

37. Országos Tudományos Diákköri Konferencia
Had- és Rendészettudományi Szekció
Budapest, 2025. április 22–24.
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar

**A HAJLÉKONY TÖMLŐS
(PROBE-AND-DROGUE) LÉGIUTÁNTÖLTŐ RENDSZER
MEGJELENÉSÉNEK VIZSGÁLATA A MAGYAR
HONVÉDSÉGBEN**

Jelige: *légi utántöltés*

Pályamunka lezárásának időpontja: 2025. január 10.

2025.

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK	2
1. BEVEZETÉS.....	3
1.1 Bevezető gondolatok, a téma aktualitása	3
1.2 A feldolgozás célkitűzései.....	3
1.3 A dolgozat felépítése	3
2. LÉGI UTÁNTÖLTÉS TÖRTÉNETÉNEK BEMUTATÁSA	5
3. A HAJLÉKONY TÖMLŐS LÉGIUTÁNTÖLTŐ RENDSZER BEMUTATÁSA (PROBE-AND-DROGUE)	6
3.1. Kialakulása és felépítése	6
3.2. Töltő repülőgép.....	8
3.2.1. Légi utántöltő rendszer elhelyezése	8
3.2.2. A tanker tüzelőanyagrendszere	9
3.2.3. Töltőkonténer felépítése (WARP).....	12
3.2.4. A konténer működése.....	17
3.2.5. Tömlő és kosár/stabilizáló ernyő	19
3.3. Üzemeltetési rendszere	19
3.3.1. Vezérlés.....	21
3.3.1.1. Vészhelyzeti vezérlés (Breakaway)	22
3.3.2. Légi utántöltés végrehajtása.....	23
3.4. Maintenance - karbantartás	23
3.5. Fogadó (Receiver) repülőgép.....	24
3.5.1. Elhelyezése, általános felépítése.....	24
3.5.2. JAS-39C EBS HU Gripen.....	26
3.5.3. KC-390.....	26
4. A HAJLÉKONY TÖMLŐS LÉGI UTÁNTÖLTŐ RENDSZER ALKALMAZÁSA	28
5. A HAJLÉKONY TÖMLŐS LÉGI UTÁNTÖLTŐ RENDSZER ALKALMAZÁSA MAGYARORSZÁGON	30
6. ÖSSZEGZÉS, KÖVETKEZTETÉS.....	34
RÖVIDÍTÉSEK.....	35
FELHASZNÁLT IRODALOM.....	37
ÁBRAJEGYZÉK.....	40
MELLÉKLETEK	41

1. BEVEZETÉS

1.1 Bevezető gondolatok, a téma aktualitása

Napjaink katonai légi hadműveleteiben a légi utántöltés kritikus fontossággal bír, hiszen növeli a repülőgépek hatótávolságát, bevethetőségét és rugalmasságát is. Az elmúlt évtizedekben és a jelenleg is zajló fegyveres konfliktusok is jól bizonyítják azt, hogy egy légi utántöltéssel rendelkező nemzetnek/védelmi szövetségnek mennyi előnye származik ebből a képességből. Például légi utántöltés nélkül a NATO a szövetség keleti oldalán végrehajtott felderítő repüléseket nem, vagy csak részben tudná végrehajtani. A Magyar Honvédségen belül lehetőség nyílik majd a képesség kialakítására, hiszen 2024. szeptember 5-én megérkezett az az Embraer KC-390-es repülőgép, mely képes lesz az ilyen feladatok végrehajtására is.

1.2 A feldolgozás célkitűzései

Dolgozatomban részletesen foglalkozom a légi utántöltés kialakulásának hátterével, felépítésével és a már a Magyar Honvédségben rendszeresített KC-390-es légi utántöltő képességével. További célom, hogy ezt a hazánkban még nem elterjedt képességet egy dokumentumban összefoglalhassam, megismertessem és új ismeretanyagokkal gazdagítsam a kutatási területet. Továbbá remélem, hogy a céloomul kitűzött beosztásban aktívan dolgozhatok majd ezzel a képességgel.

1.3 A dolgozat felépítése

A bevezetés fejezetben az olvasó számára igyekeztem egy átfogó képet átadni a képesség fontosságáról, illetve hazánk jövőbeli szerepét a képesség kialakításában. Ezt követően a kutatással kapcsolatos célkitűzéseimet ismertetem.

A második fejezetben bemutatásra kerül a légi utántöltés történeti áttekintése, kialakítása és a különböző szerkezeti részeinek felépítése is.

A harmadik fejezetben már a vizsgált hajlékony tömlős rendszer elhelyezésével, a tanker repülőgép speciálisan kialakított tüzelőanyagrendszerével, és a légi utántöltő konténer szerkezeti felépítésével foglalkozik. A fejezet második felében, az üzemeltetési rendszer kerül bevezetésre a Magyar Honvédségben is már rendszeresített KC-390-es szállító repülőgép példáján keresztül. A fejezet végén bemutatásra kerülnek a légi utántöltésre felkészített repülőgépek is.

A negyediktől a hatodik fejezetig a légi utántöltés alkalmazását fejtem ki főként hazánk igényeire is jelenlegi lehetőségeire alapozva és kifejtem a légi utántöltés fontosságát és jövőbeli lehetőségeit is.

Dolgozatom végén egy rövid összefoglaló keretén belül összegzem a képesség felépítését, alkalmazását kiegészítve a képesség jövőbeni lehetőségeiről.

2. LÉGI UTÁNTÖLTÉS TÖRTÉNETÉNEK BEMUTATÁSA

Az 1903. december 17-i első motoros repülés után nem sokat kellett várni az első légi utántöltés sikerére. 1920-tól már történtek próbálkozások, ekkor még csak két alacsony sebességgel repülő repülőgép között kötelékben, ahol egy személy, akinek a hátára volt rögzítve egy tartály átmászott a másik repülőre, ahol betöltötte a tüzelőanyagot [7].

1923-tól újabb tesztek hajtottak végre Kaliforniában. Itt azt tesztelték és fejlesztették, hogy hogyan lehetne minél hatékonyabban légi utántöltést végrehajtani. Kettő DH-4B repülőgépet alakítottak át erre a célra. Az egyik repülőgépből, ami a másik felett repült kilógattak egy körülbelül 15 méteres tömlőt. A fogadó repülőgép hátsó ülésén elhelyezkedő pilóta elkapta ezt a tömlőt és csatlakoztatta a repülőgéphez. Ezt sikeresen 1923 júniusában tesztelték. Ezek után rengeteg pilóta próbálkozott minél hosszabb időt a levegőben tölteni és egymást követően döntötték meg a rekordokat. 1930-ra Curtiss Robin 27 napot tudott egyhuzamban repülni légi utántöltés segítségével. A fejlesztések viszont elmaradtak.

1930-ban a Királyi Légierő (RAF¹) egyik századosa, Richard L.R. Atcherly kifejlesztett egy biztonságosabb és egyszerűbb módszert, az úgynevezett (looped-hose) hurkolt tömlő módszert. Ennél a módszernél a fogadó repülőgép egy hosszú vízszintes kötelet húzott maga után melyhez a töltőcsövet rögzítették. Egy speciális kampóval fogták be a kötelet és csatlakoztatták a repülőgéphez. 1934-től Alan Cobham folytatta a különböző kísérleteket.

A második világháborút követően ismét a tervezőasztalhoz került a légi utántöltés fejlesztése. A katonai vezetők látták, hogy az új sugárhajtású bombázók rengeteg tüzelőanyagot fogyasztanak és nagyobb távolságra is kell repülniük. A meglévő tömlős rendszer sem kedvezett, hiszen csak kis mennyiségű tüzelőanyagot tudtak átvinni a repülőkhöz. Ezért a Boeing cég elkezdte kifejleszteni az úgynevezett „boom”-ot, mely egy merev csöves megoldás és egyetlen pontban csatlakozik a fogadó repülőgéphez. Ezek után az amerikai légierő csak a merev csöves megoldásban gondolkodott. Az amerikai tengerészgyalogság, a haditengerészet és az európai országok pedig a hajlékony csöves megoldás mentén haladtak a fejlesztéseik során.

A légi utántöltést napjainkra egy elérhető és mindennapos képességgé vált. A drónok megjelenésével pedig új aspektusai is megjelentek [1], [7], [8].

¹ Royal Air Force

3. A HAJLÉKONY TÖMLŐS LÉGIUTÁNTÖLTŐ RENDSZER BEMUTATÁSA (PROBE-AND-DROGUE)

3.1. Kialakulása és felépítése

Hajlékony tömlős légiutántöltés módszere Alan Cobhamhez köthető. Cége a „Grapped-line looped-hose” után fejlesztette ki ezt az új légi utántöltési módszert. A második világháborút követően kezdték meg a kísérleteket egy átalakított Avro Lancaster bombázórepülőgép és egy Gloster Meteor típusú vadászipülőgéppel (1. ábra). A vadászipülőgép orr részére egy csatlakozó csövet építettek be, ezzel csatlakozott a Lancasterból kiengedett 30 méteres tömlőhöz. 1949. augusztus 7-én Pat Hornidge teszt pilótának egy repülés során sikerült 12 óra 3 percig a levegőben maradnia, és repülése során közel 11 000 liter kerozint tankolnia. A kísérleteket tovább folytatták immáron az Amerikai Légierő kötelékében, akik 1952-től műveleti területen a Koreai háborúban is használták a képességet az F-84-es repülőgéppel. Tankernek ekkor a KB-29-es átalakított bombázót használták [7].

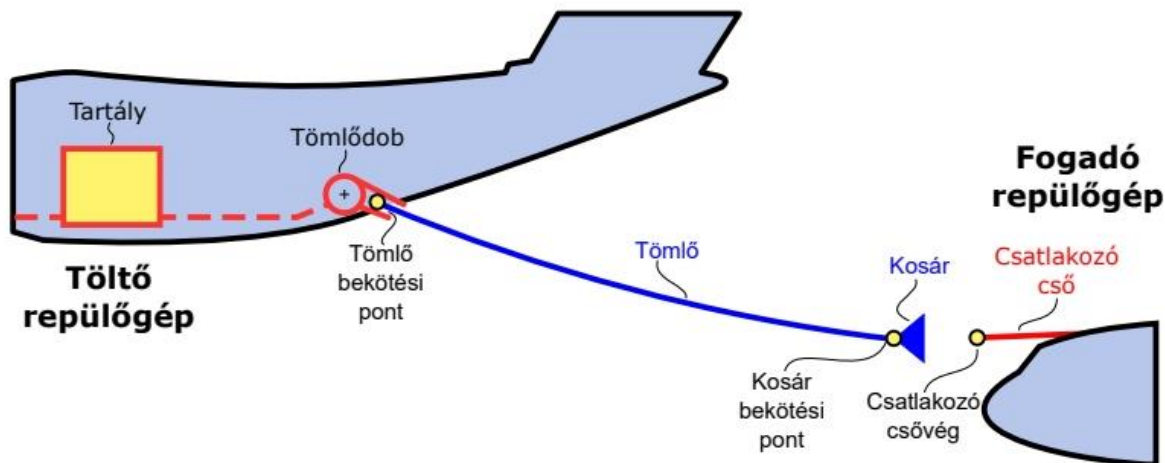


1. ábra Avro Lancaster és Gloster Meteor légi utántöltés közben [16]

A hajlékony tömlős légi utántöltés azóta is töretlen népszerűségnek örvend, sok légierő ezt a töltési módszert részesíti előnyben. Ez a fajta utántöltési megoldás a következő előnyökkel rendelkezik:

- moduláris kivitelének köszönhetően több repülőgép típushoz integrálható;
- csak a fogadó repülőgépnek szükséges manővereznie;
- a legnagyobb szabad elmozdulást biztosítja a hosszú csöve miatt;
- egyidejűleg több repülőgép is tölthető egyetlen tankerről.

Hátránya közé a korlátozott töltő kapacitás és a tömlő esetleges pulzálása sorolható. A hajlékony tömlős légi utántöltő rendszer 6 fő eleme látható a 2. ábrán.



2. ábra Probe and drogue rendszer felépítése [17]

Töltő repülőgép (Tanker Aircraft) – Ebből a repülőgépből történik a tüzelőanyag átvitele a fogadó repülőbe. A hajlékony tömlős rendszer esetében nem csak szállító vagy vadászrepülőgépekről, hanem drónokról is történhet a tüzelőanyag átvitele.

Tömlődob (HDU - Hose Drum Unit) – Erről a dobról történik a tömlő és a tölcser kiengedése.

Tömlő (Hose) – Általában 15–27 méter hosszúságú. A legtöbb légi utántöltő repülőgép esetében 24 m. Nagy szilárdságú, rugalmas anyagból készül, nagy szakítószilárdságú acélhuzalt is tartalmaz. A légi utántöltés megkönnyítése érdekében a tömlőre különböző jelöléseket festenek fel. Ezek jelzik a pilótának az optimális töltési pozíciót tankolás közben.

Töltőfej/Kosár (Drogue) – Két részből áll, a töltőfejből és a stabilizáló ernyőből. Az ernyő áramlásba kerülve kúppalást formát vesz fel, ezzel stabilizálja a töltőfejet. Az ernyőpalást egy rugalmas energiát elnyelő rendszerrel is fel van szerelve az esetleges összeérést mérsékelve a fogadó repülővel. Kialakítás szempontjából kettő fajtát különböztetünk meg, egy nagy sebességűt, melyet főként vadászrepülőgépek légi utántöltésre használnak és egy alacsony sebességűt, melyet helikopterek utántöltésére használnak.

Csatlakozó cső (Probe) – A fogadó repülőgépen található speciális cső lehet fix vagy becsukható kialakítású tömlővel.

Fogadó repülő (Receiver Aircraft) – A légi utántöltésre felkészített repülőgép, melynek külső vagy belső tartályaiba érkezik a tüzelőanyag [8].

3.2. Töltő repülőgép

3.2.1. Légi utántöltő rendszer elhelyezése

A hajlékony tömlős tankolási rendszer elhelyezésénél kettő fajta megoldással találkozhatunk. Legelterjedtebb megoldás a külső töltőkonténer (*Refueling pods*) felhelyezése a repülőgép szárnyaira a repülőgép középvonalával párhuzamosan. A másik megoldás esetében pedig egy a tanker repülőgépbe beépített rendszerről beszélünk.

Töltőkonténer elhelyezésénél figyelembe kell venni, hogy az hogyan befolyásolja a repülőgép körüli áramlást, és milyen hatással van a légijármű aerodinamikájára. A tervezésnél ezért elsődleges, hogy ez a hatás minimális legyen. Fontos, hogy a töltő kosár szabad áramlásban legyen, és ne ütközzön a tanker által keltett örvényekkel. Töltőkonténert viszont nem csak nagyobb szállító repülőgépekre, hanem vadászrepülőgépekre és drónokra is fel lehet helyezni.

Létezik egy harmadik lehetőség is. Egy speciális felszereléssel, merev, teleszkópikus csővel ellátott tankereket át lehet alakítani hajlékony tömlős megoldásra kizárólag a földön (Boom Drogue Adapter – BDA). Ezt a lehetőséget főként a KC-135-ös tankernél használják. Ez a felszerelés egy 9 lábas (3 méter) hajlékony csőből, kapcsolófoglalatból és kosárból áll össze. A tankoló cső teleszkópikus részéhez csatlakoztatják a tömlőt. E megoldás esetében a boom operátor egy optimális pozícióba irányítja a merev csövet. Ha a repülőgép rácsatlakozott a kosárra, akkor az operátor manuálisan tudja elindítani a töltési folyamatot. Ez egy bevált légi utántöltési folyamat, de magas kockázattal jár, a rövid tömlőhosszúság miatt [1], [8].



3. ábra BDA átalakító készlettel felszerelt KC-135-ös tanker tankol egy német Tornadot [18]

3.2.2. A tanker tüzelőanyagrendszere

A légiutántöltés létrejöttéhez mind a tanker repülőgépnek és a fogadó repülőgépnek speciális technikai átalakításokra van szüksége, melyek a tüzelőanyagrendszert is érintik.

A tanker repülőgépek esetében a tervezőmérnököknek helyet kell találniuk, hogy hol tárolják a plusz tüzelőanyag tartályokat. Erre kettő megoldás született.

A többcélú szállítórepülőgépek esetében, például a KC-390-esnél a tehertérben palettára szerelt tüzelőanyagtartályokat helyeznek el. A már gyárilag, alapvetően tankernak épített repülőgépek esetében KC-135/KC-46A a tehertérben, vagy a törzs egyes szegmenseiben építhetnek be a gyárban különböző nagyságú tartályokat [9].

A tüzelőanyagtartály elhelyezésén túl, a repülőgép tüzelőanyag rendszereinek is számos feltételnek meg kell felelnie:

- A tanker és a fogadó repülőgép tüzelőanyag átáramlásának és nyomásainak meg kell egyezniük. A névleges nyomás a fogadó repülőgépnél nem haladhatja meg az 55 ± 5 psi nyomást. A hajlékony tömlős megoldás esetében a tüzelőanyag átáramlási ráta 600 US Gallon²/perc (2268 liter/perc) átlagosan. (KC-390 esetében 400 US Gallon/perc – körülbelül 1514 liter/perc)

Megjegyzés: Az 55 ± 5 psi nyomást magasabb átáramlási rátánál nem tudják a mai rendszerek garantálni. A valós tüzelőanyag átáramlás a gyakorlatban magasabb, amikor a fogadó repülőgép tartályaiban kevés tüzelőanyag van. Ahogy megtelnek a tartályok az átáramlási ráta fokozatosan csökken. A Cobham 912E légi utántöltő konténer esetén ez automatikusan megtörténik, amikor az átadott mennyiség lecsökken 200 kg alá. Ekkor a rendszer a BAR (Boosted Aerial Refueling) *Feltöltő (fokozott) légi utántöltés* módból átvált UAR (Unboosted Aerial Refueling) *Feltöltés nélküli légi utántöltés* módba.

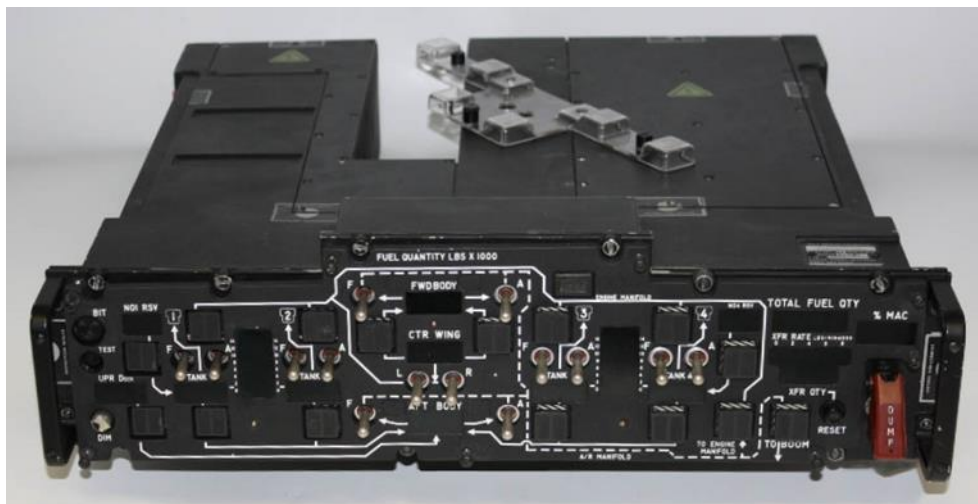
- A tüzelőanyag nyomáslengése ellen szabályozó egységgel kell ellátni a tankert és a fogadó repülőgépet. Ez a jelenség gyakrabban fordul elő légi utántöltés során, hiszen az átáramlási ráta jóval nagyobb, mint a földi tankolás során. A csatlakozó típusától függően (MA-3, 4, 5) rendelkeznie kell nyomásszabályzóval, aminek a működését még a földi előkészítés keretén belül ellenőrizni kell.
- Légi utántöltés folyamán az operátornak folyamatosan ellenőriznie kell a tüzelőanyag átáramlási rátáját és a nyomást a rendszerben. Ha az előírt paraméterek meghaladják az előírt értékeket, a légi utántöltést azonnal fel kell függeszteni [8].

² 1 US gallon = 3,78 liter

Gondot okozott a tervezőknek az is, hogy a légi utántöltés megjelenésével számos magánvállalat fejlesztett ki hajlékony tömlős légi utántöltő rendszereket, amelyek nem vagy részlegesen voltak egymással kompatibilisek. Ennek kiküszöbölésére a NATO egy egységes rendszert dolgozott ki a STANAG 3447³ alapján [33].

A tanker személyzete számára fontos, hogy légi utántöltés során felügyeljék az átadott tüzelőanyag mennyiséget, mert ahogy a tüzelőanyag távozik a repülőből, úgy a repülőgép súlypontja is változik, ezzel együtt a hosszirányú egyensúlya is változik, mely hatással lehet a repülőgép ellenállására és az aerodinamikai kormányok hatásosságára.

A 3. ábrán látható speciális rendszert először a KC-135-ös tankernél alkalmaztak az 1980-as évektől. Összefoglaló néven a rendszert *Integrált tüzelőanyag-kezelő és súlypont rendszernek* nevezték el. A rendszernek az a feladata, hogy a személyzet számára valós információkat adjon a repülőben található tüzelőanyag mennyiségéről az egyes tartályokban, valamint kiszámolja és megjeleníti az átadott tüzelőanyag mennyiségét légi utántöltés közben. Előzetesen az adatbeviteli egységnek (Data Entry Unit – DEU) megadott súlypont adatok alapján a rendszer kiszámolja a repülőgép súlypontját, súlypont határait. Ezen adatok alapján a személyzet beépített elektromos szivattyúk segítségével vezérelheti a tartályok töltöttségi szintjét [8].



4. ábra Integrált tüzelőanyag-kezelő és súlypont rendszer [19]

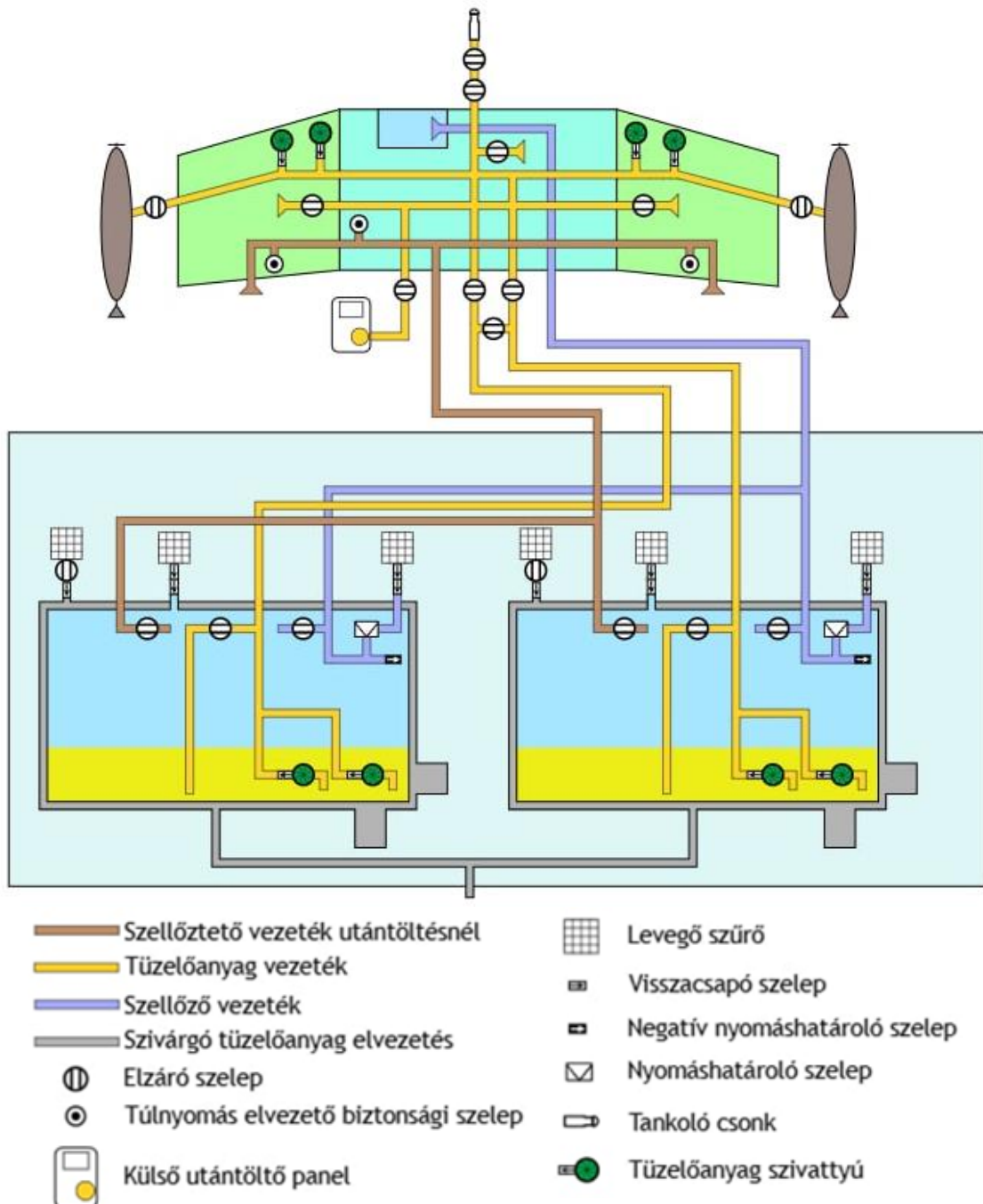
A mai modern tanker repülőgépeknél természetesen már digitális és komplexebb kijelzők állnak rendelkezésre a személyzet részére továbbá a tüzelőanyag vezérlő rendszer működése is automatikussá vált.

A KC-390-es szállító repülőgép összes felhasználható tüzelőanyag mennyisége 23 131 kg mely a szárnyban elhelyezett keszontartályokban tárol. Ez légi utántöltés során a

³ STANAG 3347 (edition 5) air-to-air (aerial) refuelling equipment: probe-drogue interface characteristics – ATP-3.3.4.6 edition A. A légi tüzelőanyag feltöltés felszerelések: szonda-töltőkosár csatlakozásának jellemzői.

raktérben palettákra szerelhető tartályokkal bővíthető, amelyek egyenként 4 tonna kerozint tárolnak, így összesen a repülőgép 31 131 kg kerozint képes tárolni [9].

Légi utántöltéskor az üzemanyag áramlását egy külön alrendszer szabályozza, melynek számos közös eleme van a *fuel jettison* – üzemanyag-kidobó rendszerrel. Ennek a rendszernek külön tüzelőanyag szivattyúi vannak *wing transfer AC pumps*, melyek biztosítják a tüzelőanyag eljutását a légi utántöltő konténerekhez. Légi utántöltés során az *isolation shut off valve* – elzáró szelep nyitva van, míg a *jettison shut off valve* – üzemanyag-kidobó szelepe zárva van.



5. ábra KC-390-es repülőgépek tüzelőanyagrendszere törzstartályokkal
(A szerző szerkesztése a [11] alapján)



6. ábra KC-390-es szállító repülőgép tüzelőanyag rendszere légi utántöltő konfigurációban [20]

Magyarország opcióként kettő konténert vásárolt meg. A KC-390-es esetében ezek kettő eltávolítható (AFFT – Aft-Fuselage Tank/Forward-Fuselage Tank), *Hátsó törzstartály – Törzs előtti tartály* palettázható kivitelben állnak rendelkezésre a tehertérben. Ezeket a tüzelőanyag tartályokat a szállító repülőgép fő tüzelőanyagrendszeréhez lehet csatlakoztatni négy darab gyors leválasztó csatlakozóval. Innen a tüzelőanyagot a szárnytartályokba majd onnan a légi utántöltő konténerekhez lehet szivattyúzni [9], [10].

Szerkezetileg a konténerek duplafalúak, méhsejtfelépítésűek. A belső fal, a külső réteg és a méhsejtszerkezet alumíniumból készültek. A tökéletes szigetelés érdekében tömítőanyagot is felhasználtak a csatlakozásoknál és az összeszegecselt és csavarozott részeken. A tüzelőanyagtankoknak szükséges biztosítani a megfelelő átszellőzést. Ez a rendszer a különböző nyomások meghatározott értéken belül tartását biztosítja, megakadályozza, hogy más-más nyomás alakuljon ki a tartályban és azon kívül minden repülési helyzetben. Karbantartás során az üzemanyag tartályok rendelkeznek szerelő nyílásokkal [10].

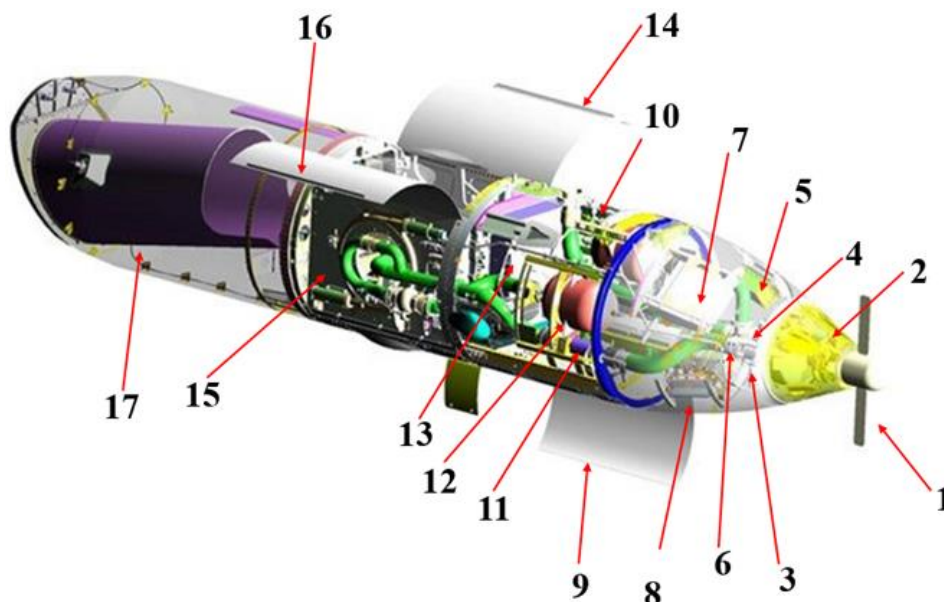
3.2.3. Töltőkonténer felépítése (WARP)

Hajlékony tömlős légi utántöltés esetén az egyik legszélesebb körben használt elhelyezési forma a külsőleg elhelyezett konténer (WARP – Wing Aerial Refueling Pod). Számos gyártó és kialakítás létezik, de a NATO szövetséges országok gyártói ezeket a konténereket is szabványosították, így szerkezeti kialakításukat illetően megegyeznek. A konténerek élettartama 30 000 repült óra vagy 30 év, vagy 3100 ciklus [7], [8], [10].

A légi utántöltő konténer az alábbi tüzelőanyagok vagy azok keverékeinek átadására képes [10]:

- ASTM D1655 minőségű JET A, JET A-1
- MIL-DTL-83133 JP-8

Az alábbiakban a Cobham cégcsoport által gyártott 912E típusú légi utántöltő konténert mutatom be (7. ábra).



7. ábra A Cobham cégcsoport által gyártott konténer [21]

1: Ram Air Turbine (RAT) – Légturbina

A konténer elektromos rendszereit, szivattyúját és a tömlődob működését egy a konténer elején található torló-levegő segítségével meghajtott turbina adja. A turbina lapátok arra a magasságra vannak optimalizálva, ahol a légi utántöltés történik. Átmérőjük, 635 mm, a beállítási szögüket a *Digital Refueling Control System (DRCS)* - Digitális tüzelőanyag-utántöltő vezérlőrendszer állítja automatikusan. A rendszer a légturbina lapátok beállítási szögének változtatásával tudja szabályozni a tüzelőanyagnyomást. Általában ez az érték légi utántöltés közben 6900 fordulat/perc. Ha a konténer meghibásodik, akkor a légturbina helyére egy speciális burkolatot, úgynevezett *dummy spinner* – ál-légcsavart szerelnek fel, amely nem hajtja meg a tüzelőanyag szivattyút, ezáltal lehetővé téve, hogy üzemképtelen konténerrel is lehessen repülni.

2: DC Motor – Egyenáramú motor

Egy egyenáramú, szénkefe nélküli motor, ami kimeneti nyomatékot biztosít az üzemeléshez és irányítja a RAT állásszögét.

3: Fuel pump – Tüzelőanyag szivattyú

A centrifugális tüzelőanyag szivattyú biztosítja a tüzelőanyag megfelelő nyomását a töltőkonténerben. A tüzelőanyag a konténerbe a repülőgép tüzelőanyag rendszere által generált nyomás értéken érkezik, a szivattyú ezt alakítja át üzemi nyomássá.

4: SLU (Signal Light Unit) – (Jelzőlámpa egység)

Erről a rendszerről az üzemeltetés részben esik bővebben szó.

5: EFU (Emergency Functions Unit) – (Vészhelyzeti funkciós egység)

Nagy megbízhatóságú áramköröket tartalmaz, melyeket csak vészhelyzetben használ a konténer. Továbbá ez az egység vezérli azt a váltakozóáramú 115 V-os kapcsolót, amely ellátja árammal a konténert. Ez az egység kapcsolja le az áramellátást, amikor a dobról történik a tömlő lecsévézése. A benne található áramkörök teljesen függetlenek más rendszerektől, ezért független biztonsági funkciókat biztosítanak.

6: Bypass Valve – *Tüzelőanyag elzáró és megkerülő szelep*

A tüzelőanyag elzáró és megkerülő szelep szerkezete két részből áll, a megkerülő szelepből és a tehermentesítő szelepből. Ezek a szivattyú kimeneti és bemeneti csöve között vannak telepítve. A megkerülő szelep csökkenti a nyomásesést a tüzelőanyag szivattyúin, ha magas bemeneti nyomás lépne fel.

A szelepek egyetlen mágneskapcsolóval üzemelnek. A megkerülő szelep a RAT túlzott sebessége esetén csökkenti a tüzelőanyag nyomását. A tehermentesítő szelep engedi át a tüzelőanyagot visszafolyni a repülőgép tüzelőanyag tartályaiba, hogy csökkentse annak hőmérsékletét.

Az RCU egység irányítja a megkerülő szelepet. A szelepnek három állása van:

- **ZÁRT** – a tüzelőanyag csak a tüzelőanyag szivattyún keresztül tud áthaladni. Légi utántöltés közben a szelep ebben az állásban van.
- **NYITOTT** – A rendszerben fellépő hiba, pl.: a légturbina (RAT) hibája esetén egy recirkulációs kör jön létre a szivattyú körül, a tüzelőanyag egy része a szivattyú körül kering, a másik része tovább halad a töltőcsövön keresztül a fogadó repülőgép felé. Ebben az állásban is lehetséges a légi utántöltés, de kizárólag csak feltöltés nélküli módon (UAR).
- **TEHERMENTESÍTŐ** – A rendszer olyan szintű meghibásodása esetén, amikor az utántöltés nem hajtható végre, a szelep olyan állásba kerül, amely lehetővé teszi, hogy tüzelőanyag a visszavezető ágon visszajusson a tanker repülőgépbe.

A megkerülő szelep a tüzelőanyag szivattyú működését befolyásolja meghibásodás esetén. A felsorolt esetekben, a szelep automatikusan a 'Tehermentesítő' állásba kapcsol:

- Tüzelőanyag átlépte a meghatározott hőfokot
- RAT fordulatszáma magasabb a maximálisan megengedettnél,
- RAT sérülése, vagy mindkét szenzorának meghibásodása esetén
- Tömlő vészleoldásakor

A szelep állásainak működését a 2. melléklet tartalmazza.

7: MDU (Motor Drive Unit) – *Motor meghajtó egység*

Az egység vezérli a légturbina lapátok működtető motorját az állásszögváltoztatás érdekében. Ezeket az utasításokat a DRCU egységtől kapja. Alaphelyzetben vagy kikapcsolt állapotban a légturbinák állásszögét *'feathered'* vagyis az áramlással párhuzamosan állítja be, így csökkentve a káros légellenállást.

8: Digital Refueling Control Unit (DRCU) – *Digitális üzemanyag-utántöltő vezérlőegység*

Ez az egység felügyeli a különböző nyomásokat, hőmérsékleteket, áramlásokat a konténerben. Ezen adatok alapján irányítja a konténerben lévő rendszereket (kivéve a vészhelyzeti rendszert) és továbbítja a repülőgép avionikai rendszere felé, és ezen keresztül a személyzet felé- 28 V-os egyenáramú elektromos táplálással rendelkezik melyet az MCU-tól kap.

Az alábbi alrendszereket tartalmazza:

- Nem felejtő – felejtő memória;
- Kommunikációs interfészek;
- Analóg/diszkrét ki- és bemenetek.

A DRCU a tanker repülőgép avionikai rendszerével kettős átviteli kapcsolatban áll, míg a fogadó repülőgéppel jelzőfényekkel kommunikál. A rendszeren található még egy RS422-es csatlakozó is, melyen keresztül a műszaki személyzet tud szofverfrissítést végrehajtani.

A DRCU egység össze van kötve egy soros adatsínen keresztül a karbantartási memória egységgel (MMU – Maintenance Memory Unit), mely nem-felejtő memóriával rendelkezik. Többek között a hibatörténetet, konfigurációs listát lehet belőle kinyerni.

9: Fuel Bay Access Door – *Üzemanyagtér szerelőnyílás*

10: Dump Resistor Pack – *Levezető/elfolyó ellenállás*

A tömlő lecsévézésére a rendszer az aerodinamikai ellenállást használja fel. Ez a folyamat a tömlő dobon belül hajtja a meghajtó motort, ami áramot generál. Ezt a felesleges áramot a rendszernek kell elvezetnie. Az MCU átvezeti a felesleges áramot a DRP egységen, amely hővé alakítja azt. Az egység sebesség határolóként is szolgál amikor a tömlő lecsévézésre kerül. Az MCU, a DRP-n keresztül irányítja a tömlő lecsévézését. Minél több áram jut a DRP-re, annál nagyobb a meghajtó motoron a terhelés, így a lecsévézés sebessége csökken.

11: Fuel Flowmeter – *Tüzelőanyag áramlásmérő*

Ezen a ponton mérhető a fogadó repülőgép számára átjuttatott tüzelőanyag mennyisége. Ezt az adatot juttatják el a személyzetnek és a *Digitális tüzelőanyag-utántöltő vezérlőegységnek*.

12: Surge Suppressors – *Nyomáslengés elleni rendszer*

A nyomáslengés elleni rendszer feladata, hogy kiküszöbölje a tüzelőanyag nyomáslengését, hogy a rendszer ezáltal folyamatosan állandó nyomáson üzemeljen. A rendszerben kettő darab

nitrogénnel töltött tartály található, az egyik a szivattyú szívóágán míg a másik a nyomóágán. A nitrogén a tartály részét képező diafragmán keresztül biztosít megfelelő nyomást, amennyiben a tüzelőanyag nyomása csökkenne.

13: Motor Control Unit (MCU) – *Motor vezérlőegység*

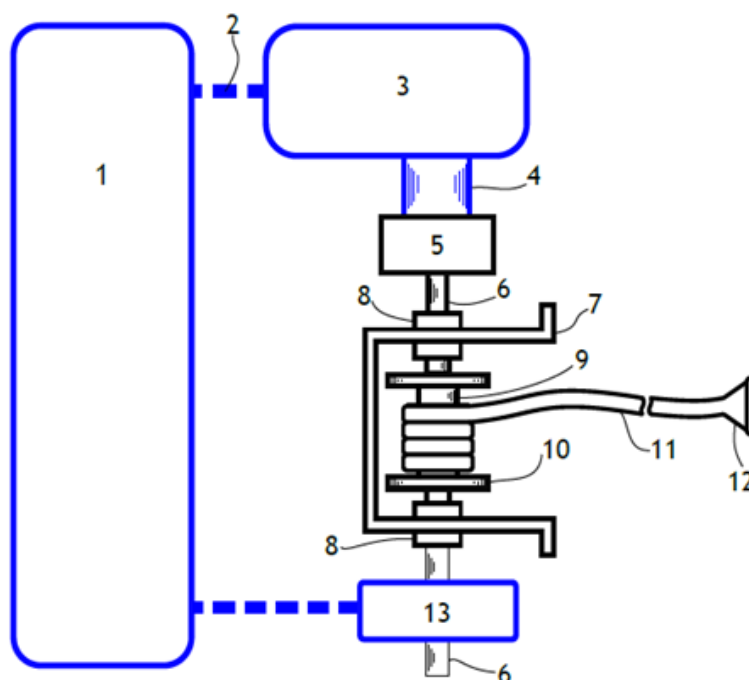
Az MCU a HHDS (Hose Drum Drive System) rendszer feldolgozóeleme, amely a meghajtó motor, a tömlő dob fékeinek vezérlését és a felesleges áram elosztást végzi a DRP (Dump Resistor Pack) -be. Elsődleges áramforrása a tanker repülőgép 115V AC 3-fázisú 400 Hz-es tápegysége. Ebből állítja elő a többfázisú feszültséget, amely a meghajtó motor megtáplálásához szükséges. Az MCU tartalmaz egy mágneskapcsolót, amely kapcsolja a tanker repülőgép 115V AC 3-fázisú tápegységét. A mágneskapcsolót az RCU aktiválja.

Az MCU irányítja és felügyeli még az alábbi rendszereket:

- HDDM – Hose Drum Drive Motor
- DRP – Dump Resistor Pack
- Hose Drum Brakes (az EFU-n keresztül)

14: Left gull wing door – *Bal oldali szerelőnyílás*

15: HDU – Hose Drum Unit - *Tömlő dob mozgató/szabályozó egység és a tömlődob*



8. ábra Tömlő dob mozgató/szabályozó egység és a tömlődob (HDU – Hose Drum Unit)

[A szerző szerkesztése]

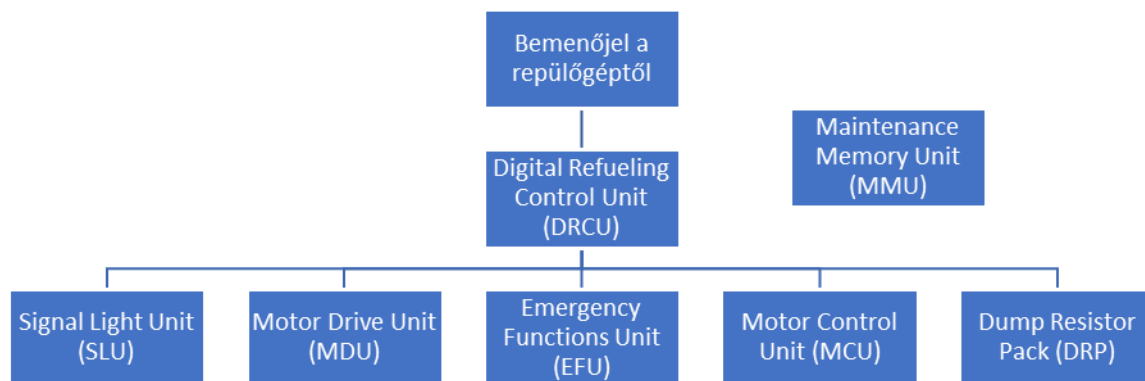
Az ábrán található jelölések: 1: Dob hajtásvezérlő számítógép; 2: Elektromos összeköttetés;

3: Meghajtó motor; 4: Meghajtó motor tengely; 5: Fordulatszám csökkentő hajtómű;

6: Dob forgató tengely; 7: Tartó keret; 8: Csapágyház; 9: Tömlődob; 10: Tömlő oldalvezető tárcsa; 11: Tömlő; 12: Kosár; 13: Tachométer

16: Right gull wing door – *Jobb oldali szerelőnyílás*

17: Rear-Fairing Components – *Hátsó burkolati elemek*



9. ábra Cobham 912E Légi utántöltő konténer vezérlési struktúrája
(A szerző szerkesztése a [10] alapján)

3.2.4. A konténer működése

A légi utántöltés folyamata az alábbi sorrendben történik:

1. Légi utántöltő konténer bekapcsolása.
2. Bekapcsolás beépített teszt (PBIT – Power-up Built In Test) végrehajtása.
3. Tömlő lecsévélése.
4. Fogadó repülőgép csatlakoztatása.
5. Digitális tüzelőanyag-utántöltő vezérlőegység (DRCU) parancsot kap, az átadandó tüzelőanyag mennyiségéről.
6. Ha a tömlő a meghatározott tartományban van, akkor a légi utántöltő konténerben kinyílik a tüzelőanyag elzáró és megkerülő szelep.
7. Megkezdődik a tüzelőanyag átáramlása.
8. Az áramlásmérő folyamatosan érzékeli az átadott tüzelőanyag mértékét, melyet a DRCU-nak továbbít.
9. A nyomásszabályozó bemeneti jelátalakító méri a tüzelőanyag-bemeneti nyomását, melyet továbbít a DRCU-nak.
10. A DRCU engedélyezi a lég turbina irányítását, ha a tüzelőanyag átáramlása meghaladja az 50 gallon/percet. (189 liter/perc)
11. A DRCU kiszámolja a szükséges lég turbina állásszöget.
12. A motor meghajtó egység (MDU) bekapcsolja a lég turbina állásszögváltoztató szerkezetet, hogy a turbinalapátok megfelelő állásszögbe álljanak.
13. A lég turbina működésével megnő a tüzelőanyag nyomása, ezáltal az átadott mennyisége is.

14. A DRCU folyamatosan figyeli és ellenőrzi a tüzelőanyag nyomását, átáramlását, átadott mennyiségét és a légturbina sebességét, hogy szükséges módon be tudjon avatkozni, hogy a meghatározott paramétereket folyamatosan tartsa.
15. A meghatározott átadási mennyiség elérése előtt a légturbina állásszöge csökken.
16. A légturbina sebessége csökken.
17. A fogadó repülőgép lecsatlakozik a tankerről.
18. A tömlő visszacsévézésre kerül.

A mai modern fegyverrendszerek alapvető részét képezik a különböző beépített tesztrendszerek, melyekkel a különböző paraméterek követése mellett a rendszer megbízhatóságát is figyelemmel lehet követni.

A légi utántöltő konténer három beépített tesztrendszerrel rendelkezik, melyek a segítségével ellenőrizhető a légi utántöltő rendszer működőképessége. Ezek a következők:

- A bekapcsolási beépített teszt (PBIT – Power-up Built In Test), melyet a rendszer a konténer a bekapcsolást követően automatikusan végez el. Ellenőrzi, hogy a megadott berendezések üzemszerűen működnek, mielőtt működésbe lépnének.
- A folyamatos beépített teszt (CBIT – Continuous Built In Test) a beindítástól kezdődően folyamatosan vizsgálja a paramétereket az esetleges meghibásodás feltárása érdekében az érzékelők lekérdezésével és szoftveres tesztek végrehajtásával. Mindez meghatározott időközönként, automatikusan történik.
- A kezdeményezett beépített teszt (IBIT – Initiated Built In Test) a rendszer funkcionális ellenőrzéséből áll. Ez az előző kettővel szemben nem automatikus, ezt a tesztet minden esetben a műszaki személyzet hajtja végre felszállás előtt.

Az 1. táblázatban a Cobham 912E konténer főbb paraméterei láthatóak.

Konténer hossza	5780 mm
Átmérője	863,6 mm
Tömlő hossza	28422,6 mm
Tömege	592,33 kg
Hajlékony tömlő lecsévézésének ideje	35 másodperc

1. táblázat A KC-390-es repülőgépen használt Cobham 912E főbb paraméterei

(Készítette a szerző a [10] alapján)

3.2.5. Tömlő és kosár/stabilizáló ernyő

A légi utántöltéskor a tüzelőanyag a konténer és a repülőgép között ezen a flexibilis gumicsövön keresztül áramlik át. A tömlő a tömlődobhoz van csatlakoztatva, erről csévélik le. Vészhelyzet esetén a tömlő leválasztható a dobról.

A légi utántöltés megkönnyítése érdekében különböző jelzésekkel látták el a csövet mely vizuális referenciát nyújt a fogadó gép pilótájának, ez a 10. ábrán jól megfigyelhető. Ezeket a jelzéseket fehér sávok alkotják, mely a pilóták számára a megfelelő távolságokat jelenítik meg [7], [8], [10].



10. ábra A400M repülőgép a kosárra való csatlakozás előtt [22]

A kosár vagy stabilizáló ernyő fő funkciói a következők:

- biztosítja, hogy a tömlő stabil helyzetben repüljön;
- céltárgyként funkcionál a fogadó repülő számára.

A kosár peremén egy rugalmas energiaelnyelő peremet alakítottak ki, mely csillapítja az esetleges ütközéseket a fogadó repülőgépen.

3.3. Üzemeltetési rendszere

A 11. ábrán a KC-390-es repülőgép pilótafülkéjében elhelyezkedő kiegészítő személyzeti tag (Additional Crew Member) munkahelye látható. Elhelyezkedését tekintve a két pilóta mögött a jobb oldalon helyezkedik el. A munkahely egy integrált kijelzővel, kommunikációs és küldetés irányító berendezésekkel van felszerelve. Többek között itt található a légi utántöltést vezérlő berendezés is. A gyártó szerint a repülőgép légi utántöltésre való felkészítése négy órát vesz igénybe, melyet megkönnyít a Roll-on/Roll-off belső tüzelőanyag tartályok alkalmazása [20]. Fontos megemlíteni, hogy jelenleg ebben még nincsen hazai tapasztalat.



11. ábra A légi utántöltést vezérlő berendezés [23]

Ahogy a 12. ábrán is látható a szárnyakon elhelyezkedő konténereket külön-külön lehet irányítani, továbbá középen található az a tüzelőanyagtartály választó kapcsoló is, mellyel a kezelő ki tudja választani, hogy melyik tartályból menjen végbe a légi utántöltés.



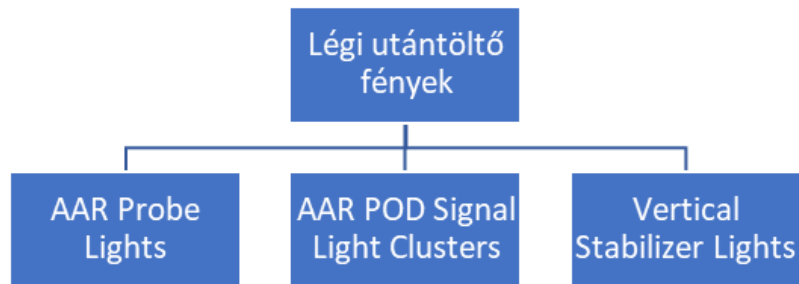
12. ábra Légi tüzelőanyag-utántöltő repülőgép vezérlő panel [23]

Mindegyik légi utántöltő elrendezéshez tartozik egy hátrafelé néző jelzőfényoszlop, amely három színből áll: piros, borostyán, zöld. Ezek a fények duplikálva vannak (a POD mindkét oldalán található egy fényoszlop), melyek segítségével a fogadó repülőgép pilótája tájékoztatást kaphat a légi utántöltés állapotáról. Rejtett módban az infravörös LED-ek kompatibilisek NVG szemüveggel.

Piros jelzőfény – A fogadó repülőgép pilótája még nem csatlakozhat vagy azonnali vész leválást kell végrehajtania.

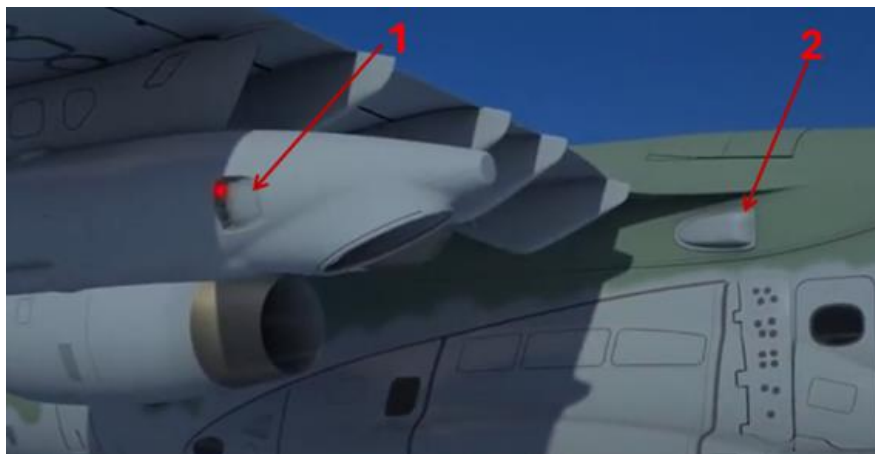
Borostyán jelzőfény – Engedélyezett a rákapcsolódás.

Zöld jelzőfény – Folyamatban lévő tüzelőanyag-átfolyás [10], [31].



13. ábra Légi utántöltő repülőgép fényei (AAR Lights)
(A szerző szerkesztése a [10] alapján)

A plusz személyzeti tag előtt található kijelző segítségével meg tudja jeleníteni a kezelő a légi utántöltést valós időben. A rendszer valós idejű videó felvételére is van lehetőség mind a jobb és baloldalon (14. ábra).



14. ábra Légi utántöltő repülőgépen elhelyezett jelzőfény és kamera [24]
1: Konténeren elhelyezett jelzőfény; 2: Színes légi utántöltő kamera

A KC-390-es repülőgépet az éjszakai légi utántöltés végrehajtásához a repülőgép függőleges vezérsíkját ellátták egy fénysorral, aminek megvilágítását is külön lehet kezelni.

3.3.1. Vezérlés

A konténerek vezérlése 3 fő csoportra lehet osztani.

- Tömlő kiengedés, áramellátása, tüzelőanyag kiengedés szabályozás
- Konténer megvilágítása
- Vészhelyzeti vezérlés



15. ábra A bal oldali függesztmény vezérlő panelje [23]

A továbbiakban vegyük sorra vezérlő panelen található kapcsolókat:

- **HOSE EXTENSION** – A kezelő ezzel a kapcsolóval a tömlő mozgását tudja vezérelni. Két állása van a visszacsévézés (REWIND) és a kiengedés (EXTEND).
- **POWER** – Ezzel a nyomógommbal a konténer áramellátása kapcsolható ki és be.
- **FUEL DELIVERY** – A kétállású kapcsoló segítségével tudja a tüzelőanyagátengedést engedélyezni (ENABLE) vagy kikapcsolni (STOP).
- **HOSE LIGHT** – A konténer hátsó megvilágításáért felelős.
- **POD SIGNAL LIGHTS** – A konténer oldalain található világítás.
- **HOSE JETTISON** – Vészhelyzet esetében a tömlő leoldható. Ehhez szükséges az ARM (Aircraft Recovery Manual) gombot megnyomni, ezt követően a RELEASE (kioldás) gombot nyomva kell tartani ameddig a tömlő le nem vált. Ha a tömlő fel van csévéelve akkor átlagosan 46 másodpercet vesz igénybe a leoldás, ha pedig már le van csévéelve akkor a tömlő két másodperc alatt elszakad a konténertől. Ez a funkció akkor is elérhető, ha már nincs áram alatt a konténer [10].

3.3.1.1. Vészhelyzeti vezérlés (Breakaway)

A tanker repülőgépen vagy a fogadó repülőgépen bekövetkezett sürgős vészhelyzet megkövetelheti a tüzelőanyag áttöltés azonnali leállítását. Ebben az esetben a kezelő a rádiós kommunikáció mellett a tankeren található jelzőfények segítségével is tájékoztatást adhat a fogadó repülőnek.

Ez a kapcsoló nemcsak az ACM - Plusz személyzeti tag munkahelyén, hanem a rakodásvezető munkahelyén is megtalálható [10].

3.3.2. Légi utántöltés végrehajtása

Ha a repülőgép a meghatározott légi utántöltő légtérbe és magasságra ért (FL 020 – FL320)⁴, akkor a kezelő személy bekapcsolja a légi utántöltő konténereket. A teljes funkcionalitás eléréséhez nagyjából 15 másodperc szükséges, ameddig a rendszer el nem végzi a PBIT tesztet [10].

Vizsgáljuk meg, hogy a légi utántöltés általánosságban hogyan történik (16. ábra):

- a konténerből lecsévélésre kerül a tömlő;
- a fogadó repülőgép megközelíti a kosarat majd várakozik;
- a konténeren megjelenő zöld jelzőfény után a fogadó repülőgép megkezdheti a csatlakozást;
- a csatlakozás akkor sikerül, ha kellő sebességgel érintkezik a csatlakozó a fogadó csatlakozóval;
- a tüzelőanyag fogadásához a repülőgépnek a tömlőt a megfelelő tartományba kell tolnia, ekkor egy folyamatosan villogó sárga jelzőfény világít;
- ha a fogadó repülőgép beért a tüzelőanyag átadási tartományba, akkor a jelzőfény átvált zöld színre és a konténerben kinyílik a tüzelőanyagszelep, megkezdődik a tüzelőanyag átadása;
- a nyomásérzékelők, tüzelőanyag átfolyás mérő és a lég turbina által meghajtott szivattyú segítségével, irányításával valósul meg a tüzelőanyag átadása. A repülőgép által biztosított tüzelőanyag nyomáshoz hozzáadódik a konténer saját maga által előállított plusz nyomása is, így tudja biztosítani a magas nyomású átáramlást.



16. ábra Qr kód KC-390-es légi utántöltés végrehajtása [24]

3.4. Maintenance - karbantartás

A légi utántöltő konténer (WARP) karbantartását a gyártó által kiadott üzemeltetési utasítás alapján kell végrehajtani, az abban meghatározott repülési ciklusok után. A konténer használata során folyamatosan kell vezetni az elvégzett javításokat, időszakos javításokat a repülési

⁴ 610–9754 m

naplóban (AFL – Aircraft Flight Log) A légi utántöltő rendszer egy működési ciklusa az alábbi tevékenységeket foglalja magába:

- 1 kezdeményezett beépített teszt (IBIT – Initiated Built In Test);
- 2 óra repülés a kijelölt légi utántöltő zónában;
- konténer bekapcsolás;
- tömlő kiengedése;
- 6 db légi utántöltés végrehajtása;
- tömlő visszahúzása;
- kikapcsolás;
- 2 órás visszarepülés a bázisra.

Az elvégzendő karbantartásokhoz a légi utántöltő konténer oldalán egy speciális kapcsoló található. Ez az úgynevezett *Maintenance trail rewind switch*. Erre azért van szükség, mert számos olyan karbantartást, ellenőrzést kell végrehajtani, például a tömlőn, vagy magán a kosáron is, amit csak a földön lehet elvégezni ennek a kapcsolónak a segítségével. A műszaki személyzet a konténer mellett is tudja működtetni a kiengedést. A kapcsoló működtetésével a tömlődob fékét lehet kioldani. Ezek után a karbantartó személyzetnek kell manuálisan kihúznia a tömlőt a töltőkonténerből. A kihúzás sebessége maximum 0,61 m/s lehet. A tömlődob fék akkor aktiválódik amikor a tömlő teljes hosszban lecsévélődött, vagy a *trail rewind* kapcsoló semleges állásba kerül. Ha befejeződött az ellenőrzés akkor hasonló módon a kapcsoló segítségével a tömlőt vissza lehet csévélni a töltőkonténerben található elektromos motorral.

Egy ilyen ellenőrzés például a PRIME/PRESSURE TEST - Nyomáspróba. Ezzel a csatlakozó nyomás megtartását ellenőrzik egy speciális tesztelő egységgel [10].

A konténerben található még egy Pod Ground Interlock (PGI) amelynek csatlakoztatva kell lennie repülés előtt. Csak akkor lehet lecsatlakoztatni, ha a földön hajtanak végre teszteket a konténeren [10].

3.5. Fogadó (Receiver) repülőgép

Ebben a fejezetben a fogadó repülőgépek általános felépítésével és a repülőgépen található csatlakozó csővel ismerkedhetünk meg illetve a Magyar Honvédségben rendszeresített légi utántöltő fogadó repülőgépek kerülnek bemutatásra a légi utántöltéssel kapcsolatosan.

3.5.1. Elhelyezése, általános felépítése

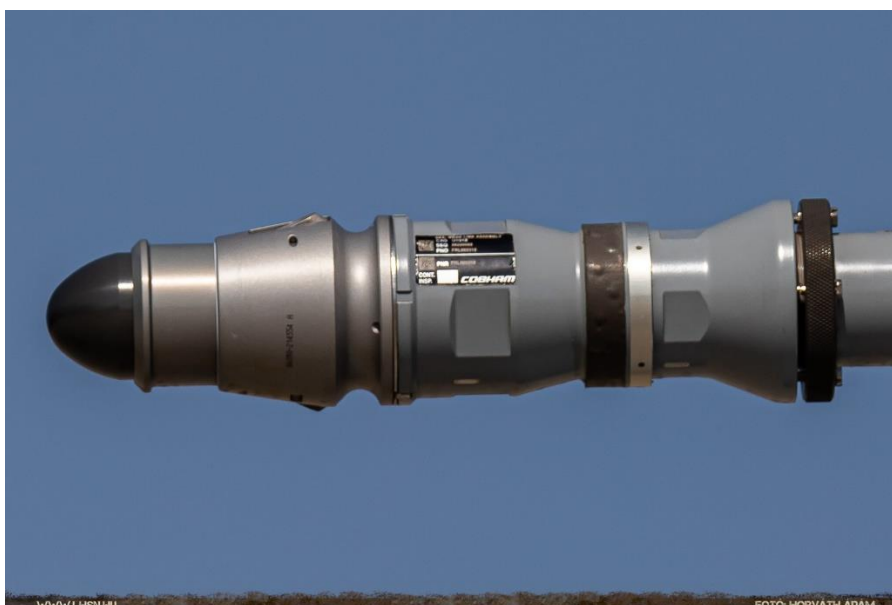
A csatlakozó cső a fogadó repülőgépen található, mely egy hosszabb csőrészből és egy speciális, ún. MA-2 csővégződésből áll. Néhány repülőgépen ez a cső fix pozícióban van, más

repülőgépeken az ellenállás csökkentése érdekében behúzzható kialakítást rendszeresítettek. A csővégződésnek jól láthatónak kell lennie, hiszen a fogadó repülőgép pilótájának ezt kell beleirányítania a kosárba.

Az MA-2 csővégződés felépítése:

- egy csúszó hüvely szelep, amely kinyílik, amikor a csatlakozóba kapcsolódik. (50–150 N-os erő hatására nyílik ki; 1000–1500 N húzóerővel záródik be);
- egy rögzített pozíciójú orr, amely megnyitja a nyíló szelepet a csatlakozóban, amikor aktiválva van; az orr, bár rögzített pozícióban van, rugalmas, hogy alkalmazkodjon a középponttól eltérő leválásokhoz anélkül, hogy kárt tenne a csővégen.
- három csővégi zár, amelyek a csatlakozóba való kapcsolódáskor leválnak a csúszó hüvely szelepről [7], [8], [10].

A csővégződés mögött található a gyengített keresztmetszetű cső nyak. Ez arra szolgál, hogyha hirtelen extrém erőhatás érné a csövet akkor ennél a pontnál a csővégződés elválna, így nem keletkezik deformálódás a repülőgép szerkezetén.



17. ábra A KC-390-esen található csatlakozó cső
(Fotó: Horváth Ádám, a kép készítőjének engedélyével)

Csatlakozás során a fogadó repülőgép pilótájának különös figyelemmel kell a csatlakozást végre hajtania. A kosár megközelítése során a fogadó repülőgép orr részénél megváltozott légáramlás elmozdíthatja a kosarat az ellenkező irányba, ezt nevezik az ún. *Bow Wave* hatásnak. Ez esetlegesen rossz kapcsolódáshoz, vagy a kapcsolódás megszakításához vezethet. Ha a fogadó repülőgép pilótája hirtelen, kapkodó kormánymozdulatokkal reagál a kosár váratlan kitéréséhez az esetlegesen a kosár hozzáverődését is eredményezheti a repülőgéphez, amely

akár a pilótafülke üvegét vagy a beömlőnyílást is megrongálhatja. (A JAS-39 Gripen esetében 30 cm választja el a kosarat a repülőgéptől.) [6], [32].

3.5.2. JAS-39C EBS HU Gripen

A repülőgépet tervező Svéd légierő védelmi stratégiája eredetileg nem tartalmazta a légi utántöltés lehetőségét. A Dél-Afriakai légierő viszont a Gripen rendelésénél a svéd partnert felkérte a légi utántöltés lehetőségének kifejlesztésére, melyet ezt követően már mindegyik vadászrepülőgép megkapott. A csatlakozó cső a repülőgép bal oldalán a beömlő nyílás mögött található. Ez nehézkessé teszi a légi utántöltés végrehajtását, mert a csatlakozás során a pilóta nem teljesen lát rá a csatlakozó csővégre [32].



18. ábra JAS-39 Gripen légi utántöltés közben [25]

3.5.3. KC-390

Maga a KC-390-es repülőgép is képes a levegőben tüzelőanyag felvételére egy csatlakozó cső segítségével. Ezt a rendszert AARP-nak, (Air-To Air Refueling Probe) hívják. A repülőgép a törzs bal elején a pilótafülke felett található. A csatlakozó típusa MA-2. Ha a csővég mechanikusan csatlakozik a kosárban található csatlakozóval a szelep kinyitását követően átengedi a tüzelőanyagot.

A rendszer részei:

- AAR SHUT-OFF VALVES – Légi utántöltő elzárószelep;
- AAR OVERPRESSURE SWITCH- Légi utántöltő túlnyomás kapcsoló;
- AAR CONTROL PANEL – Légi utántöltő kezelő panel;
- LIGHT SYSTEM – Világítási rendszer.

A repülőgép légi utántöltés esetén képes a szárnytartályokba és a tehertérben elhelyezkedő tüzelőanyag tartályokba fogadni a tüzelőanyagot. A rendszer 400 US gal/min $50 \pm$ psi paraméterekkel tudja maximálisan átvenni a tüzelőanyagot. A kezelő panelja a pilótafülkében helyezkedik el a felső panelen. Fontos, hogy a tüzelőanyag felvételezése közben a repülőgép nem lépheti át a maximális felszálló tömegét (MTOW⁵), és a súlyponthatárokat is folyamatosan felügyelni kell, általában a légi utántöltést minimális tüzelőanyag mennyiséggel érdemes végrehajtani. Az AARP rendszer kétezer száraz és háromszáz éles légi utántöltésre lett tervezve a repülőgép élettartama során [10]. A légi utántöltés folyamatát az 1. melléklet tartalmazza.

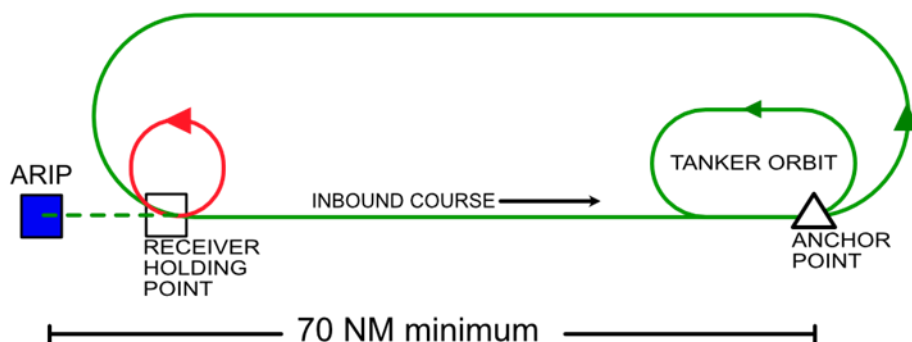
⁵ Maximum Take Off Weight

4. A HAJLÉKONY TÖMLŐS LÉGI UTÁNTÖLTŐ RENDSZER ALKALMAZÁSA

Normál esetben a légi utántöltő műveletek széleskörű előkészítést igényelnek, hogy biztosítsák a maximális hatékonyságot és biztonságot. Ez megköveteli a legjobb tanker típus(ok) kiválasztását a fogadó számára, a művelethez legmegfelelőbb útvonal kiválasztását, valamint a repülőgép típusokhoz illeszkedő megfelelő eltérések meghatározását. Ha nem a Közös Légiműveleti Központ (CAOC – Combined Air Operation Centre) által van megbízva, elengedhetetlen, hogy hatékony kommunikáció legyen a tankoló és a fogadó feladatokat ellátó szervezetek között, hogy biztosítani lehessen a tankoló helyes pozicionálását és időzítését a fogadó igények kielégítése érdekében [31].

Mivel a légi utántöltés művelete nagyobb légteret igényel, ezért fontos, hogy ezeknek a légtereknek a kijelölése és felhasználása az adott nemzet Légiforgalmi Tájékoztató kiadványát (Aeronautical Information Publication – AIP) [29] feltételeinek megfeleljenek. Békeidőben ezeket a légtereket előre kijelölik, melyek aktiválásáról a NOTAM⁶-ból lehet értesülni. Légi utántöltés esetén kettő típusú AARA légteret különítenek el:

1. *Anchor* és Légi Utántöltő Útvonalak – A légtér helyét az *Anchor Point* és a bejövő útvonal tájolása határozza meg. A bejövő „szakasz” legalább 50 tengeri mérföld hosszú, szélessége pedig a repülőgép típusától függ, de 7 és 20 tengeri mérföld között változik. A „helyfoglalás” okai miatt, például R/D zónákban történő képzés során, a légtér mérete csökkenthető, hogy a zónákon belül maradjon [26], [31].



19. ábra A légi utántöltésre használt légtér felépítése [26]

2. Alternatív útvonalak/Katonai légifolyosók – Az alternatív útvonalakat (ALTRV) és a katonai légifolyosókat általában a megfelelő nemzeti légi irányító hatóságokkal

⁶ Notice to Airmen más néven Notice to Air Mission (FAA definíció), olyan közlemény, amely információkat tartalmaz bármely légiforgalmi létesítmény, szolgáltatás, eljárás vagy veszély létrehozásáról, állapotáról vagy változásáról, amelynek időben történő megismerése elengedhetetlen a repülési műveletekkel foglalkozó személyzet számára [29].

egyeztetik. A légi utántöltési (AAR) célokra a mozgó ALTRV-ket általában arra használják, hogy garantálják a szükséges útvonalat és magasságokat egy AAR által támogatott telepítéshez. A katonai folyosókat NOTAM által aktiválják, és lényegében statikus ALTRV-k. A polgári légiirányító hatóságok ütemezési nehézségeinek enyhítése érdekében az USAF 3 ütemezési létesítményt üzemeltet, amelyeket más országok előzetes megállapodás alapján használhatnak. A létesítmények felelősek a katonai feladatok prioritásának megállapításáért és a szükséges időpontok megszervezéséért a megfelelő légiirányító hatósággal. A 3 amerikai és 2 kanadai létesítmény felelősségi területei a következők:

- Central Airspace Reservation Function (CARF): Continental USA, New York Oceanic FIR.
- European Central Airspace Reservation Facility (EUCARF): Europe, Santa Maria and Shanwick Oceanic FIRs.
- Pacific Military Airspace Reservation Facility (PACMARF): Pacific and Indian Ocean.
- Altitude Reservations East (ARE): Toronto, Montreal, Moncton and Gander FIRs and Gander Oceanic.
- Altitude Reservations West (ARW): Vancouver, Edmonton and Winnipeg FIRs [31].

Légi utántöltés alkalmazása harci műveletekben

A légi utántöltés (AAR) alkalmazása háborús vagy más ellenséges környezetben az alkalmazott repülőgép típusainak képességeitől, a helyi fenyegetettségi értékelésektől és a biztosítatlan légtér közelségétől függ. A tankerek sebezhetőek és magas értékű eszközök, ezért általában távol kell őket helyezni a harci zónától, vagy vadásztámogatással kell védeni őket [31].

5. A HAJLÉKONY TÖMLŐS LÉGI UTÁNTÖLTŐ RENDSZER ALKALMAZÁSA MAGYARORSZÁGON

A JAS-39C/D Gripen megvásárlásával Magyarország a repülőgép sok más képességével együtt megszerezte a légi utántöltő képesség lehetőségét is. Ekkor vált szükségessé, hogy a Magyar Honvédség kialakítson a légi utántöltésre egyfajta koncepciót, mely a következő elemekből áll:

- stratégiai koncepció;
- üzemeltetési megfontolás és tervezés;
- taktikai implikáció;
- technikai kompatibilitás [15].

Úgy gondolom, hogy a KC-390 megérkezésével együtt érdemes újra gondolni az összes elemet, hiszen:

- Stratégiai koncepció szempontjából, a KC-390-es érkezésével egy olyan képesség megszerzésének a lehetőségéhez jutottunk, amely akár felajánlható lehet nemzetközi együttműködésre is. Egy ilyen együttműködési lehetőség lehet a képesség felajánlása az Európai Védelmi Ügynökség programjába, amiben hazánk is résztvevő nemzet.
- Üzemeltetés szempontjából már nem kell többé más nemzetekre, együttműködési programokra hagyatkozni, továbbá a Magyar Légierő már aktívan képviselheti magát külföldi gyakorlatokon, konferenciákon, képzéseken is.
- Taktikai implikációt fontos újra átdolgozni, hiszen már nem csak fogadó repülőgépről beszélünk. Szükségesek azoknak a taktikai eljárásoknak a kidolgozása, amely a légi utántöltő repülőgép eljárásait tartalmazza légi utántöltéskor.
- Technikai kompatibilitás szempontjából meg kell vizsgálni, hogy NATO szövetségeseink közül melyek azok a repülőgépek, amelyek kompatibilisek a KC-390-el a doktrínák alapján.

A légi utántöltő képesség továbbá három fő tényező fejlesztéséhez járul hozzá a légierőnk szempontjából:

- rugalmasság;
- sebesség;
- hatótávolság.

A hazai légi utántöltő képesség felállítására hazánk közösen az Egyesült Államokkal egy projektet dolgozott ki, melyben az amerikai légierőtől légi utántöltő repülési időt vásároltunk. 2015-ben hazánkba települt két hétre egy KC-135-ös az angliai Mildenhall légibázisról,

melynek segítségével a kiválasztott Gripen hajózók megkezdhetik a kezdeti kiképzést és a képesség fenntartását [28].

A svéd és a cseh együttműködés keretében a nemzetek Gripen oktatói kiemelték, hogy a képesség fenntartása kritikus fontosságú, főleg a Gripen esetében, hiszen a légi utántöltő elhelyezkedése a típusnál kiesik a pilóta látóteréből. Ennek következtében, főleg a képzés első szakaszában vagy nem megfelelő jártasság esetén előfordulhat, hogy rossz vagy megszakított kapcsolódás esetén a kosár és a fogadó repülő ütközik, ekkor a kosár a fogadó repülő kabin tetőjéhez csapódva karcokat okozhat, vagy akár antennákat, fontos berendezéseket törhet le, rongálhat meg. Szintén a két partner nemzet ajánlásával a minimális légi utántöltési számot (3 csatlakozás 6 havonta) csökkentették és ajánlást fogalmaztak meg arra, hogy 3-4 hónaponként hajtsanak végre több légi utántöltést a nemzetek hajózoói [15].

Az utóbbi években nem került végrehajtásra Gripenrel légi utántöltés, így a képesség lényegében elveszett a Magyar Légierőben. A KC-390-es rendszerbe állásával azonban ez a képesség újraéleszthető, ha a repülőgép légi utántöltő képessége eléri a teljes készültséget és bevezethető lesz.

Maga a légi utántöltés mégsem került feledésbe. Magyarország is részt vesz az Egyesült Államok – State Partnership programjában, ami esetünkben partner állam Ohio-val közösen. A kiváló szárazföldi együttműködés mellett, kiemelendő, hogy évente általában két alkalommal hazánkba látogatnak az Ohioi légi nemzeti gárdától egy KC-135-ös repülőgéppel. A két alkalom közül az egyik áttelepülés általában a pápai légi bázisra történik, ahol a Nehéz Szállító Ezreddel hajtanak végre légi utántöltést Magyarország légterében. A másik áttelepüléskor a kecskeméti légi bázisra érkeznek. Itt sajnos nem áll rendelkezésre a gyakorló légi utántöltés lehetősége, mert a nemzeti gárda KC-135-ös repülőgépén csak merev csöves légi utántöltő rendszert alkalmaznak. Ezeken az áttelepüléseken a légi utántöltés mellett a földi, kiszolgáló személyzet képzése zajlik, továbbá számos megbeszélés a két partner nemzet között [30]. A jövőre vonatkozóan egy érdekes együttműködés is körvonalazódik, hiszen az Egyesült Államok légierője nemrégiben írt ki tendert, a KC-135-ösök leváltására. Erre a tenderre jelentkezett az Embraer cég is, a KC-390-es repülőgépével is, de már merev csöves légiutántöltő rendszerrel. Úgy gondolom, hogy jövőbeli légi utántöltő képesség kialakításában kulcs szerepet játszik az Ohioi Nemzeti Gárda, hiszen partnernemzetként rengeteg tudással rendelkeznek e téren.



20. ábra Ohio Nemzeti Gárda KC-135 típusú repülőgépe a kecskeméti katonai repülőtéren
(Fotó: Rozgonyi Cecília a kép készítőjének engedélyével)

Egy új repülőgép rendszeresítésénél nem csak maga a repülőtechnika és a személyzet, továbbá kiszolgáló állomány kiképzése fontos, hanem a logisztikai és az infrastrukturális feltételek is. Hazánkban kettő katonai repülőtér képes a típus hosszú távú üzemeltetésére, mindennapos repülési feladatok végrehajtására. Ezek Kecskemét és Pápa. Az utóbbi években számos infrastrukturális fejlesztést hajtottak végre mindkét repülőbázison. A KC-390-es esetében a bázis reptér Kecskemét, itt 2020-ban új állóhelyeket, átfegyverző zónát, jégtelenítő állóhelyet és gurulóút szélesítést is kapott. Továbbá a Lima előtér főleg NATO célok kiszolgálására készült el, így ezen a forgalmi előtéren lesz lehetőség az új repülőgép repülésre történő felkészítésére.



21. ábra KC-135-ös repülőgépen „hot refuel” képesség gyakorlása [27]

További fejlesztési lehetőség a KC-390-es esetében az úgynevezett „hot refuel” képesség kialakítása, melynek lényege, hogy a repülő földi tüzelőanyag töltése járó hajtóművel történik meg, ezzel rövidítik le a földön töltött időt. Az Amerikai Légierő ezt a képességet a KC-135-ös

tankerokon nemrégiben kezdte el aktívan használni, az alakulatok egyértelmű időmegtakarításról számoltak be, de fontos, hogy mind a kiszolgáló személyzet és a repülő személyzet szoros együttműködése szükséges.

A képesség fenntartásához elengedhetetlen a műszaki támogatás hátterének megteremtése. A légi utántöltés képesség esetén fontos maga a repülőgép műszaki felkészítése, tüzelőanyagtartályok elhelyezése, légi utántöltő konténer felhelyezése, és a konténerek karbantartása is.

Jövőbeli lehetőségek a KC-390-es légi utántöltő képesség megszerzésével:

- a Gripen pilóták légi utántöltési jártasságának fenntartása és az új hajózók kiképzése;
- a KC-390-es légi utántölthetőség képességének kialakítása, ezzel is megnövelve a típus hatótávolságát;
- képesség felajánlása a szövetséges nemzetek számára (pl.: más országok hajózóinak kiképzése, felderítő repülések támogatása, nagy nemzeti gyakorlatokon tapasztalat szerzése más típusokkal is.)

6. ÖSSZEGZÉS, KÖVETKEZTETÉS

A légi utántöltés megjelenése óta számos hadszíntéren bizonyított ez a képesség, de a mai modern háborúkban is aktív szerepet tölt be. Rengeteget fejlődött a légi utántöltés technológiája, ma már nagyfokú automatizálás jellemzi. A jövőben pedig előfordulhat, hogy a légi utántöltést részben vagy teljesen át fogják venni a drónok.

A mai katonai szövetségek is kiemelt jelentőséget tulajdonítanak a képesség kialakításában. Például az Európai Védelmi Szövetség és kritikus területté nyilvánította a képességet és három fő munkavonal mellett dolgozik;

- A meglévő képesség optimalizálása
- A400M légi utántöltés képességének kialakítása
- Stratégiai Tanker Képesség (MMF) kialakítása

Véleményem szerint ezért fontos, hogy a Magyar Légierő is kialakítsa a légi utántöltés képességet, ezzel megnövelve, mind a szállító mind a vadászgépjeink hatótávolságát. Ezt a képességet pedig fontos, hogy felajánljuk a szövetségeseink légierőinek támogatására is.



22. ábra A 610-es oldalszámú KC-390-es leszállása a kecskeméti repülőtérre
(Fotó: Rozgonyi Cecília, a kép készítőjének engedélyével)

RÖVIDÍTÉSEK

AAR	– Air-to-Air Refuelling
AARP	– Air-To Air Refueling Probe
AC–DC	– Alternating Current, Direct Current
ACM	– Additional Crew Member
AFFT	– Aft-Fuselage Tank/Forward Fuselage Tank
AFL	– Aircraft Flight Log
AIP	– Aeronautical Information Publication
ALTRV	– Altitude Reservation
ARM	– Aircraft Recovery Manual
BAR	– Boosted Aerial Refueling
BDA	– Boom Drogue Adapter
CAOC	– Combined Air Operation Centre
CBIT	– Continuous Built In Test
DEU	– Data Entry Unit
DRCU	– Digital Refueling Control Unit
DRCS	– Digital Refueling Control System
DRP	– Dump Resistor Pack
EFU	– Emergency Functions Unit
FCV	– Fuel Control Valve
FL	– Flight Level
HDU	– Hose Drum Unit
IBIT	– Initiated Built In Test
LED	– Light-emitting Diode
MCU	– Motor Control Unit
MDU	– Motor Drive Unit
MMF	– Multi-Role Tanker Transporter Fleet
MMU	– Maintenance Memory Unit
MTOW	– Maximum Take Off Weight
NATO	– North Atlantic Treaty Organization
NVG	– Night Vision Goggle
PBIT	– Power-up Built in Test
PGI	– Pod Ground Interlock

RAT – Ram Air Turbine
RCU – Refuel Control Unit
SLU – Signal Light Unit
UAR – Unboosted Aerial Refueling
WARP – Wing Aerial Refueling Pod

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Brian J. Theiss, A Comparison of In-flight Refueling Methods for Fighter Aircraft: Boom-receptacle vs. Probe-and-drogue. Elérhető: <https://ojs.library.okstate.edu/osu/index.php/CARI/article/view/7559/6960>
- [2] AIR REFUELING: Without Tankers, We Cannot... Elérhető: <https://www.amc.af.mil/Portals/12/documents/AFD-131018-046.pdf>
- [3] V-22 Osprey Refueling from KC-135 Boom to Drogue Adapter (BDA): Elérhető: <https://airrefuelingarchive.wordpress.com/2011/04/23/v-22-osprey-refueling-from-kc-135-boom-to-drogue-adapter-bda/>
- [4] Multipoint Aerial Refueling: A Review and Assessment. Elérhető: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/documented_briefings/2007/DB152.pdf
- [5] ARSAG (Aerial Refueling Systems Advisory Group) Guidance Document Aerial Refueling Probe/Drogue System. Elérhető: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/AD1064517.pdf>
- [6] Jinrui REN, Quan QUAN, Progress in modeling and control of probe-and-drogue autonomous aerial refueling. Chinese Journal of Aeronautics Volume 37, Issue 5, May 2024, Pages 6-26. Elérhető: <https://doi.org/10.1016/j.cja.2023.11.011>
- [7] Kavas László, Óvári Gyula, Varga Béla Repülőeszközök tüzelőanyaggal történő légiutántöltésének módszerei, hagyományos és újalkalmazási lehetőségei Elérhető: <https://www.repulestudomany.hu/kiadvanyok/RepSzem-2016.pdf>
- [8] Roy Langton, Chuck Clark, Martin Hewitt, Lonnie Richards: Aircraft Fuel Systems
- [9] Nagy László, Szabó Miklós: A harcászati légi szállító képesség fejlesztése a Magyar Honvédségben Elérhető: https://real.mtak.hu/123899/1/HT_2021-2_cikk_05.pdf
- [10] Embraer KC-390 Aircraft maintenance manual, Chapter 48, Air-to-air refueling (AAR): Tanker
- [11] Embraer KC-390 Aircraft maintenance manual, Chapter 28, Fuel
- [12] KC-390 Brochure 2023 Elérhető: <https://defense.embraer.com/wp-content/uploads/2024/06/C-390-Millennium-Brochure-2023-English.pdf>
- [13] The Victor Association AAR Principles Elérhető: http://www.thevictorassociation.org.uk/?page_id=57
- [14] IVAO Documentation Library Air to Air Refuelling Elérhető: <https://wiki.ivao.aero/en/home/specialoperations/Documentation/AAR>

- [15] Szvath, T., & Orosz, Z. (2021). Hungarian AAR Concept – Way Ahead. Honvédségi Szemle – Hungarian Defence Review, 145 (1), 96–106. Elérhető <https://kiadvany.magyarhonvedseg.hu/index.php/honvszemle/article/view/506>
- [16] Lancaster tanker and a Meteor receiver. Elérhető: https://nje.aero/wp-content/uploads/2023/01/1948_-_Lancaster_tanker_and_a_Meteor_receiver-bw_W768.jpg
- [17] Sketch of the aerial refuelling configuration with the probe and drogue system <https://www.researchgate.net/profile/Nicolas-Fezans/publication/322266979/figure/fig8/AS:668599458992130@1536417941359/Sketch-of-the-aerial-refuelling-configuration-with-the-probe-and-drogue-system.png>
- [18] BDA átalakító készlettel felszerelt KC-135-ös tanker tankol egy német Tornadot. Elérhető: <https://media.defense.gov/2019/Sep/12/2002181654/-1/-1/0/190910-F-BT441-0005.JPG>
- [19] Integrált tüzelőanyag-kezelő és súlypont rendszer Elérhető: <https://ark-raa.s3.eu-west1.amazonaws.com/items/661/thumb/ICKUhjaIvF.jpg>
- [20] KC-390-es szállító repülőgép tüzelőanyag rendszere. Elérhető: <https://defense.embraer.com/wp-content/uploads/2024/06/C-390-Millennium-Brochure-2023-English.pdf>
- [21] Embraer KC-390 tanker tests Cobham aerial refueling system <https://hu.pinterest.com/pin/111604896995398399/>
- [22] A400M repülőgép a kosárra való csatlakozás előtt. Elérhető: <https://x.com/AirMobilityRAF/status/1617448802583027715/photo/1>
- [23] Párizsi légiparádé 2023 nagyképekben. Elérhető: <https://www.repulnijo.hu/wp-content/uploads/2023/06/390egy.jpg>
- [24] Cobham air to air Refueling on Embraer's KC-390. Elérhető: https://www.youtube.com/watch?v=wjMaWY_J8E8
- [25] Mi vár 2026 után a svéd JAS 39C/D flottára? Elérhető: https://honvedelem.hu/media/cache/width_1200_p/images/media/5f9aee34f34e7347320437.jpg
- [26] Air to Air Refuelling. Elérhető: <https://wiki.ivao.aero/en/home/specialoperations/Documentation/AAR>
- [27] Air Force Tech. Sgt. Alexander Cook Rapid Refueling. Elérhető: https://supportourtroops.org/images/news/24-08-27/03_Air_Force_Hot_pit_refueling_aircraft_refueling_engines_running_static_electricity_danger_Support_Our_Troops.jpg
- [28] Thornton, K. "Hungarian air force performs first historic air refuelling with help from NATO ally, partner". U.S. Air Forces In Europe & Air Forces Africa. 13 July 2015. Elérhető: <http://www.usafe.af.mil/News/Article-Display/Article/748212/hungarian-air-force-performs-first-historic-air-refuelling-with-help-from-nato-a/>

- [29] Bottyán Zsolt, Dunai Pál, Fekete Csaba, Gajdos Máté, Palik Mátyás, Sápi Lajos, Vas Tímea: A repülésirányítás alapjai. In Palik Mátyás szerk. Dialóg Campus Kiadó, 2018. Elérhető: [https://www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/Palik%20M%C3%A1ty%C3%A1s%20\(szerk.\).pdf](https://www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/Palik%20M%C3%A1ty%C3%A1s%20(szerk.).pdf)
- [30] Az együttműködés folytatódik Elérhető: <https://honvedelem.hu/hirek/az-egyuttmukodes-folytatodik.html>
- [31] ATP-56(A) Air to Air Refuelling (AJP 3.3.4.2)
- [32] Björn Rüdén Behind the scenes of Gripen air-to-air refuelling certification Elérhető: <https://www.key.aero/article/behind-scenes-gripen-air-air-refuelling-certification>
- [33] NATO - STANAG 3447 air-to-air (aerial) refuelling equipment: probe-drogue interface characteristics. Elérhető: <https://standards.globalspec.com/std/10027998/stanag-3447>

ÁBRAJEGYZÉK

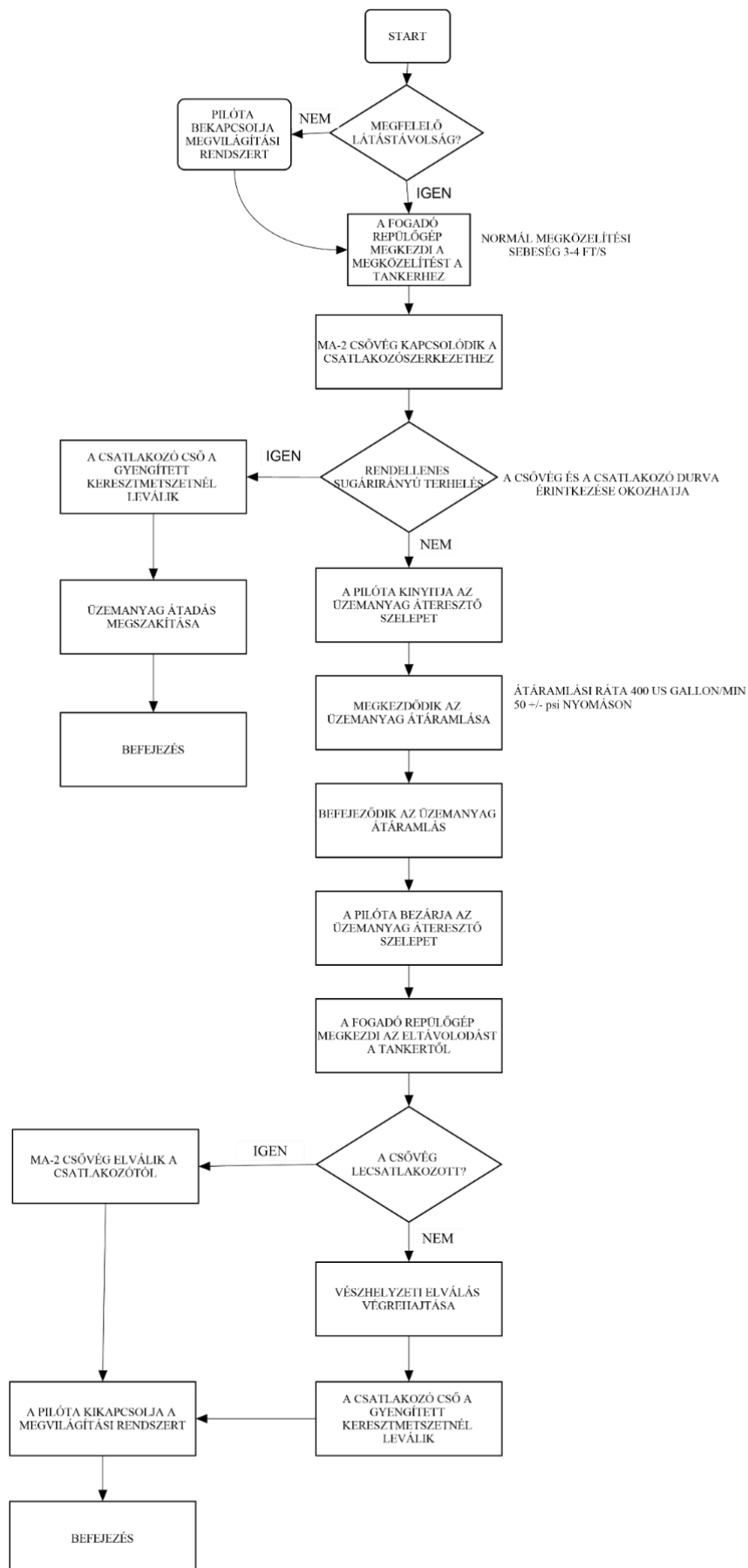
1. ábra Avro Lancaster és Gloster Meteor légi utántöltés közben [16].....	6
2. ábra Probe and drogue rendszer felépítése [17].....	7
3. ábra BDA átalakító készlettel felszerelt KC-135-ös tankol egy német Tornadot [18]	8
4. ábra Integrált tüzelőanyag-kezelő és súlypont rendszer [19]	10
5. ábra KC-390-es repülőgépek tüzelőanyagrendszere törzstartályokkal (A szerző szerkesztése a [11] alapján)	11
6. ábra KC-390-es szállító repülőgép tüzelőanyag rendszere légi utántöltő konfigurációban [20]	12
7. ábra A Cobham cégcsoport által gyártott konténer [21]	13
8. ábra Tömlő dob mozgató/szabályozó egység és a tömlődob (HDU – Hose Drum Unit) [A szerző szerkesztése]	16
9. ábra Cobham 912E Légi utántöltő konténer vezérlési struktúrája (A szerző szerkesztése a [10] alapján)	17
10. ábra A400M repülőgép a kosárra való csatlakozás előtt [22].....	19
11. ábra A légi utántöltést vezérlő berendezés [23]	20
12. ábra Légi tüzelőanyag-utántöltő repülőgép vezérlő panel [23]	20
13. ábra Légi utántöltő repülőgép fényei (AAR Lights) (A szerző szerkesztése a [10] alapján)	21
14. ábra Légi utántöltő repülőgépen elhelyezett jelzőfény és kamera [24]	21
15. ábra A bal oldali függesztmény vezérlő panelje [23]	22
16. ábra Qr kód KC-390-es légi utántöltés végrehajtása [24]	23
17. ábra A KC-390-esen található csatlakozó cső (Fotó: Horváth Ádám, a kép készítőjének engedélyével).....	25
18. ábra JAS-39 Gripen légi utántöltés közben [25]	26
19. ábra A légi utántöltésre használt légtér felépítése [26]	28
20. ábra Ohio Nemzeti Gárda KC-135 típusú repülőgépe a kecskeméti katonai repülőtéren (Fotó: Rozgonyi Cecília a kép készítőjének engedélyével).....	32
21. ábra KC-135-ös repülőgépen „hot refuel” képesség gyakorlása [27]	32
22. ábra A 610-es oldalszámú KC-390-es leszállása a kecskeméti repülőtérré (Fotó: Rozgonyi Cecília, a kép készítőjének engedélyével).....	34

MELLÉKLETEK

1. melléklet

2. melléklet

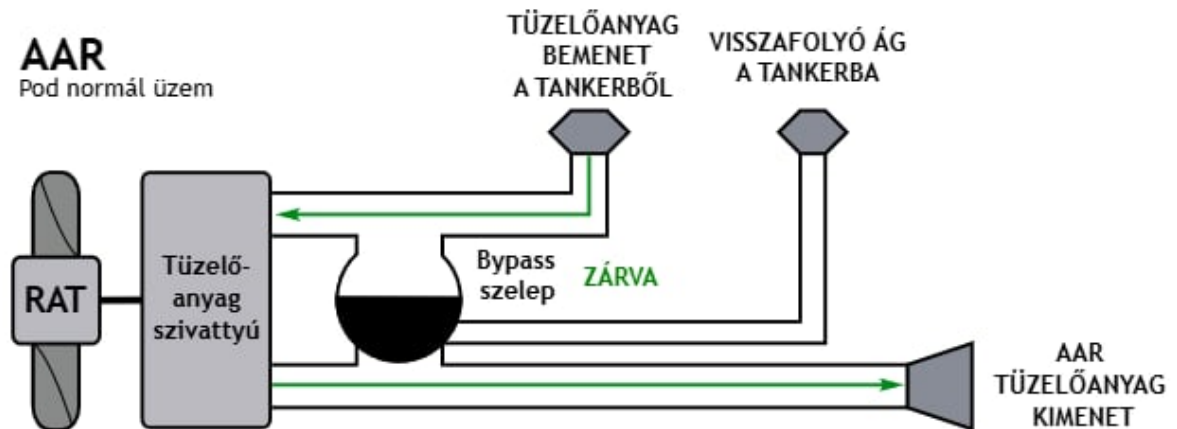
1. MELLÉKLET



2. MELLÉKLET

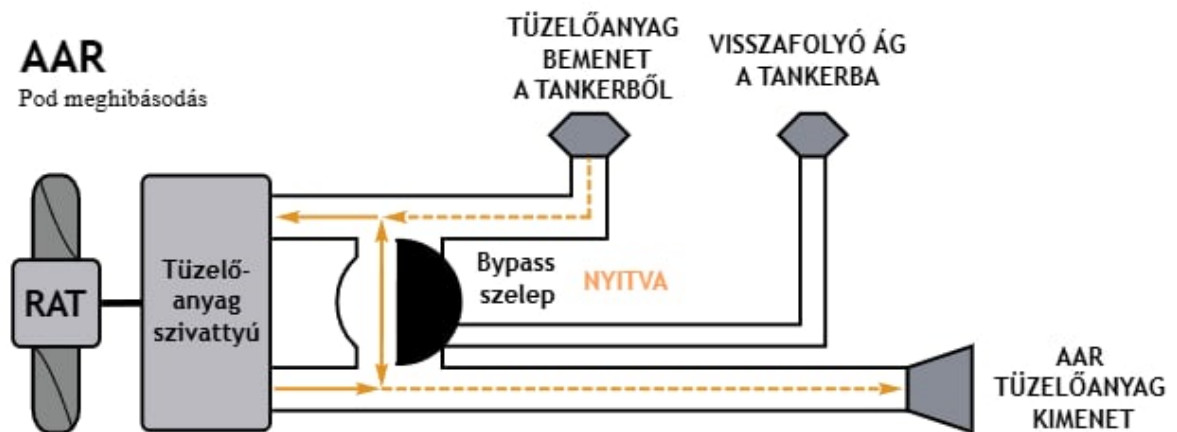
AAR

Pod normál üzem



AAR

Pod meghibásodás



AAR problémák

Pod meghibásodás

