszik harcképtelenné vagy semmisítik meg célt.

⁵⁶ Egyes esetekben előfordulhat, hogy a célt telibe kapja a rakéta, de éles helyzetben ez elég ritka. Gyakorló lövészeteken fordul ilyen elő.

⁵⁷ Ez minden légi harc rakétára igaz.

Kezdetben ez a fajta rávezetési megoldás is nagyon megbízhatatlan volt, Vietnam felett az **AIM-7 Sparrow** rakéták első generációja alig 10-12%-os találati arányt – ez nem feltétlenül jelent megsemmisítést – volt képes csak produkálni, pedig az ellenfelek semmiféle elektronikai védelemmel nem rendelkeztek. Ezt az arányt a '80-as évekre sikerült kb. 75%-ra feltornászni, amennyiben az előírt paramétereken belül indították a rakétákat.

A félaktív módszer csak egy alapelv, de a technológiai megvalósítása egyre kifinomultabb és megbízhatóbb lett, ahogy a mai autók sem azonosak műszaki megoldásaikban a 40 évvel ezelőttiekkel. Félaktív rakéták terén a csúcs valószínűleg monopulzusos **AIM-7M**. A Második Öböl-háború (1991, *Sivatagi Vihar*) tapasztalatai szerint, az **AIM-7M** rakéták esetén nagyjából a fent említett volt a találati arány. Azt azonban hozzá kell tenni, hogy a *Sivatagi Vihar* alatt lelőtt gépek tekintélyes hányada nem rendelkezett semmiféle aktív- vagy passzív védelmi rendszerrel.

Ezen módszer legnagyobb hátránya, hogy a célgépet folyamatosan meg kell világtani a radarral és „befogva” kell tartani, tehát folyamatosan nagyjából a célirányába kell repülni és csak korlátozott mértékben lehet kitérő manővereket végezni. A repülőgép radarjától függ, hogy mekkora maximális vízszintes szögkitérésre képes. A cél „befogásakor” a radar nagyon sűrűn kell, hogy pásztázzon, a célon, hogy a rakétának esélye legyen a találatra.

Egyszerre csak egy rakétát lehet célra vezetni egy indító gép által ezzel a módszerrel, mindösszesen két kivétel van. Az **F-15C** kvázi szimultán céllelküzdés képessége és a **MiG-31**-es típus.⁵⁸ A **MiG-31** is félaktív elven működő rakéták hordozására képes (**R-33**, **AA-9 Amos**), de mégis más a helyzet **PESA** radarja miatt. Félaktív rakétákkal képes egyszerre több célt is támadni a villámgyors pásztázási idő miatt. A mechanikus kitérítésű antennákkal felszerelt típusok erre képtelenek voltak akkor. A **MiG-31** volt az első és egyetlen típus a '90-es évek elejéig a világon, ami képes volt szimultán céllelküzdésre, leszámítva az **F-14 Tomcat** vadászgépet, de az ezt a képességet aktív vezérlésű légi harc rakétákkal érte el. A **MiG-31** tervezői azért döntöttek speciális félaktív rávezetési módszer mellett, mert nem tudtak elég kisméretű radart megalkotni, ami elfért volna egy rakétában. Nagyon elegáns és költséghatékony megoldás volt, bár egyes képességeket azért így sem adott meg az indító gép számára. A folyamatos célmegvilágítás továbbra is követelmény maradt.

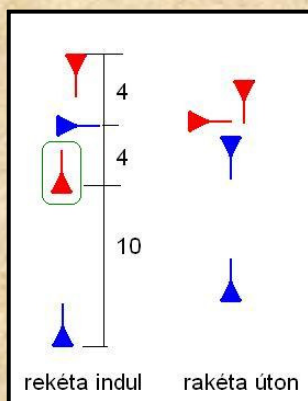
- **ARH** (Active Radar Homing) légi harc rakéták. Az első ilyen az **AIM-54 Phoenix** volt és majdnem húsz évig ez is maradt az egyetlen, az **AIM-120 AMRAAM**⁵⁹ megjelenéséig. A lényege az egésznek az, hogy a rakétában nem csak vevőegység van, hanem miniatűr radar is. A rakéta képes saját magát is célra vezetni a repülőgép – vagy légvédelmi radar – tűzvezető radarjától függetlenül, bizonyos korlátozásokkal. A légi harc rakéta mérete – kis átmérő – erősen lekorlátozza a radar antenna méretét, a kisebb radar nyilvánvalóan csak kisebb távolságra "lát". Emiatt szükséges a kombinált rávezetés, a radart csak a rávezetés végfázisában kapcsolja fel a légi harc rakéta.

⁵⁸Lásd a mellékelt „Ha rövid a kardod...” cikksorozatot.

⁵⁹*Advanced Medium-Range Air-to-Air Missile – fejlett közepes hatótávolságú légi harc rakéta. Lényegében egy frappáns mozaikszó, többnyire mégis így hívják a rakétát a típusjelzése említése helyett, mert nem kapott nevet, mint a Sidewinder vagy Sparrow rakétáknak.*

Ez a rávezetési mód maga után vonta a **TWS**,⁶⁰ (célkövetés keresés közben) képesség szükségességét, bár már előtte is tudtak ilyet a legfejlettebb radarok. Tulajdonképpen ez azt jelenti, hogy nem kell "befogni" a célgépet radarral. Nem jelez a befogott gép *besugárzás* jelzője befogást, csupán egyszerű pásztázást. A rakéta indítása után pályakorrekciós (**MCG**)⁶¹ jeleket küld a repülőgép tűzvezető rendszere a rakétának, hogy merre kell repülnie a rakétának a cél felé. Csak akkor aktiválja a rakéta a saját beépített radarját, amikor a célpont közelébe ér, ez rakétától függően 10-20 km lehet, de ez attól is függ, hogy a célpont földhátterben van vagy sem.

Ez a középső rész valójában túlbiztosítás, mert ha a cél nem végez kitérő manővereket, akkor az indításkor megállapított sebességgel és iránnyal haladó cél megjósolható, hogy hol lesz, amikor be kell kapcsolni a radarját rakétának. Ez viszont csak akkor igaz, amikor kevés cél van a közelben és jól elkülöníthetők egymástól. Amennyiben sok más repülőeszköz – amik még manőverezhetnek is – tartózkodik a célpont közelében, ezt nem lehet megtenni, mert a légi helyzetkép nem lesz átlátható a rakéta számára. Azt „tudja”, hogy hol volt célbavett gép indításkor, de 15-20 másodperc múlva már – mikor bekapcsol a saját radarja – nem biztos, hogy a visszavert jelekből meg tudja állapítani, hogy időközben melyik az a gép a sok közül, amire eredetileg indították. Ezt egy nagyon lebutított példán keresztül szeretném bemutatni.



A kék gépek legyenek a baráti gépek – mondjuk két **F-16C Block 32** – a pirosak meg az ellenségesek – legyen két darab **MiG-29** – csak infravörös rakétákkal. A távolabbi gépet bekeríti az ellenség. A távolabbi kék gép megpróbálja leszedni a manőverező légiharcba bonyolódó ellenséget. Távolodó célt (zöld keret) 10 mérföldről az **AMRAAM** nem nagyon ér már utol csak nagy magasságban. Tegyük fel, hogy alacsonyan (2-3 ezer méter) vagyunk. A távolabbi kék gép szól a bajban levő pilótának, hogy forduljon felé és próbálja lerázni a mögötte levő gépet. Ekkor az indít egy-egy rakétát mindkét ellenséges gépre. A szemben levő gép szépen rohan a rakéta felé, itt nincs is gond, de azzal hogy a baráti gép felé fordul, azzal arra kényszeríti a másik gépet, hogy forduljon utána. Ezzel az **AMRAAM** már képes lesz elérni a célját.

Akkor itt most vizsgáljuk meg, hogy mi történne, ha nem kapna a rakéta korrekciós pályajeleket. Mikor a saját agya alapján úgy döntene, hogy be kellene kapcsolni a radarnak. Azt látja, hogy a 3 célból 2-nek megváltozott az iránya és még a helyzetük is. Viszont a rakétákban elvileg nincs semmiféle **IFF**⁶² rendszer elvileg, tehát a rakéta nem képes különbséget tenni a célok között. Hogyan döntse el, hogy melyik a barát és melyik az ellenség? Az indító gép vagy más gépek által sugárzott adott korrekciós jelek alapján. Ha az indító gép lekapcsolja a radart indítás után vagy kifordul, akkor az indításkor számított keresztezési ponthoz a baráti gép is közel lesz. Ha a legközelebbi cél az lesz, akkor a rakéta bizony lehet, hogy a baráti gépet veszi célba. Természetesen lehet extrapolálni a gépek utolsó ismert helyzetéből és sebességeiből, de minél több idő telik el az utolsó ismert adat és rakéta radarjának felkapcsolása között, annál nagyobb a bizonytalanság.

⁶⁰Track While Search – célkövetés közbeni keresés. A mellékelt cikksorozat is taglalja.

⁶¹Mid-Course Guidance – pályaközi korrekciós jel

⁶²Identification Friend or Foe – ellenség / barát azonosító.

Ez még egy viszonylag egyszerű eset, a rakéta-indítás pillanatában elég kevés gép volt a szereplő, feltettük, hogy nincs a környéken senki más és **SAM** sincs, és minden gép már azonosított volt. Ez utóbbi feltétel igen komoly gond sokszor mind a mai napig. A mellékelt cikk ezt a részt nagyon jól taglalja. Persze lehetséges a rakétát úgy is elindítani, hogy azonnal a saját radarjával kezdjen "dolgozni". Ennek akkor van értelme, ha hirtelen sok célpont kínálkozik és viszonylag közel (3-8 mérföld). Ekkor indítás után azonnal mehet a következő rakéta, igazi „sortüzeket” lehet így produkálni.



F-14 TOMCAT AZ AMERIKAI BVR⁶³ KIRÁLY.

A fentieket figyelembe véve ma már nem számít rendkívülinek négy-hat rakéta párhuzamos célravezetése, de az **F-14 Tomcat** erre már 1975-ben képes volt, pedig hol volt még ekkor a digitális korszak minden vívmánya. A cicus képes volt egyszerre hat rakétát is célra vezetni, bár hozzá kell tenni, hogy erre csak erős korlátozással volt képes. A célokhoz viszonylag szűk keresési szögterületen – kb. 15-20 fok, de ettől eltérő értékkel is találkoztam – belül kellett esnie a radar számára, hogy kellően pontos **MCG** jeleket kaphassanak a rakéták.

Ez nem is olyan nagy megkötés, mint amilyennek hangzik, mert a típust nem vadászgépek elleni harc céljából alkották meg. A cél a tömeges szovjet levegő – felszín rakétatámadások elhárítása volt. A beérkező rakéták a repülőgép hordozó kötelék felé ilyen profillal közelítettek volna egy esetleges háborúban.

Még ezen megkötésekkel is félelmetes képesség birtokában volt a gép, 17 éven keresztül teljesen egyedülálló volt nyugaton is, ameddig az **AIM-120** rendszerbe nem állt és el nem terjedt. Kezdetben még akkor is „csak” 2-4 cél párhuzamos leküzdése lett elérhető az **F-15C**, **F-16D** és **F/A-18C** gépek számára, de kisebb indítási távolsággal, mint amit az **AIM-54 Phoenix / Tomcat** kombinációval el lehetett érni. Az **AIM-120** jóval kisebb volt, tehát a kisebb kinematikai hatótávolságot nem lehet hibaként felróni, a cél az **AIM-7 Sparrow** család leváltása volt.

Az **F-15C** gépek közül egyesek a fedélzeti radar és számítógépes rendszerének fejlesztése által ma már képesek 8 cél szimultán leküzdésére, de ez nem általános az egész flotta számára. Az Alaszkában állomásozó gépek képesek erre, tömeges orosz robotrepülőgép támadás estére lettek felkészítve.

⁶³ *Beyond Visual range – látótávolságon túli (harc)*

4.2. AWACS, földi rávezető rendszerek

Az **AWACS** rendszer lényege, hogy a földi radarrendszereket korlátozó föld görbületének és terep kitakarásának problémája kiküszöbölhető azzal, hogy a radart a magasan fekvő helyre telepítjük.⁶⁴ Az idők folyamán számtalan furcsa megoldás született, de az első igazán hatékony ilyen repülőgépek az **E-3 Sentry** és az **E-2 Hawkeye** típusok voltak. Ilyen célokra néha igen rútságos gépeket sikerült tervezni. Ilyen volt pl. a **Fairey Gannet AEW3**. Egyes szegényebb országok – akik önerőből képtelenek voltak teljes értékű **AWACS** gépet kifejleszteni vagy vásárolni ilyen gépet – kisebb teljesítményű radart tudtak csak használni, és ezeket helikopterek aljára telepítették vagy kisebb repülőgépek törzs alsó részére.

Az igazán nagy problémája az ilyen rendszereknek a már említett földhátter. Mivel a gépek nagyon magasan járőröznek (10-12 km), ezért nagyon gyakori eset, hogy a cél földhátterben repül. Tehát addig nem voltak igazán hatékonyak ezek a gépek, amíg megfelelő számítógépes támogatást nem kaptak a jelanalízishez. Ez a '70-es évek közepén többé-kevésbé rendelkezésre állt, de nem véletlenül került az egész rendszer átalakított **Boeing B707**-es gépekre. Akkoriban kellett a hely a nagy teljesítményű elektronikának, és azok hűtőrendszeréhez, na meg persze az operátoroknak számára is helyet kellett biztosítani.

Az idők folyamán ezeket a gépeket folyamatosan korszerűsítették elektronikailag, és a '70-es években is figyelemreméltó képességeiket is régen túlszárnyalták már. Ma már a kisebb **E-2 Hawkeye** legújabb verziói képesek egyszerre akár 2000 cél folyamatos nyomon követésére is. Hatalmas radarkeresztmetszettel rendelkező gépeket – erről szintén később – bombázógép méretű célokat akár 300-500 km-ről is felderítenek.



Ausztrál Királyi Légierő (RAAF) Wedgetail típusú légtérelenőrzője és légiirányítója

Az légtér ellenőrző gépeknél is bekövetkező digitális forradalom is hozott egy-két újítást. Itt is megjelentek az elektronikusan eltérített radarsugárral dolgozó rendszerek. Ezeket nagyon könnyű felismerni, a jellegzetes "tányér" helyett a gép tetején egy vagy több hosszú antenna van. Mivel

⁶⁴ A letölthető mellékletként táblázatos formában látható, hogy adott radar és célpont magasság esetén milyen távolságnál kerül a célpont a horizont alá. Azt sajnos nem tartalmazza, hogy milyen távolság esetén van a célpont földhátterben, de a következő fejezet 1. ábrája jól mutatja, hogy mikor lehet olyan eset, hogy a célpont mikor van földhátterben és mikor nem, de számszerű értékek nélkül.

ennek nincs mozgató mechanikája és az utóbbi évek digitális eszközeivel vannak ellátva sokkal kisebb gépeken is elfér, pl. **B737**-es átalakított verzióin. Az Ausztrál Királyi Légierő (**RAAF**) is ilyen gépeket rendszeresített. Minkét verzió esetén van „vakfoltja” a radarnak, a gép szárnyai és vezérsíkjai egyes irányokban kitakarják a célokat. A sugáreltérítés korlátja miatt még az érzékenység is változik irány szerint.

Ide kívánczik még az **E-8 Joint STARS**, ami a földön mozgó célokat követi radarral, kísérletileg a '91-es Öböl háborúban vetették be először. Gyakorlatilag a gép berepülési / tesztprogramját félbeszakítva repült a harccselekmények helyszínére és rögtön élesben debütált, fényes sikerrel.

Az összes **AWACS** típusú repülőgép egyben információs / átjátszó központként is használható, a különböző fegyvernemek közti kommunikáció itt valósult meg először nagyobb léptékben. Kisebb léptékben már volt fegyvernemek közti kommunikáció a II. világháború óta, de ezek erősen lokális jellegűek voltak, nem nagy távolságban levő egységek kommunikáltak egymással. A rendelkezésre álló csapásmérő és védővadász erők erőforrás rugalmas menedzselése egészen más feladat, mint az addig megszokott séma, ami az adott körzetben az adott előretolt irányítóval való kommunikáció volt a kijelölt őrzőjáratok alatt.

A **FAC** bevetések idején is előfordulhat, hogy egy légirányító / légi harcálláspont akár több **FAC** „forrással” is kapcsolatban van, és mivel ők tényleg elég jól átlátják a légi helyzetképet, a beérkező adatok alapján ők adják a célpontokat a különböző támadó kötelékeknek. Az **AWACS** megnevezés helyett újabb néha az **AEW&C**⁶⁵ használatos már.

A szovjet/országi felfogás és elektronika fejlettsége nagyon ráutalta a pilótát a földi irányításra – ez nyugaton is így volt kezdetben – mert elegendő minőségű és mennyiségű **AWACS** repülőgép soha nem állt rendelkezésre. Az **A-50 Mainstay** légtérelenőrző elméletileg képes adatkapcsolatot létesíteni a **MiG-29**, és **Szu-27** gépekkel⁶⁶ – ezen felül **MiG-31** gépekkel is – rádióforgalmazás nélkül képesek célra vezetni a vadászokat.

A szovjet időkben létezett egy másik rávezető rendszer, de ez a földi radarrendszeren alapul. **Lazur** rendszer volt a neve. Egy külön kijelző csoport mutatta a pilótának – tehát ez sem igényel folyamatos rádiózást előszóiban – hogy merre repüljön, és mikor kapcsolja be a radarját, hogy a lehető legtávolabb, a radar használata, elektronikus kisugárzása nélkül közelíthesse meg a célt. Ez nem minden gépen állt rendelkezésre, elsősorban a **PVO** (Szovjet Honi Légvédelem) repülőgépein volt, de néhány „hagyományos” **MiG-21** és **MiG-23** verzióba is be volt építve. Ez a fajta elgondolás éles helyzetben a tapasztalatok szerint kevésbé hatékony, mint a mai uralkodó szemlélet. A **Lazur** konkrét utasításokat adott a pilótának – sebesség, magasság és irányszög – a pilóta a döntési folyamatban nem volt benne. Ma a pilóta „csak” információt kap, a „kivitelezés” terén a pilóta, nem feltétlen a földi vagy légi rávezető a parancsnok. Nagyobb a döntési szabadság, egyben nagyobb megterhelést jelenthet a gépszemélyzetnek az utóbbi esetben. Az megmondják neki, hogy mi a cél, de azt, hogy mivel és

⁶⁵ *Airborne Early Warning & Control – levegőbe telepített korai előrejelző és irányító*

⁶⁶ *Ebben nem vagyok biztos.*

hogyan semmisítse azt nem. A tűzparancs kiadása és az azonosítás az szintén az adott helyzettől függő dolog.

Összességében elmondható, hogy a szovjet kiképzési rendszer nagyon a földi rávezetésre hagyatkozott. Emiatt nem volt hatékony, eléggé rugalmatlannak bizonyult éles helyzetben. Ezt háborúk sora bebizonyította. A technikai lehetőségek határolták be a keleti blokk országait. Amint képessé váltak légtérelenőrző gépek gyártására a Szovjetunióban, természetesen ott is megkezdtek gyártásukat.

4.3. SAM rendszerek és hagyományos csöves légvédelmi tüzérség

Az első rakéta-légvédelmi rendszerek az '50-es évek végén jelentek meg a Szovjetunióban, ez volt az **Sz-25 Berkut (SA-1 Guild)**. Kezdetben csak interkontinentális bombázók leküzdésére tervezték őket és ez a későbbi háborúkban meg is látszott eredményességükön a hasonló rendszereknek. Azért ezekre voltak szabda, mert az '50-es években lényegében csak ezek voltak atomfegyver hordozók, ezek jelentették egy atomháborúban az elsődleges vagy egyetlen fenyegetést.

Azt hozzá kell tenni, hogy az első nyugati **SAM** rendszereket is ilyen célok ellen tervezték, tehát ha használták volna őket élesben vadászgépek ellen, akkor eredményességük nagy valószínűséggel szintén olyan pocskék lett volna, mint a szovjet légvédelmi rakétáké.

A légvédelmi rakétarendszerek első zajos sikere a már korábban említett **U-2**-es eset volt 1960. május elsején,⁶⁷ de az elkövetkező évek helyi háborúiban korántsem volt már olyan sikeres a rakétás légvédelem. Az 1973-as 4. Arab-Izraeli háborúban (*Yom Kippur*) kb. 80:1 volt az indítási/lelövési arány. Tehát több mint 80 darab rakétaindításra jutott 1 darab lelőtt ellenséges harceszköz, pedig ekkor már az akkor legmodernebbnek számító **SA-6 (Kub)** rendszert is bevetették arab oldalon. A háború kezdeti szakaszában nagyon sikeres volt ez a rendszer 7-8 indításra jutott egy lelövés. Az amerikai segítség – elektronikai zavarókonténerek és **AGM-65** levegő-föld rakéták szállítása és **SR-71** által biztosított felderítési adatok – és az **IAF**⁶⁸ pilótáinak alkalmazkodása sokat javított a kezdeti borzalmas veszteségeken, de nagyon is intő jel volt a jövőre nézve, hogy mi történik, ha elhanyagolják a felkészülést és elektronikai hadviselést folyamatosan lekövetve az potenciális ellenfél fejlődését.

A vietnami konfliktus idején is elég alacsony indítási/lelövési arányt értek el az **SA-2**⁶⁹ rakéták alkalmazásával. A bevetésük első évében ez körülbelül 6% volt, de a későbbi években még a 3%-ot is alig érte el. Igazából ez elmúlt 45 év háborúiban a csöves légvédelmi tüzérség – gépágyúk és géppuskák, főleg a radarvezérlésűek – minden háborúban „hozta a kötelezőt”. Következzen némi száraz statisztika.

A vietnámi- és hozzá kötődő konfliktusban – Laosz felett is repültek – az **USAF** 2,251 db repülőgépet veszített, ebből, 1,737db gépet ellenséges tevékenység miatt. 530 db repülőgépet veszített a flotta (**US Navy**), ebből ellenséges tevékenység által 329 darabot. Az **USMC**⁷⁰ 193 repülőgépet veszített el harcban. Ebből az elképesztő mennyiségből mindössze kb. 250 darabot semmisített meg légvédelmi rakétarendszer.⁷¹ A kép viszont egy kicsit csalóka a számok tükrében.

⁶⁷ http://www.jetfly.hu/rovatok/jetfly/szverdlovszk_felett_az_eg/

⁶⁸ Israeli Air Force – Izraeli Légierő

⁶⁹ Az SA-2 egy nagyon „elkent” jelölés, mert az idők folyamán számtalan fejlesztés által több változata is volt a rendszernek. Ez igaz a legtöbb általánosan emlegetett típusjelzésre. Az altípusok megjelölése további betűkkel volt megoldott. Pl. SA-2E, SA-2F, MiG-21F, MiG-21PF, MiG-21MF, stb.

⁷⁰ Egyesült Államok Tengerészgyalogsága

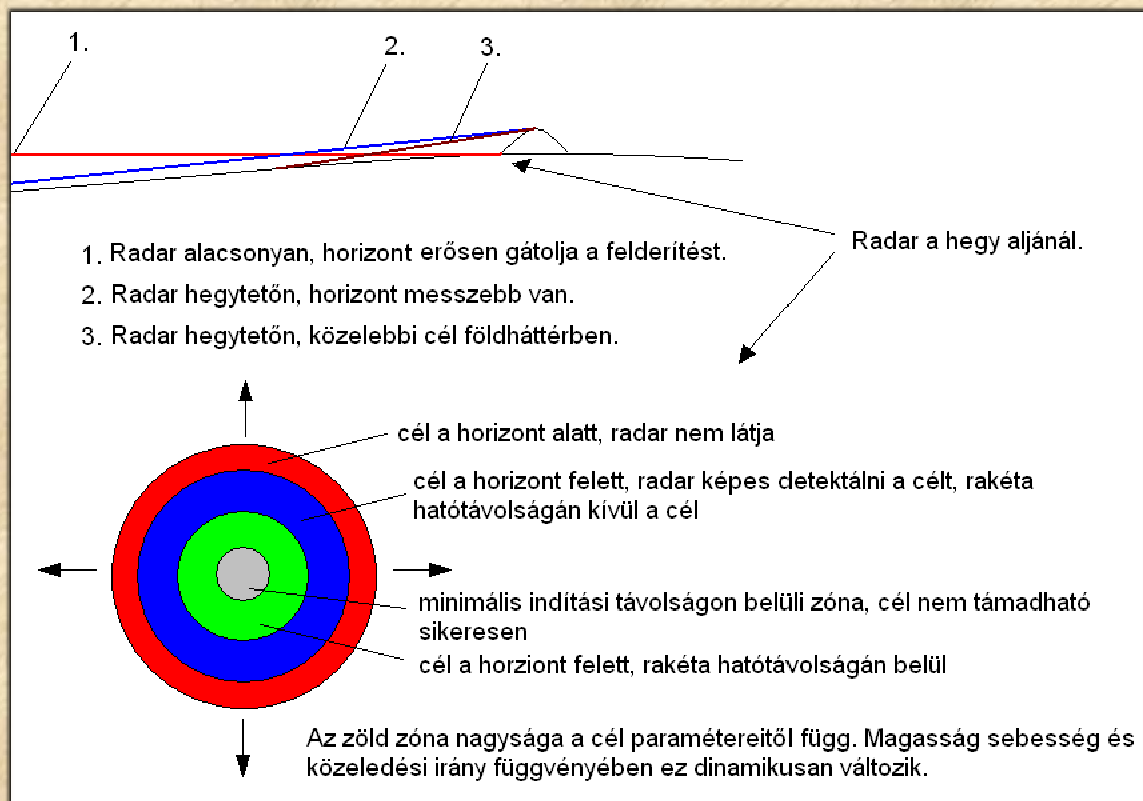
⁷¹ A veszteségek értelmezéséhez fontos tudni, hogy ez hány bevetésből történt meg. A számok önmagukban nagyon súlyos veszteséget mutatnak. Azonban ezt kb. 8 év alatt sikerült összehozni és iszonyatos mennyiségű bevetés mennyiségből. Kb. 2500 bevetésenként veszített el egy gépet a légierő. Ez a II. világháborús átlagnál kb. húszszor jobb érték. Ebből kiszámítható, hogy milyen irdatlan mennyiségű bevetést repültek a gépek, és hogy a politikai okokból a célpontok kiválasztása mennyire nem felelt meg a harcászati és valós háborús

Tény, hogy a légvédelmi rakéták az indított darabszámhoz képest (siralmasan) kevés repülőgépet semmisítettek meg, de légvédelem akkor is részleges sikert ér el, ha megakadályozza feladata végrehajtásában az ellenfelet. Arról meg már nem túlságosan szólnak a statisztikák, hogy hány bevetést kellett megismételni, mert a támadó nem tudott a rakétaindítás miatt megfelelően célozni, illetve mert nem tudott ideális pályán támadni. Olyan is előfordulhat – és volt ilyenre is példa – hogy a pilóta a rakétákat kerülgetve szépen a csöves légvédelem megsemmisítési zónájába manőverezte gépét és az durrantotta le. A régebbi vadászgépek csak úgy tudták sebességüket megőrizni, hogy a kitérő manővereket enyhe süllyedésben hajtották végre főleg, ha jól meg voltak pakolva bombákkal. Az akkori gépek nem rendelkeztek elegendő tolóerővel a sebesség megőrzéséhez nagy túlterhelésű (>5G) fordulókban közepes (~3-4 ezer méter felett) magasságon a fenti esetben magasság feláldozása nélkül.

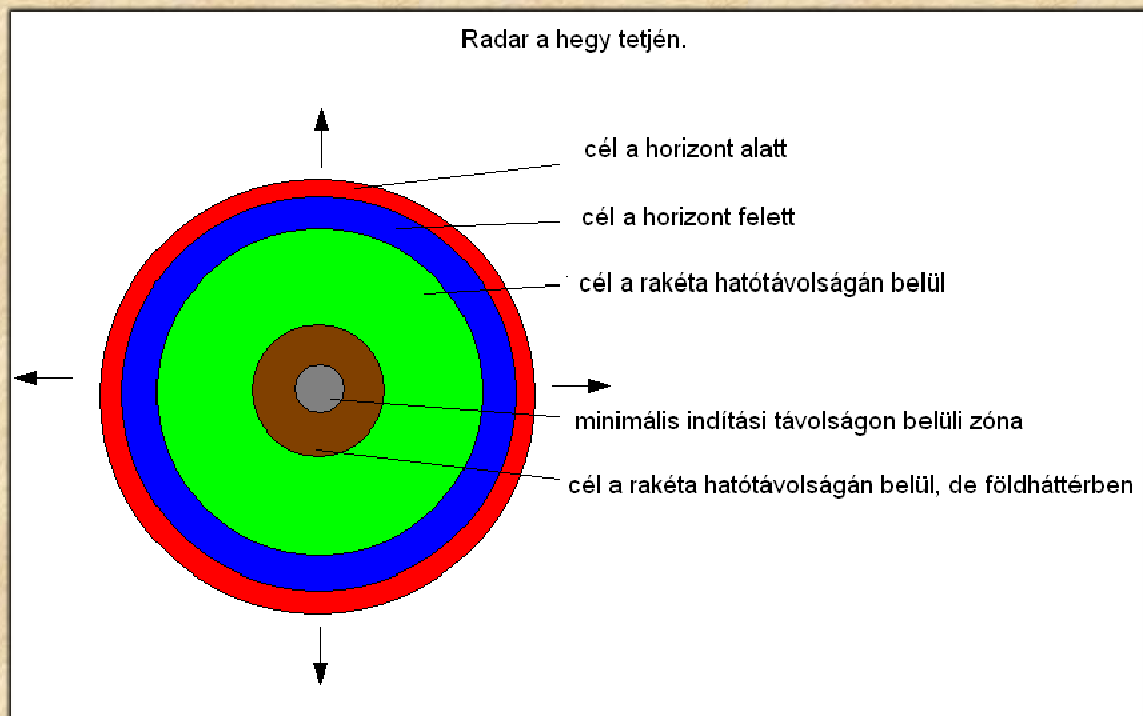
Kanyarodjunk vissza a radarokhoz. Minden földi légvédelmi rendszer ezen alkotóelemének gyengéje, hogy a Föld görbülete miatt nem lát be a horizont alá. Alacsonyan repülő gépeket a radar így nagyon későn érzékel. Ez ellen úgy lehet védekezni, hogy a radart minél magasabbra teszem. Ez adódhat a jármű konstrukciójából, de ez nem olyan könnyű, mint amilyennek hangzik. A korai radarok bitang nehezek voltak, és ma sem éppen pehelysúlyúak. Hol volt még akkor a digitális- vagy akár a félvezető technológia...

Ha nagyon magasra építették volna őket, akkor akkora tömegük lett volna, hogy maga az Atyaúrsten sem rakta volna őket odébb, viszont a mobilitás követelmény egyes esetekben. Másik megoldás, hogy valami csinos domb- vagy hegytetőre tesszük az üteget a radarral egyetemben. Viszont így földhátterben kell keresnie a radarnak alacsonyan repülő cél esetén. Ellenben a viszonylag magasabban repülő célokat távolabbról látja a radar. Ehhez egy nagyon primitív magyarázó ábra lentebb található.

követelményeknek. Ez azonban már egy másik történet...Helikopterekből a US Army kb. 5000 darabot vesztett el. Azonban ezt nagyjából 40 millió bevetésből hozták össze, tehát nagyjából minden 8000. felszállásra jutott egy elvesztett gép.



1. ábra



2. ábra

A fenti ábrákon további fontos információk láthatóak. Nézzük azt az esetet, amikor a radar a hegy lábánál van. Az adott magasságon közeledő cél egy ideig a horizont alatt van, a radar nem láthatja a célt semmilyen körülmények között. Ahogy közeledik a légvédelmi rendszerhez – vagy bármilyen radarhoz – felbukkan a horizont mögül, a radar fizikailag már rálát a célra. Innentől már az a kérdés, hogy a radarrendszer képes e detektálni a visszavert jelet. Ez igen sok dologtól függhet, de erről majd

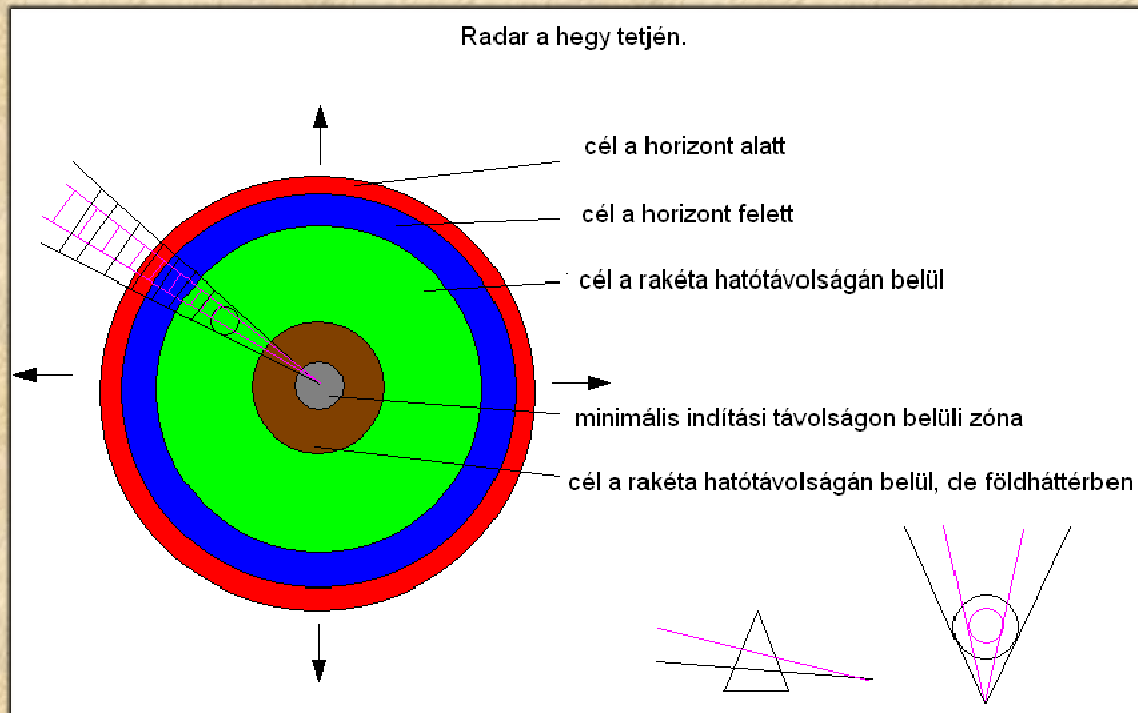
később. Ahogy még tovább közeledik, a cél egy idő után bekerül a rakéta hatótávolságába. A rakétás légvédelem megsemmisítési zónája egyébként nem körszimmetrikus csak igen speciális esetben, ha a célpont egyenesen a légvédelmi üteg felé repül. Más esetben deformált ellipszoid, vagy valami hasonló lesz. Ez egy nagyon dinamikusan változó terület a cél manővereitől, sebességének és magasságának változásának függvényében. A távolságok az ábrán nem arányosak, csak szemléltetés céljából vettem fel a sávokat úgy, ahogy.

A minimális rakétaindítási távolság több tényező miatt is létezik. A régebbi szovjet rakéták indítása szilárd hajtóanyagú indítófokozattal történt annak kiégéséig a rakéta nem végezhetett manővereket.⁷² Ha ez nincs, akkor is a rakéta egy bizonyos sebesség alatt nagyon gyengén manőverezik, nem ébred elegendő kormányerő a kormányfelületeken. Amíg el nem ér egy sebességet így nincs remény találatra. Továbbá a rendszereknek van minimális alsó- és felső céllelküzdési magasságuk is a felsoroltak függvényében. A 2. ábrán látható gondolat kísérlet egy nagyon egyszerű esetet mutat be. A terep teljesen sík volt, csak a Föld görbületével számoltunk.

Akkor picit bonyolítsuk a dolgokat. Legyen egy darab „hegy” amit egy kúppal modellezek az egyszerűség kedvéért. A 3. ábrán látható a helyzet, ezt fogom kifejteni és továbbvinni a gondolatot.

Ha egyetlen kúppal modellezem a hegyet, akkor a keresés magassága (cél magassága) is befolyásolja, hogy mennyire takarja ki a hegy a mögötte levő területet. Ez az ábra jobb alsó sarkában látható, oldalnézetben és felülnézetben. Látható, hogy adott célmagasság és távolság esetén az adott kúp metszetekből kiindulva hogyan blokkolja a radarjelek terjedését a domborzat. Egyre bonyolódik a helyzet, a légvédelmi rendszer egyes irányba és területekre nézve vak, ezt a támadók képesek kihasználni.

⁷²Kevés kivételtől eltekintve ma már nincs kétfokozatú légvédelmi rakéta, a sűrített levegő tubusból kilökési indítási fázist leszámítva. Viszont ez nem folyamatosan működő, kémiai égést felhasználó hajtóművet takar. Ahol van, ott a gyorsító fokozat szeparálása meglepően egyszerűen történik a kiégés után. Pl. a gyorsító fokozat kúpos felületen csatlakozik a második fokozathoz. Mikor kiég a gyorsító fokozat egyszerűen lehull mindenféle vezérelt leválasztási folyamat nélkül.



3. ábra

Na, akkor képzeljük egy teljesen általános domborzatot hegyekkel, völgyekkel, dombokkal. Felülnézetben nézve és alkalmazva az összes fent ismertetett elvet, dombos vidéken a következő képet kapjuk. Akár alacsonyan akár egy domb- vagy hegytetőn van rakva a radar, különböző magasságokon „metszeteket” készítve légtérről egyes helyeken „vakfoltok” és egyes irányokban teljesen blokkolt területek lehetnek a felderítési és megsemmisítési zónájában a rendszernek, ezen felül a földhátér/nem földhátér kérdése is elég helyzetfüggő. A régebbi rendszerek – pl. **SA-2/3/4/5/6**⁷³ – földhátérben repülő célokkal nem tudtak mit kezdeni, az újabbak már megbirkóznak ilyen helyzettel is.



Telepítési formák légvédelmi rakétarendszerek estén. Bal oldalt **SA-2**, jobb oldalt egy Hawk légvédelmi rendszer látható.

⁷³ A fő típusjelzés változatlansága ellenére ezen rendszerek alváltozatait folyamatosan korszerűsítették.



További fontos tényező, hogy egy üteghez jellemzően egyetlen kereső, magasságmérő⁷⁴ és tűzvezető radar tartozik még ma is, de több rakétaindító állvány vagy jármű. Ezt azért lényeges, mert amennyiben a keresőradar / tűzvezető radar megbénul vagy megsemmisül, akkor gyakorlatilag az egész rendszer megvakul és használhatatlanná válik. Az **SA-2** esetében 6 db indítóhely volt – minden indító helyen egy db rakéta – szabályos alakzatban és ezt szolgálta ki a radar. Ez a telepítési forma igen jellegzetes és könnyen felismerhető, később ezen sem változtattak többnyire az alkalmazók, de kicsit más jellegű telepítési formákkal is operáltak. Közös jellemzője mindnek, hogy az üteg járművei, radarjai és indító állványai néhány tucat méternél nincsenek egymástól távolabb.

A modernebb szovjet / orosz rendszereknél – **SA-11/17** (*Buk*) és egyes **S-300** változatok – az indító járműveken is van radar, így minden egyes indító jármű⁷⁵ képes volt egy célt támadni. Így egy üteg által támadható célpontok száma az indító járművekével egyezik meg. A régebbi légvédelmi rendszerek egyetlen célt voltak képesek támadni egyidejűleg, de ara lehetőség volt, hogy több rakétát vezessenek rá egy célra. A fázisvezérelt radarokkal felszerelt újabb konstrukciók képesek több célt támadni egyetlen radarral is – lásd **MiG-31** radarjánál tett megjegyzést – ha azok nagyjából azonos irányból közelednek, az antennának rá kell látnia az célokra.

A hadihajókon jellemzően négy darab antennával körkörös lefedettséget érnek el – lásd fenti képen – így minden irányban lehetséges a szimultán céllelküzdés. A '80-as évek elején jelent meg ez a képesség az amerikai és szovjet hajókon, azóta folyamatosan nő azon államok száma, akik ilyen képességekkel bíró hajóval rendelkeznek vagy saját erőből / kooperációban képesek kifejleszteni és legyártani ilyen légvédelmi rendszert. A szovjet hajókon az **Sz-300** rendszer haditengerészeti változata biztosítja a szimultán céllelküzdés képességét vagy más szárazföldi légvédelmi rendszer szintén haditengerészeti követelményeknek megfelelően fejlesztett változata. Majdnem minden szárazföldi légvédelmi rendszerből volt haditengerészeti változat.

Az *US Navy* rakétás védelmét a '80-as évek eleje óta az *Aegis* fantázianevet viselő légvédelmi rendszer képességei határozzák meg. Peresze ez előtt is volt rakétás légvédelem a hajókon, de ez nagyságrendi előrelépést jelentett, ma is fejlesztés alatt áll(nak) a legújabb változata(i). Elsőként a *Ticonderoga* osztályú légvédelmi cirkálók kapták meg, de mára már „túlhízott” rombolók is – *Arleigh Burke* osztály újabb gyártású egységei – és az **USA** egyes szövetségesei is megkapták.

⁷⁴ Manapság már nincs külön magasságmérő radar, egy eszköz képes távolságot és magasságot is mérni, de régen szükség volt erre, a távolságmérő radarokkal csak becsülni lehetett a célok magasságát. Ilyen radarok voltak szovjet / orosz oldalon pl. a PRV-13 és PRV-17.

⁷⁵ TELAR – transporter erector launcher and radar



MK-26 indító **RIM-66** rakétával.

Az első változata még állványról indította a rakétákat a tűzgyorsasága így viszonylag korlátozott volt. Az sínról való rakétaindítás mára már elavult megoldás, a ma jellemző forma a tubusból / konténerből történő függőleges indítás, ilyen pl. a **VLS**.⁷⁶ Jóval nagyobb tűzgyorsaság érhető el ezen felül a konténerforma olyan hosszú időtartamú tárolási lehetőséget tesz lehetővé, több évig megfelelő műszaki állapotban tárolhatóak a rakéták. Ezen felül a rendszer moduláris, más rakétafegyverzet indítására is alkalmas pl. **AGM-84 Harpoon**. Az **Sz-300** rendszer szárazföldi és haditengerészeti változata is tubusból indul, ahogy a *Tor*, *Tunguzka* és az *Sztrela-10* járművek esetén is. Ma már ez a tárolási és indítási forma a domináns.



Mk-41 VLS indító, zárt fedelekkel.

A legújabb fejlesztésű légvédelmi eszközök a digitális technológia, vezeték nélküli kommunikációnak köszönhetően a hálózat alapú hadviselési koncepcióba illeszkednek. Továbbra is lehetséges, hogy csak egy radar van, de az indító járművek akár 20-30 km-re is lehetnek egymástól. Egyetlen „üteget” – ez a szó félig meddig értelmét veszti, legfeljebb szervezeti egységként értelmezhető, mert fizikailag nem koncentrálnak egy helyen a járművek – igen nagy terület oltalmazására képes. Ha minden jármű rendelkezik saját tűzvezető radarral, akkor szimultán céllelküzdés képességgel is rendelkeznek, végfázisos aktív radaros rakétavezérlés itt is elképzelhető. Térjünk át a gyakorlati alkalmazás egyéb kérdéseire.

A Vietnami háború statisztikái rámutattak, hogy igazi "sortüzeket" kellett produkálni, hogy az alkalmazás eredményes legyen, ezért a későbbi rakéta-légvédelmi rendszerek már egy indítón több rakétával rendelkeztek, ezen felül mobilabbak voltak. Ennek fő oka az volt, hogy az ismert telepítési helyű ütegek sokkal könnyebben elpusztíthatóak, mintha folyamatosan mozognának őket.



Jobb oldalt az **Sz-300** tubusa látható egy hajóban, jobb oldalt indítás **VLS** cellából.



Fegyveres konfliktus esetén az ütegek rotációs elven naponta akár többször is áttelepülnek, hogy megnehezítsék elpusztításukat és meglepetést okozzanak a berepülő ellenség számára. Amíg az egyik üteg áttelepül, a másik fedezi, amennyiben ha van elég üteg ahhoz, hogy a megsemmisítési zónák átfedjék egymást. Ha nincs, akkor nem árt, ha az áttelepülés minél gyorsabban lezavarható, mert áttelepülés közben az üteg védtelen. Néhány helyi háborúban ezt az alkalmazók nem követték a fenti eljárást meg, ami

⁷⁶ Vertical Launch System – függőleges (rakéta) indító rendszer

igen súlyos következményekkel járt, rájuk nézve. 1982-ben a Beka-völgyben a szíreket az **IAF** lényegében pillanatok alatt felmorzsolta a völgybe telepített, papíron igen erős légvédelmet, a fent említett tevékenységek elmulasztása miatt.

A légvédelmi rendszereknek két fő feladata van. Vagy helyhez kötött (pont) célokat védenek (pl. reptér), vagy a harcoló csapatokat védik. Az utóbbiakat csapatlégvédelmi rendszereknek nevezzük, ilyen pl. a **Krug (SA-4)**, **Kub (SA-6)**, **Buk (SA-11)**, de az **Sz-300** légvédelmi rendszer különféle (újabb) változatai már ilyenek.⁷⁷ Már a '70-es évek eleji **Kub** és **Krug** légvédelmi rendszerek minden egyes eleme önjáróvolt. Figyelem, ez nem jelenti azt, hogy menet közben képes egy ilyen üteg harctevékenységet folytatni. A mobil szó, itt a gyors áttelepítésre vonatkozik, mert a „statikus” rendszerek is áttelepíthetőek, csak harcászati értelemben ez olyan sok időt jelent, hogy a mobil terminológia nem illik rájuk. Ilyen pl. az **SA-2 (Sz-75 Dvina/Volhov** vagy más variánsa) és **SA-3 (Sz-125 Nyeva** vagy más variánsa) vagy az ősrégi amerikai **Nike** rendszer. Ezek a telepített légvédelmi rendszerek.⁷⁸ Az áttelepítés után nem lehet azonnal tüzelni, de viszonylag hamar – kb. 15-30 perc vagy ma akár hamarabb is – tűzkésszé válhat az egység. Ez lehetővé teszi a front (taktikai helyzet) mozgásának gyors lekövetését. Az **SA-6** rendszer is egy központi keresőradarral bír, de már minden egyes járművön levő kilövőállványon 3 darab rakéta várta, hogy útjára indítsák. Jellemzően 4-6 darab indítójármű tartozik egy üteghez a légvédelmi rendszer típusától függően.

Az infravörös vagy szintén radaros légvédelmi rakétás járművek mozgás közben is tüzelhetnek / indíthatnak rakétát vagy gyakorlatilag menetből megállva azonnal, ha mozgás közben a terep egyenetlenségei miatt nem lehetséges. Ezek a **SHORAD**⁷⁹ légvédelmi kategória tagjai. Ilyen pl. az orosz **Tor (SA-15)**, az amerikai **M48 Chaparral**, **9K33 Osa**, stb. Ezek szintén csapatlégvédelmi járművek.

A szovjetek egyes rakéta-légvédelmi rendszereiket – **SA-2**, **SA-3** egyes változatait és **SA-6** esetében biztosan – kiegészítő célravezetési módszerrel látták el már a kezdetektől vagy modernizálás során. Vizuálisan rádió távirányítással manuálisan lehet a rakétát célra vezérelni. Ez csak abban az esetben lehet hatékony, ha a célgép nem manőverezik viszont előnye, hogy nem jár komoly elektronikai kisugárzással tehát csak szabad szemmel lehet érzékelni a rakétaindítást. A kamerarendszer a keresőradarra van telepítve. Ezen rakéták robbanófeje igen nagy, tehát a célzás pontatlanságait viszonylagosan kompenzálják. Ma, amikor már "minden sarkon" lehet éjjellátót venni, ez különösen veszélyes képesség tud lenni, ha okosan használják. Szemtől-szemben „nyílt sisakos” helyzetben ez a képesség nem túl acélos főleg, hogy a régi légvédelmi rakéták manőverező képessége borzalmasan gyenge. A célgép könnyedén kimanőverezi a rakétát. A rakéták manőverező képessége egyszerűen kevés ahhoz, hogy a végfázisban a megfelelő pillanatban egy néhány G túlterhelésű manővert végrehajtó célt leszedjenek.

Ha már szó esett a radarokról többször is, akkor ideje lenne beszélni a célra vezetés módjairól. Ezek némileg eltérnek a radarvezérlésű légi harc rakétáktól, de hasonlóságok is felfedezhetőek.

⁷⁷ <http://www.ousairpower.net/APA-Grumble-Gargoyle.html>

<http://www.ousairpower.net/APA-S-300PMU2-Favorit.html>

⁷⁸ Vannak teljesen fix légvédelmi rendszerek, aminek fő elemei szó szerint le vannak betonozva.

⁷⁹ Short Range Air Defense – kis hatótávolságú légvédelem

- Félaktív vezérlés. Nagyjából ugyanaz, mint a légi harc rakétáknál.
- Rádió parancsközlő. A rakéta számára a szükséges kormányvezérlő parancsokat a földi rendszer dolgozza ki és sugározza fel a rakéta számára. Ebben és az előző esetben is egy tűzvezető radar csak egy célra képes adatokat szolgáltatni, de azt akár több rakétának is.
- **TVM** (track via missile). A félaktív és a rádió parancsközlő keveréke. Az „agy” nem rakétában van, a földi rendszer dolgozza ki a parancsokat. Ezáltal a rakéta viszonylag olcsó, mert nem kell bonyolult fedélzeti számítógép vagy aktív radar a rakéta orrába. A földi radar megvilágítja a célt és a rakéta orrában levő szenzor érzékeli a visszaverődő elektromágneses hullámot a célról, mint a félaktív rakétánál, azonban az így kapott adatot adatkapcsolaton keresztül lesugározza a földre és a földi rendszer dolgozza ki a kormányvezérlő parancsokat, mint a rádió parancsközlő rendszerénél.

A módszer előnye az, hogy a modern fázisvezérelt radarokkal nincs fizikailag célbefogás, az besugárzás jelző rendszer elvben nem figyelmeztet a rakétaindításra csak egy felderítő üzemmódban pásztázó radarforrást érzékelhet, továbbá egyetlen tűzvezető radarral is lehetséges szimultán célleküzdés.

Az is előnyös, hogy a mérési hiba kisebb – pontosabb a fegyver – mert az érzékelő szenzor közelebb van a célhoz, mint a hagyományos rádió parancsközlő esetben. A rendszer elvi gyenge pontja, hogy az adatkapcsolat zavarható. Hogy mennyire folytonos vagy szakaszos a kapcsolat, az hétpecsétetes titok. A végfázisig elégséges néha **MCG** jelet küldeni, mint az aktív radaros légi harc rakétáknál és csak a végfázisban kell folyamatos adatkapcsolat.

- Kombinált vezérlés. A **TVM** vezérlést néha kombinálják aktív radaros végfázisos rávezetéssel, az **SA-5 (Sz-200)** rendszer rádió parancsközlő és félaktív vezérlés kombinációját használja. A legmodernebb alkalmazási forma – az Ausztrál Királyi Haditengerészet számára fejlesztették ki – hogy a fázisvezérelt radarral felszerelt **AWACS** gép képes korrekció / céljeleket szolgáltatni egy hajóról indított nagy hatótávolságú légvédelmi rakétával. Így az indító platform számára a horizont alatt levő cél is támadható.

Megjegyzendő, hogy minden rendszernek megvannak a maga korlátai, értjük ez alatt a minimális indítási magasságot és távolságot, de a célok maximális sebessége is korlátozott.⁸⁰ Egyes rendszerek nehezen birkóznak meg a hozzájuk képest álló vagy kis relatív sebességgel rendelkező célpontokkal. A korai rakétás légvédelmi rendszerek néha még az 1-2 kilométer magasság alatt repülő célokkal sem tudtak mit kezdeni, de ez az idők folyamán ezek a határok egyre inkább eltűntek

Az infravörös (infra red) rakétákról majd egy későbbi fejezetben lesz szó. A „vállról indíthatóak” is mind ilyenek, gyakorlatilag csak a csapatlégvédelemnél vannak, ahogy csöves légvédelmi fegyverek

⁸⁰Lényegében ez csak a ballisztikus rakétákat és az SR-71 repülőgépet zárta ki a legtöbb légvédelmi rendszerénél, mint leküzdhető célokat.

is. Ezekhez nem nagyon tudok mit hozzáfűzni csak azt, hogy ezek 3000-4000 méter felett repülő célok ellen nem hatásosak⁸¹ és csak maximum 2-3 km-en belül képesek célokat támadni.

Csapatlégvédelmi rendszerek között is vannak radarosak Ilyen például az *Tor (SA-15)* vagy a *Pegasus / Crotale NG* légvédelmi rendszer is, ezek indítási távolsága némileg nagyobb, de ezek sem lőnek fel 6-8 ezer méter fölé és a ferde lőtávolság max. 10-15 km, de csak közeledő célok esetén.

Csőves légvédelem alatt értek mindent a harckocsi tetejére szerelt (nehéz)géppuskától kezdve a radarvezérelt légvédelmi gépágyúkkal felszerelt légvédelmi járműveket. Ilyen például a híres *ZSU-23-4 Shilka* – ami harchelyzetben fényesen megállta a helyét a '73-as *Yom Kippur* (4. Arab-Izraeli háború) háborúban – és az elődje *ZSU-57-2*. Az izraeliek a zsákmányolt *ZSU-23-4* járműveket a háború után hadrendbe állították.⁸² A rakétás és csőves légvédelmi csapatvédelmi eszközök összeházasításának eredménye a *2S6 Tunguzka (SA-19)*.

Észak-Korea hadrendben tart mind a mai napig hatalmas mennyiségben még *KS-19*, *KS-12* és egyéb (nagyon) elavult légvédelmi ágyúkat, de hatalmas számuk miatt ezek némi fenyegetést jelentenek. Természetesen nyugaton is léteznek csapatlégvédelmi járművek.



Mivel a rakétatárolási módoknál már kitértem a haditengerészeti alkalmazásra, ezért a csőves légvédelemnél is megteszem ezt. A *CIWS*⁸³ kategóriájú légvédelmi eszközök a védelem utolsó vonalát alkotják a hajókon. Először a hajókon jelent meg ez a speciális alkalmazás, de ma már szárazföldi pontvédelemre is használnak adott esetben ilyen eszközöket. A '70-es évektől kezdve képességeik egyre fejlődtek. Kezdetben nagyjából 1 Mach sebességű közeledő rakétacélok elpusztítására voltak képesek⁸⁴, ma elvben többszörös hangsebességgel közeledő célok leküzdésére is képesek, bár kisebb megbízhatósággal. Az effektív lőtávolsága ezeknek az eszközöknek 1,5-2 km, de a felső érték inkább már elméleti dolog. Nagy sebességű cél esetén még így is számolni kell azzal, hogy megsemmisítés után a szétrepülő darabok eltrafálhatják a hajót. Mondjuk ez még mindig jobb, mint az alternatíva...

Ilyen eszközök rendszerint már jól bevált gépágyúfegyverzet használnak fel. Az *Phalanx* légvédelmi rendszer pl. az *M61 Vulcan* gépágyú köré épül, a *Goalkeeper* az *A-10 Thunderbolt II* gépen alkalmazott *GAU-8* gépágyú módosított változatát használja. Manapság már kezdenek kiszorulni *CIWS* feladatkörben a tisztán gépágyús rendszerek, vannak vegyes rendszerek. Ilyen pl. a szovjet/orosz *Kashtan*⁸⁵ légvédelmi rendszer. Szokás szerint ez is részben egy már létező szárazföldi légvédelmi

⁸¹Tengerszinten történő indítás esetén. Egy 3 km magas hegycsúcsról indítva 7 km magasan repülő gépet elérhet a rakéta. Erre vagy gyakorlati példa is. Afganisztán felett egy Il-76 teherszállító gépet ért találat 7800 méter magasan repülve.

⁸²A Magyar Néphadsereg meg 1988-ban váltótípus nélkül szépen kivonta őket. A lengyelek használják mind a mai napig modernizálva ZSU-23-4 "Biała néven. Új tűzvezető rendszerrel és kiegészítő infravörös légvédelmi rakétával.

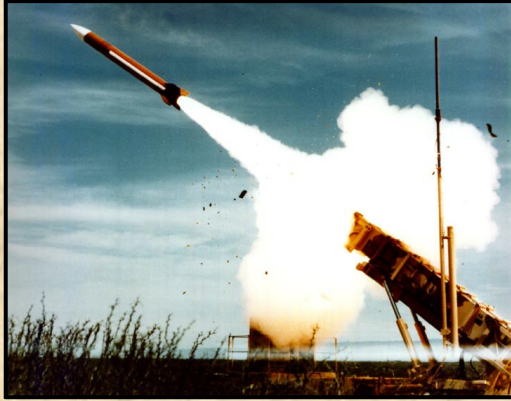
⁸³close-in weapon system

⁸⁴http://www.youtube.com/watch?v=3C2_hfrPkDg

⁸⁵<http://www.youtube.com/watch?v=pXYWBlruPjY&feature=related>

eszköz egyes elemeit használja fel. Tisztán rakétás megoldás a **RIM-116 RAM**.⁸⁶ A jövőben *US Navy* egységein teljesen leváltja a régebbi *Phalanx* rendszert.

Kép néhány légvédelmi rendszerről, a teljesség igénye nélkül.



Patriot légvédelmi rendszer rakétaindítás közben és **M48 Chaparral** csapatlégvédelmi jármű.

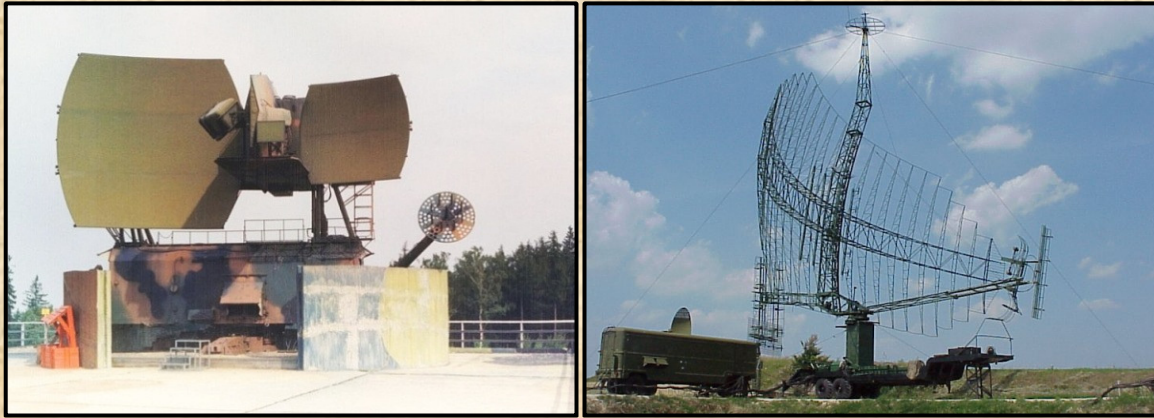


9K35 Sztrela-10 / SA-13 Gopher és **9K22 (2S6) Tunguska / SA-19 Grison** csapatlégvédelmi járművek.

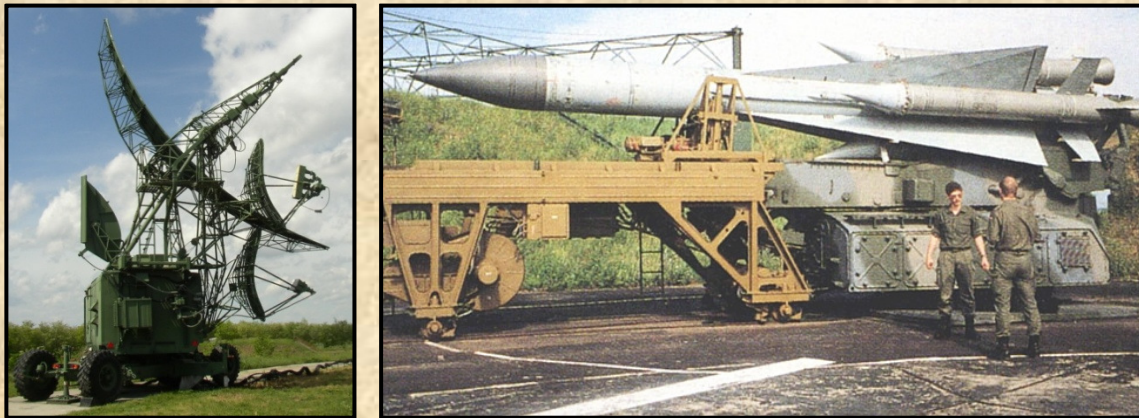


Kub (SA-6) mobil rendszer önjáró elemei, tűzvezető radar és indító jármű.

⁸⁶ <http://navysite.de/launcher/ram.htm>



A **Sz-200** rendszer tűzvezető radarja (bal) és **P-14** nagy hatótávolságú felderítő lokátor. Látható hogy bár kerekes járműveken van maga a szerkezet, de ezek szétszedése és szállításra történő előkészítése órákba telik. Az **Sz-75** és **Sz-125** rendszer is hasonló értelemben mobil, mint ezek, bár azok kisebbek ezeknél, tehát azért gyorsabban áttelepülhetnek.



PRV-17 magasságmérő radar és **Sz-200**⁸⁷ rendszer indítóállványa rakétával. A méretek igen szemléletesek, ez sem mobil kategória.

⁸⁷ <http://www.ousairpower.net/APA-S-200VE-Vega.html>

4.4. Repülőgép fedélzeti önvédelmi rendszerek, védekezési módok, radar keresztmetszet

Ez idáig sok szó esett arról, hogy milyen módszerrel próbálkozik a védekező fél leküzdeni a bejövő fenyegetéseket, de a védekezés mikéntjéről a támadó oldaláról nézve kevés szó esett eddig.

A légvédelmi rendszerek elleni legegyszerűbb védekezés, hogy a lehető legalacsonyabban repüljön a célpont. Ha az ellenség nem lát rá a célra, akkor indítani sem tud rá semmi. Ez jelentheti azt, hogy kis távolságon kitakarja valami tereptárgy vagy azt, hogy a radar horizontja alatt repül a támadó gép.⁸⁸

A **NATO** légierőkben a '70-es évek végétől bevett gyakorlat volt a 30-60 méteren történő mélyrepülésben való támadásra való kiképzés, akár még éjszaka is a gép képességeitől függően. Ezen félelmetes képességüket az '91-es Öböl-háborúban demonstrálták is. Egy 30 méteren közeledő célt a légvédelem legfeljebb. 20-25 km távolságról deríthet fel, de a terep adottságoktól függően ez lehet sokkal kisebb érték is. Ekkora távolságot egy gyorsan közeledő támadó repülőgép (900-1100 km/h) igen hamar megtesz, nehéz hatékony ellenintézkedést tenni a régebbi, erősen manuális módon működő légvédelmi eszközökkel.

A '80-as évek közepén itthon volt egy sajátos kimenetelű hadgyakorlat. **Szu-22** gépek támogattak egy szimulált folyón való átkelést, és támadtak **Sz-75 Volhov (SA-2E)** ütegeket. Olyan célfotókkal térek haza a bázisra, amik igazolták, hogy eljutottak a bombaoldási pontig. Az *Volhovok* nemhogy „befogást” nem tudtak produkálni addig a pillanatig, de még észlelni sem sikerült a célokat. Nem is rendeztek több ilyen gyakorlatot itthon... *Mathias Rust* legendás berepülése is megmutatta eme hiányosságot. 1987-ben – mindössze 19 éves volt ekkor – egy *Cessna* kisgéppel repült el Finnországból Moszkvába és szállt le a Vörös téren. Az egész szovjet légvédelmi rendszer jószerivel nem vett észre semmit, ennyire hatékony az alacsonyan való repülés.⁸⁹

További előny az alacsonyan repülésnél a földhátter adta védelem, bár ez a '80-as évek elejétől önmagában már édeskevés volt a nyugati légiharc rakéták és radarok ellen. Ma már végképp, „csak” megnehezíti az észlelést és célkövetést. Ha földhátterben repülsz, akkor a szembenálló repülőeszköz "éghátterben" van, nincs interferencia. A földhátter adta védelemhez való ragaszkodás alárendelt taktikai helyzetbe kényszeríti alkalmazóját. Amennyiben rakétát indít egy célra, a közte és a cél között levő a magasságkülönbséget is le kell küzdeni, a hatásos indítási távolság csökken emiatt.

Amennyiben nagy távolságról nem sikerül leküzdeni a célt, a magassági fölény a manőverező légiharc kezdetekor előnyt jelent. A manőverező légiharc legfontosabb alaptétele, hogy a magasság szükség esetén „sebességre váltható”, de ez fordítva is igaz. Süllyedéssel sebességet lehet gyűjteni, a „felesleges” sebességgel magasság nyerhető. Több alapvető légiharcmanőver épít a magassági fölény kihasználására. Megjegyzendő, hogy a földhátter az infravörös légiharc rakéták keresőfejének hatékonyságát is csökkentheti, de ez erősen függ az aktuális éghajlati- időjárási viszonyoktól és

⁸⁸Letölthető mellékletként táblázatos formában, hogy adott radar és célmagasság esetén a horizont milyen távolságban van. Figyelem, ezek emlékei értékek, egyéb torzító és zavaró hatásokkal nem számol, ami a felderítési távolságot befolyásolhatja.

⁸⁹Mellékszövege az esetnek, hogy Mihail Gorbacsovnak ez remek ürügy volt arra, hogy kirúgja a védelmi minisztert, a légvédelem, főnökét és még 2000 tisztet, akik elleneztek politikáját. Hát igen...

magától a terep jellegétől is. A régebbi infravörös rakéták különösen érzékenyek voltak ilyen behatásokra, de a legújabb generációs légiharcrakéták sem csodafegyverek. Néhány éve egy Magyarországon tartott gyakorlaton földhátterben repülő **Mi-24** helikoptereket **F-15** pilóták a nyári kánikulában képtelenek voltak „befogni” a jelenleg a világon talán a legkorszerűbb **AIM-9X** légiharcrakéta infravörös érzékelőjével, mindössze 2-3 km távolságból.

Másik lehetséges opció aktív elektronikai ellentevékenységet (**ECM**)⁹⁰ folytatni. Ez igen sokrétű lehet. A legegyszerűbb a "fehér zaj" zavarás. Minden frekvencián erős elektronikai "zajt" generálok. Egy egyszerű – de nem pontos – analógiával élve ez olyan, mintha egy sötét szobában hallás alapján kell valakit megtalálni, de valaki üvöltő zenével nyomja tele a szobát, ami minden frekvencia tartományt nagyjából egyenletesen lefed. Hátránya, hogy a saját erőket is korlátozza ez a zavarási mód. Azon fél számára, aki elektronikailag alárendelt helyzetben van, annak persze tökéletesen megfelelő, ha szépen az ő szintjére degradál mindenkit. Ilyen zavarás létrehozása technikailag nem volt túl nehéz feladat kezdetben, de ma már ez idejétmúltnak számít. Az aktív zavarás kombinálható más passzív zavarási formával és kitérő manőverekkel.

Ahogy telt az idő és fejlődött a technika, jócskán finomodtak a módszerek is. Ma már egyes külön frekvenciákon – akár több sávban is egyszerre – célzottan is lehet zavarni, akár irányítottan is. Erről azért nem írok bővebben, mert egyrészt nem sokat tudok erről, másrészt a legszigorúabban őrzött titkok között van, hogy pontosan hogyan is működnek az elektronikai zavarórendszerek.



F-4E Phantom II ALQ-119 konténerrel jobb oldali törzsfelfüggesztési pont alatt, az egyik Sparrow rakéta helyén.



A-10A ALQ-131 konténerrel a bal külső szárnyfelfüggesztőn.

Az elektronikai zavarásnak több szintje és alkalmazási módja létezik. Van, ami már csak reagál az ellenséges tevékenységre, addig nincs felkapcsolva a rendszer, amíg az ellenfél már nem használja kereső vagy tűzvezető radarjait. Ez jelentheti az, hogy már csak rakétaindítás után vagy a cél befogása után kapcsolják fel. A zavarásnak alapvetően két fajta módja van. A gépek nagy része csak önvédelmi zavarásra képes és többnyire nem preventív jelleggel alkalmazzák, több okból sem. Egyrészt maga a zavarás is érzékelhető, tehát az elektronikai védelem akár

riaszthatja is az ellenfelet, mikor esetleg még nem is érzékelte a támadó közeledését. A fedélzeti radarnál is ez a helyzet ezért, ha van földi irányítás vagy **AWACS**, az idő nagy részében a vadászgépek radarjai nincsenek bekapcsolva.

A kisebb és régebbi vadászgépeken nem volt integrálva elektronikai zavaró rendszer a korlátozott méretük miatt és az akkori elektronika színvonala miatt. A gépek konténerben vihették

⁹⁰ *Electronic Countermeasures*



Valamilyen *Szu-27* változat, szárnyvégi, valószínűleg *Szorbcija* típusú zavarókonténerekkel.

magukkal ezeket a szárny-, törzs- vagy a szárny törővégi felfüggesztési pontján, de a nagy légellenállásuk miatt inkább csak a nagyobb gépek hordoztak jellemzően ilyeneket. Ahogy fejlődött az elektronika több olyan gép is kapott integrált zavarórendszert, ami évtizedekig konténerekben kellett, hogy cipelje ezeket. A legújabb szériás **F-16C Block 50/52** gépek már integrált rendszerrel bírnak.

A másik ok, hogy régebbi gépek esetén nem minden esetben volt megoldott, hogy bekapcsolt zavaró rendszerek mellett a többi elektronika

megbízhatóan üzemeljen. Vietnám idején a „radargyilkos” rakéták indításának idejére ki kellett kapcsolni ezeket a rendszereket, ami remek támpontot adott az ellenségnek védekezésre. A besugárzásjelzők működésénél is előfordulhat ilyen korlátozás.

A zavarás másik módja kifejezetten preventív forma, angol terminológiában *stand-off jamming* néven fut. Igen specializált gépek látják el ezt a feladatot. Igen széles spektrumban képesek zavari radarokat, rádió és **TV** adást is, de manapság már a mobiltelefon hálózatok és minden más vezeték nélküli technológia zavarása is fontos. Régen kifejezetten nagyméretű gépek látták el ezt a feladatot, mert az elektronika és kiegészítő rendszerek csak ezeken fértek el. A Szovjetunió ilyen célra **Jak-28**, **Tu-16**, **Szu-24** és más bombázó vagy csapásmérő gépek töltötték be ezt a feladatkört. Persze kezdetben nem voltak képesek ennyire széles spektrumban dolgozni, de az **EF-111A Raven** és **EA-6B Prowler** gépek kellően nagyok voltak és a miniatürizáció kellő szinten volt, hogy a fent említett képességekkel bírjanak. A **Prowler** gépek több **ALQ-99** konténerrel repülnek, mindegyik egy adott frekvencia tartományt fed le. A fejlődés az automatizáció szintjén is lemérhető. A **Prowler** gépen még három operátor szolgál az utódján – **EA-18 Growler** – már csak egy fő elégséges az elektronikai zavaró rendszer használatához.

A lenti képen baloldalt a *US Navy Prowler* gépe látható két elektronikai zavaró konténerrel, a jobb szárny alatt valószínűleg egy **AGM-88 HARM**. A jobb szárny belső tartóján póttartály van. A jobb oldali képen az **EF-111A Raven** látható az *USAF* színeiben.⁹¹



⁹¹ A HTKA. oldalon az *F-111* típusismertetőben bővebben olvashatsz a gépről.

A radarsugárzás érzékelését az **RWR**, a besugárzásjelző rendszer teszi lehetővé. Ez egy igen összetett rendszer ma már és egyes gépeken a rendszer jóval többet tud annál, minthogy csak (pontos) riasztást adjon.

Mikor a besugárzásjelző rendszerek még gyerekcipőben voltak, a besugárzás alapján még az elektronikai felderítők is nehezen határozták meg az ütegek pozícióit, a vadászgépek rendszereinél erről szó sem lehetett. Érzékelték a keresést vagy befogást és esetleg nagyon durván megadták irányt. (Balra/jobbra, előre/hátra.)

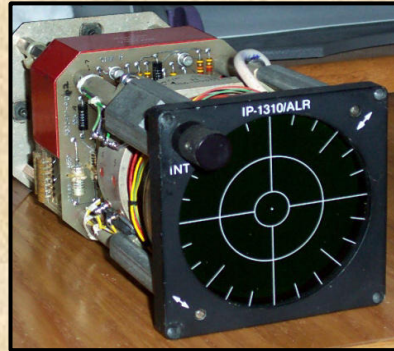
Aztán ahogy fejlődtek későbbiekben már az irányt is egyre pontosabb határozták meg, távolságot a jelerősség alapján becsültek. Idővel a radarok főbb típusait is képes lett azonosítani – repülőgép fedélzeti, légvédelmi tűzvezető, távfelderítő, stb. – végül a konkrét típust képessé vált felismerni a legfejlettebb nyugati típusokon. Ma már ez az alap elvárás, de ehhez szükséges egy „elektronikus könyvtár” felépítése, ami nagyon nehéz és drága mulatság, frissen tartása meg különösen. A hidegháború alatt a két nagy tömb országai rendszeresen összeakaszkodtak a helyi háborúkban és közvetlenül is kószolgatták egymást a szembenálló felek. Így lehetőség volt felépíteni és relatíve frissen tartani a könyvtárt.

A besugárzást érzékelő antennák a gépek függőleges vezérsíkján, szárnyán és a törzsön vannak – a minél teljesebb térbeli lefedettség érdekében – nem fémes burkolat alatt, hogy az elektromágneses szempontból átlátszóak legyenek. Az egyes radarok kisugárzása olyan egyedi, mint az ujjlenyomat, csak megfelelő rendszer kell az a felismeréshez és a fent említett „elektronikus „könyvtár”.

A besugárzás jelzők nem minden körülmények között megbízhatóak. Még a **MiG-29** egyes exportváltozatain nem volt megoldott az interferencia szűrése, bekapcsolt radar mellett a besugárzás jelző nem volt megbízható, vagy egyenesen használhatatlan volt. Régebbi gépek estén az elektronikai zavarórendszer használata adhatott fals jelzéseket, de fals jelzések „csak úgy” maguktól is megjelenhetnek a kijelzőn. Annyi fajta elektromágneses sugárzással találkozhat már a rendszer és igen nagy jelerősség szórással, hogy 100%-ban megbízható rendszer nincs. A megbízhatóság alatt nem a rendelkezésre állást értem, hanem az adott jelforma pontos azonosításának képességét.

A szovjet / orosz rendszerek a hidegháborúban ezen a téren messze alulmúlták a nyugati rendszereket. Az **USA** 4. generációs gépein már a '70-es évek végétől kezdve olyan rendszerek üzemeltek, amik szinte mindegyik követelménynek képesek voltak eleget tenni valamilyen szinten. A szovjet gépek rendszere csak a főbb típusok azonosítására voltak képesek és az irányok megadására is csak kb. 30 fokos pontossággal volt képes. A kijelzés módja is elég „oroszosra” sikeredett.⁹²

⁹²Ez nagy számban hadrendbe állított 4. generációs szovjet gépek besugárzás jelző rendszere, mind a mai napig ez van használatban. A régebbi gépek még ennél is primitívebb eszközökkel rendelkeztek és az érzékenyséjük is gyengébb volt.

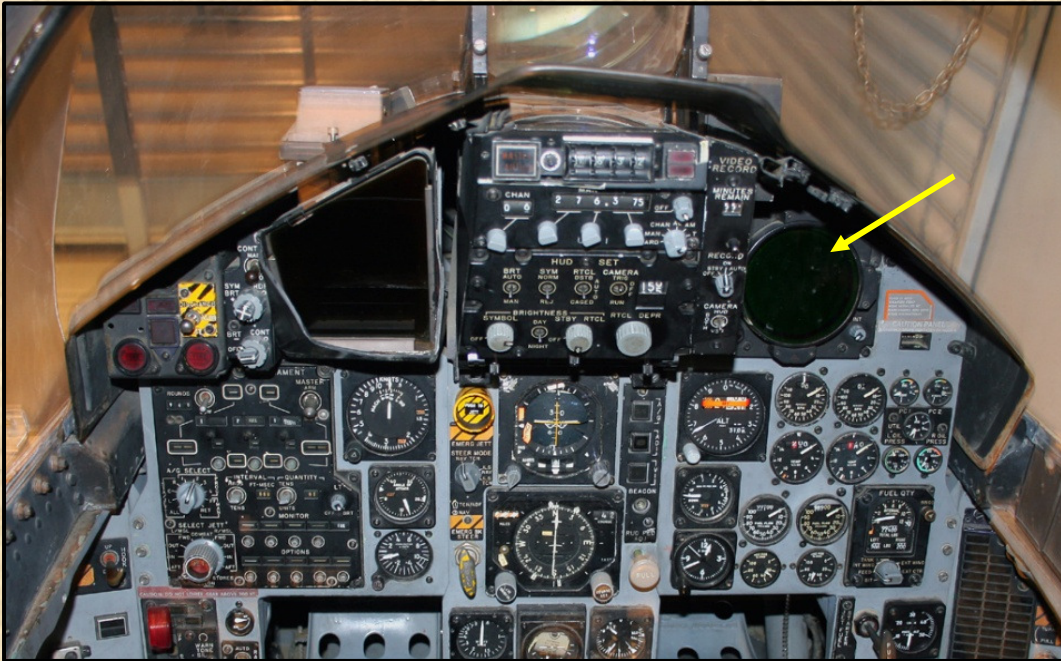


Sajnos a szovjet kijelzőről az Interneten alig van rendes kép, mert elég periférikus helyen van elhelyezve.⁹³ Ez meglehetősen furcsa tervezési elv. A nyugati tervezésű gépeken ez az indikátor szinte mindig szemmagasságban volt/van elhelyezve, tehát egy pillantással szemügyre vehető. Elég logikus, hiszen ez gyakorlatilag az elsődleges kijelzése a fenyegetéseknek sok esetben.



*MiG-29 kabin, az elterjedt változatok ilyen kabin kialakítással bírnak.
A besugárzásjelző jobb oldalt lent.*

⁹³ A kép a *Lock On Modern Air Combat* című játékkal lett készítve.



F-15A kabin, besugárzásjelző jobb oldalt fent.



F-16C kabin, besugárzásjelző bal oldalt fent. (A többfunkciós kijelzők már színesek.)

Az orosz kijelzőn az alsó hat lámpa felvillanása a radar típusát jelzi, és ehhez villannak fel az irányok és a jelerősség mutatók. Ember legyen a talpán, aki képes ezt nyomon követni úgy, hogy a műszerfalon kb. az ember jobb térdé mellett van és harchelyzetben vagy és emellett még számtalan más dologra is figyelni kell kifele. Persze ez még a Hidegháborús gépeken ilyen, az új tervezésű orosz gépeken a kabin elrendezése már a korszerű elveket tükrözik, követik a ma korszerű gépeken

alkalmazott „glass cockpit”⁹⁴ trendet. Ezekből a gépekből azonban elég kevés van, az ilyen gépek túlnyomó része exportra készült.

További hátránya a régi orosz rendszereknek, hogy „könyvtára” a csapatoknál nem vagy csak rendkívül körülményesen bővíthető, erősen „hardveres” megközelítésűek. Az amerikai és nyugat-európai gépeknél ez megtehető egyszerű szoftverfrissítéssel már kb. 20-25 éve. A kijelzés módja is sokkal egészségesebb. A képernyőn felvillanó jelekkel rögtön megadja legalább a típust és becsült távolságot a mért jelerősségből.⁹⁵ Földi célok esetén az irányméréssel viszonylag jól becsülhető a távolság, ha az adott irányba mérhető a gép és a domborzat közötti magasság.

Itt sokan megvádolhatnak azzal, hogy lenézem az szovjet / orosz elektronikát. Ez nem így van, de a körülbelül ennyire volt képes a szovjet elektronikai ipar, a legtöbb helyen kb. 10-15 éves lemaradásban volt a nyugattal szemben még a hidegháború legvégén is. Utána az orosz kutatás és fejlesztés pénzhiány miatt kb. 10-12 évre a padlóra került. Egyes esetekben azért az orosz technika előtte járt a nyugatinak, például a **MiG-31 PESA** radarja első volt a kategóriájában.



Tornado a **BOZ-107** infracsapda szórása közben,

További lehetőség csalik alkalmazása, ezt hívjuk passzív zavarásnak. Ilyen a *chaff* és *flare*. Az előbbi a radarzavaró anyag megnevezése – dipólköteg a leggyakoribb magyar terminológia erre – az utóbbi infravörös keresőfejjel ellátott rakéták keresőfejének megzavarására használt eszköz, magyar nevén infracsapda.

Mindkét töltet egy kivető / szóró rendszerben (dispenser) van elhelyezve. A következő oldalon kép található egy ilyen kivető rendszerről üres állapotban. A Vietnámi háború után lényegében minden nyugati gépen alapfelszerelés lett ezek alkalmazása kisebb / nagyobb mennyiségben.

A 4. generációs gépek megjelenésével a régebbi gépeket is ellátták a korszerűsítések folyamán legalább konténer formájában hordozható csali szórókkal, persze ekkor még többnyire a hordozható fegyverzet rovására. A **BOZ-107** konténert, lásd a képen oldalt. A

⁹⁴ A hagyományos körskálás vagy egyéb mechanikus és elektromechanikus műszerek már csak tartalék funkciókat látnak el, gyakorlatilag teljesen eltűntek a modern kabinokból. Minden fontos adat a többfunkciós kijelzőnkön jelenik meg.

⁹⁵ <http://www.youtube.com/watch?v=yKq11SHZZ5A>

Így kell elképzelni a megjelenítést a rendszernek. A szimbólumok csak példák, de látható, hogy a típus, irány és távolság remekül áttekinthető. Jellemzően külön műszeren jelenítették meg az információkat 4. generációs gépeken, de az integrált fedélzeti rendszerek korában ma már természetes, hogy a többfunkciós kijelzőn is megjeleníthető a RWR képe.

Mirage F.1 is számtalan konténerrel volt felszerelhető.⁹⁶ Természetesen nem csak ezek a gépek rendelkeztek ilyennel, de példának nagyon szemléletesek.

A *chaff* egy valamilyen fém vagy fémmel bevont felületű (pl. üvegszál cink bevonattal) szálakból álló töltet vagy méretre vágott szalag, ami kivetés után szétszóródik a levegőben. A szálak különböző hosszúságúak, hogy szélesebb frekvencia tartományban generáljon fals célokat. A szálforma azért kell, mert így lehet kevés anyaggal hatalmas visszaverő felületet létrehozni.

Egyes repülőgépek kábelen vontatott csalival is rendelkeznek – pl. **B-1B** és legmodernebb **F-16C/D** típusok, de más gépek is – természetesen ezt már csak a levegőben engedik ki. Ilyen például az **AN/ALE-50** Ez utóbbi három módszer passzív védelem, míg az **ECM** aktív védelem néven is szerepel a szakirodalomban.

Ez idáig csak a radarvezérlésű fegyverek elleni védelemről esett szó, mind aktív, mind passzív formában. Lássuk, hogy mit lehet tenni az infravörös vezérlés ellen. Az infracsapda egy magas hőfokon égő és nagy infravörös kisugárzást generáló magnéziumtöltet, bár egy ideje (kb. 10-15 éve) kidolgozták a csak infravörös sugárzást generáló, de látható fényt egyáltalán nem kibocsátó verziót. Ezt tudtommal nem vezették be, mert irgalmatlan drága lett volna. Akkor és ma is úgy ítélték meg, hogy nincs rá akkora szükség. Ez az álláspont mintha mostanában változna, de ezt nem tudom teljes bizonyossággal megerősíteni.

Ezen tölteteket szórják ki a gépek igen nagy számban a radarok és infravörös keresőfejek megzavarása céljából. Több féle méretben is léteznek ilyen töltetek még egyetlen típus esetén is. Igény szerint tárazhatóak be a gépek, de vannak tipikusan használt méretek. A svédek által kifejlesztett **BOL** sínekben egyenként 160 db ilyen töltet van, de ezek rendkívül kisméretűek. A vadászgépeken a törzsbe épített kazetták általában több fajta töltet befogadására alkalmasak, természetesen eltérő mennyiségben.



Kivető rendszer (dispenser), ez éppen egy **JA-37 Viggen** gépen

⁹⁶ http://www.acig.org/artman/publish/article_534.shtml



Infracsapda szórása **F/A-18** repülőgépről és radarzavaró anyag töltetek.

A helikoptereknél és vadászgépeknél is lehetséges módszer, hogy hideg környezeti levegőt kevernek a kilépő gázsugárba. Ez némileg csökkenti a gép infravörös keresztmetszetét viszont hajtómű teljesítményét is. Valamit valamiért. Egy ilyen szerkezet látható a lenti képen egy **Mi-24** helikopteren.



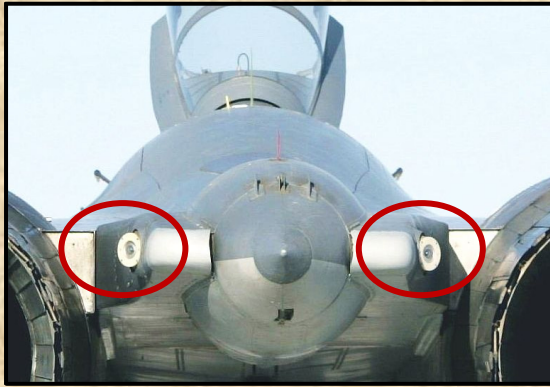
Az egyik védekezési módszer valahol az aktív/passzív védelem határmezsgyéjén mozog. Ilyen pl. **Mi-24**-en használt az **L166**⁹⁷ céziumlámpa. Az **L166** egy optoelektronikai zavaróeszköz, modulált infravörös sugárzást bocsát ki, amivel megzavarja a rakéta irányítórendszerét. Elvben hasonló elven működik, mint az **AN/ALQ-144**.

A cézium lámpa nagy energiával levegőt melegített fel, amit hirtelen kiengedett, így a levegőben a helikopter mögött szabad szemel láthatatlan, de nagyon meleg levegő foltokat hagyott hátra, a mely az infracsapdákhöz hasonlóan zavarta az infravörös vezérlésű rakétákat, vagy egyszerűen egy nagyon intenzív felvillanással kiégeti annak érzékelőit.⁹⁸ Afganisztánban viszonylag bevált, de viszont a meghibásodás közi üzemideje elég rossz volt illetve eléggé titkosan kezelt kütyüről van szó. A magyar gépeken csak ritkán volt felszerelve, de pl. 1999 nyarán a Kecskemétre kitelepült gépekre fel volt szerelve.⁹⁹

⁹⁷ <http://warfare.ru/?linkid=2370&catid=251>

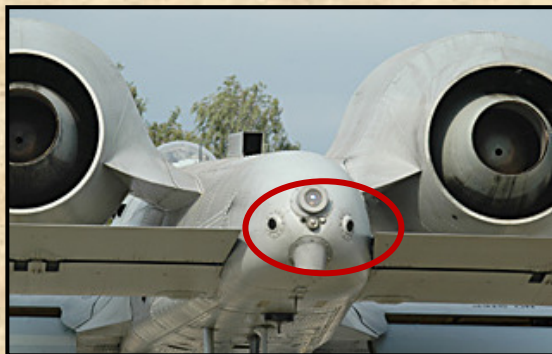
⁹⁸ Nem vagyok biztos a működési elvben, mindkettő logikusnak tűnik, de inkább az első változat.

⁹⁹ Tarr Gábor kiegészítése.



MAWS érzékelői valószínűleg egy kínai **J-11B** vadászgépen.

Az aktív védelem ma már az infravörös rakétára is kiterjed. Olyan fejlett elektro-optikai rendszerek léteznek ma már, hogy képesek vizuális úton észlelni az rakéták indítását, ha kellő közelségben történt, az infravörös tartományban képalkotó rendszer képes ezt felismeri. A repülőgép fedélzetére telepített lézeres rendszer kiégeti vagy megvakítja a közeledő légiharc rakéta keresőfejét.¹⁰⁰ Vadászgépen ilyen még nincs. A lenti képeken néhány gépen az érzékelő rendszerek elhelyezkedése látható.



A körkörös figyelő rendszer elemei az **A-10 Thunderbolt II** gépen.



Su-24 MAWS érzékelője, jobb oldalt a **Tu-95** egy változatán használt változat. A kettő szemmel láthatóan hasonló.

Hogy a probléma nehézségéről képet kaphassunk, arról van szó, hogy egy cirka 2 Mach sebességgel közeledő rakétával csinálják ezt, ami kb. 100-120 mm átmérőjű és mindezt egy mozgó repülőgép fedélzetéről néhány másodperc alatt. A vadászrepülőgépeken egyelőre a lézer még nem fér el, de a körkörös figyelő érzékelő rendszer az igen. Ez össze van kötve a zavarótölteteket kilövő rendszerrel, így ez automatikusan működhet. Nem szükséges folyamatosan, preventív módon tölteteket szórni az ellenfél megsemmisítési zónájában. Ez nagy előny, mert az infravörös rakéták indítására semmiféle berendezés nem figyelmeztetett eddig – hiszen passzív elven működnek – csak a köteléktársak és a pilóta éles szeme szűrhatta ki az indítás tényét. Az első szovjet repülőgép, amire

¹⁰⁰ Földi telepítésű szenzoron tesztelve egy ilyen rendszer -> <http://www.youtube.com/watch?v=7gqQuwRX-ps>
Képek az AN/AAQ-24-ről különféle platformokon.

<http://www.es.northropgrumman.com/solutions/nemesis/gallery.html>

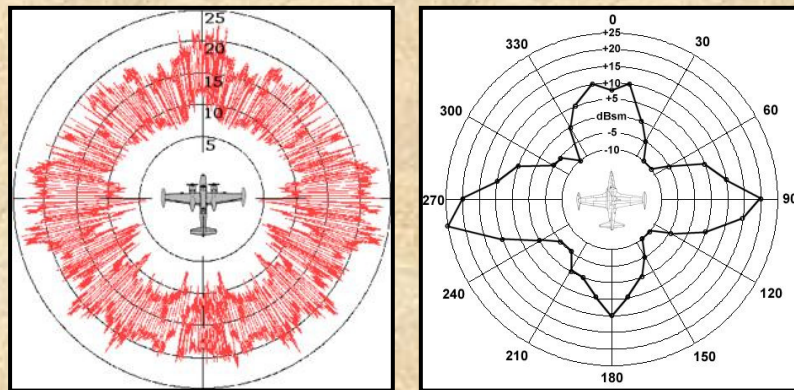
ilyen rendszer telepítve volt, az *a Szu-24M*, de a *Tu-95* és az *F-111* gépek egyes változatai is el voltak látva ilyenekkel. Az utóbbiakból kiszerezték – kivéve *Raven* változat – mert annyira bizonytalanul működött és annyira körülményes volt a karbantartás, hogy nem érte meg a használatuk. Ez még a '70-es években volt...

A fent említett – megsemmisítésre is alkalmas – rendszert fontos vezetők repülőgépeire telepítik – pl. **USA**, elnöki *Boeing 747* gépe – szállítógépekre és tanker gépekre és egyes civil légitársaságok repülőgépeire. Mindez a vállról indítható légvédelmi rakéták növekvő fenyegetése miatt került kifejlesztésre. Ilyen lézervakító rendszer a tavaly Magyarországon járt *Nemzeti Gárda* állományában levő **C-40C** gépen is látható volt.

Végezetül következzen egy videó infra kamerával különféle gépekről, hogy melyik hol meleg és milyen drasztikus különbséget okoz az utánégető használata.

http://www.youtube.com/watch?v=PLzD1Sck_q&feature=related

Ideje „radar keresztmetszetről”¹⁰¹ és ezután csökkentett észlelhetőségről – ezt szokták elcsepelten lopakodásnak hívni – is néhány szót. Ezalatt azt értjük, hogy a repülőgép mekkora felületet mutatna a radarnak, hogyha a sugárzásra merőlegesen elhelyezkedő fémlappal helyettesítenék az egész repülőgépet. Ez egy nagyon viszonylagos dolog, mert ez attól is függ, hogy milyen irányból nézünk rá a repülőgépre és attól is, hogy milyen frekvencián dolgozik a repülőgépet (cél) kereső radar. Ezen értékek egyébként titkosak, csak, szóbeszéd, kiszivárogtatott információk és becslések vannak az egyes célok visszaverő felületét illetően.



Radar keresztmetszet két különböző gép esetén, a fenti ábrákon látható. Ezen gépek már nem állnak szolgálatban sehol, ezért publikusak az adatok. Látható, hogy közel sem állandó az **RCS** értéke az irány függvényében és ezek csak egy síkmetszete az **RCS** értéknek, hiszen az alulról / felülről rálátás miatti irányfüggés nincs ábrázolva, bár valószínűleg az esetek nagy részében ez nem jelentős változás. Nagy távolságból a gépekre kb. ugyanúgy lát rá a radar, néhány fokban. Egyszerű trigonometriával kiszámolható ez a szög.

Az **USA** – gondolom más légierők vadászgépei is megoldják valahogy – a külföldi látogatásokra, mindig úgy érkeznek, hogy az egyik *Sidewinder* rakéta helyén szögvisszaverő van elhelyezve, ezáltal mesterségesen megnöveli a gép radar keresztmetszetét, hogy a gépek valós karakterisztikája titokban maradjon. A *Raptor* gép hasán, egy kis szögvisszaverő kibocsátásával oldja meg ezt a problémát. Néhány adatot felsorolok tájékoztató jelleggel a gépek visszaverő felületéről, ezek valószínűleg X sávban (frekvencia tartomány) dolgozó radarokra vonatkoznak szemből vagy a legrosszabb irányból nézve.

Mielőtt a csökkentett észlelhetőséget boncolgatnám, először ejtsünk néhány szót a hagyományosan elterjedt vadászgépek lehetőségeiről és főbb paramétereiről.

Az mai általánosan elterjedt vadászgép radarok észlelési távolságaira az alábbi adatokat szokták megadni tájékoztató jelleggel.¹⁰² Vadászgép méretű célokat – 2-10 m² **RCS** mellett – szemből kb. 60-100 km-ről észlelnék a radarok, földhátterben ez kb. megfelelődik, de akár harmadolódhat is. Ez függ magától az alkalmazott technológiától és a domborzat (földhátter) jellegétől és magától a céltól is. Távolodó célnál ez az érték kisebb, a gépek **RCS** értékei ilyenkor jellemzően kisebbek. Nagyméretű

¹⁰¹ **RCS** – radar cross section

¹⁰² 4+ vagy 4++ generációs gépek radarjaira értendők ezek az értékek.

célokat – mint például **B-52**, teherszállító gépek, stb. – akár már 150-250 km távolságról is képesek észlelni – főleg égháttérben – de ez egy igen sok változótól függő dolog.

Egy **F-16 / MiG-29** méretű vadászgép visszaverő felülete szemből kb. 2 m^2 , a nagyobb iker vezérsíkos gépek ezen a téren rosszabbul muzsikálnak, azoknál 3-4 m^2 . A **B-52** estében ez 100 m^2 körüli érték oldalról nézve. A csökkentett észlelhetőségű **F-117** esetében ez kb. $0,025 \text{ m}^2$. A radar keresztmetszet mértékétől közel sem lineárisan függ a detektálhatóság. A legtöbb irodalomban az található, hogy a keresztmetszet 10-szeres növekedésével az észlelhetőség távolsága kb. a duplájára nő, A másik gyakran idézett arányosság, hogy felderítési távolság duplázódik, ha a radar keresztmet az eredeti érték negyedik hatványával növekszik. A második összefüggés érvényessége, ha egy 1 m^2 radar keresztmetszettel bíró gép észlelési távolságát meg akarja felezni az ember, akkor $0,5^4$ mértékben kell csökkenteni a visszaverő felületet. Ez körülbelül az eredeti felület 6%-a, tehát $0,06 \text{ m}^2$. Ha még felezni akarod, akkor a $0,06 \text{ m}^2$ 6%-át kell elérni. Hát nem semmi kihívás, annyi szent...

Az észlelést égháttérben levő cél esetén alapvetően két módon lehet megkönnyíteni. Vagy nagyobb energiát sugárunk ki a radarral, vagy érzékeny vevőt (antennát) kell használni. Földháttérben levő célok esetén már mindenféle „bűvész trükkre” van szükség a megfelelő doppler szűréshez. Nézzük az első esetet.

A **MiG-25** és az **F-4 Phantom II** vadászgépek radarjának harcászati paraméterei nagyjából megegyeztek, de ezt a **MiG-25** radarja kb. 550 kW elektromos impulzus csúcsteljesítménnyel tudta ugyanazt a jellemzőket elérni, amit az **F-4E** kb. 110-125 kW impulzus csúcsteljesítménnyel.¹⁰³ Ennyivel volt jobb a vevő érzékenysége a *Phantom II* radarjának. Hátránya a nagy teljesítmények, hogy nagyobb hűtést igényel.

Megjegyzendő, hogy az **F-14** radarja még mai szemmel is tiszteletet parancsoló teljesítménnyel bírt. A '60 évek végének analóg elektronikájával is képes volt hozni a fenti paramétereket egyes esetekben. Természetesen ennek nagyon komoly ára volt, mind műszaki szempontból – megbízhatóság és karbantartási nehézségek – mind a költség vetületét nézve. Az elektronika megbízhatósága köszönőviszonyban sem volt a mai szinttel. A kisugározott energia az **F-14** estében egy nagyságrenddel volt nagyobb a mai típusoknál, ezen felül a gép üzemeltetése hatalmas költségeket emésztett fel.

Nem közismert, hogy a szolgálatban álló **Szu-27** gépek nagy részében a mai napig még mindig a régi **N001** radar van, amely egy azonos irányban, földháttérben lévő kb. **F-16** méretű vadászgépet csak nagyjából 20 kilométer távolságról képes észlelni Ez nem fantazmagória, az eredeti orosz üzemeltetési utasításban van. Ennek ellenére teljes értékű 4. generációs gépnek tekintik sokan, pedig a fenti adatot nézve ez bizony eléggé határeset vagy egyenesen össze sem hasonlítható az elvben azonos generációba sorolt amerikai gépek képességeivel. A *Sivatagi Vihar* idején az **F-15C** vadászgépek radarja már képes volt nagyjából 100 km távolságból észlelni a mélyrepülésben közeledő **MiG-23** vadászgépeket. Persze ez is egy szélsőséges eset, mert a terep nagyon sík volt és az **AWACS** pontosan megadta a célok irányát, valószínűleg nagyon szűk tartományban kerestek a

¹⁰³ Az effektív teljesítmény ennek töredéke, a MW nagyságrendű impulzus csúcsteljesítménnyel bíró légvédelmi radarok ~30-60 kW-os villamos aggregátorokról működtek. (Forrás: Légvédelmi rakéták Magyarországon fórum.)

radarok, gyakran pásztázták a célt, de mindenképpen figyelemreméltó eltérés, még ha az ideális esetben levő értéket megfelelzi az ember.

Az erős kisugárzás további hátránya, hogy az ellenfél a besugárzás jelző segítségével akkor is tudja, hogy az őt kereső gép merre lehet, amikor kereső gép még radarral nem észlelte őt. A besugárzás jelző antennájának is van érzékenysége, ráadásul az **RWR** antennái kisebbek – gyengébb érzékenység – mert általában a függőleges vezérsíkba építik be őket, onnan tudják a legnagyobb térrészt lefedni.

Tehát szélsőséges esetben lehetséges olyan helyzet, hogy a kereső gép igen érzékeny és kifinomult radarjával már észlelte is az ellenséget, de a gyengébb elektronika miatt az ellenfél azt sem érzékeli, hogy az ő ellenfele egyáltalán használja a radarját. Az **F-22 Raptor** az eddigi gyakorlatokon igen fényesen demonstrálta eme képességét. Az **F-22 AN/APG-77** radarjának kisugárzott teljesítménye nem fix és rendelkezik **LPI¹⁰⁴** üzemmóddal. A saját **USAF** és **US Navy** gépek ellen produkálta a fent említett helyzetet, holott azok gépek enyhén szólva nem az elmaradott kategóriát képviselik elektronikailag a nagyvilágban...



JAS-39 EBS HU Gripen függőleges vezérsíkján az a hosszúkás dudor rejtje az **RWR** rendszer egyik antennáját.

A háborús helyzetekben ezért a radarokat csak a lehető legkevesebb időre kapcsolják fel. Ahol van **AWACS** vagy megfelelő földi irányítás, gyakorlatilag csak a rakéta célravezetési idejére. Ma már ez is csak félig igaz, mert az **AMRAAM** esetében például lehetséges, hogy nem a rakétát indító repülőgép radarját használja a rakéta a célravezetéshez, hanem egy másik repülőgépet, ezáltal az indítás legcsekélyebb jele is elrejtethető. Ennek korlátja az, hogy az **AMRAAM** rakétán levő **MCG** jelet fogadó antennák jelfogadási szöge eléggé korlátozott – 30 fok körüli érték – tehát a másik gép relatív helyzete nem lehet túlságosan eltérő az indító géphez képest jelenleg. Ez az **AIM-120** légiharc rakéta **D** verzióján változni fog, a „süket” zóna kisebb lesz.

¹⁰⁴ <http://www.radartutorial.eu/02.basics/rp17.en.html>

Még van néhány dolog, amik megemlítése fontos a radarok és látótávolságon túli célmegsemmisítésnél. A fenti paraméterek megismerése után felmerülhet, hogy hogyan is kerülhet egyáltalán közel cél egy olyan vadászgéphez, ami viszonylag jó radarral bír? A ma elterjedt mechanikus antennakitéréssel dolgozó radarok a videóban látható módon működnek.¹⁰⁵ A videó egy harci repülőgép szimulátorhoz készült, de ettől függetlenül jól bemutatja az általános eseteket. A probléma egy érdekes, kettős jelenségen alapul. A radarnyaláb a kibocsátó ponttól távolodva egyre szélesebb. Ez nagyon jó dolognak tűnik elvben, mert a radarnyaláb felderítési zónája nagyobb. A helyzet viszont nem ilyen örömteli. Két dolog miatt sem. Az első egyszerűen abból a tényből fakad, hogy az alapvető hullámjelenségek miatt az **EM** sugárzás szóródik és elnyelődik. Ez minimum négyzetesen erősödő hatás, hiszen a rádióhullám terjedése és visszaverődés közben elmegy, majd visszatér a célról. Ezek felül, jól látható, hogy ha szélesebb a nyaláb távol, akkor ugyanabban a térfogatban „hígabb” az „energiatartalom”. Nagyobb távolságon a gép észrevétlen maradhat, főleg ha földhátterben repül és hegyek mögé is el tud bújni. Ez idáig tiszta sor.

Ahogy közelebb ér a gép, hiába lesz egyre erősebb a visszavert radar (**EM**) sugárzás, viszont a radarnyaláb keskenyebb. Gyors magasság változtatással több gép esetén egyszerűen lehetetlen szemmel tartani minden célt, félaktív rakéták esetén még idő sincs leküzdeni minden célt főleg, ha azok komoly számbeli fölényben vannak. A felderítést tovább nehezíti, ha nem áll rendelkezésre légtérelenőrző repülőgép vagy tisztességesen kiépített földi radar / rávezető rendszer, akkor nagyon széles tartományban kell pásztázni, több sávban, nagy azimut beállítással.

További probléma a célazonosítás. Bár rádióelektronikai úton történő célazonosítás régóra létezik, de a történelem bebizonyította, hogy ez nem mindig megbízhatóak, vagy nincsenek meg egyszerűen a feltételei, továbbá időbe kerül a folyamat végrehajtása. „*Ha rövid a kardod*” cikksorozatban olvashatsz erről bővebben. Ha a gépek közel értek egymáshoz, akkor kezdődik a manőverező légi harc. Ennek műszaki feltételeiről és aerodinamikai vonatkozásáról a későbbiekben lesz szó, de egy másik cikk is foglalkozik ezzel.¹⁰⁶

Térjünk rá a csökkentett észlelhetőségű gépekre. A „lopakodó” repülőgépek alapvető kialakítása olyan, hogy szórja a beérkező radarjeleket, tehát a kibocsátó felől nem érzékelhető a visszaverődés, de más irányból már igen. A gond az, hogy a vevő nem tudja, hogy mikor lett a jel kibocsátva, tehát nem tud távolságot számolni. Ezen úgy lehet segíteni, hogy ha több radar is keresi a célt egyszerre szétszórva, tehát a sugárzó és vevő antennák fizikailag nem azonosak és lehetőleg minél inkább eltérő irányból látnak rá a célra.

Az ilyen rendszert bistatikus vagy multistatikus rendszernek hívják, de ez egyelőre még csak elméleti dolog, gyakorlati alkalmazása még várat magára vagy, ha van is ilyen, akkor jól titkolják. Alapvető feltétele egy ilyen rendszernek gyors, titkosított és zavarásvédett adatátviteli rendszer, hogy a radar által kinyert adatok gyorsan továbbíthatóak legyenek és a rendszer elemei – vevők és adó – szinkronban legyenek. Több fajta felállítás is elképzelhető. Egy radar sugároz és a többi vevő fülel, vagy több sugároz és egy fülel eset is. Hogy melyik előnyösebb a keresés szempontjából nem tudom, de a rendszer túlélése szempontjából – feltéve, hogy minden vevő egyben lehet adó is –

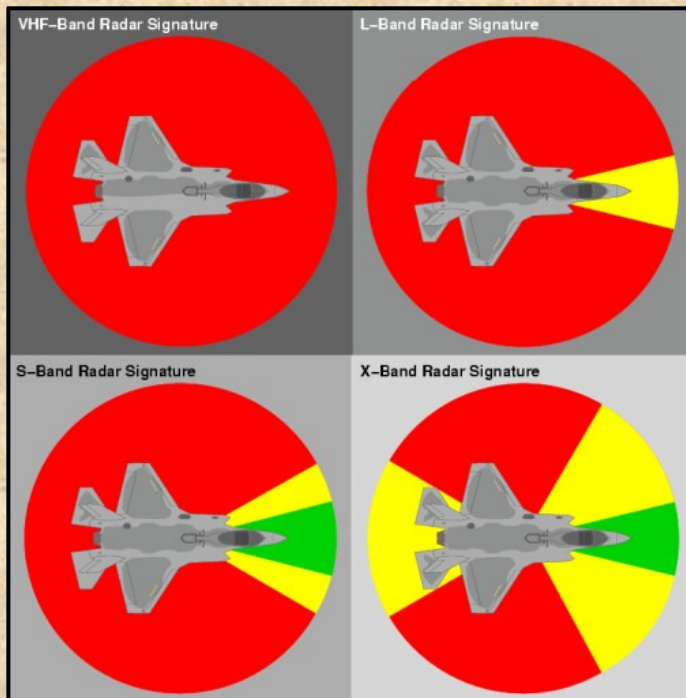
¹⁰⁵ <http://www.mediafire.com/?sharekey=7f14074ff0e1c7101686155677bb268547d6c751a8adf405>

¹⁰⁶ <http://htka.hu/2010/11/14/gondolatok-a-legi-harcaszatrol/>

előnyösebb, ha egy sugárzó van, kevésbé fedi fel a rendszer többi elemét, még ha el is pusztítják az egyik adót, akkor egy másik veheti át a szerepét. Az adó és a vevő lehet akár földi, akár repülőgépre telepített, lényegében hálózatba kötött radarrendszerről van szó. A repülőgép túlélőképesség és jobb pozícionálhatóság miatt előnyös.

A multistatikus rendszerek számára további pozitív fejlemény, hogy egyes irányokból nézve, a repülőgép csökkentett észlelhetősége közel sem működik olyan jól, mint szemből. Tehát a szétszórtan telepített vevők eleve nagyobb visszhangot kaphatnak a kibocsátott sugár visszaverődése után. Azért szemből való radar keresztmetszet csökkentésére gyúrnak, mert ez jelenti a legjellemzőbb fenyegetési irányt. Egy távolodó céllal a védelmi rendszerek nehezebben birkóznak meg. A célt a rakéta sokszor már egyszerűen nem éri, utol vagy a gép a rakéta indításkor még észlelhető, de mire a rakéta a cél közelébe érne, a cél észlelésére már képtelen a légvédelmi rendszer.

Mi a probléma a fenti ötlettel a csökkentett észlelhetőség leküzdésére? Van több is. Ha sok radar működik egyszerre hosszútávon a túlélésük nem garantált egy olyan ellenfél ellen, aki erős **SEAD** képességgel bír. A dolog problematikája az, hogy a legerősebb és élesben kipróbált **SEAD** képessége annak az országnak van, aki egyedülként birtokol csökkentett észlelhetőségű gépeteket...



A másik probléma a dolog költségvetési vetülete. A 4+(+) generációs gépek ára a jelenlegi avionikával¹⁰⁷ is lassan eléri egy 5. generációs gép árának a felét. A fenti elmélet szerint legalább 3-4 vevő / adó szükséges ahhoz, hogy egy gép kiesése estén is a rendszer életképes legyen. Tehát nem nagyon érdemes ilyen gépeket gyártani, mert akkor inkább egy légierő rendelkezzen olyan gépekkel, ahol az ellenfélnek is nagyon komoly erőfeszítéseket kell tenni egy csökkentett észlelhetőségű gép észlelésére és a saját platform túlélőképessége is biztosított a csökkentett észlelhetőség által.

A következő probléma az észlelés és tűzvezetés közötti dilemma, az alkalmazott hullámhosszak, tehát a „vas” alapvető kialakítása. Egy dolog valamit észlelni és egy másik dolog tűzvezetési megoldást adni rá. A jelenlegi csökkentett észlelhető gépek elsősorban az X sávban működő radarok elleni „immunitásra” vannak optimalizálva, ezért a deciméteres és méteres hullámhosszon dolgozó radarok hatásosabban dolgoznak rájuk, az észlelési távolság nagyobb. A fenti képen látható, hogy X sávban dolgozó radarok esetén honnan nézve rendelkezik a gép kis **RCS** értékkel (zöld). Látható, ahogy nő a hullámhossz, a kép csökkentett

¹⁰⁷ Avionika lényegben a gép összes érzékelőjét, műszerezését és elektronikájának összefoglaló neve. Minden olyan műszaki megoldás, ami gép tájékozódását segíti és a fegyvereinek eredményes alkalmazását.

észlelhetősége egyre inkább megszűnik (piros). Persze ez csak erősen elméleti közelítés, de valószínűleg igaz.

Tehát hiába látja egy méteres vagy deciméteres hullámhosszon dolgozó bistatikus vagy multistatikus rendszer, ha az X sávban dolgozó tűzvezető rendszer (még) nem látja a célt, ezért tehetetlen. A vadászrepülőgépeken ráadásul a helyhiány miatt nem is lehetséges méteres hullámhosszú radar alkalmazása a kis antennaméret miatt.

Az alkalmazott hullámhossztól lehetséges, hogy függ a mérési hiba is, tehát előfordulhat, hogy az adott hullámhosszt alkalmazva nem lehet annyira pontosan mérni a célpont távolságát és irányát, hogy a mai kisebb robbanófejű rakéták még közelségi gyújtó alkalmazásával stabilan képesek legyenek kellő pontossággal megközelíteni a célt.

Egy kis kitérő; a multistatikus rendszerek elve a besugárzás jelző rendszerek felhasználására is kiterjeszthető. Egy jelforrást több gépből érzékelve és adatátviteli rendszerrel továbbítva és szinkronizálva az adatokat, a jelforrások elméletileg igen jól bemérhetőek. Pusmogják, hogy a „C” változatú Gripenek adatátviteli rendszere már rendelkezik ezzel a képességgel. Innen már lehet, hogy „csak” egy nagyobb ugrás lehet a radarra is kiterjeszteni ezt az alkalmazást.

A csökkentett észlelhetőséggel kapcsolatban külön kitérnék egy esetre, ahol a leleményesség, kitarás és szerencse találkozott ostobasággal, túlzott önbizalommal és fegyelmezetlenséggel. 1999 tavaszán, az *Allied Force* hadművelet alatt a szerbek által lelőtt **F-117** esetéről van szó. Igazi iskolapéldája annak, hogy a jó fegyver is csak annyira jó, amennyire azok, akik alkalmazzák őket.

Egyes hírforrások azt állították, hogy egyes régi radarrendszerek számára nem „láthatatlan”, sőt odáig mentek, hogy már-már szinte gyakorló célpontnak titulálták a csökkentett észlelhetőségű gépeket, és ezek feleslegességét és a csökkentett észlelhetőségű gépek rövid úton történő kihalását vizionálták. Ez több okból is ostoba kijelentés.

- Radar számára láthatatlan repülőgép **nem létezik**. Ez az eddig leírtakból szerintem már nyilvánvaló kijelentés. A „stealth” kialakítás az valójában csökkentett észlelhetőséget takar, de ez nem teszi „láthatatlanná” és „lelőhetetlenné” a repülőgépet, csak nagyon megnehezíti a felderíthetőséget a radarok számára. Infravörös sugárzása mindenképpen van a repülőgépnek és optikailag meg aztán végképp nincs láthatatlanság. Lelőhetetlen repülő nincs, ahogy elsüllyeszthetetlen hajó sincs. Egy csökkentett észlelhetőségű gép is csak akkor hatásos, ha megfelelően használják.
- A '91-es Öböl-háborúban nagyrészt ugyanolyan légvédelmi rakétarendszerek voltak Irakban is, amelyek Szerbiában is. Azok miért nem voltak képesek lelőni egyet sem majdnem 3000 bevetés alatt, vagy legalább az első napon, mikor a légvédelmi rendszer még nagyon is egyben volt?
- A nagyjából 3000 bevetés / 1 lelőtt gép arány olyan típusú bevetéseken, amikre a gépet küldték, meglehetősen jó arány a támadó fél oldaláról nézve.

- A kihalást vizionálókat meglehetősen cáfolja az, hogy az **USA**, más középhatalmak, fejlettebb és gazdagabb országok hosszú távon, már nagyrészt már csak ilyen gépek beszerzésével számolnak, de minimum vegyes üzemeltetést képzelnek 4+(+) generációs vadászgépekkel. Az **USA**, Oroszország, Kína ilyen gépeket fejleszt és ezen országok bevett vásároló tőlük tervezi beszerezni ezeket. Ilyen gépek fejlesztése szóba került Japánban, Dél-Koreában.

A körülmények mai napig zavarosak – túl sok városi legenda és téves információ kering a neten és bulvár lapokban – annak ellenére, hogy név szerint ismert, hogy ki volt az ütegparancsnok, aki a sikert elérte. A másik oldal viszont nem igazán részletezi a körülményeket, érthető okokból. *Dani Zoltán*, a szerb hadsereg magyar származású tisztje volt a sikert elérő üteg parancsnoka. Kisebbségi változtatásokat hajtott az ő egysége által üzemeltetett légvédelmi eszközben, de ezt nem hivatalosan tette, a felettesei engedélye nélkül hajtotta végre a módosításokat.

A lelőtt **F-117** bevetésének tervezése és kivitelezése során az **USAF** hibát hibára halmozott. A lelövést megelőző napokban egy biztonságos folyosón repültek be mindig a célkörzetbe és erre felfigyelt a szerb légvédelem. A lelövést megelőzően suttymban a folyosóba telepítettek egy *Nyeva (Sz-125 / SA-3* egy változata) rendszert, de nem aktiválták a keresőradart. Aztán jött megint egy **F-117**, ugyanazon az útvonalon. A kérdéses estén ráadásul az **F-117** pilótája – *Dale Zelko* – amennyire lehet tudni – megszegte az előírásokat, kb. 4000 méterre leereszkedett. Ekkor indították a rakétát. A rakéta valószínűleg nem ért el tiszta találatot, de a robbanás lökéshulláma megtaszította a gépet és a fellépő kritikus nagy állásszög miatt vagy a robbanás lökéshullámának köszönhetően leállt a hajtómű. A nagy állásszög pillanatok alatt lefékezte a gépet, de valószínűleg szerkezeti károsodás is érte a gépet a fellépő nagy aerodinamikai erők miatt. Ezek együttes hatása okozta a gép vesztét.

Összegezve, a sikert kemény munkával és szerencsével érték el, de sem a hadművelet sikerét nem befolyásolta, a jövőbeli stealth fejlesztéseket törölte el, ellenben az *Allied Force* idején meglehetősen gyengén muzsikáló **SEAD** képességek további erőteljes fejlesztésére ösztönözte az amerikaiakat...

4.5. Infravörös légi harc rakéták, szenzorok egyéb rávezetési módok

Az infravörös vezérlésű rakétákat – ezt lehet levegő-levegő, levegő-föld vagy föld levegő is – kicsit téves és leegyszerűsítő szóhasználattal szokták „hőkövető” rakétáknak hívni. Nos, ez csak félig igaz, mert az igaz, hogy minden hőforrás infravörös sugárzást bocsát ki, de infravörös sugárzást lehet hőforrás nélkül is generálni. Persze ez félig meddig csak szórszálhasogatás, az infracsapdáknál (flare) már említettem, hogy ez mit is jelenthet.

Ezt a fajta célravezetési módot a célpont hajtóművei által (is) generált infravörös kisugárzás teszi lehetővé. Ez a fajta célravezetési mód a kis hatótávolságú légi harc rakétáknál, a csapatlégvédelmi rakétákra és egyes levegő-föld rakétákra jellemző.

Nagy előnye az ilyen fegyvereknek, hogy ez passzív rávezetési mód, tehát nem jár semmiféle elektromágneses kisugárzással, rádióelektronikai úton nem detektálható az indítás, a már korábban bemutatott **MAWS** technika előtt évtizedekig csak szabad szemmel volt érzékelhető az indítás. Ez igen nagy előny az indító számára és nagy veszély jelent a célpontra nézve. Hátrányuk a korlátozott hatótávolság és az időjárásfüggő alkalmazhatóság. Párás, esős, ködös időben a sugárzás nagymértékben elnyelődik és szóródik – alapvető hullámjelenségek – továbbá a földhátér is zavaró tényező. Ezen hátrányok az első generációs **AIM-9B Sidewinder** rakétáknál markánsan jelen voltak, ahogy kortársainál is és ez még így is maradt egy jó darabig. A földhátér a mai rakétákat is zavarja, de már kevésbé drasztikus a hatása, elvben.¹⁰⁸ Vietnám esőerdei felett igen gyatrán szerepeltek – az **AIM-7 Sparrow** első szériáihoz hasonlóan – a találati arány, 10% körül volt.¹⁰⁹ Figyelem, a találat nem egyenlő a megsemmisítéssel! Később persze ez az arány változott, de ehhez el kellett telni cirka 25-30 évnek és még akkor is inkább csak a zavarást nem alkalmazó célok ellen működtek stabilan.

Fontos megjegyezni, hogy kezdetben az infravörös rakéták csak a célgép mögül (rear aspect) vagy legfeljebb oldalirányból voltak indíthatóak, mert csak onnan érzékelték a célpont infravörös kisugárzását. A rakéták indítási zónája nagyon korlátozott volt, mindössze +/- 10 fok a gép hossz tengelyéhez képest. Ilyen pontosan kellett megcélozni a célgépet manőverezéssel egy olyan korban, mikor a manőverező légi harcot nem nagyon oktatták, mert nem úgy képelték el a jövő háborúit. Az **F-4 Phantom II** első verziói, az **F-104 Strafighter**, **F-102 Delta Dagger**, szovjet oldalon a **MiG-21PF/PFSZ**, **Szu-9**, **Szu-15** és **MiG-25** vadászokban már beépített gépágyú sem volt.

A vietnámi konfliktus után a résztvevő felek előtt nyilvánvalóvá vált, hogy fontos beépített gépágyú a jövő harci repülőgépeiben. A háború után minden vadászgépet úgy terveztek a szovjetek és amerikaiak is, hogy rendelkezzen beépített gépágyúval.¹¹⁰ Itt jegyzem meg, hogy az angolok spórolásból gépágyú nélkül rendeltek **Eurofighter Typhoon** vadászgépeket. Emiatt beton ballasztot kellett a gépbe tenni, hogy a gép súlypontja a tervezett helyen maradjon. Persze később rájöttek, hogy ez így mégsem jó. A visszaalakítás megint csak pénzbe került. Ez a spórolás a teljes project költségének kb. fél százaléka lett volna. Okos politikusok ott is vannak...

¹⁰⁸Lásd a 49. oldalt. Akkor ez alapján fogalmat lehet alkotni arról, hogy a régebbi rakéták mire képesek ilyen helyzetben...

¹⁰⁹A Vietnámi háború végén használt verzió tapasztalt pilótákkal már 20%-ot is elért.

¹¹⁰Néhány 4. generációs gép kétüléses változatába már nem fértek el. A kétüléses magyar Gripenekben sincs gépágyú.

Na, akkor vissza a rakétákhoz. Az idők folyamán az újabb *Sidewinder* generációk egyre nagyobb indítási zónával és megbízhatósággal rendelkeztek, az *L/M* verziók már szemből is indíthatók (all aspect) voltak, valamint rendelkeztek zavarvédelemmel is (*IRCCM*). Az *L/M* verzió indítási zónája már elérte a +/- 27,5 fokot. Az legelső, szemből is nagy biztonsággal indítható szovjet légiharc rakéta az **R-73 (AA-11 Archer)** volt, de már az **R-60M** is korlátozottan alkalmazható volt ilyen módon. Az R-73 abból a szempontból volt különleges a '80-as években, hogy sisakcélzóval (*HMS*)¹¹¹ kombinált célzási móddal rendelkezik, és igen nagy szögben lehetett indítani Első verziói +/- 45 későbbiek +/- 60 fokban voltak indíthatóak a gép hossz tengelyéhez képest. Ez az akkor elterjedt rakéták 2-3 szorososa volt, és ezen felül a rakéta hajtóműve tolóerő vektorált volt. A rakéta kinematikai paramétereiben valószínűleg a korszak legjobbja volt.

Gyakran emlegetett dolog, hogy a sisakcélzó gyakorlati alkalmazása terén az oroszok voltak az elsők, de ez nem igaz. **F-4N Phantom II** változatokon már 1969-ben volt sisakcélzó, de valamiért nem erőltették a további fejlesztést és alkalmazást sem. Persze ezek képességei az akkori **AIM-9H** rakétával nem mérhető össze a mai rendszerekkel és rakétákkal, de megvolt a lehetőség egy képesség magasabb szintű alkalmazására az adott kor szintjén. Ezután nagyjából 30 évet kellett várni a legközelebbi sisakcélzó rendszerre az **USA** merevszárnyú repülőgépein.¹¹² Az **AIM-9X** rakéta megjelenésével újra megjelent a sisakcélzó a vele járó előnyökkel, de egy egészen más szinten a régihez képest.¹¹³ Az izraeli *Python* légiharc rakéta család legújabb tagja – ez a *Python 5* – már a gép haladási irányához képest hátrafele is indítható. Ennek igen szigorú követelményei vannak, nagyon pontosan ismertnek kell lenni a légi helyzetképnek, mert cél befogása csak az indítás után történik meg. Ez a **LoAL**¹¹⁴ képesség.

Még egy további megjegyzés. Az első infravörös rakéták nem egy előre kalkulált találkozási pont felé repültek, mert ahhoz a szenzorok látószöge túl kicsit volt. Mindig a célpont felé repültek, és nem elé, kinematikailag ez messze nem a legelőnyösebb. Az elfogási pálya már a korábban említett „kutyagörbe”.

A vállról indítható légvédelmi rakéták (**MANPADS**)¹¹⁵ is ilyen keresőfejjel vannak ellátva. Fentiek tükrében belátható, hogy ezek alkalmazása igen szűk korlátok között volt kezdetben. Mivel csak hátulról vagy legjobb esetben oldalról látták a célt ezért csak távolodó gépre lehetett indítani az első verziókat. Nagyon nehéz volt úgy indítani őket, hogy a támadó gép ne használhassa legalább egyszer a támadó fegyverzetét. A megsemmisítési „ablak”, amin belül indítani lehetett a siker reményében 5-8 másodperc egy gyorsan repülő cél esetén. Egyes **SHORAD**¹¹⁶ rendszerek is ilyen rakétákkal vannak ellátva. Ilyen volt pl. az **Sztrela-1 (SA-9 Gaskin)**.

Persze itt is megjelentek idővel a szemből indítható verziók. Ilyen például a szovjet/orosz **Igla (SA-16)**, az amerikai **Stinger** és francia **Mistral**. Az ebbe a kategóriába eső rakéták maximális

¹¹¹ *Helmet Mounted Sight*

¹¹² *Az AH-64 harci helikopter a '80-as évek közepén rendelkezett ilyen rendszerrel, de ezzel csak a gépágyú célzása volt összekötve és a gép infravörös célkeresője.*

¹¹³ http://www.youtube.com/watch?v=4q4_jzqBJnA&feature=related

¹¹⁴ *Lock After Launch*

¹¹⁵ *Man-portable air-defense systems*

¹¹⁶ *Short Range Air Defense – kis hatótávolságú légvédelem*

megsemmisítési magassága kb. 3500 méter, tengerszinten indítva. A ferde hatótávolságuk legfeljebb 3-5 km a cél magasságától függően. A rakétát a légi harc rakétákhoz képest 0 sebességről kell felgyorsítani jellemzően sűrűbb közegben, ezért kisebb az indítási zónájuk.

Egyes légvédelmi járművek annak ellenére, hogy infravörös rakétákkal vannak felszerelve kaptak kisméretű radart is a célok keresésére és esetenként azonosítására is. Ilyen pl. az **SA-13** (*Sztrlea-10*) rendszer. Levegő-föld rakéták is rendelkezhetnek ilyen rávezetési móddal. Az **AGM-65 Maverick** egyes verziói és a szovjet **Kh** család néhány tagja, és persze más országok fegyvereinél is előfordul.

Az infravörös szenzorok cél keresésére és követésére is alkalmasok, passzív elven. Angol terminológiában ezek az **IRST**¹¹⁷ szenzorok. Ezek hátránya a már említett időjárás függőség, és az, hogy célpontról legfeljebb távolság becslés adható a relatív elmozdulás alapján. Az iránymérés lehetséges, hogy kombinálható lézeres céltávolság mérővel. Ilyen szenzor a **MiG-29** és **Szu-27** vadászgépeken a **KOLS** rendszer, használatával teljesen passzív elven lehet indítani – **EM** kisugárzás nélkül – az oroszoknál használt nagyobb hatótávolságú infravörös rakétákat (**R-27T**, **R-27ET**), ha a földi radarok vagy **AWACS** képes a gépeket a támadó gépekre megfelelően rávezetni a vadászokat, ráadásul elektronikai zavarásra érzéketlen eszközről van szó.

Az amerikai vadászgépekre a mai napig nem került ilyen rendszer. Ennek több oka is lehet. A '70-es években lehet, hogy még nem ítélték elég megbízhatónak, ezen felül az elektronikai hadviselésben levő fölény miatt nem érzették szükségét egy effajta másodlagos rendszernek. Az elképzelt hidegháborús hadszíntér Európa volt, ahol nagyon gyakran van olyan időjárás, ahol egy ilyen rendszernek túl sok haszna nemigen van. A harmadik ok a legtriviálisabb és egyben leggyakoribb minden beszerzés terén, a minimális előny biztosítására egyszerűen sajnálták rá a pénzt. A közeljövőben lehetséges, hogy a helyzet változni fog.¹¹⁸



Az **IRST** **MiG-29** és **Szu-27** típusokon.

Figyelem, az **IRST** szenzor nem képalkotó rendszer – tehát nem infrakamera – csak annyira képes, hogy az adott környezethez képes kiugró infravörös forrásokat képes érzékelni. Ebből következik, hogy a földhátterben való keresés nagyon problémás. Az információ megjelenítési formája nagyon hasonló a radar képernyőhöz.

¹¹⁷ *infra-red search and track – infravörös keresés és célkövetés*

¹¹⁸ <http://htka.hu/2011/06/29/infravoros-lodarazs/>

A jövőben elképzelhető az, hogy automatikus pásztázási¹¹⁹ képességgel az infravörös célmegjelölő rendszerekhez tartozó nagy felbontású infravörös kamerák – ezek már képkötő rendszerek – nem csak célkövetésre és azonosításra lesznek képesek. Ezekről a kamerákról szó lesz a lézeres rávezetésnél is. Tehát az **IRST** és a nagy felbontású infravörös kamerák közötti elméleti / gyakorlati alkalmazásban levő korlátok összemosódhatnak, vagy akár el is tűnhetnek. Ez azonban még a jövő zenéje.



Az amerikai gépek közül csak néhány volt felszerelve bármiféle infravörös vagy elektro-optikai (képkötő) felderítő eszközzel. Az **F-4E Phantom II** vadászgép jobb oldali szárnyában a **TISEO**¹²⁰ szenzor egy képkötő rendszer része volt. A radar által felderített (befogott) célra képes volt „ránézni” és stabilizált képet adni a pilótának. A bal oldalon levő képen egy ilyen eset látható. Egy iráni **F-4E** gép készítette egy iraki **MiG-23** vadászról, aminek közelében egy **AIM-54A Phoenix** robbant fel. A lenti oldali képen látható a **TISEO** beépítése helye a szárnyban.



Az **F-14 Tomcat** rendelkezett az **AAX-1**¹²¹ rendszerrel, ami tiszta időben meglepően nagy távolságról lehetővé tette nemcsak a célpont azonosítását, de amennyire lehet tudni a rendszer automatikus kereső funkciójával is rendelkezett. Valószínűleg a kontrasztosság elvén működhetett ez a funkció, égháttérben a repülőgép kontrasztja elűt a háttétől. A kamerarendsz. lényegében egy speciálisan műszerezett Newton távcső volt.

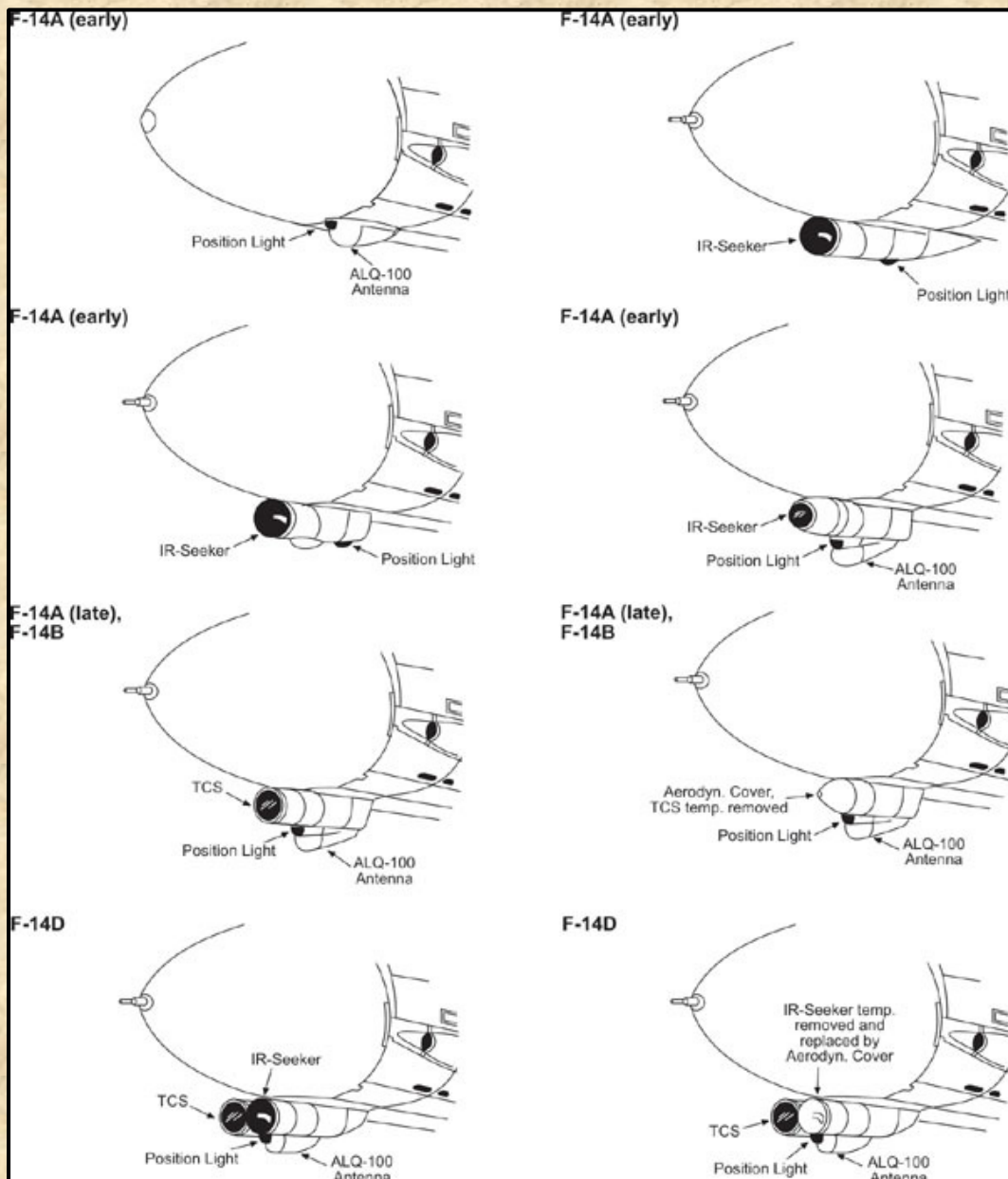


Egy **DC-10** utasszállító méretű célpont azonosítása akár 85 tengeri mérföld (~155 km) távolságról is lehetséges volt, egy **F-111** méterű cél esetén nagyjából 40 métföldről (~75 km), de egy kisméretű **F-5** esetén az azonosítási távolság alig 20 km. Figyelemreméltó, hogy az idők folyamán az **F-14 Tomcat** gépeken miképpen változott a különféle elektro-optikai és infravörös érzékelők beépítése.

¹¹⁹ <http://www.youtube.com/watch?v=mTFcmlbn1GQ> 1:18

¹²⁰ Target Identification Set Electro-Optical

¹²¹ <http://www.ousairpower.net/TE-EO-Systems.html>



Különbféle elektro-optikai, infravörös képalkotó rendszerkről és **IRST** szenzorokról az alábbi fórumon nagyon jó anyag található. (Több oldalas a fórum.)

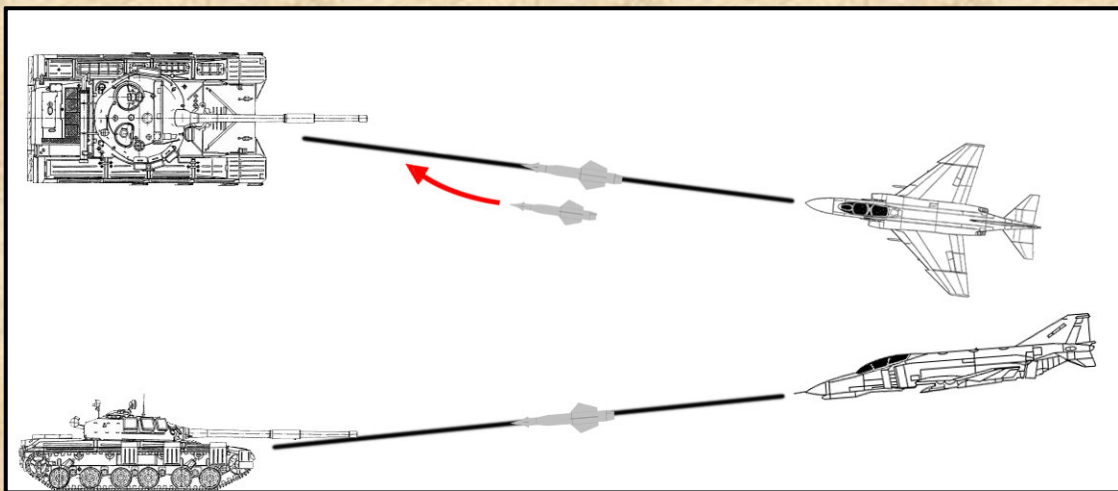
<http://www.defence.pk/forums/military-aviation/117322-infra-red-search-track-irst-systems.html>

<http://translate.google.hu/translate?js=n&prev=t&hl=hu&ie=UTF-8&layout=2&eotf=1&sl=auto&tl=en&u=http%3A%2F%2Fsistemadearmas.sites.uol.com.br%2Fca%2First.html>

Egyéb rávezetési módok:

- **MCLOS**¹²²
 - **TV + kombinált infravörös képalkotásos vezérlés.**
 - passzív radar
 - lézeres rávezetés
 - **GPS** vezérlés
- **MCLOS**

A rakéta a parancsokat rádióvezérléssel vagy huzalvezérléssel is kaphatja. A módszer lényege egy pofonegyszerű geometriai megoldáson alapszik. Ha a támadó gép pontosan a célpont irányába repül és a célpont és az indító közötti egyenesen folyamatosan rajta marad a rakéta, akkor a célpontba fog csapódni. Ha eltér ettől, akkor vissza kell kormányozni, hogy rajta legyen az egyenesen. Az ötlet pofonegyszerű, a megvalósítása már kevésbé.



A módszer alapvető korlátja az, hogy jó látási viszonyok szükségesek a rakéta nyomon követéséhez és a célpontot is látni kell. A rakéta nyomon követését a rakétán égő és füstölő magnézium töltetek segítik, a módszer teljesen manuális, a pilóta vagy fegyverzetkezelő operátor végzi egy kis joystickkal. A fegyver használata igen nagy gyakorlatot és jó térlátást igényelt.

A másik probléma, hogy folyamatosan nyílegyenesen célpont felé kell repülni, egy ilyen pályán mozgó gép láttán minden légvédelmis megnyalja a szája szélét. Ilyen vezérléssel bíró fegyver volt például az **AGM-12 Bullpup**.¹²³ Ez természetesen rádió parancsvezérelt volt, nem huzalvezérlésű. A videón látható, hogy a kézi vezérlés közvetlen hatása az, hogy mennyire cikázik a rakéta. Ma már ez teljesen elavult vezérlési módszer, zavarvédelme valószínűleg igen hatalmas lehetett. A *Bullpup* már a '70-es években sem volt alkalmas első vonalbeli szolgálatra. Bár a magyarázó ábrán harckocsi a célpont, a rakétával eltalálni egy ekkora méretű mozgó célpontot gyakorlatilag a csodával határos lett volna, még az álló célpontként is nehezen lett volna elképzelhető.

¹²² *Manual Command to Line of Sight*

¹²³ <http://www.youtube.com/watch?v=f61UCSdvdAI&feature=related>

Előnye a huzalvezérlésnek, hogy zavarhatatlan – sok modern harckocsin van már lézer besugárzás jelző, automatikusan ködgránátokat vetnek ki, ha valaki „megfesti” őket lézerrel – de több km (rész?)huzalt cipelni kell hozzá, bár a tömeg nem vészes, de ha gyártási hiba miatt a huzal nem bírja az igénybevételt és elszakad, akkor neki annyi...

Huzalvezérlésű pl. az amerikai **BGM-71 TOW**¹²⁴ vagy az szovjet/orosz **9M14 Maljutka (AT-3 Sagger)** páncéltörő rakéta. Ezeket szárazföldi járművekről vagy helikopterekről lehetett alkalmazni. Ma már ezek elavultnak tekinthetők a hatótávolságuk és sebességük miatt is. Ennek ellenére mind a mai napig használják őket olyan országok, akiknek újabb technika beszerzése nem lehetséges, meg amúgy is igen nagy mennyiségben rendelkezésre állnak még a Hidegháború maradékaként

- TV + kombinált infravörös képalkotásos vezérlés.

A rakéta / siklóbomba orrában egy giroszkóppal stabilizált **TV** kamera van. A pilóta vagy a fegyverzetkezelő (**WSO**)¹²⁵ azonosítja a célt, a rakéta vagy siklóbomba kameráját a célra irányítja, fókuszba állítja, majd rögzíti a célt a kabinban található képernyő segítségével. Ezután indulhat a rakéta és a repülőgép kifordulhat, de rádióösszeköttetést végig fenn kell tartani a rakétával.

Elméletileg a rakétának nyílegyenesen a célra kéne repülnie, de mivel nincs tökéletesen pontos giroszkóp – a beállított pontról „elmászik” a szátkereszt – ezért lehetőség van a repülés közbeni beavatkozásra a monitort figyelve. Ezt egy kis joystick segítségével tehetik meg. Olyan gépen ahol nincs **WSO**, ott a botkormányon van ez a kis joystick, egy nagy négy irányú kapcsoló.

A rendszer tehát úgymond egyszerű folyamatos iránymérése és a megfelelő irányba haladáson alapszik, a képalkotó rendszer csak ahhoz kell, hogy a referencia irány és az aktuális haladási irány szinkronban legyen.

Ilyen fegyver volt például az **AGM-62 Walleye**¹²⁶ és az **AGM-65 Maverick** legrégebbi, ma már nem használt változata. Egyes szovjet/orosz **KAB** bombák ilyenek

A fejlettebb módszer az, hogy a bomba vagy rakéta orrában lévő kamera képe rögzítésre kerül a kioldás előtt, a bombázótiszt tehát a bomba kamerájával megcélozza a célpontot, és rögzíti a célt. A bomba vagy rakéta a ledobás vagy indítás után a vezérlésével a célpont kontrasztjának közepét próbálja megcélozni és oda becsapódn. Ez a megoldás tehát automatikus és „fire & forget”¹²⁷. A módszer megoldás hátránya, hogy csak olyan célpontnál működhet, ami erős kontrasztot nyújt a környezetéhez képest. Az ilyen fegyverek alkalmazása erősen időjárás, de még napszak függő is a fényviszonyok miatt. Itt is lehet manuálisan beavatkozni, de ha nagyon tiszta a helyzet, akkor az automatika elvégzi a dolgát. A kontrasztosság elve infravörös képalkotásnál is használható sőt, ennél

¹²⁴ *Tube-launched, Optically tracked, Wire-guided – csőből indított optikai célkövetéses huzal vezérlésű (rakéta)*

¹²⁵ *Weapon Systems Officer*

¹²⁶ <http://www.youtube.com/watch?v=MQ4cDFP0CQk&feature=related>

¹²⁷ *Tüzelj és felejtse el, indítás után az indító gép teljesen szabadon mozoghat, nem kell foglalkozni a továbbiakkal a rakétával, a saját vezérlése mindent megold.*

valószínűleg hatékonyabbak, hiszen ha nagyon „sima” a környezet, akkor az erős infravörös források markánsan elütnek a környezettől.

Az egyik legutolsó változata a fenti vezérlésnek, de már infravörös képalkotó kamerával kombinálva az alábbi felvételen látható.

<http://www.youtube.com/watch?v=ZJOWHdMVMAY&feature=related>

Az egyel korábbi generáció a **GBU-15**.¹²⁸

http://www.youtube.com/watch?v=U_B2vUAxBow&feature=related

AGM-65 – valószínűleg **D** változat – keresője által adott kép. Látható, hogy a felbontás igen gyér volt még akkoriban. Ez is infravörös képalkotás, de nincs kétirányú adatkapcsolat, mint az **GBU-15** vagy **AGM-130** estén.

<http://www.youtube.com/watch?v=As1X6xBNEK0&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=zCTG8wcUUy8&feature=related>

- Passzív radar.

Ilyenek az **ARM** (Anti Radar Missile) fegyverek, a célpont radar kisugárzása alapján vezeti magát célra. Ilyen például az **AGM-88 HARM** (High Speed Anti-Radiation Missile), **AGM-45 Shrike**, **AGM-78 Standard** és szovjet/orosz oldalon a **Kh-31P**, **Kh-25P**.

Az alkalmazás lényege, hogy nagyon pontosan kell mérni a radarforrás irányát és ez alapján a rakéta rávezeti magát a célra. Kezdetben, ha lekapcsolták a radart, a rakéta biztosan elvétette a célt. Később ezzel úgy próbáltak segíteni, hogy a rakéta próbálja „megjegyezni” a cél helyzetet az utolsó mért adatok alapján, de ez még ma sem megy flottul. A gond az, hogy ha a lekapcsolás mondjuk 10-15 km-re történt és egytized fok pontossággal mérsz – ez nagyon pontos – azimuth értéket, akkor ilyen távolságból ki lehet számolni, hogy mennyivel megy mellé. Sokkal. És ez még csak az egyik iránynak a mérési hibája, mert a magasság meg határozásához is kell egy adat...

Az **AGM-88 HARM** az egyik legújabb modell ilyen típusú rakéták közül, természetesen ennek is több változata volt az idők során. Méregdrága, de még ezzel is valóságos sortüzeket lóttak éles helyzetben.¹²⁹ A '99-es szerbiai bombázások idején több mint 1000 darabot használtak fel – 710 darabot amerikai, 277 darabot német és 115 darabot olasz gépek használtak el – holott ennél jóval kevesebb radarberendezés volt a szerbek birtokában. Azt hozzá kell tenni, hogy nagyon sok rakétát preventív módon indítottak fel, még a radar kisugárzás észlelése előtt. Mident összevetve akkor is döbbenetesen sokat fogyott ezekből az elért eredményekhez képest. Háborúban a légvédelmi

¹²⁸ A fegyverről és leggyakoribb alkalmazójáról a HTKA oldalon megjelent F-111 típus ismertetőben olvashatsz.

¹²⁹ Természetesen ennek is több szériája volt. Tehát például a már korább említett **AIM-9M** rakétának is valójában több verziója van. A legutolsó széria az **AIM-9M-8**.

radarok csak szakaszosan működnek, hogy az elpusztításukat megnehezítsék, és még ehhez jön a rendszeres áttelepülés.

Az újabb generációs **HARM** rakéták már kombinált **GPS** vezérléssel is rendelkeznek¹³⁰ és ezen felül milliméteres hullámhosszú radar is van a rakétában. A radar közelébe a passzív vezérlés viszi, és a célkörzetben a saját radarjával találja meg a célt. A fegyver továbbra is „tűzelj és felejtse el” képességgel bír, de jóval potensebb elődeinél.

A **HARM** érdekessége, hogy a deciméteres és méteres hullámhosszon működő radarok ellen teljesen hatástalan, az érzékelési tartományán kívül esik. A régebbi *Shrike* cserélhető fejrésszel bír, különféle felszerelhető résztől függött az, hogy melyik hullámhossz tartományban dolgozhatott a rakéta.

Az ilyen rakétákat alkalmazó gépek egy részén maga a rakéta érzékelője volt a célzáshoz használt szenzor, de a **SEAD** feladatkörre specializált gépeken – ez régebben az **F-4G** most az **F-16CJ/DJ** (*Block 50/52*) változatokat jelenti – rendelkezésre állt¹³¹ külön elektronikai rendszer, ami a különféle sugárforrások azonosítását és pontosabb bemérését tette lehetővé. Ez az **F-4G** esetén az **AN/APR-38** és az utódja az **AN/APR-47**.

A fent említett **F-16** változatokon az **AN/ASQ-213** konténert használják. Kezdetben a gép jobb oldali szívócsatorna felfüggesztési ponton hordozták a gépek, de ma már képes bal oldalt is vinni, hogy a jobb oldali ponton a lézerbombák rávezetéséhez szükséges konténert is képes legyen a gép egyidejűleg használni.

- Lézeres rávezetés.

Bombáknál és rakétáknál is alkalmazott rávezetési forma, de az nyugati légierőkben érdekes módon rakétáknál igen ritka, azonban a lézervezérlésű bombáknak nagyon elterjedtnek számítanak. Ilyen a már emlegetett *Paveway* család tagjai. A bombák jellemzően **LGB-xy** típusjelzéssel bírnak. A szovjet/országi **Kh-25L** és **Kh-29L** rakéták is ilyen rávezetésűek, az **AGM-65 Maverick** egyik változata is. Egyes szovjet/országi **KAB** bombák szintén ilyenek.

A célra vezetéshez a giroszkóppal stabilizált lézersugarat folyamatosan a célponton kell tartani, ez „világítja” meg a célt, amit az optikai rendszer „lát” és a megvilágított („megfestett”) pontra csapódik a bomba. A megvilágítás nem csak az indító repülőgéperől történhet, hanem például másik repülőgépről. A *Sivatagi Vihar* alatt *Tornado* gépek számára ősrégi *Buccaneer* gépek jelölték meg a célokat. A célmegjelölés történhet továbbá helikopterről, vagy akár beszivárgó különleges egységek által is erősen álcázott cél esetén, de akár pilótánélküli felderítő gépről is, ha rendelkezik a szükséges fedélzeti rendszerrel.

A célmegjelölést, céltávolság mérést és azonosítást nagy szögterületben elforgatható infravörös kamera segítő autonóm alkalmazási forma esetén. A cél megvilágítása a kamerával történő

¹³⁰ <http://defense-update.com/products/h/HTS.htm>

¹³¹ http://www.youtube.com/watch?v=phkQA9UH71k&feature=player_embedded#at=59

célra pozícionálás után történik, ezek össze vannak szinkronizálva. Tehát ahova a kamera néz, oda világít a lézer. A kamera mozgása szinkronizálható a radar célkijelölő üzemmódjával. Tehát mondjuk a már korábban ismertetett **SAR** radar üzemmód alkalmazásával a támadó gép viszonylag részletes képet kap a célpontról, előre oda állítja be az infravörös kamerát. A kamera nagyfelbontású képével közelebről már a részletek is kivehetőek, a célzást végrehajtják, majd a bombát lehet oldani.

Az bombaoldásnak viszonylag pontosnak kell lennie, a lézeres csak az utolsó néhány másodpercben világítja meg célt, különben a bomba folyamatos korrekciókat végezne, ami miatt a bomba mozgási energiája csökkenne, a célpontig el sem repülne a bomba folyamatos „laffogása” miatt. A lézeres rávezetésnél pontosabb megfogalmazás, hogy végfázisban korrigált zuhanású bombákról van szó.

Hátránya ennek a vezérlési módnak, hogy párás, rossz időben nem használható és egyszerre csak egy cél támadható ezzel a módszerrel, ha autonóm módon alkalmazzák repülőgép fedélzetéről. Egymáshoz közel levő célok esetén különböző frekvenciájú lézerekkel világítják meg a célokat, hogy ne ugyanarra a célra álljon rá az összes bomba. Tehát, ha mondjuk egy földi előretolt megfigyelő csoport képes egyszerre több célt megvilágítani, akkor egyetlen gép több leoldott bombája eltalálhat több különböző célpontot, ha egyetlen bombaoldásból a bombák kinematikailag képesek az összes célpontot elérni.

Az infravörös kamerák az idők folyamán egyre jobb felbontásúak lettek, a giro stabilizálás pontosabb, a rendszerek megbízhatósága egyre magasabb fokot ért el.

Az első generációs célmegjelölő és infravörös kamera rendszerek közé tartozott az **AN/AVQ-10 Pave Spike**¹³² és az **AN/AVQ-26 Pave Tack**.¹³³ Az előbbit elsődlegesen az **USAF F-4 Phantom II** gépei számára fejlesztették ki, a másodikat viszont nagy tömege és légellenállása miatt lényegében csak az **F-111F** és az ausztrál **F-111C** gépek használták.

A második generációba tartozó rendszer a **LANTIRN**,¹³⁴ ami lényegében két felfüggeszthető konténer kombinációjából állt. Az **AN/AAQ-13** navigációs és az **AN/AAQ-14** célkijelölő konténerből állt. Az első konténerben egy fixen előrenéző infravörös kamera volt és a terepkövető radar, másik konténerben volt forgatható infravörös kamera és a lézeres célmegjelölő és távolságmérő. A *Sivatagi Vihar* idején kis számban már rendelkezésre álltak ezek, **F-15E** vadászbombázók használták, de csak minden negyedik gépre jutott egy konténer, a többi gép számára az egyetlen hordozó világította meg a célt, ezt hívják „buddy lasing” eljárásnak. A célkijelölő konténer használható önmagában is, a navigációs konténer nélkül is.

¹³² http://www.youtube.com/watch?v=G_VRYz52BIs

¹³³ http://www.youtube.com/watch?v=WpPO9_Zed0

¹³⁴ <http://www.youtube.com/watch?v=0WsebiYf8YI> A videón látható a már említett laffogás is 6:39-nél.

AN/AAQ-28 LITENING¹³⁵ következő generációt képviselő célmegjelölő konténer a nyugati légjerrőkben. Különlegessége, hogy izraeli tervezésű, a *Northrop Grumman* csak később kapcsolódott be. Az első változatot szokás szerint többször továbbfejlesztették, a legutolsó változata elvileg már a később kifejlesztett **AN/AAQ-33 Sniper** célmegjelölőt is felülmúlja.

A fentiekhez hasonló a francia *Damocles* és az angol **TIALD**. Az előbbi a 2000-es évek gyermeke, a **TIALD** a hidegháború végén készült el. A Sivatagi Vihar alatt alig néhány *Tornado* csapásmérő átalakítása fejeződött be, azok jelölték meg a célt a többi *Tornado* számára, más esetekben az akkor már igencsak koros *Blackburn/Hawker Siddeley Buccaneer* gépek jelölték meg a célt az akkor *Pave Spike* konténereikkel.

Az szovjet / orosz csapásmérőkhöz tudtommal nemigen létezik ilyen célmegjelölő konténer, legfeljebb prototípus szintjén, mint lehetséges exportcikk. Oroszország évek óta próbálkozik a francia *Damocles* célmegjelölő beszerzésével. A **MiG-27**, **Szu-22**, **Szu-24** és **Szu-25** típusok orrában vagy a törzs alatt az orrész alatt beépítve találhatóak az infravörös célmegjelölő céltáv mérő vagy TV/infravörös képalkotó rendszer.



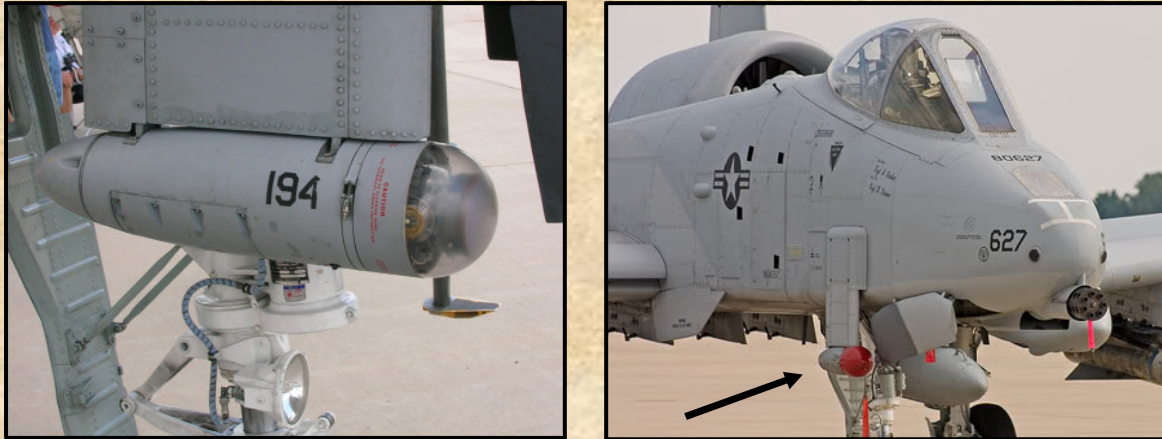
Bal oldalt valószínűleg egy **MiG-27K**, lézeres célmegjelölő és képalkotó rendszer üvegezésével. Jobb oldalt egy lengyel **Szu-22** orrkúpjában látható lézeres célmegjelölő és céltáv mérő üvegezése.



A **Szu-24** orra alatt levő célmegjelölő és képalkotó helye. A fotó különlegessége a törzs alatt levő **L-081 Fantazmagoria** elektronikai konténer. A már említett **AN/ASQ-213** konténerhez hasonló alkalmazás, **SEAD** feladatkört ellátó **Szu-24** csapásmérők hordozhatják.

¹³⁵ <http://www.youtube.com/watch?v=iRTy4zA6Alw&feature=related> Lehet, hogy *Sniper* konténert használt a gép, nem eldönthető számomra. Lényeg, hogy mindkét rendszer kamerája nagyjából ilyen felbontású képeket képes adni akár 8-10 km-távolságból.

Amennyiben a hordozó gép nem rendelkezik autonóm módon történő alkalmazáshoz szükséges célmegjelölővel, akkor is szükséges olyan berendezés, amivel képes megtalálni a megvilágított célpontot. Ilyen eszköz például az **A-10A Thunderbolt II** és az **A-7 Corsair II** egyes változatán használt **AN/AAS-35** *Pave Penny*. (*Laser spot tracker*.)



Pave Penny egy **A-10A** gépen.

Elméletileg elképzelhető olyan bombaoldási / célzási módszer is, hogy szóban közlik a géppel, hogy a célpont „nagyjából” – a fent említett megvilágítási korlátot és a bombán levő lézer detektor látószögét figyelembe véve – merre van, hogy a bombát a megfelelő helyre lehessen dobni, de ilyenről részletes leírást nem találtam. Azonban olyat sem, ami alátámasztaná, hogy a *Tornado* csapásmérőkön volt laser spot tracker.

Szintén ide kívánczik a svéd **RBS-70** csapatlégvédelmi rendszer, amely szintén lézeres rávezetésű, ám nem a célt festik meg, hanem **SACLOS** (beam riding) módszerrel vezeti rá az indítórendszer a rakétát a kezelő által a célkeresztben tartott célponton. Az elv némileg hasonlít az **RSz-2USz** légi harc rakétánál alkalmazott módszerhez bár bevallom, hogy én nem igazán értem. Előnye, hogy zavarni elég nehéz, persze a füst, köd és egyéb jelenségek szokás szerint erősen csökkentik az alkalmazhatóságot.

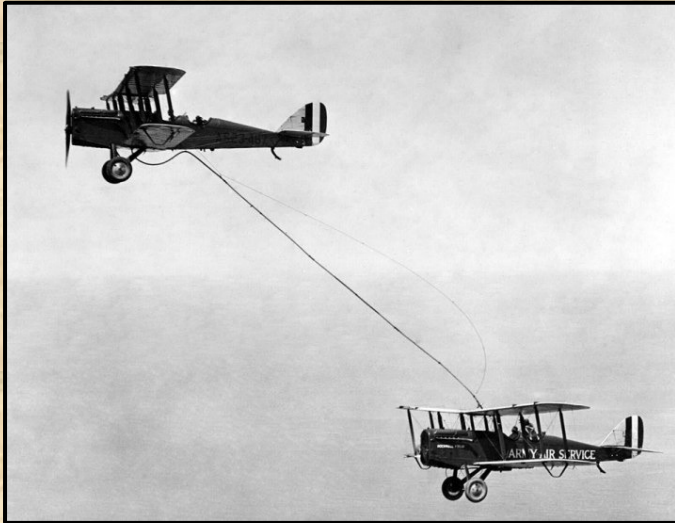
- **GPS** vezérlés.

Ezt nem kell túlmagyarázni szerintem. Kezdetben csak statikus célokat lehetett támadni velük, és felszállás után nem lehetett a célpontot megváltoztatni. Később már lehetővé vált, hogy a kezelő a megváltozott célpont koordinátáit manuálisan vigye be a rendszerbe, de ez már túlhaladott módszer.

Ma a fedélzeti radar és **GPS** rendszer össze van kapcsolva, a radar által kijelölt célpont koordinátáit átszámítja a fedélzeti rendszer és így módosítható a célpont. Ma már gyorsan mozgó célpontok is eltalálhatóak a legújabb generációs fegyverekkel. Hátránya, hogy elvileg zavarható a műholdakkal való kommunikáció, de teljesen időjárás független a bevetetősége. A legújabb generációs bombák már kombinált **GPS** és infravörös vezérléssel vannak ellátva.¹³⁶

¹³⁶ <http://htka.hu/2010/08/11/a-raytheon-gyarthatja-az-sdb-ii-t/>

5. Légitankolás



A levegőben történő üzemanyag felvétel ötlete nagyon hamar már az 1910-es években is felmerült és kísérleteket is végeztek vele többször is. Több sikeres kísérleti összekapcsolást is végrehajtott, de ezek kivitelezhetősége és megbízhatósága messze volt attól, ami elfogadható lett volna a széleskörű gyakorlati alkalmazáshoz.

A II. Világháború idején a repülőgépeket amúgy is olyan nagy mennyiségben vetették be, hogy azokhoz képtelenség lett volna utántöltő gépeket biztosítani. A Koreai-háború alatt kezdődött el a katonai alkalmazása és a háború végére már gyakori műveletnek számított az amerikai vadászpilóták számára. Ekkor még átalakított **B-29** bombázó gépek voltak a tankergépek, de ezek a sugárhajtóműves gépek korában lassúnak bizonyultak és hamar leváltották őket. Ekkor még a „boom” rendszerű utántöltési módszer volt csak kidolgozva.

A lenti képeken mindkét módszer látható. A *US Navy* és európai fejlesztésű gépeken a hajlékony csöves / kosaras rendszert alkalmazzák. Ennek hátránya, hogy a pilótára nagy terhelést ró az utántöltési művelet, a hajózónak kell az utántöltő csontot beügyeskedni a kosárba. A „boom” rendszer („merevcsőves”) lényege, hogy az utántölteni kívánt gép csak stabil pozíciót vesz fel a tanker mögött. A megközelítést segítik a tanker alján, az orrészén található fények, főleg éjszaka. Ezen keresztül rádióforgalmazást mellőzve lehetséges a megközelítés végső fázisa. A két fényoszor a lenti képen látható, sajnos nem túl jól.



A tankergépen helyet foglaló operátor az utántöltő csőre szerelt vezérsíkokkal csatlakoztatja össze a töltőcsövet az üzemanyagrendszer töltőnyílásával. Manapság mivel már nagyon fejlett automata pilóta rendszerek léteznek, ez nagyon megkönnyíti a levegőben történő üzemanyag felvételt. Az

újabb gépeken az összekapcsolódás után az automata fedélzeti rendszer tartja helyén gépet, a pilótának szinte semmit sem kell csinálnia. A kis mozgásokat az utántöltő cső teleszkópos konstrukciója egyenlíti ki. A merevcsöves rendszer áttöltési sebessége nagyobb, mint a kosaras-hajlékony csöves rendszeré, viszont egyszerre csak egy gépet lehet utántölteni.

A hajlékony csöves rendszerrel, a nagyobb tankerekkel egyszerre akár 2-3 gép is utántölthető. Mivel manapság még gyakran működik együtt az **USAF és US Navy**, vagy ezek akár más légierőkkel, ezért egy gépen szükség van mindkét rendszer együttes alkalmazására. Ez kétféle módon oldható meg. A szárnyak alá egy-egy konténert lehet rakni, abból ki lehet kiengedni a kosarat. A fenti képen látható, hogy hajlékony csöves rendszerrel is fel van szerelve a tanker, a két nyíl mutatja a kosarak helyét visszahúzott pozícióban. A merev cső végére is lehetséges kosaras toldalékot rakni szükség esetén.

Tehát egy-egy gép a szárnyak mögött tankolhat, a merevcsöves rendszer megmarad közepén. Persze egy ilyen manőverhez megfelelően gyakorlott pilóták szükségesek, a gépek relatíve közel repülnek egymáshoz

Elterjedt módszer a „buddy-buddy” utántölthetőségi mód, bármelyik vadászgép képes utántölteni a másikat konténerek segítségével. A **US Navy Intruder** tankergépei is ezzel a módszerrel operáltak, de az **S-3 Viking** gépek is elláttak ilyen feladatot. Más gépek is rendelkeznek ezzel a lehetőséggel.



A-6 Intruder ad át üzemanyagot **Super Étendard** gépeknek légiutántöltő konténer segítségével.



F-16C utántöltése merevcsöves rendszerrel. A felvétel az utántöltést végző személyzet operátor fülkéjéből készült.



A szovjet/orsz gépeken először a fent látható utántöltés valósították meg. Elég furára sikeredett. **Tu-16** bombázóból átalakított utántöltő verziói tankoltak más **Tu-16** gépeket. A probléma az volt, hogy a szárnyvégen volt az utántöltő csónk. Egy hosszú szondával összecsatlakozott az tanker és a bombázó, a bombázó ezt követően lassított és ezzel kihúzta a gépből a tömlőt, hogy tisztas távolból hajtsa végre az utántöltési folyamatot.¹³⁷

¹³⁷ <http://www.youtube.com/watch?v=Uh4DMmXOzmM>

Elég nehéz volt összehozni a dolgot, mert a gép legkisebb irányváltatására a szárny – nagy fesztáv – igen nagy kitéréssel reagált és nem is a gép középvonalával kellett célozni. Viszont a pilóta ott ült... Előfordult, hogy több száz km alatt sem sikerült a csatlakozást végrehajtani. Mindezekon felül két ekkora gépet egymáshoz közel tartani nem gyerekjáték. A későbbi gépeken már gyakorlatiasabban oldották meg az utántöltést.



IL-78 Midas és Tu-95/142 Bear összekapcsolódás előtt és összekapcsolódva.

Helikopterek légiutántöltése is lehetséges, de ezekhez lassabb repülőgépek szükségesek, turbólégcsavaros tankerek.



HC-130P Hercules utántöltéshez készülődik, egy különleges feladatkörű HH-60 (UH-60 modifikáció) helikoptert készülitatni.

6. Vadászgépek generációs besorolása

Különbféle szaksajtóban és nem szaksajtóban divat hivatkozni a repülőgépek generációs besorolására, de e téren enyhén szólva nagy zűrzavar uralkodik. Nincs hivatalosan elfogadott szempontrendszer a generációs besorolásra, de ettől független tetszőleges szemlélettel élve is téves információkkal találkozhat az ember. Én itt most a legelterjedtebb és leginkább elfogadott besorolást fogom ismertetni kiegészítve megjegyzésekkel és némi magánvéleménnyel fűszerezve.

A generációs besorolás terén zavar talán a svédeknek köszönhető leginkább. A '90-es években még úgy reklámozták a **JAS-39A Gripen** vadászgépet, mint az első 4. generációs vadászgépet. Ez több szempontból is enyhén szólva arcpirító dolog volt, a későbbiekben érthető lesz, hogy miért...

1. generáció:

Me-262, Gloster Meteor, F-86, MiG-15 és társaik. Szubszonikus típusok, a fedélzeti elektronika, műszerezés és fegyverzret lényegében nem tér el a II. világháborús színvonalától. A II. Világháború alatti vagy a II. Világháború után rögtön elkészült gépeket én 0. generációsoknak szoktam hívni. Ennek oka az, hogy aerodinamikai megoldás terén egyes gépek semmi újat nem hoztak, csak az erőforrás lett új a légcsavaros repülőgépekhez képest. Ilyen pl. a **P-80 Shooting Star** vagy az **F-84 Thunderjet, Jak-15, Gloster Meteor**. Ezek egyenesszárnyú konstrukciók voltak. A **Me-262** viszont nyilazott szárnya ellenére a megbízhatósága és élettartama miatt 0. generációs az én szememben. Hajtóművének tervezett élettartama mindössze 25 óra volt. Ez a háborús veszteségek miatt tökéletesen megfelelt, nem volt valószínű, hogy ennél többet túlélne egy vadászgép.

A háború utáni viszonyok egészen más követelményeket támasztottak, ahogy ma is. A gépek élettartamuk nagyon kis részét töltik éles bevetésen, egyes gépeket élesben soha nem is használtak. Viszont a képesség fenntartása és a gyakorlás miatt a gépek naptári és üzemórában mért élettartamának egyre magasabbnak kellett lennie, ez a trend mai napig tart. Ráadásul a gépek szolgálati ideje a technika fejlődésével – a gépeket inkább tovább fejlesztik mintsem újakat gyártanak – és a gépek árának üstököszerű emelkedésével egyre inkább kitolódott.

2. generáció:

Az első szuperszonikus vadászgépek megjelenése. **MiG-19, F-100 Super Sabre, MiG-21F-13, F-104 Starfighter** és társaik. A kétszeres hangsebességű gépeket lehet talán „két és feledik” generációsnak hívni, mert a korszak eleji gépek csak 1.3-1.5 Mach sebességre voltak képesek, továbbá irányított légiharc rakétafegyverzret sem volt hozzájuk, csak gépágyúkkal voltak felszerelve. A nagy sebesség eléréséhez utánégető fokozat volt szükséges a hajtóműveken. Utánégetővel az elérhető tolóerő akár a duplája a hajtómű maximálgáz teljesítményének, de a fogyasztás a maximál gáz értékhez képest akár 6-10-szeres is lehet.¹³⁸ A korszak vége fele azért az avionika és fegyverzret is fejlődött, megjelentek az első irányított légiharc rakéták. A fedélzeti radarok képességei is generációs ugrást hoztak az II. Világháborúhoz képeseti színvonalhoz, bár továbbra is elég harmatosak voltak, önálló

¹³⁸ Képek erről a fejezet végén.

célkeresésre nem voltak alkalmasak. A földi rávezetés által szolgáltatott adatok alapján képesek voltak az elfogásra rossz időben vagy éjszaka.

3. generáció:

Első képviselőjének az **F-4 Phantom II** repülőgépet tekintik legtöbben. Többek között azért, mert ez volt az első többfeladatos (multirole) gép, holott ez nem is volt tervezési szempont. Fegyverzete mennyiségileg messze meghaladta a korábbi gépekét, de hajóműve is generációs ugrást jelentett mind üzemidő, mind megbízhatóság és teljesítmény terén. Idővel az későbbi verziók avionikája is generációs ugrást jelentett, de az első verzióké inkább a 2. generációs szintet karcolgatta, bár azt hozzá kell tenni, hogy inkább felülről.

A változtatható szárnyállású gépeket is idesorolják egyesek, mint generációs ugrást jelentő alkalmazást, bár ennek hosszú távú hozadéka erősen kettős volt. Az első impluzus doppler radarok megjelenése a gépeken erre a korszakra tehető, bár ezek képességei a mai radarokhoz képest rendkívül korlátozottak voltak.

Generációs ugrásnak tekinthető az elektroncsöves technológiáról való átállás a félvezető technológiára az elektronikában. A **MiG-25** elfogó vadász első változata még elektroncsöves technológiával bírt. A *Viktor Belenko* dezertálása után gyártott vagy átalakított gépek azonban már nem. A **MiG-25** önmagában is különleges, mert képes átlépni a hangsebesség háromszorosát, de csak ezért újabb generációs gépnek tekinteni nem igazán lehet legfeljebb különlegesnek az adott korszakban.

Az *Tornado* csapásmérő gépeket is ide sorolhatóak külsőre, a gép aerodinamikailag a 3. generációt képviseli, de elektronikailag a '80-as években a 3. és 4. generáció között volt, közelebb a korai 4. generációs gépekhez. Természetesen a még szolgálatban levő modernizált *Tornado* gépek egészen más elektronikával és fegyverzettel bírnak.

4. generáció:

Az igazi első képviselőjének az **F-16A** vadászgépet lehet nevezni talán. A gép többfeladatos volt, annak ellenére, hogy alapvetően csak könnyű vadászgépnek tervezték. Kezdetben semmilyen **BVR** képessége sem volt, ez talán sérti a 4. generációs besorolást, ennek ellenére több olyan paraméterrel bírt, amik generációs ugrást jelentettek az elődökkel összevetve. Csak **AIM-9 Sidewinder** légiharc rakétákkal rendelkezett, csak egyes szériái (**ADF változat**) voltak képesek **AIM-7F/M Sparrow** légiharc rakéta hordozására.

Az **F-15A** generációs ugrás volt az **F-4E Phantom** gépéhez képest, de egyfeladatos volt.¹³⁹ Tolóerő/tömeg aránya mai napig kiválónak számít, mai szemmel is egész jó radar és légiharc fegyverzet jellemezte. Az adott kor szintjén a gép technikai paraméterei az akkor rendszerben levő gépekkel összemérve lehangoló volt. A kabin ergonómiai kialakítása viszont még nem egészen érte

¹³⁹ Már a kezdet kezdetén felmerült csapásmérőként való alkalmazása is, de erre csak jóval később került sor az USAF színeiben. Az IAF már a '80-as években is használta a saját gépeit ilyen célra.

el a ma megszokott 4. generációs szintet. Többfunkciós kijelzők nem voltak sem az 'A' sem a későbbi 'C' változatban sem. A kabinban és viszonylag sok elektromechanikus műszer és kapcsoló van. Aerodinamikailag is valahol a 3. és 4. generáció között van.

A **HOTAS**¹⁴⁰ rendszer a 4. generáció gépein már alap-követelménynek számít. Ennek lényege az, hogy a leggyakrabban használt funkciók elérhetőek úgy, hogy sem a gázkarról, sem a botkormányról a pilótának nem kell levennie a kezét. Manőverező légi harc közben ez igen fontos szempont.

Az **F-14 Tomcat** vadászgépet is 4. generációsnak szokták besorolni, pedig tolóerő/tömeg aránya meg sem közelítette az **USAF** új masináéit, még a **TF-30** hajtómű lecserélése után sem. A gép még alapvetően az analóg elektronikai korszak gyermeke volt, kompozitok alkalmazásáról és fly-by wire rendszerről szó sem volt. A maga korában, de még később is igen impozáns **BVR** képességei miatt sorolják a 4. generáció első képviselőihez. Az **AWG-9** tűvezető rendszer + **AIM-54A** légi harc fegyverzet biztosította kiemelkedő képességeit. A gép egyfeladatos volt,¹⁴¹ ebben visszalépés volt az **F-4 Phantom II** vadászgéphez képest.

Az 4. generációs besorolásnál szerintem alapvető követelmény az, hogy földhátterben repülő célok leküzdésének hatékonysága drámain haladja meg az előző generáció képviselőit. A nyugati gépek földhátterben repülő célok ellen nagyságrendileg hatékonyabban léphetek fel, mint a 2. és 3. generáció tagjai Vietnám ege felett. Vietnám idején földhátterben repülő cél szinte tökéletes biztonságban volt mind az infravörös mind félaktív rakétákkal szemben is. A irányított légi harc rakéták találati arány 8-10%- körül mozgott – sokszor nem földhátterben repülő gépek ellen – pedig a célpontok semmiféle elektronikai ellentevékenységet nem folytattak, infracsapdákkal és aktív elektronikai védelemmel sem voltak ellátva.

Az **F-16** vadászgépeknél a *Block 25* szériától kezdve változott meg radikálisan a kabin, a mai modern vadászgépek kabinjai gyakorlatilag ennek a radikális továbbfejlesztésének és optimalizált leszármazottjainak tekinthetőek.¹⁴²

¹⁴⁰ *Hands On Throttle-And-Stick*

¹⁴¹ *Elvben vihetett volna buta bombákat, de a haditengerészet nem kockáztatta meg soha, hogy méregdrága vadászgépeit ilyen feladatra használja. Ott voltak erre a jóval olcsóbb A-6 és A-7 gépek.*

¹⁴² <http://www.youtube.com/watch?v=4uCZSVPBmp0>



F-16C Block 50/52 pilótafülkéje. Középen a jellegzetes integrált kezelőpanel (**ICP**) a két többfunkciós kijelző (**MFD** – multi functional display) a két oldalán, fő navigációs műszer (**HSI** – horizontal situational indicator) és a műhorizont. A ritkábban használt műszerek és kezelőszervek (panelek) körkörösén vannak elhelyezve a pilótafülke két oldalán.

A **Szu-27** és **MiG-29** a '80-as években orosz szemmel jelentettek generációs ugrást, a képességeik egyes területeknek még az 4. generáció belépő típusainak képességeit sem érték el, mikor azok után 10 évvel később jelentek meg. Nyugati szemmel elektronikailag inkább 3.5 generációs gépek. Generációs előrelépést aerodinamikai kialakítás és tolóerő/tömeg arány, hajtómű élettartam és megbízhatóság tekintetében értek el, az elsőben kőkeményen.¹⁴³ A kabin ergonómia és műszerezettség tekintetében is átmeneti típusok, az **F-15A** szintjének megfeleltek.

A gépeken megjelennek a fejlettebb navigációs műszerek, a tehetetlenségi navigációs rendszerekben¹⁴⁴ (**INS** – inertial navigation system) egyes gépeken a hagyományos mechanikus giroszkópokat leváltja a lézergyűrűs giroszkóp, pontosságuk nagyságrendileg javul.

¹⁴³ Németország egyesítése után lehetőség volt az ex NDK fegyverzet tesztelésére. A Luftwaffe szakértői még az F-4F + AIM-7F kombináció BVR képességeit is többre tartották, mint a MiG-29 + R-27R párost. Ellenben a MiG-29 + R-73 + sisakcélzó kombináció elég mély benyomást tett rájuk. Ezeknek a tapasztalatoknak köszönhető, hogy a németek kihátráltak az AIM-132 ASRAAM programból, és a tolóerő vektorált kormányzású IRIS-T programot elindították.

¹⁴⁴ A tehetetlenségi navigáció lényege, hogy teljesen autonóm módon meghatározható a repülőgép pillanatnyi helyzete, ha a mozgás kezdőpontja ismert, mikor a navigációs rendszer már működik. A repülőgép helyzetét, sebességét, a repülőgép mozgásállapotának megváltozását tehetetlenségi érzékelők mérik. Gyakorlatilag olyan, mintha vakon vezetnél egy autót úgy, hogy nagyon pontosan méred az időt, és a mért sebességből és gyorsulásokból folyamatosan számolná egy fejlett navigációs rendszer a pillanatnyi pozíciódat. Elméletileg lehetséges, de van egy „apró” probléma. Tökéletesen pontos mérés nincs. Tisztán, vagyis korrekció nélkül alkalmazva felhalmozódó hibák miatt huzamosabb üzemre alkalmatlan a katonai rendszerek számára. A

A '90-es évek elejétől kezdődik az igazi nagy változás és kavarodás a besorolásnál. Ekkor jelenik meg a 4+ és kb. 10 évvel később a 4++ jelölés. A 4+ gépeknél ez elsősorban a kabin modernizációját takarta és azt, hogy új generációs légiharc rakétával látták el őket. Az **F-16C** gépek a *Block 25* szériától felfelé képesek lettek az **AIM-120 AMRAAM** légiharc rakéta használatára. Ezzel a típus harcértéke drámaian mértékben nőtt, képes lett **BVR** céllöküzdésre, de nem is akárhogy. Félaktív rakéták helyett már aktív légiharc rakétákkal látták el és szimultán céllöküzdésre is képessé váltak a gépek.

A 4++ generáció tagjait az jellemzi elsősorban, hogy azok a fejlesztések, amik az 5. generációs gépek számára – itt részben az **F-22** számára kifejlesztett technológia gyakorlati alkalmazásáról van szó az amerikai gépekben – lettek kifejlesztve, azok alkalmazva lettek a 4. generációs gépeken is. **AESA** radar – egyes gépek számára még csak **PESA** radar áll rendelkezésre – a már ismertett körkörös figyelő infravörös szenzorok¹⁴⁵, stb. A pilótafülke ergonómiája még tovább csiszolódik, a radar keresztmetszet csökkentésére is tettek lépéseket azon ismeretek birtokában, amit az korábbi csökkentett észlelhetőségű gépek tervezésénél és építésénél szereztek. A 4++ generáció tipikus képviselője az **F/A-18E/F Super Hornet**, **Rafale** és az **Eurofighter Typhoon**, de a kellően modernizált **F-15** és **F-16** változatok is. Előbb utóbb az orosz gépek is elérik ezt a szintet. A *Gripen 'C'* változata valahol a 4+ vagy 4++ generációsnak tekinthető egyes képességeit vizsgálva.

5. generáció:

Ma egyetlenegy aktív szolgálatban levő típus képviseli ezt a kategóriát, az **F-22A Raptor**. Alapvető követelmény ebben a kategóriában a csökkentett észlelhetőség geometriai kialakítás által, és a szupercirkálás teljes légiharc fegyverzettel. Ez csak belső fegyvertérrel lehetséges ma. Továbbá elvárás még az **AESA** radar, nagy hatótávolságú aktív radaros rakéta, fedélzeti rendszerek magas integráltsága, a 4. generációs gépek tolóerő / tömeg arányát elérő vagy meghaladó, érték, de a tolóerő vektorált hajtómű nem feltétlen.¹⁴⁶ Lényegében minden vagy majdnem minden tekintetben felül kell múlnia az előző generációt.

Röviden ez a helyzet. A „fél generációkat” igazából csak én használtam eddig más nem nagyon.

A 4++ gépek marketing anyagában újabban feltűntetik a szupercirkálás képességet, csak éppen finoman szólva nem objektíven, bár véleményem szerint inkább már a hazugság kategória az, amit előadnak ezen a téren. Egyes 4+ vagy 4++ generációs gépek képesek átlépni a hangsebességet utánégető használata nélkül is, de ebben az esetben csak 1.1 – 1.2 Mach körüli sebességről van szó, csak nagy magasságban – kb. 8 km vagy felette – de csak minimális fegyverzettel. Ez nagyjából 2 db légiharc rakétát takar és az is inkább a szárny törővégen, ami egyes gépeknél 0 **BVR** gépességet

valós pozícióhoz képest 1-2 óra elteltével több kilométeres hiba is lehetséges. Ez az óceánok vagy az északi sark felett átrepülő kereskedelmi utasszállítóknál elégséges, mert partot elérve a szárazföldi irányjelzők segítségével már könnyedén megtalálják a célállomást. Katonai gépek számára ez kevés. A GPS rendszer segítségével kaphat a rendszer frissített navigációs adatot. Az INS jelentősége akkor volt nagyon fontos, mikor a GPS rendszer még nem épült ki teljesen és a jövőben is fontos lehet olyan ellenféllel szemben, aki képes zavarni a GPS rendszer jeleit.

¹⁴⁵ MAWS – missile approach warning system – rakéta közeledését jelző rendszer

¹⁴⁶ Az F-35 ez utóbbi téren pl. nem teljesíti a klasszikus 5. generációs „követelményt”.

jelent. Belátható, hogy az **F-22A** 1.6 Mach értékével és 8 légiharc rakétájával összevetve harcászati értelemben nem valós szupercirkálási képesség, ráadásul a *Raptor* gyorsulása felülmúlja minden más géptípusét.

Mi a további probléma a generációs besorolásnál? A gond az, hogy a 3. generációs gépeket is nagyon sok helyen negyedik generációs – vagy akár 4+/4++ generációs – szintre fejlesztettek fedélzeti elektronika¹⁴⁷ és alkalmazott fegyverzett terén. Akkor a gép az most minek számítson?

A *Harrier* már lassan 40 éve rendelkezik ilyen képességgel, ugyanis a gép fúvócsövei elforgathatóak, a gép így tud lebegni és helyből felszállni. Valójában egyes technikai jellemzőket tekintve a gép tolóerő vektorálásának képessége felülmúl a mai napig minden más gépet. Ettől azonban még szó sincs 5. generációs típusról.

Egy modernizált **F-4F Phantom II**, ami **AMRAAM** használatra képes, vagy a legújabb generációs precíziós támadófegyverek használatára, azt hová soroljuk? Fegyverzete 4+ generációt idézi, avionika részben 4+ generációt, de az aerodinamikai kialakítás legfeljebb 3. generációs. A gép tolóerő / tömeg aránya szintén igen messze esik a 4. generációt jellemző értéktől. Kabin ergonómia is fel lett húzva valamennyire, de a kilátás a kabinból ettől még nem változik.

Vagy egy román **MiG-21 LanceR** gép hova sorolható? 2. generációs aerodinamika, tolóerő / tömeg arány legjobb esetben is 3. generációs kategória. Viszont a fejlesztéseknek köszönhetően 4 generációs avionika és kis hatótávolságú infravörös rakétafegyverzet jellemzi a gépet és precíziós csapásmérő képességgel is rendelkezik.

Egy 4+ vagy 4++ generációs iskolagép hova sorolható? Lehet itt gondolni a modernizált **T-38 Talon** gépekre, vagy az **ALCA** és *Hawk* iskolagépekre. A tolóerő / tömeg arányuk sokszor a 2. generációs vadászokéval azonos, szubszonikusak – 1. generációs jellemző – de az avionika és kabin ergonómia, hajtómű üzembiztossága össze sem mérhető a régi gépekével.

Látható, hogy nem egyszerű az élet mióta nem kidobják, hanem modernizálják a gépeket, ha új képességekre van szükség. Célravezetőbb a gépeket 10-12 alapvető képességgel jellemezni és azt osztályozni, hogy az egyes tulajdonságai melyik generációt képviselik. Én az alábbi szempontokat vizsgálom:

- Maximális sebesség valós harci konfigurációban (légiharc) alacsonyan / magasan. Hatótávolság.
- Szupercirkálás képessége?
- Tolóerő / tömeg arány 60-70% üzemanyaggal és 4-6 légiharc rakétával. Hajtómű üzembiztossága és élettartama.
- Fegyverzet mennyisége, minősége. Többfeladatos vagy sem, **SEAD** képesség megléte, stb. Ez utóbbi szinte külön kategóriát képez, a többfeladatos – multirole – gépek közül is csak egy

¹⁴⁷ Röviden avionika.

nagyon kevés képes erre. Ez inkább már egyfajta bónusz. Nagyon drága és különleges képesség, kevesen engedhetik meg maguknak, de komoly légvédelem ellen enélkül operálni elég merész dolog.

- Radar + egyéb avionika. (*TFR*,¹⁴⁸ *HMS*,¹⁴⁹ *JHMCS*,¹⁵⁰ *IRST*,¹⁵¹ *AESA* radar stb.)
- Kabin ergonómia.
- Aerodinamikai kialakítása a gépnek. (Instabil kialakítás, törzs/szárny átmenet, *LERX*,¹⁵² stb.)
- Csökkentett észlelhetőség.
- Önvédelmi képességek. Integrált elektronikai zavaró berendezés, zavarótöltetek száma, egyéb szenzorok, amik önvédelmi képességet növelik, vontatott csali, stb.

Ezen alapvető képességeket kell megvizsgálni, hogy melyik milyen generációba sorolható. További probléma, hogy a 4. generáció első gépeinek képességei, és utolsói között – mondjuk egy *Super Hornet* és egy *Hornet* között – sokkal nagyobb a különbség is lehet, mint mondjuk a 2. és 3. generációs gép között vagy egy 3. és 4. generációs között.

Laikusokat könnyen megtévesztheti az „üvegezett pilótafülke” (glass cockpit). A pilótafülkét az ilyen gépekben a többfunkciós kijelzők uralják – *MFD* (multi function display) – *HOTAS* rendszer természetesen van, de a gép többi rendszere és hozzá rendszeresített fegyverzet nem üti meg a magasabb generációs szintet. Egyes kínai gépek ilyenek, pl. a *J-8* legutolsó szériás verziója. A kijelzés és kabin ergonómia önmagában nem jelent generációs ugrást. Egy '80-as éveket képviselő *Szu-27* vagy *MiG-29* gépbe is lehetne *MFD* kijelzőket tenni, egy nagyléptékű modernizációhoz képest valószínűleg elhanyagolható költséggel, de akkor is a régi, és ma már korszerűtlennek tekinthető radart és fedélzeti rendszereket szolgálná ki.

Van még egy érdekes kérdéskör, amit gyakran szoktak feszegetni, Ez pedig a gépek ára és üzemeltetési költsége. A fent leírtak tükrében gondolom nem nagy művészet megjósolni ezen a ponton, hogy itt is van kavarásszerűség. Minden egyes generáció tagja egyre drágábbak lettek az azt megelőzőnél annak ellenére, hogy az alacsony ár mindig is célkitűzés maradt. Egy vicces történet, az *F-14* típus rendszeresítése kapcsán esett meg. Ha jól emlékszem egy felháborodott szenátor mondta az alábbiakat, mikor kiderült, hogy egy darab *Tomcat* akkor hatszor annyiba került, mint az akkori *Phantom II* változat.

„Ez az utolsó 20 milliós vadászgép,¹⁵³ amit a flotta rendszeresít!”

¹⁴⁸ *TFR* – terrain following radar, terepkövető radar

¹⁴⁹ *HMS* – helmet mounted sight, sisakcélzó

¹⁵⁰ http://www.vsi-hmcs.com/pages_hmcs/02_jhm.html

¹⁵¹ *IRST* – infarvörös célkövetés, http://en.wikipedia.org/wiki/Infra-red_search_and_track.

¹⁵² http://en.wikipedia.org/wiki/Leading_edge_extension

¹⁵³ Ez mai áron számolva az inflációval lehet akár 60-80 millió is és valószínűleg még nem a teljes programköltségre vetített érték volt a 20 milliós ár. Nem biztos, de lehet, hogy reálitíve drágább volt, mint a mai csúcsgépek az adott időben.

Igaza lett. Azóta lényegében minden korszerű többfeladatos 4. generációs vadász többre, de legalább nagyságrendileg ennyibe került az inflációs hatást is figyelembe véve.

Alapvetően két módon szokás számolni a gépek árát, amit egyes hatások torzítnak. A gépek kifejlesztése, prototípusok legyártása, berepülési program végrehajtása nagyon sokba kerül. A prototípus gépek gyakorlatilag csak egy koncepciót testesítenek meg, a sorozatgyártás megkezdése előtt minden gépen kisebb-nagyobb változtatásokat szoktak végrehajtani. Az **F-22** típus esetén ezek a „kisebb-nagyobb” változtatások kb. 70%-át érintette a gépnek...

Tehát mire eljut egy gép a sorozatgyártásig, egy rakás pénz elköltésre kerül. A régi időkben a gép árát úgy számolták, hogy a fejlesztés után milyen darabáron voltak beszerezhetőek. Ez viszont fals, mert a fejlesztést is ki kell pengetni a gyártás megkezdése előtt. Az fent említett **F-22** esetében az arány nagyon szélsőséges lett. A gép fejlesztésére 43 milliárd dollárt költöttek el, az egész program valamivel több, mint 63 milliárdba került. Ebből a pénzből készül el kb. 187 gép. Látható, hogy nagyon más érték jön ki árnak egy darabra vetítve, ha a $187 / 20$ milliárd dollár vagy a $187 / 63$ milliárd dolláros árral számol az ember. A régi gépek árának kiszámítását továbbá nehezíti az inflációval való számolás. Az **F-22** program kb. 15 évig tartott a prototípus első felszállásától a rendszerbe állításig.

Azt is figyelembe kell venni továbbá, hogy az újonnan rendszerbe állított gépek esetén nem csak magát a gépet kell megvenni, de a hozzá tartozó földi infrastruktúrát, ami lehetővé teszi az gép üzemeltetését. Nagyon nem mindegy, hogy 12 vagy 120 géphez veszed meg a háttérrel. Ehhez hasonló nagyon rugalmasan kezelt költség az, hogy a pilótákat és a földi személyzetet is ki kell képezni, továbbá a gépekhez fegyverzetet is kell venni. Volt már rá példa, hogy a gépeket viszonylag nyomott áron vették meg, de a fegyverzet árának kiszabásánál elég vastagon fogott az a bizonyos toll. A gép árát nagyban befolyásolja a hitelkonstrukció és a hosszútávú logisztikai támogatás.¹⁵⁴



Utánégető fokozatok működés közben, rendkívül látványos.

¹⁵⁴ További eszmefuttatást erről a kérdéskörrel a *Girpen FAQ* cikkben találhatsz, ez is elérhető a HTKA cikkek között.

7. Egy kis aerodinamika

A *Pilótasuli* cikksorozatban egy átlagos szárny legalapvetőbb aerodinamikai tulajdonsága és néhány apróbb dolog ismertette van, ezt próbálom kiegészíteni, de nem belemenni tudományos mélységekbe, ettől függetlenül van rá esély, hogy még ez is nagyon tömény lesz. Sajnos bizonyos ismeretanyag alatt nem lehet elmagyarázni érhetően a manőverező légiharcot és kitérő manővereket.

Linkelek itt egy nagyon tömény anyagot, ami egyben nagyon hasznos is és jóval többről szól, mint csak aerodinamika.

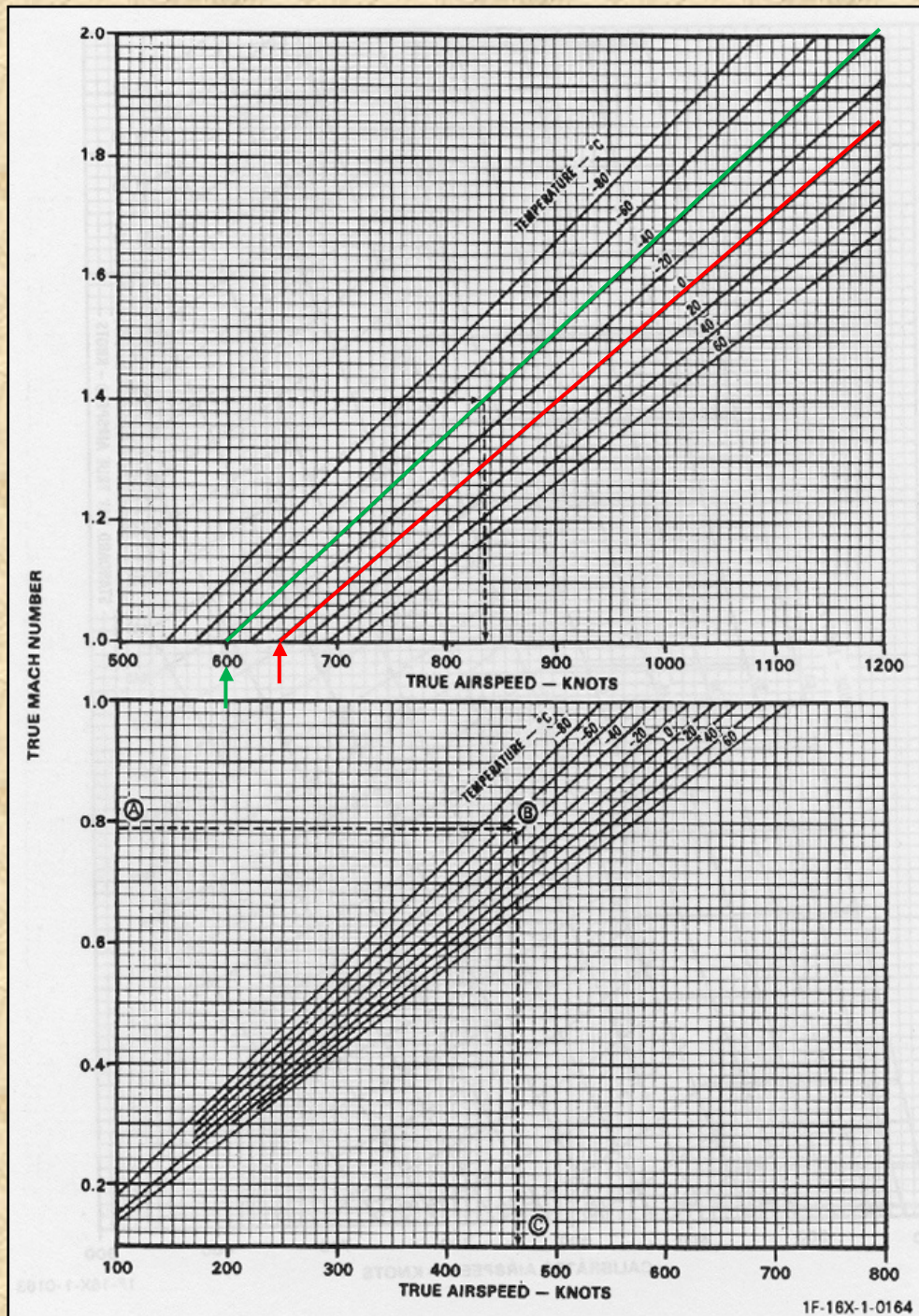
<http://www.firstfighterwing.com/Public1/F16CD-Real%20Life-Manual.rar>

Ez az **F-16C/D** típus légi üzemeltetési kézikönyve. A 376. oldaltól töménytelen mennyiségű grafikont találsz. Ezek közül csak a legfontosabbakat magyarázom el, ennek fényében a többi értelmezése is menni fog.

A magyarázatok „fejtágítás” szellemében íródnak, a tudományos megközelítést részben sutba dobom, hogy könnyen értelmezhető legyen a fizikai tartalom.

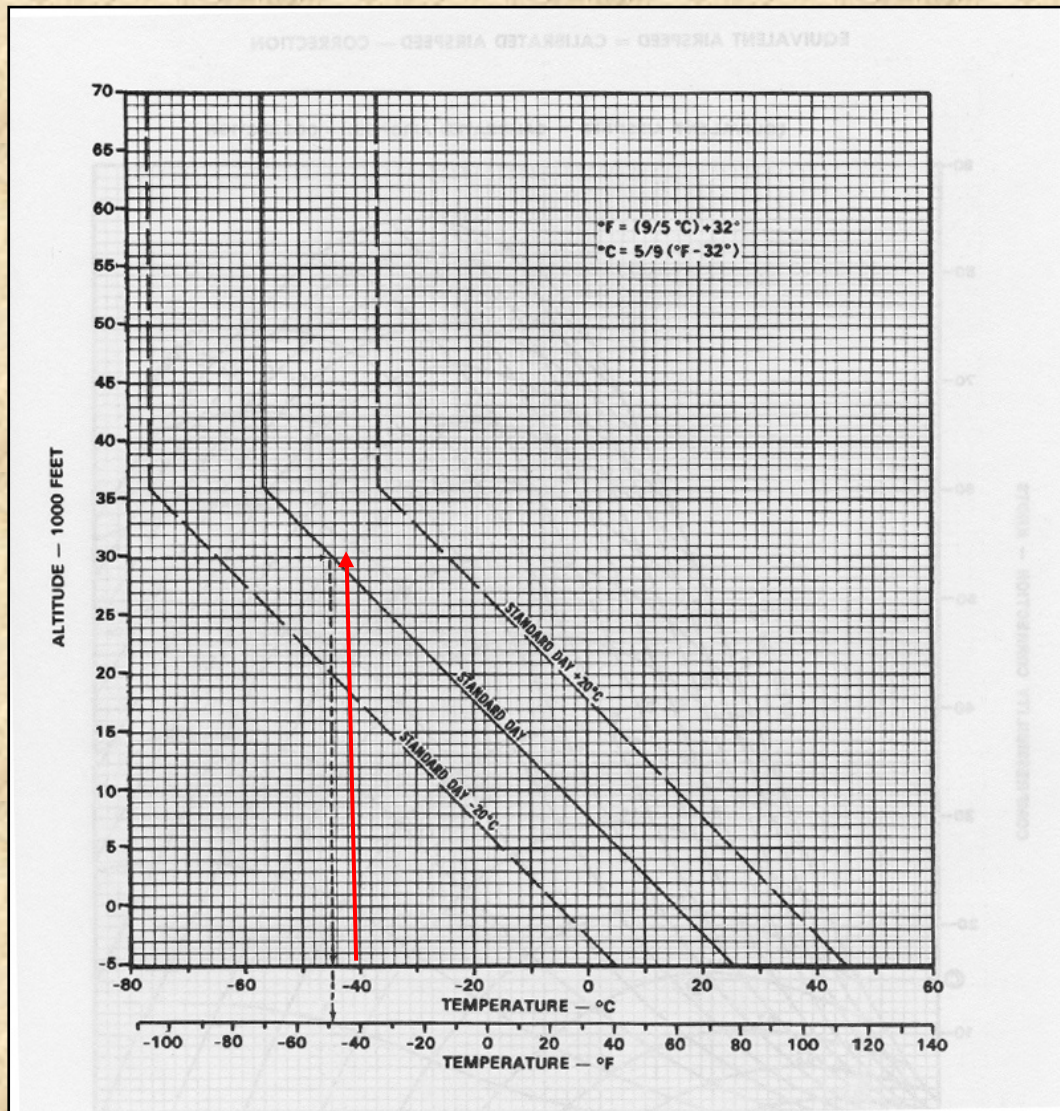
A lent látható diagram azt magyarázza, hogy a hőmérséklet függvényében a hangsebesség hogyan változik. A true airspeed (**TAS**) értékhez van rendelve a Mach szám. A 0,5 M (Mach)¹⁵⁵ sebesség azt jelenti, hogy a repülőgép a hangsebesség felével repül, az adott magasságon. A **TAS** magyarázata picit lejjebb lesz. Kicsit furán hangozhat, de többféle sebesség is definiálható.

¹⁵⁵ Ernst Mach fizikus után van elnevezve a mértékegység.



A következő diagramon a légkör hőmérséklet változása van ábrázolva néhány környezeti hőmérséklettel. A fenti és lenti diagramok kombinálásával láthatod, hogy adott magasságon mekkora a hang terjedési sebessége, vagyis a hangsebesség. A fenti diagramon 1.0 vonalhoz (true Mach number) tartozó értéket nézd meg mondjuk 20 Celsius fokon – ez a földközeli tartomány. Ekkor a hangsebesség kb. 665 csomó (knots). Ez 342 m/s sebességet jelent, ami 1231 km/h. Nézd meg, hogy mínusz 40 fok estében az 1.0 értékhez mi tartozik. 600 csomó.¹⁵⁶ Ez 309 m/s, ami 1112 km/h. Egy átlagos napon -40 fok kb. 30 ezer láb magasan van. Ez nagyjából 10 km-es magasság.

¹⁵⁶ 1 csomó = 1 tengeri mérföld/óra sebesség. 1 tengeri mérföld az 1852 méter. Tehát 1 csomó az 1,852 km/h.

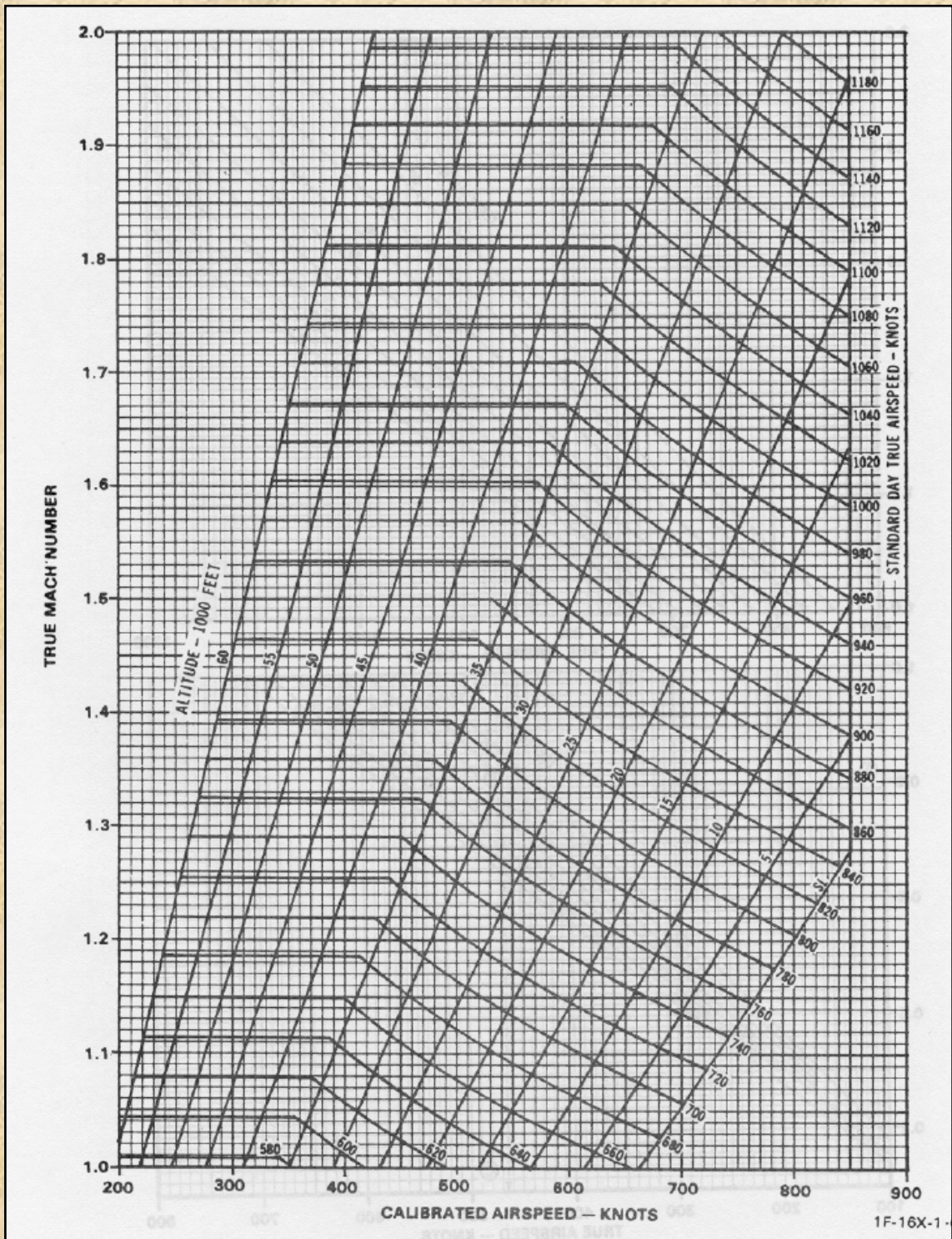


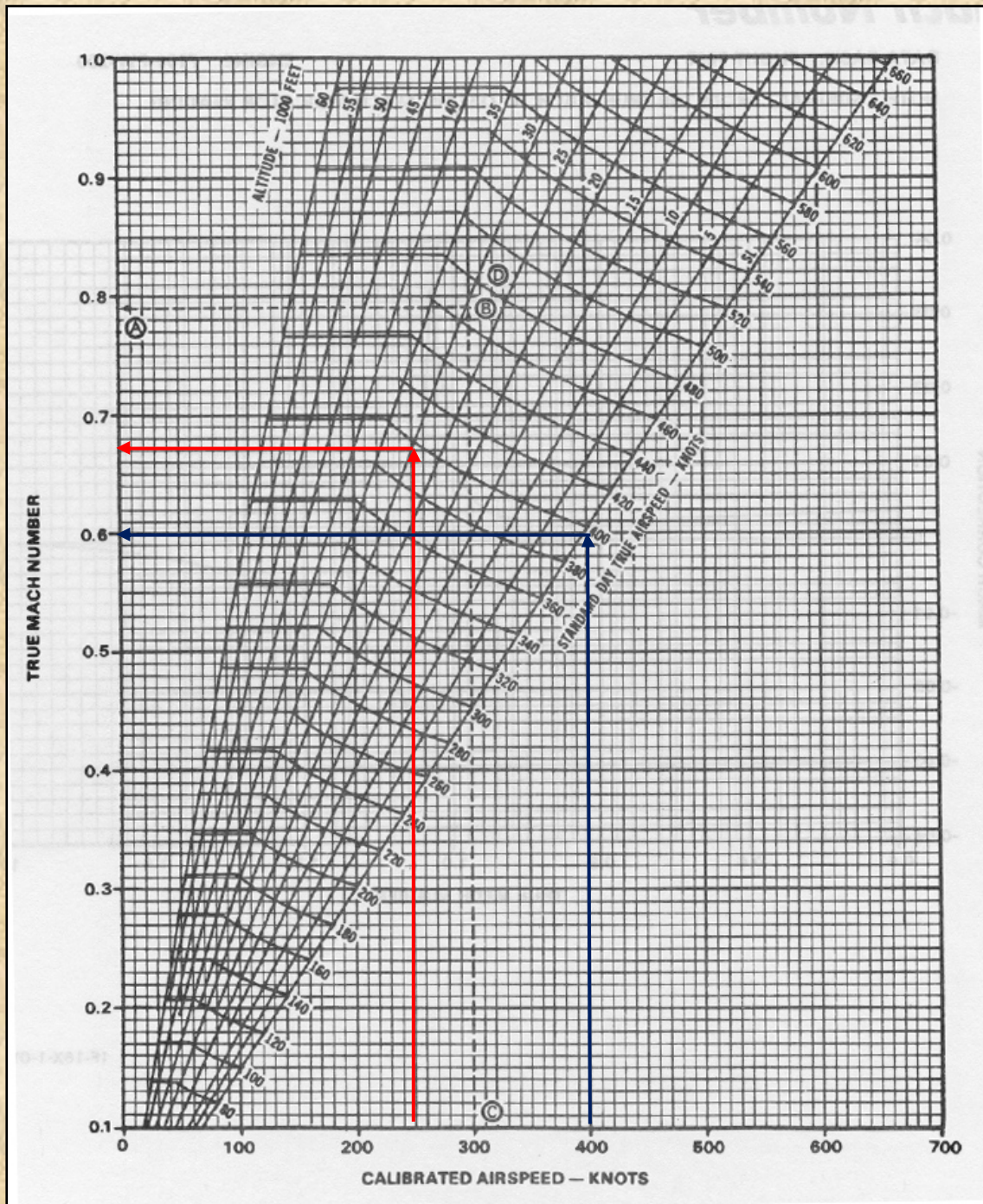
Akkor ideje kifejtetni a **TAS** jelentését, ami egyben a **CAS** és földhöz viszonyított sebesség kifejtését is megköveteli.

TAS – True air speed. A gép haladási sebessége mínusz a szélesebbesség.

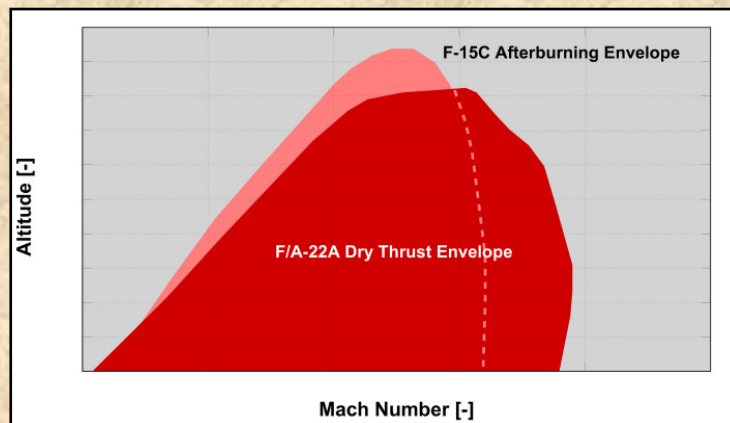
CAS – Calibrated air speed. A levegő sűrűsége nélküli korrigálatlan sebesség. Lényegében a gépre ható aerodinamikai erővel van kapcsolatban. Ahogy egyre magasabban repülsz, azonos **TAS** értékhez egyre kisebb **CAS** érték tartozik a ritkább levegő miatt. Tehát a repülőgép szárnyain ugyanakkora felhajtóerő hat azonos állásszögnél mondjuk 400 csomó **CAS** sebességnél, akár 100 méteren, akár 10'000 méteren repülsz. Csak éppen a 400 TAS érték 100 méteren¹⁵⁷ 400 CAS, ha nincs szembeszél és egy átlagos 15-20 fokok környezeti hőmérséklet van, de 30 ezer láb magasan ez alig 220 CAS. Ez kb. 0,6 Mach értéknek felel meg.

¹⁵⁷ Ez gyakorlatilag tengerszint, SL – sea level a diagramban.





A fenti diagramok a **CAS** és **TAS** közötti összefüggést mutatják a fent említett számszerű példa nyilakkal jelölve van. Az is látszik ez esetben, hogy azonos **CAS** estén eltérő magasságban a Mach szám sem egyezik meg. A **CAS** és **TAS** közötti különbség fontos a navigáció és a manőverező légi harc megértéséhez. A navigáció számára az a fontos, hogy a földhöz képest mekkora sebességgel repülsz, ha a szélesség ismert, akkor ez a **TAS** sebességből számolható. A manőverező légi harchoz szempontjából az nagyon fontos, hogy a gépre milyen aerodinamikai erők hatnak.



Envelope görbe.

A repülőgépek által elérhető maximális sebesség adott körülmények között a fentihez hasonló diagramon ábrázolható. A vízszintes tengelyen a sebesség, a függőlegesen a magasság van. Itt most konkrét értékek nincsenek, de nem is ez a lényeg. A színes terület mutatja a gép által használható tartományt. A színes területtől balra eső terület azért esik ki, mert a gép átesési sebessége alatt van, a szárnyon nincs elég felhajtóerő, hogy a gép fenntartsa a vízszintes repülést. A fent említett tények (**CAS** vs. **TAS**) ismeretében nem meglepő, hogy az átesési sebesség nő a magassággal. A másik irányban a korlátozó tényező a repülőgép strukturális terhelése. Alacsonyan a levegő sűrű, a gépre ható igénybevétel a korlátozó tényező. Ahogy nő a magasság a gép tolóereje kevés ahhoz, hogy a gépet egy adott sebesség fölé gyorsítsa. Itt jön be egy újabb tényező, a tolóerő.

A gázturbinák – de a belső égésű benzinmotoroknál is – motorteljesítménye függ a magasságtól és a gép sebességétől is. A hajtóműveknél általában fékpadi tolóerőt szoktak megadni típusismertetésnél, mert ez az, ami könnyen mérhető, és jól összehasonlítható más hajtóművel földi tesztelés során. Ahogy nő a repülőgép sebesség, a tolóerő is növekszik bizonyos mértékben, mert a repülőgép szívócsatornáiba áramló levegő mennyisége is nő. A magasság növelésével viszont a hajtómű teljesítmény csökken, a levegő egyre ritkább volta miatt. Ennek kihatása van a manőverező képességre.

A manőverező légi harc alapja az, hogy milyen gyorsan és / vagy milyen szűken tud egy replógép fordulni. E kettő feltétel ellentmond egymásnak. Más sebességnél fordul egy gép a leggyorsabban¹⁵⁸ és más sebességnél fordul a legszűkebben. Az **F-16C** gép a leggyorsabb fordulót 440 csomó¹⁵⁹ **CAS** értéknél tudja produkálni, ekkor legnagyobb fenntartható a forduló szögesebessége, kb. 20-21 fok / sec. Viszont hiába fordul gyorsan a gép, a sebességből adódóan a forduló sugár nagyobb lesz. Ha a gép lassabban repül pont fordított a helyzet. Lehet, hogy lassabban fordul a gép, de a forduló attól még szűkebb lesz. A pilótának ezek kész szélsőség között kell „egyensúlyozni” manőverező légi harc közben.

Fontos megjegyezni, hogy megkülönböztetünk átmeneti és fenntartható forduló szögsebességet. Az átmeneti érték a nagyobb, de ezt a vadászrepülőgépek az esetek döntő többségében harci konfigurációban nem képesek tartani tolóerő híján. Csak nagyon kis ideig képesek ezt a teljesítményt

¹⁵⁸ Ezt az angol corner speed értéknek nevezi.

¹⁵⁹ 1 csomó = 1 tengeri mérföld / óra = 1,852 km/h

produkálni. Tehát időlegesen egyes vadászgépek képesek 30 fok feletti forduló szögsebességet produkálni, de tolóerő híján a gép lassul és a megvázolt aerodinamikai helyzet miatt már csak kisebb értéket tudnak tartani.

További jó (?) számszerű mutató a gépek manőverező képességéről a szárnyterhelés. A következő példák is nagyon elnagyoltak lesznek, de kb. mutatják a lényegét. A gép tömegét a szárnyfelülettel elosztva lehet kapni egy hányadost.¹⁶⁰ Minél nagyobb a gép szárnyterhelése, annál rosszabb fordulóharcban, annál nagyobb állásszöggel kell végrehajtania egy ugyanolyan fordulót, mint egy másik azonos tömegű, de kisebb szárnyterhelésű gépnek. Az állásszöggel meredeken nő a gép ellenállása, tehát nagyobb tolóerő szükséges. Viszont minden repülőgépnek van egy kirtikus állásszög értéke, ami fölé nem lehet menni, ergo szűkebben sem fordulhat a gép.

A szárnyterhelés kiszámításánál azonban a 4. generációs gépeknél árnyaltabb a kép, mert a gépek törzse is jelentékenyen részt vesz a felhajtó erő termelésében. A teljes felhajtóerő akár 25-30 %-a is keletkezhet a törzs-szekción. Tehát a mutató pontatlan, de azért több, mint a semmi. Az alacsonyabb szárnyterhelésű gépek – jellemzően a deltszárnyú gépek nagyobb átmeneti szögsebességre képesek, mint más gépek, de a már fent említett korlátozással.

A **CAS** és tolóerő ismeretében kisakkozható, hogy a gépek nagyobb magasságban jellemzően nem vívnek manőverező légiharcot, mert nincs elég tolóerő a komoly manőverek végrehajtásához és nagyon nagy állásszöggel kell a fordulókat végrehajtani a gépek kis **CAS** miatt. A corner speed¹⁶¹ értékhez tartozó **CAS** bőven hangsebesség felett van 10 ezer méter táján. Az '50-es évek óta a manőverező légiharcok döntő többsége 6000 ezer méternél alacsonyabban történt.

Az utazósebesség szempontjából a nagy magasságban nincsen káros hatása, sőt a magasság növekedésével kb. 12 km magasságig a gépek fajlagos fogyasztása egyre jobb. Kisebb tolóerő, viszont a légellenállás is kisebb. Természetesen a gép gyorsulása ettől még nem változik, meg sem közelíti az alacsonyabb magasságon elérhető értéket.

A lenti diagramon a manőverező légiharc szempontjából az elméleti lehetőségeket látod. Adott forduló szögsebesség mellett, adott sebességnél, G terhelésnél¹⁶² és forduló szögsebességnél¹⁶³ mekkora a forduló sugár. Mi az a forduló sugár? Egy rövid magyarázat szükséges ahhoz, hogy megértsük, hogy a rakétára és a gépre ható erők milyenek egy fordulóban, egy kis alapfokú mozgástan következik. ☺

Ha elképzeli az ember a rakéta vagy repülőgép által lerepült utat, akkor feltűnhet, hogy közel sem egyenes, de nem is körpálya a fordulók nagy részében, amikor a gép lassul. Nos, azt gondolom mindenki tanulta középiskolában, hogy egy körpályán haladó testnek (tömegpontnak) is van gyorsulása még, ha egyenletes szögsebességgel is halad egy középpont körül. A gyorsulás az alábbiak szerint számolható.

¹⁶⁰ 4. generációs vadászgépeknél vadászgép konfigurációban 50-70% üzemanyag készlettel a szárnyterhelés kb. 320-440 kg/m².

¹⁶¹ A leggyorsabb fordulóhoz tartozó sebesség érték.

¹⁶² Turn load factor

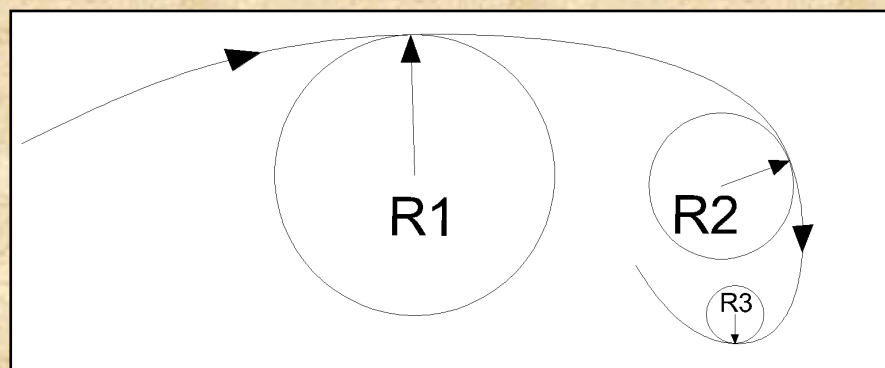
¹⁶³ Turn rate (degrees/sec, fok/másodperc)

$$a = \frac{v^2}{R}$$

Ezt nevezzük centripetális gyorsulásnak, négyzetesen arányos a sebességgel és fordítottan a sugárral. Tehát minél gyorsabban akarsz fordulni és minél szűkebben annál jobban nő az erő. Ha azonos sugár esetén kétszer gyorsabban akarsz, akkor az erő négyszeres lesz, hiszen az erő arányos a gyorsulással.¹⁶⁴ Ha azonos sebesség mellett kétszer szűkebben, akkor az erő a duplája lesz.

Az erő a sugár irányával azonos irányban mutat, a kör középpontjából kifelé mutat. A legegyszerűbb esetet feltételezve, ha a pilóta egyenesen ül a gépben és tökéletes fordulót feltételezünk, akkor ez egy fej – láb irányú erőt jelent, ha a gép nem lassulna forduló közben.

Viszont a repülőgép ritkán mozog körpályán. Hosszabb szemlélődés és némi töprengés után folyamatosan változó sugarú körívek viszont mintha felfedezhetőek lennének a fenti ábrákon. Ebből jöhet az a gondolat, hogy mi lenne, ha valami hasonló módszerrel próbálnánk közelíteni a tetszőleges pályagörbéket? Az eredmény a lenti ábra szerinti dolog lesz.



A kulcs a sikerhez a görbületi sugár. Akit érdekel, hogy pontosan mi ez, az keressen rá a Neten, a lényege az ábrán van. A matematikai levezetés vége, hogy szűkebb ívhez kisebb simuló (érintő) kör tartozik az adott pontban, annak a körnek a sugara az ív adott pontjában a görbületi sugár. Tehát azonos sebesség mellett élesebb fordulóhoz nagyobb G terhelés, centripetális gyorsulás adódik ki a fenti összefüggést használva úgy, hogy R helyére az a pillanatnyi görbületi sugár az érvényes.

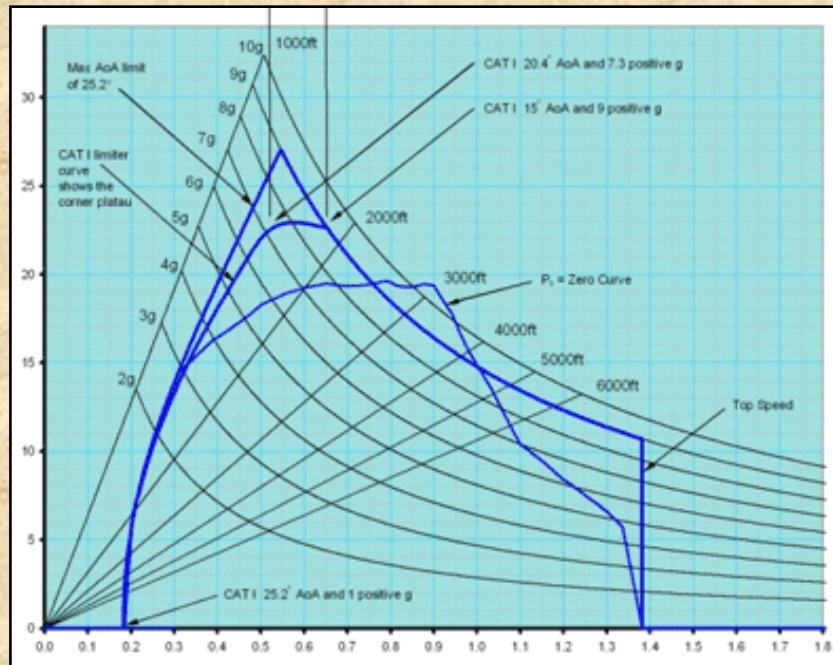
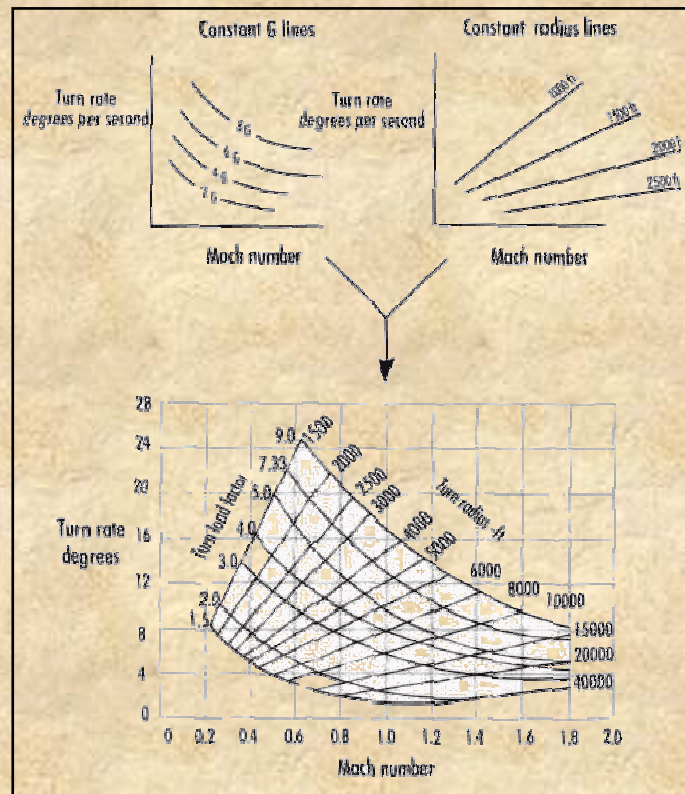
A cél az, hogy a rakétát minél szűkebb ívű manőverre és minél hosszabb idejű manőverre kényszerítse a védekező fél, mert így veszít erőtejesen a mozgási energiájából vagy olyan szűk íven kellene fordulnia, amire esetleg nem is képes. A rakétának viszont gyorsabbnak kell lennie, mint célpontnak, hogy utolérje, ezért a rakétára jellemzően nagyobb G terhelés is hat rá, mint a célpontra.

Az, hogy a gép erre képes e aerodinamikailag és strukturálisan, az már egy másik kérdés, ahogy az is., hogy az adott helyzetet, meddig tudja fentartani, van –e elég tolóereje. Kis sebességnél egyszerűen nincs elég aerodinamikai erő a gépek kormányservein ahhoz, hogy 9G-s fordulókat képesek legyenek összehozni. 8-9G-s fordulókat jellemzően 350-400 csomós sebesség táján képesek

¹⁶⁴ Newton II. törvénye. $F = m \cdot a$

Valójában ő nem így fogalmazta meg, de egyszerűsített esetben, ebben a formában is igaz.

a vadászgépek bemutatni, de az alsó tartományban szintén lassulnak, mert itt már viszonylag nagy állásszöggel kell végrehajtani a manővereket, a légellenállása túl nagy lesz a gépnek.



Ezen a diagramon látható a játékban egy **F-16** variáns jellemzőit, hogy melyik területen képes a gép „mozogni”. Az állásszög, G és maximális sebesség korlátozásokat láthatsz a diagramon. A fenti görbe és envelope görbe keresztezése lényegében ez, amit itt láthatsz.

Összefoglalva a manőverező légi harc alapját az alábbi fő változók adják:

- Rendelkezésre álló tolóerő
- A gép pillanatnyi tömege
- Repülési magasság
- Sebesség
- A alapvető gép aerodinamikai jellemzői és kialakítása. Szárnyterhelés, légellenállás, viselkedés nagy állásszögű repüléskor.
- Maximális túlterhelés nagysága.
- Forduló sugár.

A manőverező légi harc és hozzá kapcsolódó egyéb problémákkal a „Gondolatok a légi harcászatról...” cikk foglalkozik.

<http://htka.hu/2010/11/14/gondolatok-a-legi-harcaszatrol/>

8. Fenyegetések és ellenlépések

8.1. Repülőgépek által indított vagy használt fegyverek

Az itt következő két lista korántsem teljes, de viszonylag jó képet adnak a leggyakoribb és legnagyobb számban gyártott vagy élesben már használt harceszközökről.

- a) Félaktív, radarvezérlésű légiharc rakéta.
- b) Aktív radar-vezérlésű légiharc rakéta.
- c) Infravörös vezérlésű légiharc rakéta

Légiharc rakéták

<i>Típus</i>	<i>Vezérlés</i>	<i>Megjegyzés</i>
AA-2A (R-3Sz)	c	
AA-2-2 (R-13M)	c	
AA-2C (R-3R)	a	
AA-3 (R-98TM)	c	
AA-3R (R-98RM)	c	
AA-6 (R-40T)	c	
AA-6R (R-40R)	c	
AA-7 (R-23T)	c	
AA-7R (R-23R)	c	
AA-8 (R-60)	c	korlátozottan szemből is indítható
AA-9 (R-33)	b	szimultán célleközdés
AA-10A,C (R-27R,ER)	a	
AA-10B,D (R-27E,ET)	c	szemből indítható.
AA-11 (R-73)	c	szemből indítható.
AA-12 (R-77)	b	
AIM-9 (kivéve AIM-9C), Rb-74	c	L verziótól felfele szemből is indítható
AIM-7 (minden verzió) Skyflash / Rb-71	a	kvázi szimultán célleközdés AIM-7M verzióval.
AIM-54A/C	b	
AIM-120, Rb-99	b	
R.530D	a	
Mica EM	b	
Mica IR	c	Szemből indítható, kombinált vezérlés, MCG + végfázisos IR.
R.550 Magic II	c	Felújított verziói szemből is indíthatóak
IRIS-T	c	Szemből indítható.
ASRAAM	c	Szemből indítható.
PL-2	c	
PL-5C	c	
PL-5E	c	
PL-8	c	korlátozottan szemből is indítható
PL-12	a	
Python-3/4	c	szemből indítható

8.2. Föld- vagy vízfelszíni rendszerek által indított rakéták vagy használt fegyverek

- a) Radarvezérlésű föld – levegő rakéta, félaktív vagy rádió parancsközlő.
- b) Radarvezérlésű föld – levegő rakéta **TVM** vagy kombinált **TVM** vezérlés.
- c) Optikai úton célra vezetett föld – levegő rakéta.
- d) Infravörös vezérlésű föld – levegő rakéta.
- e) Légvédelmi ágyú, vagy gépágyú, a célzás radarral történik.
- f) Légvédelmi ágyú vagy gépágyú, a célzás optikai úton történik

Szárazföldi, vagy hajóra telepített légvédelmi rendszerek

Típus	Vezérlés	Megjegyzés
SA-2, (HQ-2)	a, c	HQ-2 a kínai verzió.
SA-3	a, c	
SA-4	a, c	Első változatok rádió parancsközlők voltak, a későbbiek félaktív vezérlésűek.
SA-5	a	Kombinált, rádió parancsközlő, végfázisban félaktív
SA-6	a	
SA-7 (HN-5A)	d	HN-5A a kínai verzió.
SA-8, (SA-N-4)	a	
SA-9	d	
Sz-300 család	a,b	Változattól függően lehet rádió parancsközlő félaktív, TVM , és kombinált TVM + aktív radarvezérlés is.
SA-11	a	Minden indítón saját tűzvezető radar.
SA-13	d	
SA-14	d	Korlátozottan szemből is indítható.
SA-15, (SA-N-9) (HQ-17)	a	HQ-17 a kínai verzió.
SA-16	d	Szemből is indítható.
SA-17	a,	Minden indítón saját tűzvezető radar.
SA-18	d	
SA-19 (256 Tunguska)	a,e	
ZSU-57	f	
ZSU-23-4	e	
ZU-23	f	
Hawk ADS (MIM-23)	a	
Nike –Hercules	a	
Patriot	b	
K-SAM	a	
Mistral	d	szemből is indítható
Stinger	d	szemből is indítható
K-200AD	f	
SM-2	b	
RIM-7	a	
K-30 BIHO	e	
M163	e	
M48 Chapparral	d	

8.3. Ellentevékenységek lehetséges módozatai

Az ellentevékenységek lehetséges módjai az alábbiak lehetnek, különféle rendszerek elleni védekezési módok többé-kevésbé megegyeznek, vagy átfedésben vannak.

I. Az indított rakétát kinematikailag olyan helyzetbe kell hozni, hogy ne legyen képes a célpontot elérni. Ennek két alapvetően eltérő módja van:

1. A célpont megpróbál a rakéta elől elmenekülni, a rakéta mozgási energiája – sebessége – idővel a légellenállás miatt elfogy, a rakéta egyszerűen nem lesz képes utolérni a célt miután a rakéta hajtóműve nem működik tovább.

A manőver nagyon egyszerű, egyszerűen megfordul a célpont úgy, hogy a cél a háta mögött (6 óránál) legyen. Ez a védekezési mód félaktív rakéták és rádió parancsközlő vezérléssel rendelkező légvédelmi rakéták ellen lehet hatásos igazán, mert az indításról azonnal jelzést kap a megtámadott, a besugárzásjelző által. Ez a menekülés kombinálható felfelé irányuló manőverekkel egyes esetekben, mert a rakéta hajtóművének kiégése után ez esetben még erőteljesen lassul.

2. A megfelelő pillanatban végrehajtott intenzív manőver segítségével a rakétát olyan durva manőverre kel kényszeríteni, amit nem képes végrehajtani vagy a nagy túlterhelésű fordulóban a sebessége még intenzívebben elkopik és nem éri utol a célpontot.
3. Az első kettő kombinációja. Az indítás után megfordul a célpont, ahogy a rakéta közelebb ér, a mozgási energiája annyira lecsökken, hogy egy durva manőverrel képes a célpont lerázni a rakétát.

Fontos megjegyezni, hogy bizonyos sebesség alatt a rakéták kormány szervein ébredő erők olyan kicsik, hogy annak ellenére, hogy a célt még utoléri a rakéta, de még egy közepesen manőverező célt sem képes lekövetni.

II. A vadászgép gyorsulásán és manőverező képességének kihasználásán felül lehetséges olyan ellentevékenységet folytatni, ami a cépontra indított rakéták vagy azokat vezérlő rendszerek érékelőit zavarja meg. Ezek használata kombinálható a I. pontban felsorolt módszerekkel. A lehetőségeid a következők:

1. Elektronikus zavarás (**ECM**) használata.
2. Passzív zavarás, csali szórása a gépe épített zavarótöltet szórókból (infracsapda és vagy radarzavaró anyag), esetleg vontatott csali használata.
3. Földhátterben való repülés. Tehát ha indítást vagy csak lehetséges fenyegetést tapasztal az a pilóta, célszerű a fenyegetésekhez képest ilyen pozíciót felvenni.

4. Beaming manőver. Ez csak doppler radarok ellen hatásos. Régebbi gépek és radarok ellen ez nem ér semmit

Természetes a II. pontban leírtak is kombinálhatóak egymással, sőt az I. pontban felsorolt manőverekkel is, mint biztonsági alkalmazás. Korántsem 100%-os biztonsággal megállapítható, hogy pl. egy rakéta utoléri –e a célpontot vagy sem, vagy ki tudja manőverezni a célpont. Lehet közben elektronikus zavarást is alkalmazni. Ahogy távolodik a célpont a radartól, a távolság növekedésével a gyengébb visszavert jel miatt a különféle zavaró hatások egyre hatékonyabban működhetnek.

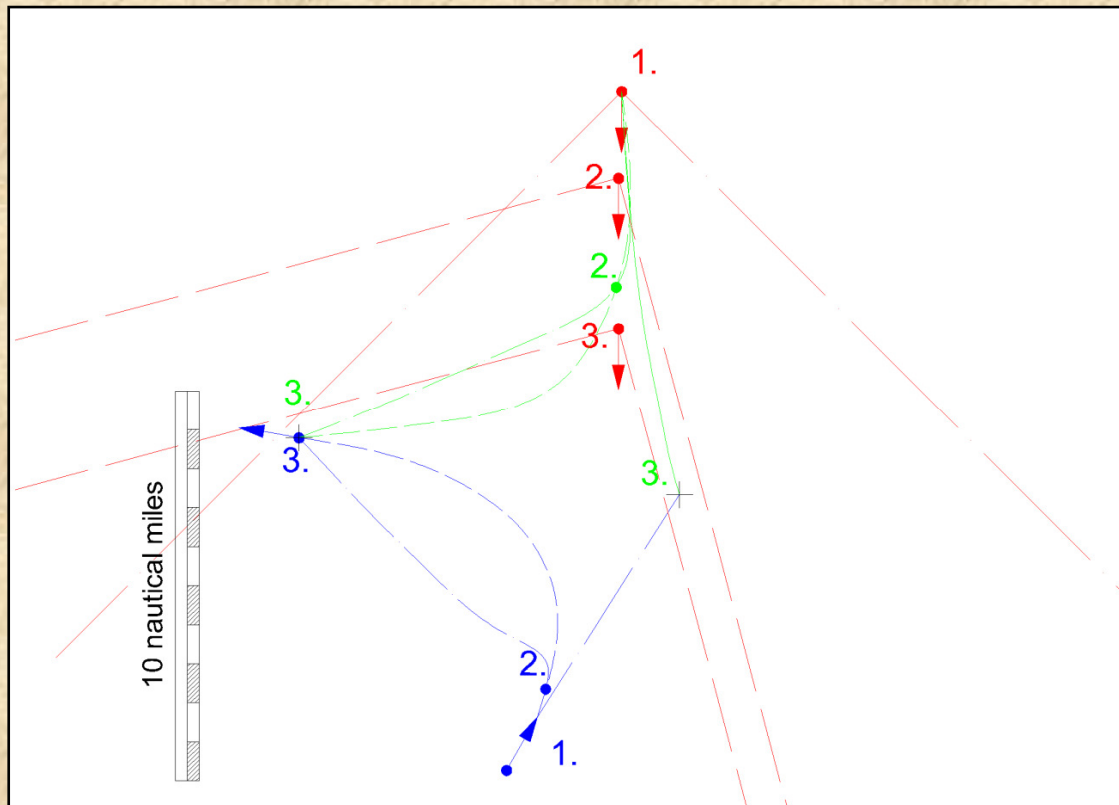
8.4. Védekező manőverek

Első lépésben bevezetőnek csak annyit, hogy a különféle filmekben látott manőverek nagy részét el lehet felejtetni, azok nagyrészt bugyutaságok. A durva manőverezéssel való lerázásnak alapvetően három alapfeltétele van.

1. Legyen megfelelő sebesség és tolóerőd annak végrehajtására.
2. A közeledő rakéta sebessége legyen megfelelő, vagyis minél kisebb, de legalábbis annyira, hogy a manőverezéshez szükséges tartalék nem álljon rendelkezésre.
3. A megfelelő időzítés.

Ha ezek egyike csak hibádzik, akkor a próbálkozás sikertelen lehet. A 2. pont különösen azért érdekes, mert a legmodernebb rakéták nagyon durva manőverekre képesek, ha megvan a megfelelő sebességtartalékuk. Nagyon sok esetben lehetetlen olyan durva manővert végrehajtani, amit ne lennének képesek lekövetni, ha van elég mozgási energiája a rakétának.

A cél alapvetően az, hogy rövid idő alatt a számított ütközési pont annyira áthelyeződjön, hogy kinematikailag oda egyáltalán ne legyen képes a rakéta kinematikailag elérni, vagy ne legyen képes kellően éles fordulóval a rakéta a számított ütközési pontot elérni. Helyzettől függően ez lehet egyenesen lehetetlen feladat, vagy viszonylag könnyen kivitelezhető is. A következő ábrákon a legegyszerűbb esetek vannak ábrázolva a **BVR** légi harc rakéták elleni kitérések lehetséges módzatai. Az ábrák nem túpontosak, de jellegre kb. helyesek.



Az ábrán levő jelek magyarázata a következő. A számok jelentik azt, hogy az adott időpillanatban a vizsgált objektumok éppen hol vannak. A kék az a célba vett gép, a zöld az indított rakéta, a piros a rakétát indító gép színe. A számok az adott időpillanatot jelentik. A piros szaggatott vonalakkal határolt rész egy olyan gép radarjának látószögét jelzi, ami +/- 45 fokban lát előre, de a zóna kiteríthető. A radar rálát a célra. Az ábrázolt távolság csak egy becslés, hogy kb. legyen mihez viszonyítani. A számított találkozási pont a kereszttel jelzett pont.

A példa nagyon leegyszerűsített, az alábbi feltételezésekkel éltem a rajzolásnál.

- Az indító és a célgép kb. azonos magasságon van, ami kb. 15-16 ezer láb. A rakéta legyen egy **AA-10A (R-27R)** tehát félaktív vezérlésű rakétafenyegetésről van szó, az **RWR** indítás után azonnal jelezni fog a célgépen.
- Az indító repülőgép nem folytat manővereket.
- A célgép csak irányt változtat, magasságot nem. A sebességet is tételezzük fel kb. állandónak.

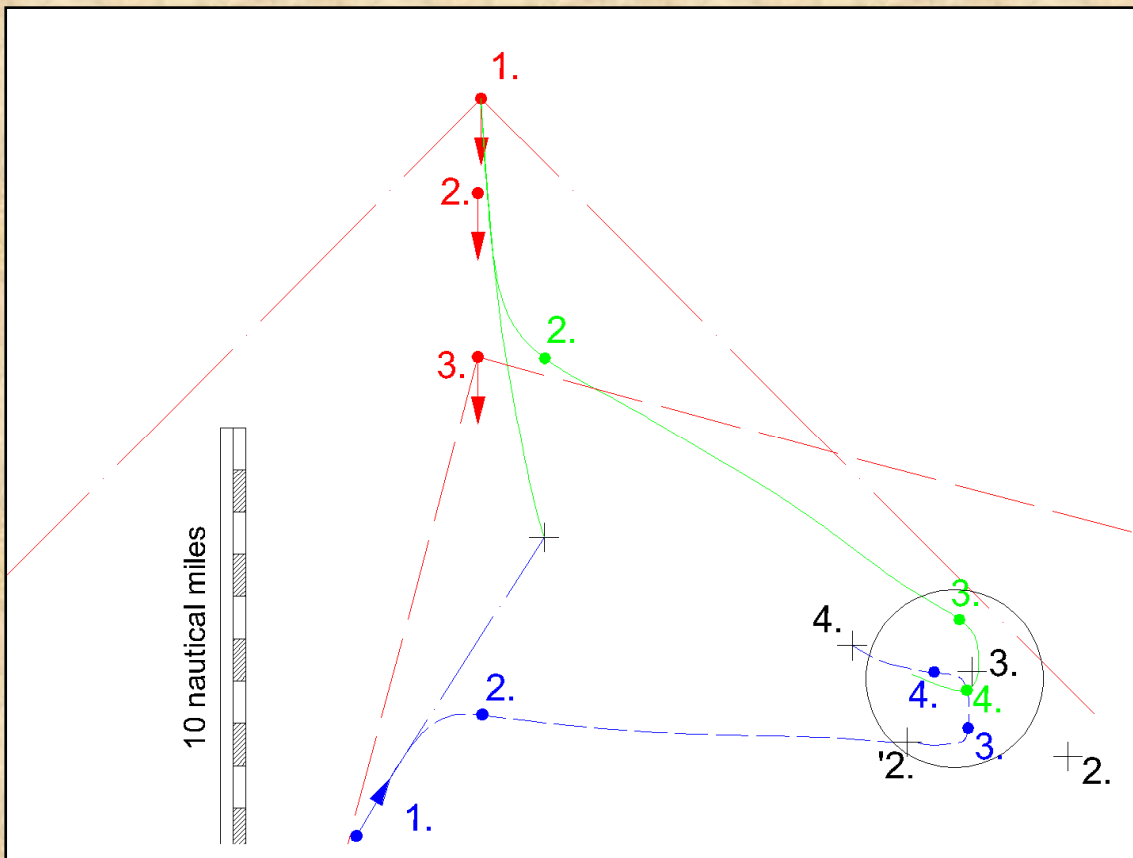
Ez esetben az ábrán az következő dolgokat láthatjuk.

- Az indítás pillanatában a gép az 1. pontban van és egyenesen repülve tovább a rakéta gond nélkül eltalálná a célt, az előre kalkulált pontban (kereszt). Nyilvánvaló, hogy a célpont számára ez a nemkívánatos eset...
- A második esetben – sűrűbben szaggatott kék vonal – a cél egy elnyújtott fordulót hoz létre. Mivel a forduló lassan kerül végrehajtásra a rakétának bőven van ideje az áthelyeződött találkozási pont felé manőverezni magát és nagyon szerény G terhelés mellett teheti ezt

meg, mikor még kb. pont működik a rakéta hajtóműve. A célt ez esetben is eléri, de már kevesebb mozgási energiával. Ez a túl lassú forduló esete. A rakéta képes lekövetni ilyen fordulót.

- A harmadik eset furcsasága az, hogy rögtön reagálva egy éles fordulóval gyakorlatilag ugyanaz a találkozási pont hozható össze, mint a 2. esetben, annak ellenére, hogy durván és hamar cselekedett a célba vett gép pilótája. A rakéta mivel itt még messzebb van a céltől a beavatkozás pillanatában a céltől még könnyebben leköveti a találkozási pont áthelyeződését és a hajtóműve is bőven működik még ekkor. Teljesen lényegtelen a durva manőver, az időzítés nem megfelelő.

Mi ezekből a tanulság? Amit már fentebb említettem. Nem mindegy, hogy milyen fordulót és mikorra időzít a pilóta. A célba vett gép számára a kedvező eset a következő diagramon látható, ami egyben olyan pozíciót is eredményez, ami a végén a megtámadott gép számára is olyan végkifejlettel jár, ami őt is támadó pozícióba hozhatja. Jellemzően a lenti eset akkor alkalmazható, ha a megtámadott gép félaktív vezérlésű rakétája kisebb hatótávolságú (pl. **AIM-7M** vs. **AA-10C**), a megtámadott gép nem is rendelkezik már ilyen fegyverrel, de támadója igen vagy a támadó gép rendelkezik aktív légiharc rakétával, de a célgép nem. Ez utóbbi esetben csak akkor, ha a célgép köteléktársa is a közelben van és az ábra szerint a „kékek” vannak létszámfölényben.



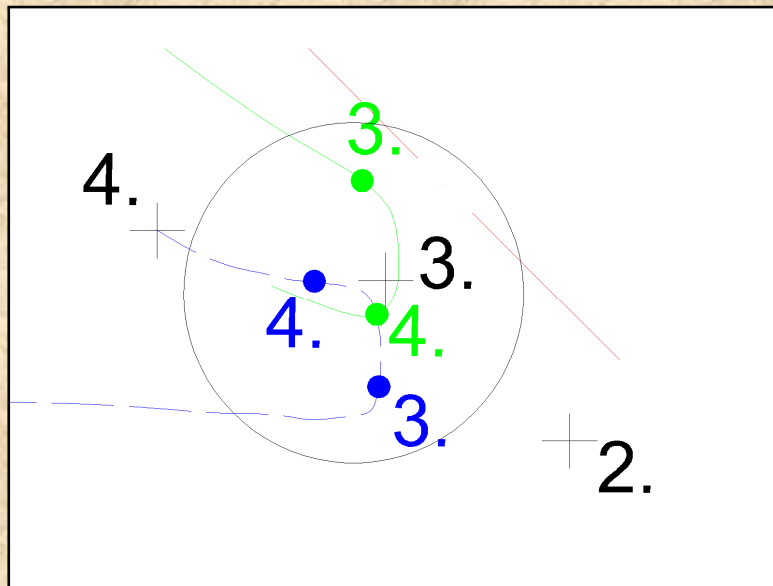
Az ábrán arról van szó, hogy a célba vett gép szinte azonnal reagál a fenyegetésre. Némi gyorsítás után beamingel egyet és alkalmasint zavaróanyagot dob, és csak 2-3 ezer lábnyit süllyed, hogy földhátterben legyen. Tételezzük fel, hogy ezek az ellenlépések nem sikeresek vagy csak elfogy a

passzív zavaró anyag. Ekkora a gép a 2. pontban van, a rakéta is leköveti a fordulót. Ekkor a beaming manőver azt jelentené, hogy végig 3 óránál kellene tartani a célt. Viszont ez a rakéta számára kinematikailag előnyös lenne. A cél inkább tovább gyorsít, de nem fordul el, nem teszi a fenyegetés irányát saját irányához képes 6 órára, mert feltesszük, hogy a megtámadott pilóta közel akar kerülni a célhoz, hogy visszalóhessen. Azt az esetet, ha a gép nem gyorsítana a 2'. találkozási ponttal tüntettem fel, pusztán szemléltetés végett. Látható, hogy a találkozási pont áthelyeződik, gyorsítás esetén.

Akkor megint válasszuk szét a további lehetséges esetet ettől a pillanattól fogva. Elképzelhető olyan eset is, hogy a rakéta nem éri utol a célt. Ez pl. történet azért is, mert a célgép ezek után felkapaszkodik 24-26 ezer lábra. Miért jó ez? Mert pusztán maximál utánégető használatával nem éri meg egy idő után gyorsítani vagy vízszintesen repülni, mert a légellenállás annyira nagy, hogy alig nyersz plusz sebességet. Nem fog áthelyeződni a számított találkozási pont. Ilyenkor érdekesebb emelkedni, mert a rakéta hajtóműve ilyenkor már kiégett, de mivel a számolt találkozási pont alacsonyabban volt, a rakéta is az alacsonyabban levő, tehát sűrűbb légrétegek között haladt. Ez eleve jobban fékezte, de ezután még a hajtómű kiégése után még lendületből fel kellene kapaszkodnia. Na, ez már lehet, hogy bőven sok neki...

Ezért érdemes a menekülő módszert azzal kombinálni, hogy mikor megfordulsz, akkor ezt úgy teszed, hogy magasságot vesztesz és sebességet nyersz. Az indítási utáni kritikus szakaszban, mikor a rakéta a leggyorsabban közelít, akkor te is gyorsan nyersz sebességet és a rakétát is az sűrűbb légrétegbe kényszeríted. A csúcsebességet, vagy ahhoz közeli sebességet gyorsan eléred és abban az időtartamban, mikor a rakéta a leggyorsabb, te is az vagy. Miután kiégett a fent leírt felkapaszkodás jöhet. Ezek a módszer nincs az ábrán, mert síkban elég nehéz ábrázolni.

A fennmaradó eset arról szól, hogy a célgép nem ezzel próbálkozik, hanem a rakéta mozgási energiájának tetemes részének „ledarálása” után egy jól időzített éles fordulóval a rakétát is hasonlóra kényszerít. A forduló lehet olyan is, hogy emelkedés közben történjen, ekkora a forduló közben még intenzívebben fogy a rakéta mozgási energiája. A forduló közbeni számított találkozási pont áthelyeződés a 3. és 4. pontok szerint történik. Jól látható, hogy a relatív áthelyeződése a találkozási pontnak, nagyon drasztikus.



Ezeket nehéz elképzelni, ezért egy repülőgép szimulátor segítségével bemutatok pár alapesetet ezek közül.

Amit még meg kell említeni, hogy korlátlan ideig fenntartani nagy pozitív és negatív túlterhelésű fordulókat nem lehetséges,¹⁶⁵ mert az emberi szervezet ezt nem tolerálja. A nagy erők hatására a fejből a lábak felé áramlik a vér, és a szív segítség nélkül már kisebb túlterhelés környékén sem (4-5G) képes önállóan fenntartani az elégséges vérkeringést az agy számára. Minél tovább tartja fent a pilóta a nagy túlterhelésű fordulót, annál durvábbak a következmények. Először a periférikus látás szűnik meg, kialakul a „csőlátás” – szokták azt is mondani, hogy a pilóta beszürkül – az oxigén hiány miatt. Egy idő után az ítélőképesség is csökken és végül a pilóta elájul.¹⁶⁶

Ez ellen hatás ellen a G ruha némi védelmet nyújt. A lényege az, hogy levegővel¹⁶⁷ feltölthető üreges részek vannak a ruhában, amibe nagy túlterhelésű fordulók idején a fedélzeti rendszer levegőt pumpál. Ezáltal összeszorítja az ember végtagjaiban található ereket és nem engedni a vért az agyból kiáramlani. Ezzel lényegesen kitolható az eszméletvesztés, vagy képességcsökkenés határa.

Fontos, hogy tréninggel szintén kitolható nagy G terhelés elviselésének ideje. Ezt centrifugában töltött gyakorlattal oldható meg.¹⁶⁸ Megfelelő testhelyzet felvételével és különleges légzéstechnika alkalmazásával a G tűrés javul.

A ruha + kiképzéssel jó fizikumú vadászpilóták – ezért különösen fontos a jó egészség és kondíció vadászpilóták kb. 4G-s túlterhelést ma lényegében szinte korlátlan ideig kibírnak. Egy átlagember G ruha nélkül egy 5G-s fordulókban is viszonylag hamar – kb. 10-15 másodperc – elájul.

¹⁶⁵ <http://www.youtube.com/watch?v=NyIGtZQEIVE&feature=related>

A videó elején pozitív túlterhelésű manőver látható, majd a vízszintes 180 fokos forduló idején a terhelés láb – fej irányú, azaz negatív túlterhelésről beszélhetünk. Ha a gép

¹⁶⁶ <http://www.youtube.com/watch?v=TJi1vi9XHWY&feature=fvw>

<http://en.wikipedia.org/wiki/G-LOC>


¹⁶⁷ Amennyire tudom, vízzel működő G ruha is van / volt.

¹⁶⁸ <http://www.chilloutzone.net/video/g-lock-grimassen-in-der-zentrifuge.html>

Egyéntől függően a G ruha a nagy túlterhelésű zónában olyan hatást ér el, mintha pilótát 2-3G-nek kisebb terhelésnek tennék ki. 8-9G-s kitartott fordulókat 10-15 másodpercig is kibírnak a pilóták súlyos látóképesség vagy ítélőképesség csökkenése nélkül.

Az fent említett esetekben a túlterhelés pozitív irányú, tehát a pilótára ható erő fej-láb irányú. Ellenkező est is elképzelhető, mikor az erő láb-fej irányú. Ez a negatív túlterhelés. Ebben az esetben „vöröslátás” alakulhat ki, a vér az agyba tódul. Ez ellen igazából semmiféle védelem nincs. Ennek hatására szélsőséges esetben akár agyvérzés is kialakulhat, de a szem kapillárisainak bevérzése jóval ezelőtt bekövetkezik. Negatív túlterhelésnél már a -3 vagy -4G is nagyon komoly terhelésnek számít és jóval kevesebb ideig tartható fent, mint akár egy +8-9G-s túlterhelés.

A fent említett mindkét esetben a közös, hogy a túlterhelés tengelye azonos, csak az iránya más a tengelyen. Az ember mell-hát irányban tartósan jóval többet elvisel – akár 20-25G-t is –, mint fej-láb, vagy láb-fej irányban. de ezen túlterhelések mértéke messze elmarad a fej-láb vagy láb- fej irányétól, egyszerűen a gép hajtóművei nem képesek ekkora mértékben gyorsítani a gépet. A 1,5 G nagyságú mell-hát irányú gyorsulás is már kirívóan nagy számítás.

A high-angle aerial photograph showing an F-35 fighter jet in flight, receiving fuel from a large tanker aircraft. The jet is positioned below the tanker's refueling boom, and the scene is set against a backdrop of a vast, cloud-covered landscape under a bright sky. The lighting creates a dramatic, golden-hour effect.

Remélem sikerült felkeltenem az érdeklődést a további kutatáshoz és eloszlatni néhány általános téveszmét, további alapot adni a II. világháború utáni légi hadviselés, technikai és harcászati alapjainak minél jobb megértéséhez.

A lektorálásban nyújtott segítségéért köszönet *Cifka „Cifu” Miklósnak, Tarr „ambasa” Gábornak és édesapámnak, Molnár Lászlónak.*

Molnibalage

2011 JÚLIUS

