

SZAKDOLGOZAT

Hideg Róbert
Kenéstechnológiai és Tribo-diagnosztikai szakember szak

Gödöllő
2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Műszaki Intézet / Mechatronika Campus
Kenéstechnológiai és Tribo-diagnosztikai szakember
szak

Repülőeszközök tribo-diagnosztikai vizsgálata a Magyar
Honvédségben

Belső konzulens:	Dr. Zsidai László egyetemi tanár, tanszékvezető
Külső konzulens:	Weibert Ferenc eredeti berendezésgyártók koordinátor MOL-LUB Kft.
Készítette:	Hideg Róbert W0ZDYU levelező tagozat
Intézet/Tanszék:	Műszaki Intézet / Anyag- tudományi és Gépipari folyamatok tanszék

Gödöllő
2024

MŰSZAKI INTÉZET

Kenéstechnológiai és Tribo-diagnosztikai szakmérnök / szakember

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Hideg Róbert (W0ZDYU)

részére

A szakdolgozat címe:

Repülőeszközök tribo-diagnosztikai vizsgálata a Magyar Honvédségben

Feladatkiírás:

Bevezetés, cégbemutató, szakirodalom feldolgozása, probléma bemutatása, laktanyai ellátás, tábori hajtóanyag raktárak – Üzemanyag ellátás gyakorlatokon, minősített időszakban, a repülőpetróleum szabványban meghatározott vizsgálati eljárásai, Repülőeszközök olaj vizsgálata, fejlesztési lehetőségek az olajvizsgálat területén SWOT analízis, gazdasági számítás, összefoglalás

Közreműködő tanszék: Anyagtudományi- és Gépipari Folyamatok

Külső konzulens: *Weibert Ferenc* Eredeti Berendezésgyártók Koordinátor, MOL-LUB Kft.
Termékfejlesztési és Alkalmazástechnikai Központ

Belső konzulens: *Dr. Zsidai László* egyetemi tanár, MATE MI

Beadási határidő: 2024. november 5

Gödöllő, 2024. szeptember 9

Jóváhagyom


(tanszékvezető)

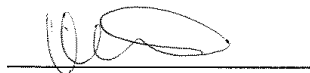

(szakfelelős)

Átvettem


(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2024.


(külső konzulens)

Tartalom

1. Előszó.....	5
2. Magyar Honvédség üzemanyag ellátásának rendszere	8
2.1. Üzemanyag fogalma és típusai a katonai ellátásban.....	8
2.1.1. Hajtóanyagok.....	8
2.1.2. Kenőanyagok.....	8
2.1.3. Speciális folyadékok és egyéb karbantartó anyagok.....	9
2.2. Hajtóanyag ellátás békeidőszakban – Laktanyai ellátás.....	9
2.3. Tábori hajtóanyag raktárak – Üzemanyag ellátás gyakorlatokon.....	12
2.3.1. Tábori Hajtóanyag Raktár	12
2.3.2. Tábori Hajtóanyag Töltő Pont	13
2.3.3. Taktikai Feltöltő Pont	14
2.3.4. Légijárművek tüzelőanyagainak átvétele, tárolása, felhasználása	15
3. Repülőeszközök hajtóanyagai és velük szemben támasztott követelmények	18
3.1. A tüzelőanyaghoz kapcsolódó alapfogalmak.....	18
3.2. Kőolaj feldolgozó technológiák, frakcionálás, krakkolás.....	19
3.2.1. Atmoszférikus desztilláció	20
3.2.2. Vákuum desztilláció	20
3.2.3. Finomítás	21
3.2.4. Paraffin mentesítés	21
3.2.5. Hidrokrakk (HC) olajok	21
3.2.6. Utókezelés	22
3.3. Repülőeszközök hagyományos tüzelőanyagai és azok tulajdonságai.....	22
3.3.1. Repülőbenzin	24
3.3.2. Sugárhajtómű üzemanyagok	25

3.3.3. Gázolaj használata a repülésben	29
3.3.4. Alternatív üzemanyagok	29
4. Minőségbiztosítás és minőségellenőrzés, a hatékony működés alapja	30
4.1. A minőség és a minőségügy értelmezése	30
4.2. Az egységesítésre, átláthatóságra való törekvés – a szabványosítás története	31
4.3. Minőségirányítási rendszer a Magyar Honvédségben.....	31
5. Repülőeszközök üzemanyagainak vizsgálati eljárásai.....	34
5.1. A repülőpetróleum szabványban meghatározott vizsgálatai	34
5.1.1. Lobbanáspont vizsgálata.....	35
5.1.2. Desztillációs jellemzők meghatározása	35
5.1.3. Sűrűség vizsgálata.....	36
5.1.4. Savasság vizsgálata	36
5.1.5. Viskozitás vizsgálata	36
5.1.6. Kén tartalom vizsgálata	37
5.1.7. Zavarosodási pont és dermedéspont vizsgálata	37
5.1.8. Korrozíós hatás vizsgálata	38
5.1.9. Termikus stabilitás vizsgálata	38
5.1.10. Naftalintartalom vizsgálata	38
5.1.11. Elektromos vezetőképesség vizsgálata	38
5.1.12. Nem kormozó láng magasságának meghatározása	38
5.1.13. Szilárd szennyezőanyag-tartalom meghatározása.....	39
5.1.14. Aromás szénhidrogén-tartalom.....	39
5.1.15. Tényleges gyantatartalom vizsgálata	39
5.1.16. Kenőképesség mértékének vizsgálata	39
5.1.17. Szabad víz vizsgálata	40

5.2. Repülőeszközök olaj vizsgálata.....	40
5.2.1. Viszkozitás mérés.....	42
5.2.2. Savas-bázikus tulajdonságok mérése.....	42
5.2.3. Víztartalom meghatározása Karl Fischer módszerrel.....	43
5.2.4. Habzás vizsgálat.....	43
5.2.5. Röntgenfluoreszcenciás mérés (EDXRF)	43
5.2.6. Spektrometrikus olajelemzők (ICP-OES mérés)	43
5.2.7. IR – Infravörös spektroszkópia.....	45
5.2.8. Gázkromatográfia	46
5.2.9. Szilárd szennyezők meghatározása (analitikai ferrográfia)	46
6. Repülőeszközök használt olaj vizsgálata a Magyar Honvédségben	47
6.1.1. Jelenleg használt tribológiai műszer általános bemutatás.....	47
6.1.2. Működése.....	48
6.2. Fejlesztési lehetőségek az olajvizsgálat területén	51
6.2.1. Új helikopterek olajdiagnosztikájának jelenlegi eljárásrendje	51
6.2.2. Problémaelemzés és a SWOT–analízis módszertana.....	52
6.2.3. Multielement Oil Analyzer (MOA IV).....	55
6.2.4. ChipCHECK hordozható fémforgács részecskeelemző eszköz	56
6.2.5. RIGAKU NEX DE asztali XRF készülék	60
6.2.6. CAV 4.2 Automatikus Kinematikai Viszkóziméter	61
7. Gazdasági elemzés, hosszútávú tervezés	63
7.1.1. Lehetséges beszerzések értékei	63
7.1.2. Beszerzésre kerülő műszerek részletes stratégiai elemzése	65
7.1.3. A beszerzés várható hatása a szervezeten belül és kívül.....	67
8. Összegzés, javaslattétel	69

9. Nyilatkozatok.....	71
Szerzői nyilatkozat.....	71
Szerzői nyilatkozat.....	72
Konzultációs nyilatkozat.....	73
10. Irodalomjegyzék.....	74
11. Mellékletek jegyzéke.....	77

1. Előszó

Közel harminc éve dolgozom a Magyar Honvédség (a továbbiakban: MH) üzemanyag ellátási rendszerének különböző területein. Munkám során lehetőségem volt üzemanyag biztosítási feladatokban részt venni hazai környezetben – békeellátásban, különféle gyakorlatok, kitelepülések során, a vörösiszap-katasztrófa alkalmával, a határőrizeti célú ideiglenes biztonsági határzár létesítése idején, a tömeges bevándorlás miatt kihirdetett válsághelyzet közben, – valamint műveleti területen, nemzetközi környezetben is. Az üzemanyag ellátás kulcsfontosságú tényező egy haderő számára, melynek két sarokpontja a mennyiség és a minőség. A második világháború utolsó nagy német offenzívája a nyugati fronton, a belgiumi Ardenneknben volt. Az offenzíva során az utánpótlás akadozott, így az előre nyomuló páncélosoknak gyakran az ellenségtől elfoglalt készletekre kellett hagyatkozniuk. Hiába volt nagy a nehéz német páncélosok fölénye, számos hadtörténész felhívja a figyelmet legnagyobb gyengeségükre, az üzemanyaghiányra.¹ A hajtóanyag nem elegendő mennyisége döntően befolyásolta az ütközet kimenetelét.

A választásom azért esett erre a témára, mert a mennyiség mellett az üzemanyagok minőségi követelményeinek pontos meghatározása elengedhetetlen a páncélos és gép-, harc-, műszaki-, légijárművek zavartalan, biztonságos üzemeltetéséhez, a fegyveres harcok győztes megvívásához. Gyakran alábecsülik a kenőanyagok alkalmazását, pedig a tribológiai rendszerekben a kenőanyagok ugyanolyan gépelemek, mint a csapágyak, tengelyek, orsók, szelepek.

Repülőeszközök manőverezése során, a változó magasságban, a különböző nyomású és hőmérsékletű légtérben, a hajtóműnek és az üzemanyag-ellátó rendszernek mindig biztonságosan kell működnie. A harcjárműveknél használt üzemanyagoknak a variábilis körülmények ellenére állandó tulajdonságokkal kell rendelkezniük (például egy pontonhíd lerakásában résztvevő autódaru hidraulika rendszere a kavitációra nem lehet érzékeny, mert a hidraulika-rendszerbe töltött olaj szakaszos állapotba kerülhet, ami a hidraulikus alkatrészek élettartamát lerövidíti, a berendezés meghibásodását okozza, és súlyos esetekben tragédiához is vezethet).

¹ Robin Cross Az ardenneki ütközet – 1944. Budapest. Hajja Book kft. 2003.

A katonai logisztika alapvető feladata a logisztikai támogatás, amely magában foglalja az MH alaprendeltetéséből eredő, valamint a szövetséges- és nemzetközi szerződésekben foglalt kötelezettségek teljesítéséből adódó katonai műveletek logisztikai szükségleteinek kielégítését, hozzájárul a katonai szervezetek állandó hadrafoghatóságának és harcképességének fenntartásához.[1] Ezért létfontosságú az MH-ban alkalmazott üzemanyagokra vonatkozó minőségbiztosítási követelmények pontos meghatározása, melyet nemzetközi szabványok és belső előírások szabályoznak, amelyek rendkívül szigorúak. Ezek a szigorú szabályok meghatározása és következetes betartása tudja megakadályozni a katasztrófákat, csökkenteni a műszaki meghibásodásokat.

Az előbbiekre alapozva a dolgozatomban egyik célja bemutatni a repülőeszközök jelenlegi tribo-diagnosztikai vizsgálatait. Másik célja feltérképezni a tribológiai vizsgálatokat végző műszerek lehetséges fejlesztésének irányát, valamint megfogalmazni a konkrét műszerek beszerzésére tett javaslatokat.

Dolgozatomban részletesen ismertetem az MH üzemanyag szakterületének minőségirányítási rendszerét és működtetését. Bemutatom a repülő hajtó-, kenőanyagok esetében alkalmazott vizsgálati módszereket, gyakorlati oldalról betekintést nyújtok, hogy a katonai szervezetek hogyan vizsgálják az üzemanyag minőségét a beszállításkor, tároláskor és felhasználás előtt. Mivel a hajtóanyag ellátási-lánc több szintre tagozódik, minősített időszakban a tábori hajtóanyag-raktárak különböző mélységben, különböző feladatokkal működnek. Ezért részletesen bemutatom a tábori hajtóanyag raktárak feladatait, mélységi tagozódásukat. Dolgozatomban második részében az MH repülőeszközeinek tribo-diagnosztikai rendszerének jelenlegi helyzetét ismertetem, majd a közép és hosszútávú fejlesztésének lehetséges alternatíváit vizsgálom, amik potenciális lehetőséget nyújtanak arra, hogy ennek a kiemelt területnek az egész spektrumát az MH saját erőforrásával, önállóan tudja megvalósítani.

Ezen a helyen szeretném megköszönni a Műszaki Tanszék minden tanárának és a MOL-LUB Kenőanyag Gyártó forgalmazó és Szolgáltató Kft. munkatársainak az előadásokon biztosított inspiráló atmoszférát, a számos aktuális információt, melyek pragmatikussá tették a tankönyvben leírtakat és a téma mélyebb tanulmányozására ösztönöztek.

Továbbá szeretném megköszönni Dr. Zsidai László tanárúrnak és Weibert Ferenc úrnak szakdolgozatom konzulenseinek, hogy elvállalták a témavezetést, bátorító útmutatásukkal, türelmükkel átsegítettek a mélypontokon és hasznos tanácsokkal láttak el.

2. Magyar Honvédség üzemanyag ellátásának rendszere

2.1. Üzemanyag fogalma és típusai a katonai ellátásban

A HTP/1 szabályzat részletesen meghatározza az üzemanyag fogalmát, mely szerint üzemanyagnak nevezzük az MH szárazföldi, légi, vízi harceszközei, valamint gépi berendezései és egyéb eszközei üzemeltetéséhez, karbantartásához, javításához szükséges hajtó-, kenő-, karbantartó anyagokat, valamint az ellátási körébe tartozó egyéb anyagokat. [2]

2.1.1. Hajtóanyagok

A hajtóanyagok első kategóriáját alkotják a szikra gyújtású, Otto-motorok hajtóanyagai, mely két csoportból áll: az ólompótló adalékkal ellátott (NATO Code: F-57), valamint az ólommentes autóbenzinek (F-67). Második kategóriába tartoznak a kompressziógyújtású, Diesel motorok hajtóanyagai: a katonai gázolaj (F-54) és annak téli változata, mely 50-50 %-ban van keverve repülőpetróleummal. A hajtóanyagok harmadik csoportja a gázturbina által hajtott technikai eszközök hajtóanyagai: a JETA-1 katonai repülőpetróleum, mely kopáscsökkentő, valamint jegesedésgátló adalékkal kerül adalékolásra (F-34), az adalékolatlan JETA-1 repülőpetróleum (F-35). Ehhez a kategóriához tartozik még a RB-100LL típusú repülőbenzin, mely a dugattyús repülőgép motorok hajtóanyaga (F-18). [3]

2.1.2. Kenőanyagok

A kenőanyagok az egymással kölcsönhatásban levő, elmozduló gépelemek határfelületei között rugalmas kapcsolatot létesítő szerkezeti elemek. A kenőanyagok speciálisan és célirányosan előállított ipari termékek, amelyek lehetnek gáz, cseppfolyós, plastikus (konzisztens) és szilárd állapotúak. A folyadékszerű és konzisztens kenőanyagok a viszko-elasztikus, viszko-plasztikus, ill. pszeudoplasztikus anyagok csoportjába tartoznak, ami azt jelenti, hogy úgy a rugalmas, mint a képlékeny alakváltozásukat a pillanatnyi viszkozitásuk határozza meg. A kenőanyagok két összetevőből állnak: a bázisolajból, mely alapján meghatározza az olaj teljesítményjellemzőit, csökkenti a súrlódást, kopást, megelőzi a korróziót, hűtőfolyadékként működik, valamint a folyadékban tartja és eltávolítja az égéstermékeket. A kenőanyag másik fő összetevője a különböző adalékok, melyek a kenőanyagokba keverve javítják a már meglévő előnyös tulajdonságokat. Hatásukat vizsgálva ezek lehetnek lerakódás kontrolláló adalékok,

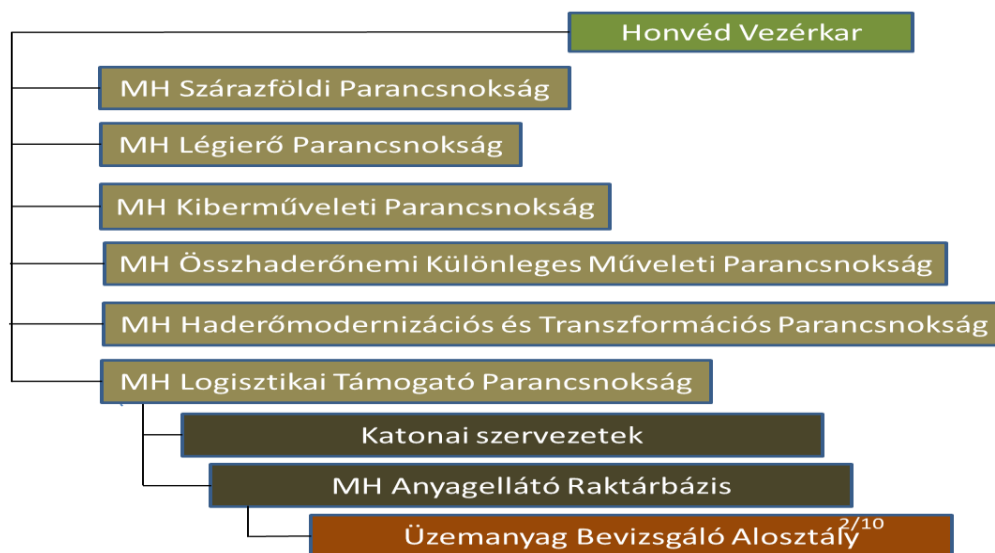
súrlódás csökkentő és kopásgátló adalékok, folyási tulajdonság módosító adalékok, habzásgátló, valamint tapadásjavító adalékok. A kenőolajok alkalmazásuk szerint, lehetnek közlekedési olajok (személygépkocsi-motorok, teherjármű motorok, sebességváltó-folyadékok, kormányfolyadékok, hajómotorok, repülőgép turbinák olajai), ipari olajok (hidraulika, kompresszorok, turbinák, ipari motorok, hajtóművek, zsírok, fémmegmunkáló folyadékok). [4][5]

2.1.3. Speciális folyadékok és egyéb karbantartó anyagok

Ebbe a kategóriába a különböző hőerőgépek üzemeltetéséhez szükséges egyéb anyagok tartoznak. Ezek a különböző tisztító folyadékok, zsírtalanító alkoholok, fagyálló hűtőfolyadékok, hidegindítók, műszerfalápolók, szélvédőmosó folyadékok, kénsav, valamint egyéb speciális karbantartóanyagok.

2.2. Hajtóanyag ellátás békeidőszakban – Laktanyai ellátás

Az üzemanyag a nemzetgazdaságból a végső felhasználóig, a csapatokig, egy ellátási láncon keresztül jut el. Ez az ellátási lánc három szintre tagozódik: felső (stratégiai) szintű, középszintű, valamint egységszintű szervezetekre. Az 1. ábra mutatja a Magyar Honvédség üzemanyag ellátásának szervezeti tagozódását.



1. ábra: A Magyar Honvédség üzemanyag ellátásának szervezeti tagozódása

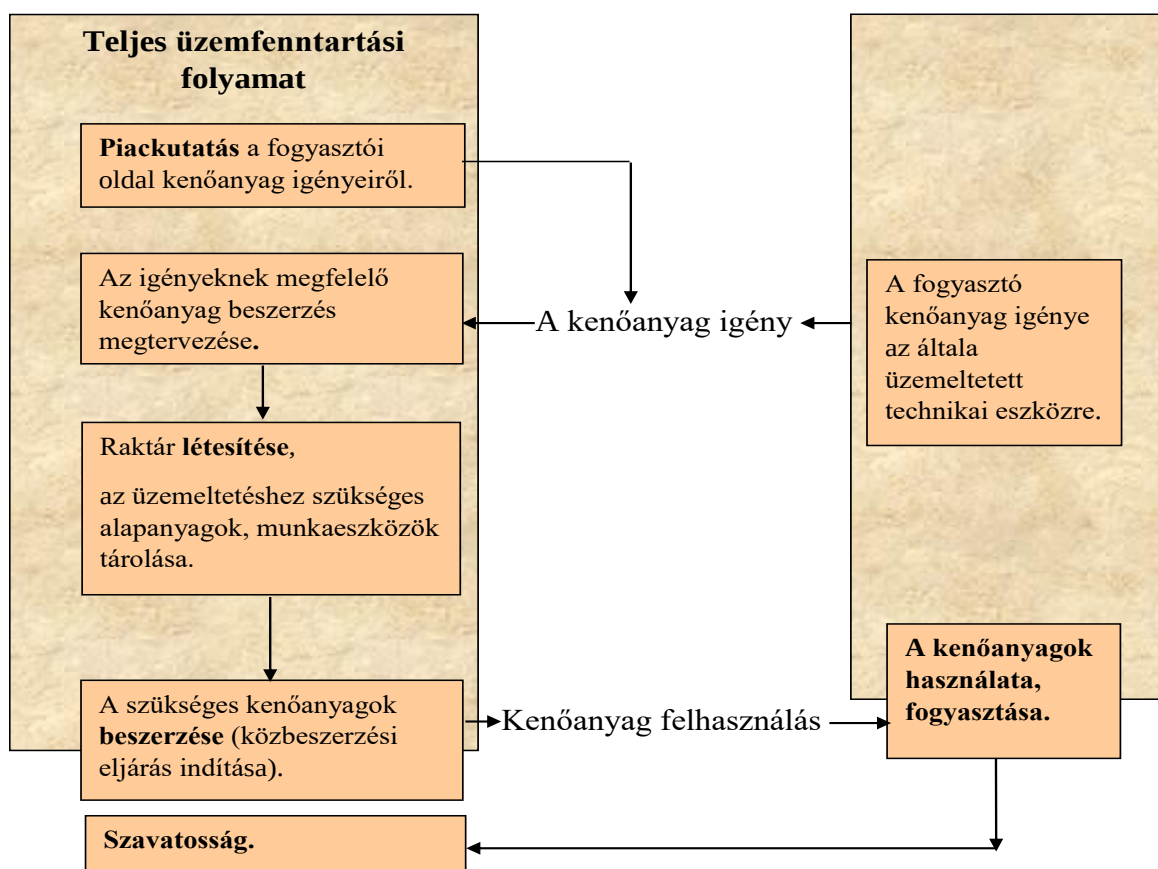
A Honvéd Vezérkar (HVK) az ország katonai védelemre való felkészítésének stratégiai szintű tervező-szervező és az MH katonai tevékenységének felső és műveleti szintű feladatait irányító vezető szerve. Önálló szervezeti egysége a HVK Logisztikai

Csoportfőnökség, melynek alárendeltégébe tartozik az MH középszintű logisztikai szervezete, az MH Logisztikai és Támogató Parancsnokság. [6]

Középszintű szervezatként biztosítja az MH honvédségi szervezetei üzemanyag ellátásának tervezésével és végrehajtásával kapcsolatos feladatait. Részt vesz az MH üzemanyag szakkiképzésének tervezésében, szervezésében, végrehajtásában. A NATO, EU igények szerint hatáskörében végzi a Befogadó Nemzeti Támogatás (a továbbiakban: BNT) üzemanyag ellátásának tervezésével és szervezésével kapcsolatos feladatokat. Irányítja és végzi az MH üzemanyag-gazdálkodással és a központi logisztikai ellátás keretébe tartozó beszerzési eljárások lefolytatásával kapcsolatos feladatokat. Irányítja a honvédségi szervezetek üzemanyagokkal való ellátását, a szaktechnikai eszközök és anyagok központi technikai kiszolgálását, javítását. [7]

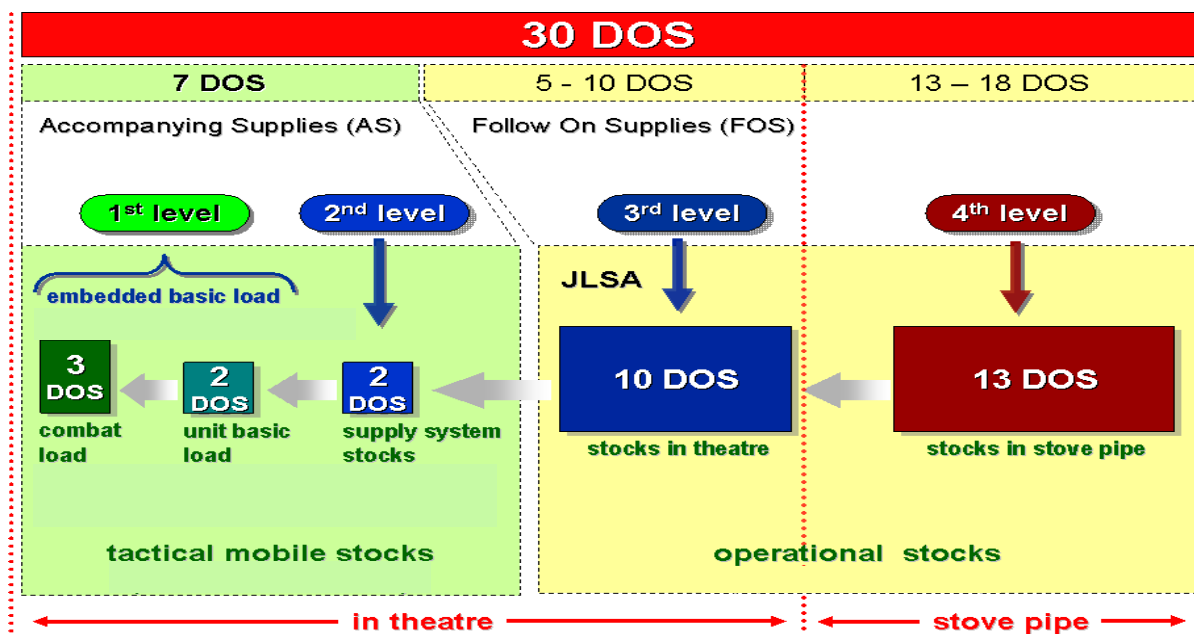
Egyik alárendelt katonai szervezete az MH Anyagellátó Raktárbázis (továbbiakban: MH ARB), mely többek között végzi az MH részére beszerzett üzemanyagok átvételét, tárolását, kiszállítását. Az MH ARB minőségbiztosításért felelős szervezeti eleme az Üzemanyag Bevizsgáló Alosztály, mely feladata a beérkező üzemanyag minták szabvány szerinti vizsgálata, a vizsgálati bizonyítványok kiállítása és kiadása, valamint a felhasználás és tárolás során az üzemanyag-minőséggel kapcsolatos problémák kivizsgálása.

Békeidőszakban a gazdaságosság és az egyszerűség elve szerint a nemzetgazdaságból közvetlen módon kerül a hajtóanyag a csapatokhoz, felhasználókhoz. A katonai szervezetek az érkezett hajtóanyagot az SAP aLOGIR nyilvántartási programban bevételezik, megalakítják az előírt készleteiket, megszervezik a honvédségi szervezet ellátását. A 2. ábra mutatja a Magyar Honvédség teljes üzemanyag igénykielégítési folyamatát.



2. ábra: A Magyar Honvédség teljes üzemanyag igénykielégítési folyamatát bemutató ábra [29]

Háborúban a győzelem kivívásának elengedhetetlen feltétele, hogy az ellenség megsemmisítése, létfontosságú körleteinek elfoglalása. Ahhoz, hogy ezt elérhessük, csapatainknak el kell hagyni béke diszlokációit és a harc megvívásához szükséges harcrendet kell felvenniük. Ez a manőver az ellenségtől való távolság függvényében, rövidebb-hosszabb menet végrehajtásával jár. Ezeknek az átcsoportosításoknak a végrehajtásához különböző nagyságú készletek megalakításával kell tervezni. Az 3. ábra mutatja a NATO által meghatározott készletképzési előírásokat.



3. sz. ábra A NATO kompatibilis készletképzés [8]

2.3. Tábori hajtóanyag raktárak – Üzemanyag ellátás gyakorlatokon

Ahogy békeidőszakban láttuk, az üzemanyag ellátás különböző szinteken valósul meg, több komponensen halad végig, míg eljut a végfelhasználóhoz. Gyakorlatok alkalmával, valamint minősített időszakban is az üzemanyag ellátási lánc – feladatától függően – több szintre tagolódik. [9]

2.3.1. Tábori Hajtóanyag Raktár

A tagozódás legfelső eleme, mely hadműveleti mélységbe települ, azonban szemben a Tábori Üzemanyag Raktárral kizárólag hajtóanyagra specializálódik. Csővezeték-rendszerével képes a nemzetgazdaságból, vagy a központi raktárakból letárolni az érkező hajtóanyagot. Azt mobil konténerekben vagy elasztikus tartályokban tárolja, melynek tárolókapacitása 200-1200 m³ is lehet. A tárolt hajtóanyagot – az érkező igények szerint – töltőgépjárművekkel szállítja el a dandárok részére. Rendelkezik mobil Üzemanyag Laboratóriumi Konténerrel, mely egy önállóan telepíthető, mozgó laboratórium, saját aggregátorral, klímaberendezéssel és nagy teljesítményű szünetmentes tápegységgel. [7] A húszlábas konténer, a folyamatos anyagátvétel és a minőségbiztosítás miatt a raktár nélkülözhetetlen eleme. Telepítéséhez szükséges idő: 3-7 nap. [9]

Az 4. ábra egy német tábori üzemanyagraktárt mutat be Afganisztánban.



4. ábra: Német tábori üzemanyagraktár Afganisztánban (Mazar-e Sharif)

2.3.2. Tábori Hajtóanyag Töltő Pont

Ez az elem már a dandár hajtóanyag igényeit biztosítja, általában a második logisztikai lépcsőben. 25-100 m³ tárolókapacitású elasztikus tartályokban tárolja a dandárkészletet, feladata a zászlóaljakra való rászállítás.

A felépítésével és üzemeltetésével szemben támasztott követelmények:

- kiépítése ne legyen munka- és időigényes;
- szállítása ellasztikus tartályokkal együtt 1-2 tehergépkocsin végrehajtható legyen;
- kezelése legyen egyszerű;
- készítése, üzemeltetése minimális személyi állománnyal végrehajtható legyen (4-5 fő).

Mivel rendelkezik beépített töltőfejekkel, kannatöltő berendezéssel, mobil szivattyúkkal, így alkalmas a haditechnikai eszközök közvetlen feltöltésére is. Telepítéséhez szükséges idő: 3 óra. [9] Az 5. ábra egy magyar tábori üzemanyagraktárt mutat be.



5. ábra: Magyar tábori üzemanyagraktár Táborfalván²

2.3.3. Taktikai Feltöltő Pont

Ez a logisztikai lépcső legelső szintje, feladata a zászlóaljak hőerőgépeinek hajtóanyaggal történő ellátása, a harcoló erők közvetlen támogatása. A Feltöltő Pont már nem rendelkezik elasztikus tartályokkal, hanem az ideiglenes (nem tartós idejű) tárolást és a harcjárművek feltöltését üzemanyag töltő gépjárművek végzik, melyeknek tárolókapacitása 5-18 m³. A három tábori raktár közül ennél a legfontosabb a mobilitás, ezért itt nincs telepítési idő, ahogy kijön a harczonából a harcjármű, már indul is a feltöltés. Hátránya azonban, hogy itt a legnagyobb a párolgási veszteség, ezért csak indokolt esetben kell alkalmazni.

A különböző szinteken elhelyezkedő tábori raktárak biztosítják a hajtóanyag készletek lépcsőzését, a szükséges mennyiségek végfelhasználóhoz történő eljutását. A tagozódás nincs mereven köbe vésve, a raktárak rugalmasan telepíthetők a különböző szintekre, viszont a berendezéseknek mindenkor kompatibiliseknek kell lenniük egymással és a nemzetgazdaságban használtakkal. Az 6. ábra harckocsik feltöltését mutatja be gyakorlat közben. A 7. ábra CH-47 Chinook FARP -ra történő leszállása mutatja be.

² Forrás: A szerző által készített fotó (MH ARB Tábor Ellátó Csoport, Táborfalva, 2017.)



6. ábra: Harckocsik feltöltése gyakorlat közben [10]

7. ábra: CH-47 Chinook FARP³-ra történő leszállása [11]

Tartálykocsiból telepített töltősor előnye:

- telepítése rövid időt vesz igénybe; kiszolgálásához a forgalomirányítókön kívül más személy nem kell;
- nagy manőverezőképességgel rendelkezik; töltőgépkocsik teljesítőképessége jól kihasználható; lebontása percek alatt megoldható.

Ezzel a módszerrel végrehajtott feltöltésekbe a magasabb egységek is be tudnak segíteni alárendeltjeik feltöltésébe, vagy egy-egy egység gyors feltöltését önállóan is végre tudják hajtani úgy, hogy az előre vonás útvonalán (útvonal mellett) a meglevő töltőgépkocsik egy részéből töltősort alakít. [9]

2.3.4. Légijárművek tüzelőanyagainak átvétele, tárolása, felhasználása

A beérkező repülő-hajtóanyag szállítmányok átvételét legalább három fős bizottság végzi, mely ellenőrzi a szállítmány okmányait, Minőségi bizonyítványát, a rekeszek plombázottságát, valamint a fuvarokmányokon feltüntetett plomba sorszámainak egyezőségét a tartálykocsin lévőekkel. Ha nem merül fel rendellenesség, megkezdődik a szállítmány minőségi átvétele. A tartálykocsi minden rekeszét mintavétel előtt, a lefejtő csonkokban esetlegesen bennmaradt víz és mechanikai szennyeződés eltávolítása céljából meg kell csapatni, amit addig kell folytatni, amíg megfelelő tisztaságú hajtóanyag nem folyik. A csapatás előtt a tartálykocsit ülepíteni kell, majd minden rekeszből MSZ ISO 3170

³ FARP (Forward Arming and Refueling Point): Előretolt felfegyverzési és üzemanyag-töltő pont, melyet úgy terveztek, hogy harc közben biztosítsa a helikopteres és merevszárnyú műveletekhez szükséges üzemanyag és hadianyag újra töltését.

szabványban foglaltak szerint mintát kell venni vizuális vizsgálat végrehajtása céljából. A rekeszekből vett mintákból 1-1 liter átlagmintát kell készíteni. A levett mintákból az egyik az átvételi vizsgálatához, a másik az esetleges döntővizsgálatához szükséges. A mintákat minimum 10 napig kell megőrizni. A levett mintákat el kell látni a szükséges feliratokkal, majd az átvételi vizsgálatot azonnal végre kell hajtani a 3. mellékletben meghatározott terjedelemben. Amennyiben a vizsgálati eredmények megfelelnek a szabványi követelményeknek, megkezdhető a mennyiségi átvétel. A mennyiségi átvételt a tartálysint mérés és a tartálykocsi átfolyásmérőjén mért adatok alapján kell végezni. Átvétel előtt a lefejtésre kijelölt tartályok töltési magasságát, a hajtóanyagban a víz és mechanikai szennyeződés jelenlétét, valamint a lefejtők (csonkok, tömlők, tömítések) tisztaságát és épségét ellenőrizni kell.

Tárolás során a tároló tartályokban, valamint az üzemanyag-szállító és töltő gépkocsikban tárolt hajtóanyagot az üzemanyag laboratórium állománya ellenőrzi, mely során a tartályban tárolt hajtóanyagból mintát vesz, majd a levett mintán ellenőrző vizsgálat terjedelmében laboratóriumi vizsgálatot végez. Az ellenőrző vizsgálatról vizsgálati bizonyítványt állít ki, melynek egy példányát átadja a raktárvezetőnek. A bevizsgált üzemanyag ezután 15 napig alkalmas repülésre, ha ez az idő eltelik, a hajtóanyagot újra bevizsgálják. A Vizsgálati bizonyítvány a következő adatokat tartalmazza:

- Gyártási számot és időt;
- Eredeti vizsgálati bizonyítvány számát;
- Utolsó teljes vizsgálat idejét;
- Tárolási idő lejártát, ha hosszabbításra került, akkor a hosszabbítást engedélyező vizsgálati bizonyítvány számát;
- Minősítő záradékot.

A tároló tartályokat, a főszűrők szűrőházait naponta víz és üledék mentesítik., ehhez kb. 5-10 liter üzemanyagot csapatnak ki, ha a kiengedett üzemanyag több mint 20 liter, a kutat lezárják, és kivizsgálják a szennyeződés körülményeit. Ha a kiadó kút 15 napja használaton kívül volt, akkor a kiadótömlőket átöblítik minimum 50 liter hajtóanyaggal, a tömlőöblítéshez használt hajtóanyagot felfogják, majd üledék mentesítik, és mintát vesznek belőle. A vizsgálat eredménye alapján a hajtóanyag továbbiakban vagy felhasználható, vagy repülésre alkalmatlanná válik.

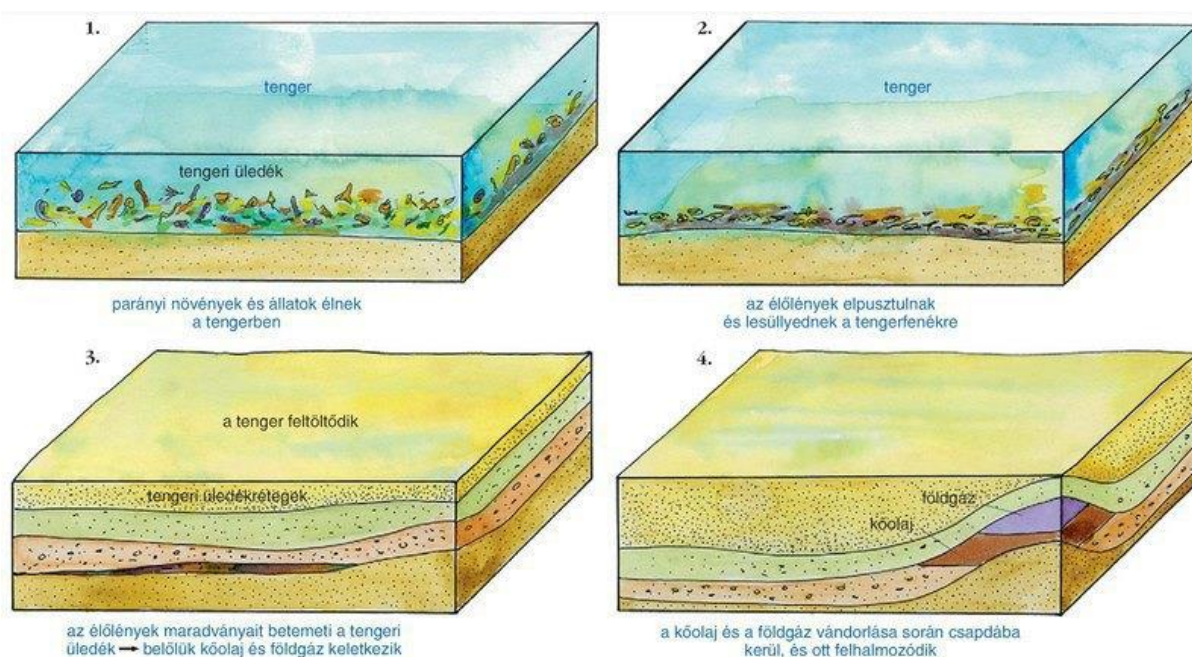
Kiadásnál az üzemanyagtöltő gépjárműveket a tüzelőanyaggal feltöltik, majd a betöltött üzemanyagot 20 perc elteltével üledék mentesítik. Ehhez a művelethez kb. 15 liter üzemanyagot csapatnak ki, ha JET A-1 esetében a kicsapatott hajtóanyag eléri az 50 litert akkor a tartályban található üzemanyagot vizsgálat alá vonják, hogy megállapítsák a szennyeződés okát. Az üledékmentesítéshez kifolyatott tüzelőanyag repülésre alkalmatlan. A gépjárműben tárolt üzemanyaghoz „útlevél” kerül kiállításra, amelyre a feltöltéshez használt hajtóanyag vizsgálati bizonyítványáról kerülnek átmásolásra a minőségi mutatók. A gépjárművezető ezen okmány alapján veszi át a raktártól a hajtóanyagot a repülés-kiszolgáláshoz. A légi járműbe való áttöltés előtt az ügyeletes mérnök ellenőrzi az üzemanyagtöltő gépjármű tartályrekeszeinek üzemanyag mintáit és az útlevél adatait. Ha mindent rendben talál, rendelkezik a hajtóanyag betöltéséről a repülőeszközbe. Amennyiben bármilyen eltérést tapasztal (például minőségileg nem megfelelő a szállított üzemanyag), kezdeményezi az eltérések kivizsgálását, melynek időtartamára a hajtóanyag kiadása felfüggesztésre kerül.

A szállítás, tárolás során az üzemanyagok veszíthetnek minőségükből. Ha a vizsgálat alapján minőségileg nem megfelelő az üzemanyag, akkor azt vagy más célra használják fel, vagy selejtezik. Amennyiben a repülő-hajtóanyagot „repülésre-alkalmatlannak” minősítik, az átminősítés után elkülönítetten tárolják és a továbbiakban szárazföldi technikák üzemeltetésére használják. [12]

3. Repülőeszközök hajtóanyagai és velük szemben támasztott követelmények

3.1. A tüzelőanyaghoz kapcsolódó alapfogalmak

A hagyományos tüzelőanyagok alapja a kőolaj, ami természetes eredetű, élő szervezetek bomlása során képződő folyékony szénhidrogén, kén, nitrogén és egyéb kémiai elemek elegye, emellett tartalmaz még vizet és egyéb szennyező anyagokat is. A 9. ábra a kőolaj és a földgáz kialakulásának lépéseit mutatja be.



8. ábra: A kőolaj és a földgáz kialakulásának lépései [13]

A kőolaj alapvetően a legkülönbözőbb szénhidrogének (CH– vegyületek) elegye. A szén (C = Carboneum) négy vegyértékű, a hidrogén (H = Hydrogenium) egy vegyértékű, vagyis a szén legfeljebb négy hidrogén atomot tud megkötni. A legegyszerűbb hidrogén molekula a metán: CH₄

Láncba kapcsolódással a legkülönbözőbb nagyságú és szerkezetű szénhidrogén molekulák képződhetnek. Lehetséges számuk gyakorlatilag korlátlan. A molekula nagyság rendkívül meghatározó a szénhidrogén vegyületek forráspontjára: minél kisebb a molekula, annál alacsonyabb a forráspont, és megfordítva. A következő egyszerűsített felosztásra van mód:

- C₁...C₄ = gázok (metán, etán, propán, bután)
- C₅...C₁₂ = benzinek

- C10...C22 = középpárlatok (gázolaj/fűtőolaj)
- C25...C35 = kenőolajok

A kőolajat, ahhoz, hogy fel tudjuk használni, elemire kell bontani, ezt nevezzük a kőolaj finomításának. A finomítás során először a kőolajat víztelenítik, majd leválasztják a kis szén atomszámú szénhidrogéneket, ezt követően atmoszférikus nyomáson desztillálják, lepárolják, és frakciókra bontják. A 400 °C -ra felmelegített kőolaj-gőzt egy toronyban vezetik fölfelé, ahol fokozatosan hűl vissza, és így az egyre könnyebb alkotóelemek válnak folyékonnyá, majd a különböző hőmérsékleten kiválnak a különféle termékek. A 10. ábra a kőolaj megjelenési formáját, a 11. ábra pedig a százhalombattai kőolaj finomítót mutatja be. [3]



9. ábra: A kőolaj a víznél kisebb sűrűségű, sötétbarna színű folyadék [14]

10. ábra: Százhalombattai kőolaj finomító [15]

3.2. Kőolaj feldolgozó technológiák, frakcionálás, krakkolás

A kőolaj nagyon sokféle, változatos összetételű szerves vegyületet tartalmaz. A finomítás jelentése szélesebb értelemben magába foglalja a termékek tisztításán kívül a kőolajnak frakciókra bontását, amely atmoszférikus nyomás alatt, desztilláció útján következik be. Kőolajtermékek általában három kategóriába sorolhatók:

- könnyű párlatok (LPG, benzin, petróleum),
- közepes párlatok (kerozin, gázolaj),
- nehéz párlatok és a maradék (nehéz fűtőolaj, kenőolaj, viasz, aszfalt).

Így nyert termékek, részben üzemanyagok, részben fűtőanyagok, mint például a benzin, lámpaolaj, repülőgép üzemanyag, gyorsjárási dízel, hajódízel üzemanyag, kazánfűtőolaj, ill. pakura. Az atmoszférikus desztilláció legkönnyebb párlatának ún. finomdesztillációval való részekre bontásával különböző speciális oldószereket (például petróleumétereket) kapunk. [16]

3.2.1. Atmoszférikus desztilláció

Minden finomítóban a feldolgozás első lépése a kőolaj szétválasztása természetes alkotórészeire. Ez atmoszférikus nyomáson végzett frakcionált desztillációval történik. A szétválasztás hevítéssel, majd forrásponttartomány (molekula nagyság) szerint, különböző hőmérsékleten zajló hűtéssel, cseppfolyósítással történik.

Az ekkor keletkező fő termékek:

- gázok
- könnyű benzin
- nehéz benzin
- petróleum (kerozin
- középpárlat (extrakönnnyű fűtő-és gázolaj)
- atmoszférikus maradék (forráspontja 300 °C feletti)

Az atmoszférikus maradék:

- nehéz fűtőolajként
- krakkoló berendezések nyersanyagaként (további benzin- és középpárlat előállítására)
- vákuum desztilláció nyersanyagaként kerülhet felhasználásra. [3]

3.2.2. Vákuum desztilláció

Az atmoszférikus desztillációt vákuum desztilláció követi. Ennek során az atmoszférikus maradékot vákuumban, kb. 0,1 bar csökkentett nyomáson és ezzel mintegy 150 °C csökkentett forrásponton választják szét. Ez is hevítés, elpárologtatás és azt követő cseppfolyósítás útján megy végbe.

A kapott fő termékek:

- orsóolaj (nagyon híg folyós)
- semleges olaj (többféle viszkozitás tartományban, pl. motor-és hajtómű olajok)
- hengerolaj (sűrűn folyó)
- bright stock (nagy viszkozitású maradvány kenőolaj)
- vákuum maradék [3]

3.2.3. Finomítás

A vákuum desztillátumok sohasem egységes felépítésű molekulákból állnak, hanem mindig a legkülönbözőbb szénhidrogén molekulák elegyei. Többek között telítetlen vegyületeket is tartalmaznak, amelyek rövid alkalmazási idő után már öregedési jelenséghez, pl. sötétedéshez, viszkozitás növekedéshez, valamint savak és olajiszap keletkezéséhez vezethetnek. Ezeket az alkalmatlan vegyületeket kémiai úton kell átalakítani, következő eljárások végrehajtásával:

- **Oldószeres extrakció:** Az aromás és más instabil vegyületeket - megfelelő oldószerrel - a lehető legteljesebben kivonják.
- **Finomítás hidrállással:** A telítetlen szénhidrogéneket hidrogénezéssel telítik, a nitrogén-, oxigén-, és kénvegyületeket átalakítják, és azokat az olajból eltávolítják.
- **Savas finomítás:** Ez a legrégebbi finomítási eljárás, amelyet ma már alig alkalmaznak. Hátránya az „éles” raffinálás, mely során keletkező savas iszap ártalmatlanítása drága, túl nagy feldolgozási veszteséget okoz.[3]

3.2.4. Paraffin mentesítés

A normál paraffinok, mint telített vegyületek, nem okoznak ugyan öregedést, használatra mégsem alkalmasak, mert az olajok hidegben mutatott viselkedését hátrányosan befolyásolják. Ezeket oldószer hozzáadásával, lehűtéssel, kristályosítással és szűréssel, vagy katalitikus (H₂-el történő) paraffin mentesítéssel távolítják el az olajból.

Az így előállított olajat nevezik finomítványnak vagy ásványi alapolajnak. A kiindulási mennyiségre vonatkoztatva a finomításnál és a paraffin mentesítésnél több mint 50 % melléktermék (aromásokban dús kivonatok és paraffingacs) keletkezik, amelyeket más célra értékesítenek. A finomítás műveletei során - az alkalmazott eljárástól függően - javul az olaj viszkozitás indexe (VI) és hidegben mutatott viselkedése. [3]

3.2.5. Hidrokrakk (HC) olajok

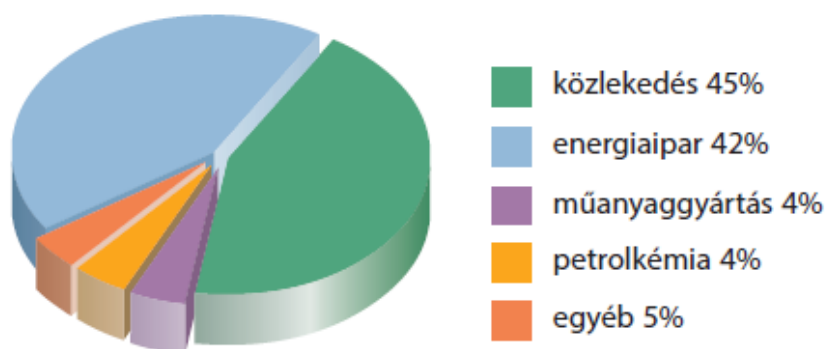
A hidrokrakk olajok nyersanyaga a raffinátum paraffin mentesítésénél keletkező nyers paraffin (paraffingacs), vagy vákuumgázolaj. Ezeket a hosszú láncú szénhidrogén molekulákat különleges krakkoló berendezésekben, hidrogén atmoszférában, speciális katalizátorok jelenlétében kenőanyagnak megfelelő molekulákra „tördelik” (krakkolják). Az eljárás során főleg izo-paraffinok keletkeznek, majd az ezt követő vákuum desztilláció, viszkozitás

szerinti szétválasztást eredményez és további paraffin mentesítéssel a bázisolajból eltávolítják a még megmaradt normál paraffinokat. [3]

3.2.6. Utókezelés

Az ásványi olajnak, hidrogénezéssel történő további finomítása, melynek célja a szagmentesítés, valamint a szín és stabilitás javítása.

Így nyert termékek, részben kenőanyagok, részben tüzelőanyagok, mint például a benzin, lámpaolaj, repülőgép üzemanyag, gyorsjárású dízel, hajódízel üzemanyag, kazánfűtőolaj, illetve pakura. A 12. ábra a legnagyobb kőolaj felhasználó szektorokat mutatja be.



12. ábra A kőolaj legnagyobb felhasználói az energiaipar és a közlekedés [17]

3.3. Repülőeszközök hagyományos tüzelőanyagai és azok tulajdonságai

A Magyar Honvédség földi-, légi- és vízi haditechnikai eszközeinek, valamint egyéb más eszközeinek folyamatos, zökkenőmentes üzemeltetéséhez megfelelő minőségű üzemanyagokra van szükség.

Az üzemanyagokra vonatkozó minőségi jellemzőket, követelményeket nemzetközi, valamint nemzeti szabványok és előírások határozzák meg. Az egyes országokban használatos szabványok megnevezéseit az 1. számú melléklet tartalmazza. A merev-, forgószárnyas repülőeszközök üzemeltetése veszélyes tevékenység, ezért a hajtóanyagok minőségi követelményeinek egzakt meghatározása nélkülözhetetlen.

Dolgozatom a repülőeszközök tribológiai vizsgálatával foglalkozik, azonban az üzemeltetés során használt tüzelőanyag nem csak az energia elsődleges forrását jelenti, hanem biztosítja a berendezéseinek a kenését is. Az égőtérben az égés során felszabaduló kémiai energiát a turbina mechanikai munkává, a fűvócső pedig kinetikai energiává alakítja át. [18]

Légijárművek tüzelőanyaggal szemben támasztott követelményei:

-
- biztosítsa az állandó, tökéletes égést a hajtómű különböző üzemmódjaiban;
 - biztos gyújtás a tág hőfok- és nyomáshatárok között;
 - nagy hőtartalom a nagy teljesítmények biztosításához;
 - ne okozzon égési lerakódást az égéskamrában és a fűvókán;
 - legyen jól szivattyúzható (alacsony viszkozitás);
 - kis zavarodási és dermedési pont;
 - ne okozzon korróziót;
 - biztonságosan szállítható és raktározható legyen. [19]

Az üzemeltetés során alkalmazott hajtóanyag minősége hatással van a hajtóműteljesítményére, élettartamára. A repülőeszközöknél használt hajtóanyagnak a magasságváltozás során jelentkező, eltérő légköri viszonyokban is állandó tulajdonságokkal kell rendelkeznie (nem dermedhet meg és nem válhatnak ki belőle paraffin-szénhidrogének, mert az akár a szűrők eltömődéséhez vezethet, valamint nem lehet szenzitív a kavitációra,⁴ mert az akár gyújtás kimaradást eredményezhet és ezáltal a tüzelőanyag nem tudja biztosítani az egyenletes égést). A nem megfelelő minőségű hajtóanyag egyrészt veszélyezteti a repülésbiztonságot, másrészt a hajtómű károsodását okozza, amivel annak élettartamát jelentősen redukálhatja.

Az MH-ben használt repülőeszközök, a két - nemzetközi légiközlekedésben leginkább elterjedt - hagyományos tüzelőanyagot használják:

- A repülőbenzint, mely a dugattyú-motoros, légszáras repülőgépek számára elterjedt meghajtás.
- A repülőpetróleumot, elterjedtebb néven kerozint, amely a repülőgépek sugárhajtóműveinek üzemanyaga, valamint rakéta-hajtóanyag.

A repülés területén kevésbé terjedt el a gázolaj használata, ami a kompressziógyújtású dízelmotorral szerelt repülőgépekben használnak. A gázolaj teljesen más tüzelőanyag rendszert kíván, mint ami a repülőbenzin vagy kerozinüzemű légijárművekben használatos. Mivel a dízélüzem nem igényel szikragyújtást, ezért a tökéletes égés megőrzése érdekében szükséges

⁴ Kavitáció: A kavitáció (üregesedés) gőzbuborékok keletkezése a folyadékok kisnyomású tartományaiban, ami főleg nagy sebességű áramlási zónákban jelenik meg, apró, pár milliméteres gömböcskék formájában. A kavitáció a légijármű üzemeltetése folyamán nagyon fontos kérdés, mert 4000 méter felett a légköri nyomásnak köszönhetően az oldott gázok kiválnak a folyadékból. Gáti Balázs: Repülőgépek rendszerei és avionika, Budapest. 2012. p. 15.

további alternatív elektromos forrás beépítése. Továbbá a nagy kompresszió miatt jóval erősebb a vibráció, mint a benzinüzemű motorokban, ezért a sárkányszerkezetet ennek ismeretében szükséges kialakítani.

Napjainkban, nemzetközi szinten erőteljes törekvés van a légiközlekedés okozta környezeti károk csökkentésére, melynek elengedhetetlen pillérei a technológia fejlesztés, a műveletek optimalizálása, valamint a fenntartható légijármű-üzemanyagok (a továbbiakban: SAF) széleskörű használata.⁵ Mivel a SAF felhasználást meghatározó EU rendelet⁶ jelenleg mentesíti a katonai repüléseket ezen kötelezettség alól, dolgozatomban nem foglalkozom részletesen ezzel a hajtóanyag-típussal.

3.3.1. Repülőbenzin

A repülőbenzin gyártása során atmoszférikus desztillációval előállított alapbenzint, krakkbenzint, alkiláltbenzint és aromás komponenseket használnak fel.

A repülőbenzin oktánszáma 73 és 115 között váltakozhat, de elérheti akár a 145-öt is. Az autóbenzintől csupán a speciális adalékanyagokban különbözik (etanol, oktánszámjavítók, korrózió gátlók, égésjavítók).

Repülőbenzinnel szemben támasztott követelmények:

- biztosítsa a hajtómű indítását, újra indítását bármilyen időjárási viszonyok között;
- legyen jól szivattyúzható különböző hőmérséklet és nyomásviszonyok között;
- állandó és tökéletes égést biztosítson;
- nagy égéshővel rendelkezzen;
- ne okozzon korróziót és lerakódást a hajtómű alkatrészein;
- ne keletkezzen salakanyag, hamu az égés során;
- magas fokú kémiai és fizikai stabilitású legyen. [20]

A Magyarországon forgalmazott RB 80 és RB 100 LL („low lead”) repülőbenzinek fontosabb minőségi követelményeit az 1. számú táblázat tartalmazza.

⁵ Fenntartható légijármű-üzemanyag (SAF): a 2023/2405 EU Rendelet *a fenntartható légi közlekedés egyenlő versenyfeltételeinek biztosításáról (ReFuelEU Aviation)* 3. cikkének fogalommeghatározása szerint fenntartható légijármű-üzemanyagok olyan légijármű-üzemanyagok, amelyek vagy szintetikus légijármű-üzemanyagok, légijármű-bioüzemanyagok, vagy széntartalom újrahasznosításával nyert légijármű-üzemanyagok

⁶ ReFuelEU Aviation rendelet: „Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2023/2405 rendelete (2023. október 18.) a fenntartható légi közlekedés egyenlő versenyfeltételeinek biztosításáról”

	Termékjelölés	
	RB 80	RB 100 LL
Kompresszió tűrés		
Oktánszám (sovány keverék), legalább	80	100
Oktánszám (dús keverék), legalább	87	-
Teljesítményszám, legalább	-	130
Ólomtartalom, g/l, legfeljebb	0,14	0,56
Desztillációs jellemzők		
10 ftf% átdestillál $^{\circ}\text{C}$ – ig, legfeljebb	75	75
40 ftf% átdestillál $^{\circ}\text{C}$ – ig, legfeljebb	75	75
50 ftf% átdestillál $^{\circ}\text{C}$ – ig, legfeljebb	105	105
90 ftf% átdestillál $^{\circ}\text{C}$ – ig, legfeljebb	135	135
Végforráspont, $^{\circ}\text{C}$	170	170
Desztillációs maradék, ftf%, legfeljebb	1,5	1,5
10+50 ftf%- hoz tartozó hőmérséklet, $^{\circ}\text{C}$, legalább	135	135
Aromástartalom, ftf%, legfeljebb	25	25
Fűtőérték, MJ/kg, legalább	43,5	43,5
Fagyáspont, $^{\circ}\text{C}$, legfeljebb	-58	-58
Kéntartalom, %, legfeljebb	0,05	0,05
Oxidációgátló-tartalom, mg/l, legfeljebb	12	12

1. sz. táblázat: Repülőbenzinek minőségi előírásai Magyarországon (MSZ 1086)

Az ebben a táblázatban megadott teljesítményszám megmutatja, hogy a vizsgált benzinnel milyen motorteljesítmény érhető el a 100- as értékszámú izooktánéhoz képest. A teljesítményt – szabványosított körülmények között – a motorbenzinnel kopogás nélkül elérhető legnagyobb átlagos effektív nyomással mérik. A 100 feletti teljesítményszám összehasonlító anyaga, meghatározott mennyiségű ólom-tetraetil és izooktán elegye. A nagyon kis kristályosodási pontot (-60°C körüli) a 3 és 7 km-es repülési magasságok között lévő – 25°C és -40°C közötti hőmérséklet miatt – biztonsági okokból – írják elő. A repülőbenzinek összetétele – a speciális követelményekből eredően – eltérő a közúti gépjárművek benzinjeitől. A főleg izoparaffinokat (alkilát, izopentán) és kevés aromást tartalmazó benzint keverés után adalékolják. A legfontosabb adalék az oxidációgátlók, melyek alkalmazását a szabványok is előírják. [3]

3.3.2. Sugárhajtómű üzemanyagok

A légsaváros gázturbinás és a gázturbinás sugárhajtóműves légi járművek hajtóanyaga a repülőpetróleum (kerozin), melyet a kőolaj atmoszférikus lepárlásával állítanak elő. A kerozin 12 szénatom számú alkánokból álló szénhidrogének keveréke, mely közönséges hőmérsékleten kevésbé reakció képes, vízzel nem elegyedik, jellegzetes szagú, enyhén maró hatású, színtelen

vagy enyhén sárgás áttetsző folyadék. [21] A sugárhajtású gépekben a finoman porlasztott tüzelőanyag az égőkamrában folyamatosan elég. Az égéstermékek – gázturbinát hajtva – nagy sebességgel áramlanak ki, és reaktív erejükkel hajtják előre a gépet. A gázturbina hajtja az égéshez szükséges levegőt biztosító légkompresszort. [22]

Magyarországon az MSZ⁷ 10870 számú szabvány írja elő a sugárhajtóművek hajtóanyagainak fontosabb minőségi jellemzőit. Ez a szabvány az ASTM D 1655⁸ alapján készült.

A JET –A1 szabvány által előírt minőségi követelményeit a 2. számú melléklet tartalmazza.

A sugárhajtóművek hajtóanyagait az atmoszférikus lepárlás megfelelő forrásponttáru frakcióinak kénmentesítésével állítják elő. A nyert termékekhez különböző adalékokat (oxidáció gátlót, fém dezaktiválót, jegesedés gátlót, elektromos vezetőképesség javító) adnak minőségjavítás céljából. A gyártó köteles a felsoroltakon kívüli adalékok alkalmazását a belföldi fogyasztókkal egyeztetni és a légügyi hatósággal engedélyeztetni.

Az MH közbeszerzési eljárásai során az említett szabványnak megfelelő, JET-A-1 típusú repülőpetróleum kerül beszerzésre, az alábbi kiegészítésekkel:

Minőségi mutatókat tekintve:

- Mechanikai szennyeződés tartalom legfeljebb 1 mg / liter;
- Vezetőképesség javító adalékkal kell ellátni, vezetőképesség 150 pS/m és 500 pS/m között;
- Zsír-sav-metilészter (FAME) tartalom legfeljebb 50 mg/kg (vizsgálati módszer: ASTM D 7797, IP 583, IP 585, IP 590, IP 599).

Katonai követelményeket tekintve:

⁷ A nemzeti szabványokat Magyarországon az 1995. évi XXVIII. törvény tartalmazza.

„A nemzeti szabvány olyan szabvány, amelyet a nemzeti szabványügyi szervezet alkotott meg, vagy fogadott el, és tett a nyilvánosság számára hozzáférhetővé”

Nemzetközi és az európai szabványokat szabványként közzétenni Magyarországon csak nemzeti szabványként lehet. A magyar nemzeti szabvány jele: MSZ (Magyar Szabvány). Magyarország nemzeti szabványügyi szervezete a Magyar Szabványügyi Testület.

A szabványok alkalmazása a törvény 6. § (1) bekezdése alapján önkéntességen alapul, mely választást biztosít az alkalmazása vagy mellőzése tekintetében. Amennyiben a szabvány alkalmazását valamely szervezet írásban vállalja, akkor a szabvány alkalmazása kötelezővé válik. A Magyar Honvédség vállalta a magyar szabványok alkalmazását.

⁸ ASTM: az Egyesült Államok szabványügyi testülete; Az Egyesült Államok Szabványügyi Testületének Nemzetközi Repülőgép Tüzelőanyag Albizottságának koordinálásával alkották meg a tüzelőanyagok minősítési és rendszerbe állítási folyamatát. A D1655 a hagyományos kőolajból származó tüzelőanyagokkal szemben támasztott követelményeket határozza meg.

-
- Összes víztartalom legfeljebb 50 mg/kg (vizsgálati módszer: MSZ EN ISO 12937);
 - Az összes víztartalom a nyári időszakban sem haladhatja meg az 50 mg/kg értéket;
 - A maximum 0,85 mm Bocle értéket kopáscsökkentő adalék alkalmazása nélkül kell biztosítani.
 - Cetánindex: legalább 42 (Módszer: ASTM D 4737);

Az Eladó által beszállított repülőpetróleum az alábbi adalékokat tartalmazza:

- AO-80 oxidációgátló adalék, amely megakadályozza a gyanta kialakulását, megfelelő tárolási stabilitást biztosít,
- STADIS 450 elektromos vezetést javító adalék biztonságossá teszi a repülőgépek töltését. [21]

A hajtóanyag további adalékolása az MH repülőbázisain, az alábbi adalékokkal, közvetlenül a felhasználás előtt kerül végrehajtásra:

- korrózió gátló és kopáscsökkentő adalék (Corrosion inhibitor and antiwear additive) funkciója, a repülőpetróleum kenőképességének, korrózió-gátló tulajdonságának javítása.

Az adalékolás aránya az MSZ 10870 (Gázturbinás légi járművek tüzelőanyagai) számú szabvány 3. pontja alapján, figyelembe véve az előírt minimális adalék tartalmat 15-23 mg/l.

- A jegesedés-gátló adalék (FSII—fuel system icing inhibitor) funkciója, a repülőpetróleumban lévő oldott víz jégkristályok formájában történő kiválásának megakadályozása.

Az adalékolás aránya az MSZ 10870 (Gázturbinás légi járművek tüzelőanyagai) számú szabvány 3. pontja alapján 0,1-0,15 v/v %.

Az adalékolást a kiépített központi feltöltő vagy kocsitöltő rendszerrel rendelkező repülőtereken a telepített adalékoló berendezések végzik, üzemeltetésük során fontos a redundancia, mely során azok egymástól függetlenül tudnak működni. Így az egyik meghibásodása esetén az adalékolás továbbra is zavartalanul tud megvalósulni. Az adalékolások mértéke egész évben állandó, csak külön intézkedésre szabad megváltoztatni azok arányát. Az adalékolás helyességének helyszíni ellenőrzését 15 naponta kell végrehajtani, amennyiben az adalékok aránya az előírt értékektől eltér, úgy soron kívüli javítást kell

igényelni, annak végrehajtásáig a tartalék üzemmódra (másik adalékoló berendezés), annak hiányában a kézi adalékolásra kell áttérni. [12]

Repülőpetróleummal szemben támasztott követelmények:

- biztosítsa a hajtómű indítását, újra indítását bármilyen időjárási viszonyok között;
- legyen jól szivattyúzható különböző hőmérséklet és nyomásviszonyok között is;
- állandó és tökéletes égést biztosítson;
- nagy égéshővel rendelkezzen;
- ne okozzon korróziót és lerakódást a hajtómű alkatrészein;
- ne keletkezzen salakanyag, hamu az égés során;
- magas fokú kémiai és fizikai stabilitású legyen.

Repülőpetróleumok leggyakrabban használt típusai:

a) T-1 kis kéntartalmú kőolajból készül atmoszférikus lepárlással. Jó viszkozitási tulajdonsággal rendelkezik, a MIG típusú gépekhez használták/használgák elsősorban. Alacsony kéntartalma miatt kevésbé korrozív, mégis megfelelő kenést biztosít a hajtóműnek, a tárolási stabilitása ellenben ezért nagyobb. [19]

b) TSZ-1 magasabb kéntartalmú kőolajból készül a nehézbenzin és a petróleum frakciója. Alacsonyabb a forráspontja, mint a T-1-es petróleumnak. A T-1 és a TSZ-1 egymással helyettesíthető a használat során. Alacsony kristályosodási pontja (-60 °C) extrém klíma viszonyok között is lehetővé teszi alkalmazását, ezért elsősorban a keleti blokk által használt üzemanyag típus. [23]

c) Repülőpetróleum a civil repülésben JET A vagy JET A-1 jelzéssel van jelen, míg a katonai szervezetek a JP jelű besorolást használják a légijárművekhez. Katonai repülésben a NATO a JP-8-as hajtóanyagot alkalmazza. A katonai területen használt tüzelőanyagot az USAF, 1979-ben fejlesztette ki az üzemanyagokhoz kapcsolódó tűzveszély csökkentése érdekében, jelenleg a NATO elsődleges hajtóanyaga. [24]

Legfőbb különbség a civil és katonai területen használt tüzelőanyagok között hogy, a JP-8-hoz több jegesedésgátló adalékot adnak, amiatt hogy a kristályosodási pontja alacsonyabb legyen, ezen kívül olyan további adalékokat is tartalmaz, amelyekkel a kenőképességet, és a villamos vezetést is javítják. [25]

d) JET-B a szélsőségesen hideg időjárási viszonyokra kifejlesztett tüzelőanyag, így elsősorban Alaszkában, Kanadában, de Oroszországban is használják. A katonai megfelelője a

JP-4-es repülőpetróleum. Mindkét hajtóanyag a benzin és a kerozin keveréke. A JET-B 70 %-ban benzint és 30 %-ban kerozint tartalmaz, ami miatt a használata különösen veszélyes, míg a JP-4-es fele-fele arányban tartalmaz benzint és kerozint, ennek következtében fagypontja kifejezetten alacsony: $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$. [18]

3.3.3. Gázolaj használata a repülésben

A gázolaj teljesen más tüzelőanyag rendszert kíván, mint ami benzin- vagy kerozinüzemű repülőgépekben használatos. Mivel a dízelüzem a gyújtáshoz nem igényel szikrát, ezért az égés eléréséhez - a redundancia megőrzése érdekében - egy alternatív, elektromos forrás beépítése szükséges. A nagy kompresszió miatt erősebb a vibráció, mivel minden gyulladási fázisban 3-4-szer nagyobb erők keletkeznek (indikált középnyomás), mint a benzinüzemű motorokban. Ez a tulajdonság kihatással van a sárkányszerkezetre is, így ennek tudatában kell a repülőgépet megtervezni. [26]

3.3.4. Alternatív üzemanyagok

A közlekedési ágazat minden szektorában emelkednek a megújuló energia részarányára vonatkozó uniós kötelező célszámok. Ennek hatására a közúti közlekedés mellett a légijárművek üzemanyagainak fenntarthatóbbá tétele érdekében is megindult egy növekvő és egymással versengő kereslet az alternatív üzemanyagok előállítása terén.

A fosszilis üzemanyagok potenciális alternatívái lehetnek a szintetikus üzemanyagok, a bioüzemanyagok, folyékony bio-energiahordozók és biomasszából előállított tüzelőanyagok (a biometán, a biodízel és a biohidrogén), a cseppfolyósított (kriogén) gázok, [27] a napenergia. Jelen dolgozat centrumában a Magyar Honvédségben jelenleg használt repülőpetróleum van, ezért, ezzel a napjainkban rendkívül népszerű témával bővebben nem kívánok foglalkozni.

4. Minőségbiztosítás és minőségellenőrzés, a hatékony működés alapja

4.1. A minőség és a minőségügy értelmezése

A minőség és a minőségbiztosítás az emberiség történetével egyidős. A minőség korszerű értelmezése az ipari termelés elterjedésével a múlt század elején jelent meg, és e század első felében alakult ki, majd a hatvanas évek táján szélesebb, mélyebb tartalommal több iparágban a termelés szerves részévé vált.

A minőség fogalmának világméretű elterjedése és hatalmas irodalma ellenére a minőség és a minőségügy értelmezése csak napjainkban alakult ki. Filozófiai szempontból kétféleképpen lehet megközelíteni a minőséget: általános és értékszempléletű módon. Az általános meghatározás szerint az adott dolog (objektum) minősége, a dolog azon tulajdonságainak az összessége, amelyek azzá teszik a dolgot, ami. Az értékszempléletű felfogás szerint a minőség a minősítő személy- értékrendjétől függő,- adott objektumra vonatkozó értékítélete. A korszerű minőségügy értelmezése szerint a termelési és a fogyasztási folyamatok minősége a termelési és a fogyasztási folyamatokban érdekeltek, azaz elsősorban a fogyasztók, a termelők, a beszállítók és a társadalom értékítélete arra vonatkozóan, hogy a termelési és a fogyasztási folyamatok mennyire elégítik ki az érdekeltek igényeit, azaz az érdekeltek az igényeik kielégítése által mennyi értéket kapnak. A minőség tehát átadott érték. [28]

A minőségügy a minőség és a minőséggel kapcsolatos fogalmak összességét foglalja magába, tehát egyrészt a minőség és a megfelelés értelmezését, másrészt a nemzeti minőségügyi szabályozási rendszer, továbbá a vállalati minőségmenedzsment-rendszer minden kérdését. A minőségügy célja, a termelési és a fogyasztási folyamatok minőségének biztosítása megfelelő minőségügyi szabályozási rendszer, azaz nemzeti minőségügyi szabályozási rendszer és vállalati minőségmenedzsment rendszer által. A minőségügy a piaci igénykielégítési folyamat során, a termelési és a fogyasztási folyamatot úgy szabályozza, hogy minden érdekelt igényeit minél teljesebben kielégítse, azaz számukra értéket adjon. A gyártás és szolgáltatás magas színvonalú minősége egyrészt a fogyasztói igények kielégítését és a fogyasztóvédelmet szolgálja, másrészt a termelő nyereségét eredményezi, ezáltal a vállalkozás gazdasági felemelkedését alapozza meg, továbbá a társadalomnak is hasznos és biztonságos, így a megfelelő minőség a nemzetgazdaság fejlődését és a társadalom életminőségének javítását eredményezi. [29]

4.2. Az egységesítésre, átláthatóságra való törekvés – a szabványosítás története

A könnyebb érthetőség és a kommunikációs zavarok elkerülése érdekében az ember ösztönösen keresi azokat a mindenki által jól ismert és használt elnevezéseket, meghatározásokat, jellemzőket vagy akár mértékegységeket, amelyeket egy adott területen egységesen lehet alkalmazni. Az ipari forradalom ontotta magából az újabb és újabb gépeket. Ezek a gépek már bonyolult gépelemeket és különböző munkaközegeket és kenőanyagokat tartalmaztak, amelyek egymással kölcsönhatásban működtek. A tömegtermelés dinamikus fejlődése világossá tette, hogy a olyan megoldásra van szükség, amely nemzeti és világszinten is elfogadott. Az első szabványokat Angliában, a XIX. században alkották meg, majd rövid idő alatt kiépült a szabványosítás egész világra kiterjedő rendszere, amely egyre több területet lefedve jelenleg is folyamatosan fejlődik és bővül.

A szabványosítás alapvető célja a kereskedelem műszaki akadályainak elhárítása, amelyet a termékekre és a szolgáltatásokra vonatkozó általánosan és ismételten alkalmazható szabályok és szabályrendszerek kialakításával kíván elérni.

Az 1900-as években az ipari és technológiai fejlődés következtében létrejöttek a nemzetközi szabványszervezetek, majd a különböző regionális szervezetek.

A szolgáltatások egységesítésére való törekvések Magyarországon már 1868-tól megjelentek. Az építőanyagok szabványosítását 1875-ben kezdték el Ybl Miklós irányításával.

Az évtizedek alatt többször átalakított szabványosítási rendszer jelenlegi formáját, a nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvény hatályba lépése alakította ki, amely tulajdonképpen visszaállította a szabványosítás klasszikus alapelveit. Ezek egyike, hogy a szabványosítás nem állami feladat, így az állami hivatal megszűnt és megalakult a Magyar Szabványügyi Testület, hazánk nemzeti szabványügyi szervezete. [30]

4.3. Minőségirányítási rendszer a Magyar Honvédségben

Az Üzemanyag Bevizsgáló Alosztály a Magyar Honvédség egyetlen, üzemanyag vizsgálatra szakosodott akkreditált szervezeti egysége. Céljai a minőségirányítási rendszer kialakításával és működtetésével az alábbiakban foglalhatók össze:

- A vizsgálatok pontos elvégzésével hozzájárulni a haditechnikai eszközök biztonságos üzemeltetéséhez, hadrafoghatóságának biztosításához;
- Megbízható szakmai segítséget biztosítani az üzemanyagok beszerzésében

-
- Beérkező üzemanyag minták szabvány szerinti vizsgálata, a vizsgálati bizonyítványok kiállítása és kiadása, valamint a felhasználás és tárolás során a minőséggel kapcsolatos problémák kivizsgálása. [31]

Az Üzemanyag Bevizsgáló Alosztály rendelkezik az MSZ EN ISO/IEC 17025 szabvány szerinti akkreditált státusszal (NAH tanúsítási időszak: 2023.08.31-2028.08.31.). Az akkreditált területhez tartozó laboratóriumi vizsgálatokat a 3. számú melléklet tartalmazza.

Vizsgálati módszerek:

- Motorbenzinek esetén: sűrűség, atmoszférikus desztilláció, vizsgálatok elvégzése.
- Gázturbinás légi járművek üzemanyagainak esetén: nem kormozó lángmagasság, szín meghatározás (Saybolt), kristályosodási pont (Phase), kristályosodási pont (MSZ), víztartalom, atmoszférikus desztilláció, sűrűség, lobbanáspont (TAG) vizsgálatok elvégzése.
- Dízelgázolaj esetén: kinematikai viszkozitás, cetánindex meghatározás, kenőképeség meghatározás (HFRR), sűrűség, víztartalom, atmoszférikus desztilláció, szűrhetőségi határhőmérséklet (CFPP), lobbanáspont (PM) vizsgálatok elvégzése.
- Kenőolajok esetén: lobbanáspont (COC), viszkozitási index meghatározás, kinematikai viszkozitás, sűrűség, mini folyáspont (ASTM), lobbanáspont (PM), semlegesítési szám vizsgálatok elvégzése.

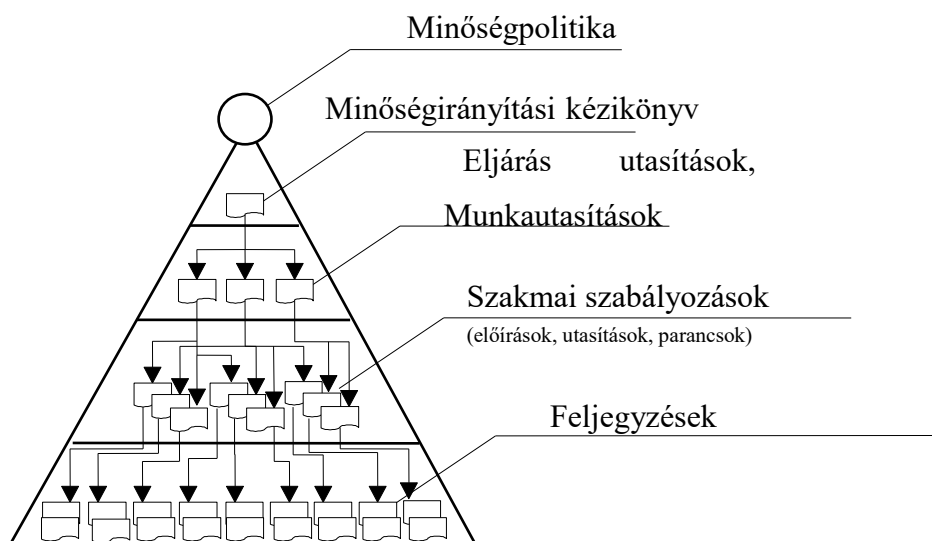
Dolgozatomban a repülőeszközök üzemanyag ellátásával foglalkozom, ezért részletesen a gázturbinás légijárművek tüzelőanyagainak, valamint a légijárművek kenőanyagainak vizsgálatára szeretnék fókuszálni. Ezek minőségvizsgálat típusait és terjedelmét a 3. számú melléklet részletezi.

Vizsgálatok folyamata:

- Katonai szervezet MSZ EN ISO 3170 szabvány szerint mintát vesz a vizsgálni kívánt üzemanyagból,
- Megküldi a mintát, valamint a vizsgálati kérelmet érkezik, melyben kéri az elvégzendő vizsgálat típusát, az alkalmazni kívánt vizsgálati eljárást,
- A Laboratórium elvégzi a vizsgálatot, mely során csak nemzeti, vagy nemzetközi szabványok által leírt vizsgálati eljárásokat alkalmaz,

- A vizsgálatról „Vizsgálati bizonyítvány” készül, amely általános részből és a vizsgálati eredményeket tartalmazó adatsorból áll (4. számú melléklet).

A 13. ábra: az Üzemanyag Bevizsgáló Alosztály minőségirányítási dokumentációs rendszerét ábrázolja.



13. sz. ábra: Az Üzemanyag Bevizsgáló Alosztály minőségirányítási dokumentációs rendszere

5. Repülőeszközök üzemanyagainak vizsgálati eljárásai

5.1. A repülőpetróleum szabványban meghatározott vizsgálatai

A légijárművek tüzelőanyagai rendkívül szigorúan szabályozott körülmények között válnak felhasználhatóvá. Alkalmazásukat nemzetközi szabványok határozzák meg, hiszen egy repülőeszköz általában nemzetközi útvonalon közlekedik, gyakran a tengeren túlról indul vissza, ahol a visszaindulás előtt vételezett hajtóanyag minőségének meg kell egyeznie azzal a tüzelőanyag minőséggel, amit korábban, az indulási bázison kapott.

A polgári repülés tüzelőanyagaira három olyan előírás létezik, amelyek standard előírások világszerte, a nemzeti szabványok is ezekhez a szabványokhoz igazodnak:

- UK MOD Defence Standard (az Egyesült Királyság védelmi minisztérium szabványai);
- ASTM (Az Egyesült Államok szabványügyi testülete);
- GOST (a volt Szovjetunió szabványa).

A katonai üzemeltetésben használt üzemanyagoknak, a nemzeti és nemzetközi szabványokon kívül, a NATO szabványokban előírt követelményeknek is meg kell felelniük.⁹

A Magyar Honvédségben működő üzemanyag laboratóriumok alapvető feladata - a STANAG 314910 - előírás alapján megakadályozni az MH és a NATO partnerek használatában lévő bármilyen (légi, szárazföldi, fegyverzeti, műszaki, stb.) technikai eszköz műszaki meghibásodását és ezáltal bekövetkező balesetét, melyet a nem megfelelő minőségű (hajtó-, kenő-, karbantartó-) üzemanyag használata okozna, illetve fokozni ezen eszközök hadrafoghatóságát, üzembiztos működtetését és hozzájárulni a megbízható repülés kiszolgálás fenntartásához.

Az Üzemanyag Laboratóriumi Konténer (ÜLK) a Tábori Hajtóanyag Raktár minőségbiztosítási elemeként a német-magyar logisztikai együttműködés keretén belül a Safety Fuel projektben felajánlott képesség, végrehajtja az érkező szállítmányok minőségi, mennyiségi átvételét, az üzemanyagok helyszíni minőségi felügyeletét.

A repülőtéri laboratóriumok a bázisaik készletében lévő üzemanyagok helyszíni minőségi vizsgálatát végzik. Tevékenységükkel hozzájárulnak nem csak a nemzeti légijárművek, hanem

⁹ 1995. évi XXVIII. törvény a nemzeti szabványosításról 4. § (1)

¹⁰ STANAG - NATO standardization agreement - Minimum quality surveillance for fuels, 2013. NATO Standardization Agency. Azok a szabványosítási egyezmények, eljárásrendek, amelyek a Szövetségen belüli egységesítést célozzák meg.

az OPEN SKIES programban résztvevő, valamint a Nehéz Légi Szállító Ezred (HAW) C-17 típusú repülőeszközeinek megbízható repülés kiszolgálásához.

Dolgozatomnak ebben a részében bemutatom a légijárművek hajtóanyagainak, szabványokban előírt, a Magyar Honvédség üzemanyag laboratóriumai által végzett vizsgálati módszereit.

5.1.1. Lobbanáspont vizsgálata

A vizsgálat során meghatározott lobbanáspont mértéke arról ad információt, hogy a vizsgált minta, laboratóriumi körülmények között mennyire gyúlékony elegyet képez a levegővel. Ez csak egyike azoknak a tulajdonságoknak, amiket figyelembe kell venni a termék általános gyulladási kockázatának megítélésénél. A lobbanáspont értéke tájékoztatást ad arról, hogy egy viszonylag nem illékony vagy nem gyúlékony anyagban nagyon illékony és gyúlékony anyag van jelen. Például egy gázturbinás légijármű tüzelőanyag-mintája rendellenesen túl alacsony lobbanáspontot mutat, az azt jelezheti, hogy a hajtóanyag benzinnel van szennyezve.

Végrehajtásánál a mintát lassan, állandó sebességgel folyamatosan melegítjük egy fedéllel lezárt tégelyben. Rendszeres időközönként a tégelybe gyújtólángot vezetünk. A lobbanáspont az a lekisebb hőmérséklet, amelynél a gyújtóláng hatására a vizsgálati minta feletti gőzök a teljes felületre kiterjedően belobbannak. [32]

5.1.2. Desztillációs jellemzők meghatározása

A szénhidrogének desztillációs (illékonyági) jellemzőinek jelentős hatása van a biztonságra és a teljesítőképességre, különösen az üzemanyagok és az oldószerek esetében. A forrásponttartomány fontos információt ad az összetételre, valamint a tárolási és felhasználási viselkedésre vonatkozóan. Az előírt desztillációs jellemzők határértékeit alkalmazzák a legtöbb desztillált ásványolajtermék és folyékony üzemanyag előírásaiban, hogy ellenőrizzék a végfelhasználási teljesítményt, valamint szabályozzák a gőzök képződését, melyek robbanó elegyet alkothatnak a levegővel.

A vizsgálat során 100 ml mennyiségű mintát, desztillálólombikban elkezdünk melegíteni. Mikor a kondenzátum első cseppje megjelenik, az a kezdeti forráspont, melyet fel kell jegyezni. Ez után dokumentáljuk a végforráspontot és az 5%, 15%, 85% és 95%, valamint 10%-tól 90%-ig bezárólag, minden 10%-onkénti visszanyert térfogathoz tartozó hőmérőértékeket. A

vizsgálat végén megmérjük a kondenzátum, illetve az edényben maradt kőolaj maradvány térfogatát, és a hőmérőértéket, valamint a veszteséget számításokkal korrigáljuk. [33]

5.1.3. Sűrűség vizsgálata

A sűrűség az egységnyi térfogatú anyag tömegét mutatja meg (kg/m^3 , g/cm^3), befolyásolja az egységnyi térfogatban levő fűtőértéket, valamint a szállítható térfogatot. További jelentősége az anyagok gyors azonosításánál van.

Az areométeres módszer a legalkalmasabb módszer az ásványolajok sűrűségének vagy relatív sűrűségének pontos meghatározására. Az areométerek leolvasását az aktuális hőmérsékleten végezzük, majd mérési táblázat segítségével 15 °C-ra számítjuk át. A mintát 1 literes mérőhengerbe töltjük, majd beleengedjük a megfelelő areométert. A mérés elkezdéséhez meg kell várni amíg a mérőeszköz lenyugszik, illetve hőmérséklete kiegyenlítődik. Az areométerről leolvassák azt az értéket, amely a tüzelőanyag felszínének síkjában van, valamint feljegyzik a minta hőmérsékletét is. [34]

5.1.4. Savasság vizsgálata

250 ml-es lombikba 50 ml 85 %-os etilalkoholt öntünk, majd 5 percen át forraljuk. A forró alkoholba 4-5 csepp nitrozinsárga indikátort teszünk és forró állapotban, állandó keverés közben kálium-hidroxidot csepegtetünk, semlegesítés céljából. A semlegesített forró alkoholhoz 50 ml repülőpetróleumot töltünk, majd újból 5 percen át forraljuk. A forralás után újból 4-5 csepp nitrozinsárga indikátort teszünk a keverékbe és állandó keverés közben kálium-hidroxiddal, az első színváltozásuk titráljuk. Ha a repülőpetróleum hozzáadása után a keverék színe kék vagy kékeszöld lesz, a titrálást nem végezzük el, hanem feljegyezzük, hogy a vizsgált minta savat nem tartalmaz. [35] A tüzelőanyag savasságát mg KOH/g mértékegységben adják meg.

5.1.5. Viskozitás vizsgálata

Viszkozitás nem csak a kenőolajoknál, hanem a repülőpetróleumnál és a gázolajnál fontos jellemző, ugyanis befolyásolja a hajtóanyag porlaszthatóságát. Minél kisebb cseppekké porlasztható a hajtóanyag, annál egyenletesebb és tökéletesebb az égés. A viszkozitás csökkenésével javul a porlaszthatóság, de a túl alacsony viszkozitás az adagolószivattyú kopását eredményezi.

Kinematikai viszkozitás a folyadék gravitációs áramlásának mértéke. A kinematikai viszkozitást a mért átfolyási idő és a műszer kalibrációs állandója alapján számoljuk ki.

Dinamikai viszkozitás, az alkalmazott nyíró feszültség és a nyírási sebesség közti arányosság, a folyadék áramlási ellenállásának mértéke.

A vizsgálat során az átfolyási időt mérjük, amely alatt a vizsgálandó folyadék meghatározott térfogata, előírt hőmérsékleten, a kalibrált üvegviszkóziméter kapillárisán, gravitáció által, a 2 jel között átfolyik. [36]

5.1.6. Kén tartalom vizsgálata

A kéntartalom nemcsak a repülőeszköz üzemanyag-rendszerét veszélyezteti, hanem az égés során kén-dioxid (SO₂) keletkezhet, ami a legveszélyesebb légszennyező anyag, légzőszervi megbetegedéseket okozhat és a savas esők fő okozója. Korábban a motorhajtóanyagokban jelenlevő aktív kénvegyületek, illetve a szabad kén kimutatását rézlemez próbával végezték. A mintába előírt hőmérsékleten tiszta rézlemezt helyeztek és megadott idő eltelte után a rézlemez színváltozását megfigyelték. [37]

Napjainkban a repülőpetróleum kén tartalmának meghatározása során, hidrogén szulfát mentes mintát alkoholos nátrium-acetátban feloldanak, majd potenciometriás titrálás során, melyhez standard ezüst-nitrát oldatot használnak, az ezüst-merkaptidot kicsapatják. [38]

5.1.7. Zavarosodási pont és dermedéspont vizsgálata

Ásványolajtermékek zavarosodási pontja az a hőmérséklet, amelyen a vizsgált termékben megszabott körülmények között a paraffin vagy más szilárdanyag tartalom kikristályosodása, vagy az oldatból történő kiválása megkezdődik.

Ásványolajtermékek dermedéspontja az a hőmérséklet, amelyen a vizsgált termék megszabott körülmények között a nehézség hatása alatt már nem folyik.

A vizsgálandó terméket speciális kémcsőbe töltik, melybe a mintán kívül hőmérőt és keverőpálcát is elhelyeznek, majd hűtőfürdő segítségével hűteni kezdik. Mikor elkezd kiválni a paraffin a hűtést befejezik.

A repülőpetróleum dermedési pontjának vizsgálata referencia módszerrel vagy automatikus fázisátmeneti módszerrel történik. A vizsgálandó terméket speciális kémcsőbe töltik, melybe a mintán kívül hőmérőt és keverőpálcát is elhelyeznek, majd hűtőfürdő segítségével hűteni kezdik. Mikor megjelennek a kristályok a hűtést befejezik, és a tüzelőanyagot folyamatosan

keverve melegíteni kezdik. A dermedéspont az a legalacsonyabb hőmérséklet, amelyen a kialakult kristályok eltűnnek. [39]

5.1.8. Korróziós hatás vizsgálata

Korróziós hatás vizsgálata rézszalag segítségével történik, mely során 100 °C-os mintába két órán keresztül polírozott rézszalagot helyeznek el. Az idő leteltével a szalagot kiveszik, letisztítják, majd a felületét a szabvánnyal összehasonlítják. [40]

5.1.9. Termikus stabilitás vizsgálata

A vizsgálat során a tüzelőanyagot, fűtött alumínium csővezetékben, 2,5 órán keresztül, állandó sebességgel keringetik, majd meghatározott szűrési finomságú szűrőn keresztül átengedik. A teszt végén a tapasztalt fizikai jelenségből és a cső belsején bekövetkező elszíneződésből (szabványos színskála) következtetni lehet a folyadékban jelenlévő bomlástermékekre. [41]

5.1.10. Naftalintartalom vizsgálata

Repülőpetróleum esetében a naftalintartalmat ultraibolya spektrofotometriával mérik. A mintát adott koncentrációban izooktánban feloldják, majd a létrejött oldatban mérik a 285 nanométeres hullámhosszú hullámok elnyelődését, mely alapján számítással meghatározzák a naftalintartalmat. [42]

5.1.11. Elektromos vezetőképesség vizsgálata

Fontos analitikai jellemzőnek számít. A nagyfokú megbízhatóság, az érzékenység, a gyors reakcióidő és a viszonylag alacsony eszközki költség révén a vezetőképesség értékes, ugyanakkor egyszerűen használható minőség-ellenőrző eszköz.

Az üzemanyagok elektromos vezetőképességének meghatározása során a mintát egy cellába öntik, amelyben két elektróda található. Ezeket feszültség alá helyezve elektromos áram keletkezik, így meghatározva a tüzelőanyag vezetőképességét. [43]

5.1.12. Nem kormozó láng magasságának meghatározása

A repülőpetróleum, nem kormozó láng magasságának meghatározása fáklya módszerrel történik. A tüzelőanyagból vett mintát állítható kanóccal rendelkező fáklyában égetik el. A nem kormozó láng, a lángnak az a legnagyobb magassága, amelynél füst még nem keletkezik. [44]

5.1.13. Szilárd szennyezőanyag-tartalom meghatározása

A repülőpetróleum szilárdrészeske mennyiségének meghatározása laboratóriumi szűréssel történik, mely során a hajtóanyag mintát 0,8 mikrométer a pórusméretű membrán páron engedik át. A membránokat a szabvány által előírt körülmények között szárítják, majd mérik meg a tömegüket. A két membrán súlykülönbségét a szilárd részeske-tartalom okozza. [45]

5.1.14. Aromás szénhidrogén-tartalom

Az aromás szénhidrogének mennyiségének növekedésével nő a koromlerakódás az égéskamrában és a fűvókán. Ez megváltoztatja a gáz áramlását az égéskamránál, változik a fáklya alakja. Ez kihatással van a hajtóanyag égésére, csökken a hajtóanyag elégés hatásossága.

A vizsgálat magas teljesítményű folyadékkromatográfia törésmutató-detektálással történik. Kis mennyiségű mintát poláris HPLC oszlopra fecskendeznek. Ez a berendezés szétválasztja egymástól az aromás vegyületeket és a telítetlen zsírsavakat. Az előbbieket mennyiségének meghatározásához refraktív index detektort és kalibrációs görbét használnak fel. [46]

5.1.15. Tényleges gyantatartalom vizsgálata

Fontos minőségi mutató, mivel szilárd égéstermékeket képez. Jelenlétüket korlátozni kell, mivel a petróleum termikus stabilitása nagyban függ tőle.

Ragasztószer jelenlétének kimutatása tüzelőanyagokban elpárologtatással történik. Meghatározott mennyiségű mintát mérőpohárba töltenek, amelyet fűtőfürdő segítségével melegíteni kezdenek nyomás alatt tartva, miközben elpárolog. A gyanta az égésterben lerakódást, kompresszió csökkenést, megnövekedett fogyasztást okozhat. [47]

5.1.16. Kenőképesség mértékének vizsgálata

Repülőgépturbina üzemanyagok határkenési tulajdonságainak, kopási mechanizmusok vizsgálata a surlódó acélfelületeken. A kenőképességének mérése BOCLE berendezéssel történik. A műszer egy forgó tesztgyűrűből áll, amelyhez egy rögzített tesztgolyót nyomnak meghatározott erővel. A vizsgált tüzelőanyag hőmérsékletét 25 °C-on tartják, 10% relatív páratartalom mellett, és átengedik a zárt vizsgálati területen. Egy 12,7 mm átmérőjű tesztgolyót nyomnak a tesztgyűrű külső felületére. A tesztgyűrű alsó része a tesztüzemanyag-fürdőbe merül. A tesztgolyót 10 N erővel a tesztgyűrűre nyomják. A tesztgyűrűt 240 ford./perc sebességgel forogtatják 30 percig, majd a teszt leáll. Megvizsgálják a tesztgolyón lévő kopási

heget, és megméri a kopási heg átmérőjét (nagy és melléktengely). A kapott eredmény a kenhetőség mértékére utal. [46]

5.1.17. Szabad víz vizsgálata

A repülőpetróleum esetében a szabad víz észlelése üzemanyag-rendszerből vett minta vizsgálatával történik. A Hydrokit mintás kémcsövét úgy tervezték, hogy jelezze a 15 ppm-nél nagyobb mennyiségű szabad vizet azáltal, hogy a mintacsőben lévő port rózsaszínre változtatja. A 15 ppm általánosan elfogadott érték, mint a maximálisan megengedett vízmennyiség a repülőgépek tankolásakor.

5.2. Repülőeszközök olaj vizsgálata

A megelőző karbantartás fontos eleme a kenőolaj állapotának rendszeres vizsgálata. A változó körülmények között üzemelő légijárművek olajainak élettartamát a gyártói ajánlás rögzíti, de a valós elhasználódás előtti olajcsere gazdaságtalan, a „késői” olajcsere pedig nagyobb meghibásodáshoz vezethet. A kenőanyagok optimális felhasználása csak rendszeres tribo-diagnosztikai elemzésekkel lehetséges, melyek során a kapott értékek a légijármű egész tribológiai rendszeréről adnak információt.

A megbontás nélküli gépdiagnosztika módszereit – a termográfiát, az ultrahangot, a rezgésdiagnosztikát – egyre gyakrabban alkalmazzák a hibafeltárássra. Alkalmazásukkal újabb és újabb lehetőségek tárulnak fel a motorok, hajtóművek, hidraulika egységek üzembiztonságának növelésére. Ezen vizsgálatok hatékonyságának köszönhetően számos bosszúság és anyagi kár elkerülhető, a berendezések élettartama pedig meghosszabbítható.

A használat során az olaj nagy molekulái feldarabolódnak, a viszkozitás, viszkozitási index, lobbanáspont csökken, a szennyező anyagok felhalmozódnak. Ha ismerjük, hogy a hajtómű, hidraulika rendszer egyes alkatrészei milyen ötvözetekből állnak, következtetéseket tudunk levonni, hogy melyik alkatrész kopik erősebben. Erre szolgál a használt olajok elemanalízise, melynek során az olajban lévő kémiai elemek – kiemelten a fémek – mennyisége kerül elemzésre.

A polgári repülőök üzemeltetése során a Lufthansa, 1970 óta alkalmazza a SOAP11 módszert, hasonlóan a Bundeswehr a katonai repülés szolgálatába állította az OES12 programját. Mindkét módszer a kenőolaj rendszerből kiemelt olajminták analízise alapján következtet a hajtómű állapotára.

Az olajdiagnosztika célja, hogy az olaj vizsgálata során, annak állapotából következtetéseket tudjunk levonni a gépállapotról, kopásra, korrózióra. A 2. számú táblázat az olajat szennyező anyagok csoportosításait és károsító hatásait mutatja be.

Halmazállapot		Szennyezőanyagok és forrásuk	Károsító hatás	
			Gépen belül	Környezetre
Szilárd	Szennyeződések	Kívülről (szerelési szennyeződés, por, hamu, stb.) Belülről <u>Alkatrészeiről</u> Ferromágneses fémkopadék Paramágneses fémes kopadék Nem fémes kopadék (elasztomer, gumi, stb.) <u>Kenőanyagból</u> Lakkok, gyanták iszapok Korom kocsz	koptató koptató koptató enyhén koptató	enyhén szennyező enyhén szennyező enyhén szennyező szennyező
		Kívülről Víz, kondenzvíz Idegen folyadék (pl.: hűtőfolyadék) Belülről Illékony szerves savak Nem illékony szerves savak (zsírsavak, fenolok, szulfonsavak, stb.)	korrozó erősen korrozív korrozó korrozó	ártalmatlan szennyező káros káros
		Kívülről Levegő (buborék, diszperz, oldott állapotban) Belülről CO ₂ széndioxid CO szénmonoxid SO ₂ kéndioxid SO ₃ és NO ₂ kéntrioxid és nitrogénoxidok	melegedés, öregedés ártalmatlan ártalmatlan korrozó erősen korrozív	ártalmatlan káros mérgező mérgező mérgező

2. táblázat: Olajat szennyező anyagok csoportosítása és hatásai [48]

¹¹ A Spectrometric Oil Analysis Program (SOAP) egy olyan laboratóriumi tesztcsomag, mely során a repülőgép-üzemeltetők, a repülőgép-hajtóművek állapotát vizsgálják az olaj tribológiai elemzésével. A tesztek feltárják az olajmintákban szuszpendált fémrészecskék kémiai összetételét. https://en.wikipedia.org/wiki/Spectrometric_Oil_Analysis_Program (letöltve: 2024.09.29.)

¹² OES - Optikai emissziós spektroszkópia: OES spektrométer egy kémiai elemző eszköz, a vegyi anyagok emissziós spektrumának megjelenítésére szolgál. A fő felhasználási területe a fémtözetek gyorsvizsgálata.

Dolgozatom ebben a részében a kenőanyagok mátrixának elemzésére használt vizsgálatokat mutatom be.

5.2.1. Viskozitás mérés

A viszkozitás egy kenőanyag legfontosabb paramétere. Egy folyadék viszkozitása megadja a belső ellenállását a csúsztató feszültséggel szemben, nagyban meghatározza a kenőanyag filmvastagságát, kenőképességét.

Differenciáltan kétféle viszkozitásról beszélhetünk: dinamikai és kinematikai viszkozitásról. A dinamikai viszkozitás a folyadék belső súrlódását, áramlása ellen dolgozó hatást számszerűsíti, míg a kinematikai viszkozitás a folyadék folyósságáról ad tájékoztatást.

Meghatározó jelentőségű az olaj folyósságának ismerete a hőmérsékletváltozás függvényében. A viszkozitás hőmérsékletfüggésének jellemzésére vezették be a viszkozitásiindexet. A magasabb viszkozitási indexel rendelkező olajoknak, a nagyobb hőmérsékletváltozás hatására is csak kisebb mértékben változik meg a viszkozitása, így szélesebb hőmérséklet tartományú üzemelést tesznek lehetővé. [4]

Levegőelváló képesség vizsgálata

A vizsgálat megmutatja, hogy az olaj mennyire tartja magában a bekerült levegőt. A teszt során azt az időt mérjük, amíg az olajban a diszpergált levegő aránya 0,2 % alá csökken, vagyis azaz idő, amely alatt a diszpergált levegőt az olaj elereszti. Szabvány szerint a 7 perc alatti levegőelválás megfelelő. A nem megfelelő eredmény okai lehetnek, az oxidáció, mechanikai szennyeződések jelenléte. A kavitáció és az öregedés szempontjából fontos jellemző, különösen a hidraulika és turbinaolajok működési zavarainak elkerülése miatt. [49]

5.2.2. Savas-bázikus tulajdonságok mérése

A savszám (AN) vizsgálata az olaj adaléktartalmáról ad információt. A használatban lévő olajok esetében a savszám emelkedés trendje mutatja az adalékok elfogyását, illetve a korrózió savak felhalmozódását.

A bázisszám (BN) mutatja a bázikus tartalék mennyiségét egy olajban. Egy használatban lévő olaj savas szennyezőket közömbösítő képességére utal, vagyis azt mutatja meg, mennyire merültek ki az olajban a detergens és korróziógátló adalékok. [49]

5.2.3. Víztartalom meghatározása Karl Fischer módszerrel

Olajok víztartalmának meghatározására szolgáló coulometriás módszer, mely nevét kidolgozójáról, Karl Fischer, német vegyészről kapta. A módszer lényege, hogy a jód oxidálja a kén-dioxidot, és ez a reakció vizet fogyaszt. A módszer nagyon pontos és szelektív, alkalmas nyomnyi víz kimutatására éppúgy, mint nagy víztartalmú anyagok mérésére. [49]

5.2.4. Habzás vizsgálat

A kenőanyagban diszpergált levegő hatására bekövetkezhet az olaj felhabzása, amely jelenség eredménye a kavitáció, a kenés hiányából eredő mechanikai károsodás, kopás. A nagy sebességgel áramló kenőanyagok (pl.: hidraulika rendszerekben, turbinákban) fontos kenéstechnikai jellemzője. Habzás okai lehetnek a habgátló adalék leülepedése, szennyeződések vagy a túl sok habgátló adalék jelenléte. [49]

5.2.5. Röntgenfluoreszcenciás mérés (EDXRF)¹³

Az alapolajhoz hozzáadott adalékok idővel lebomlanak vagy kimerülhetnek, ezért fontos az adalékanyagok rendszeres elemzése. A röntgenfotonok energiája ad információt az elemek kémiai minőségére, a röntgenfotonok intenzitása pedig arányos a minta elemtartalmával. Előnye az olcsó, könnyű üzemeltetés, hátránya a gyári kalibrációtól eltérő esetben, egyedi adatbázis létrehozása szükséges. [49]

5.2.6. Spektrometrikus olajelemzők (ICP-OES¹⁴ mérés)

Az olajelemzés gyökerei az 1940-es évekig nyúlnak vissza, amikor az Amerikai Egyesült Államokban, a vasúti építések során, a vasút üzemeltetők megelőző karbantartási eszközként használták. A vegyészek az olajmintában egy-egy fém jelenlétét vizsgálták, ami rendkívül lassú folyamat volt. Egészen az 1960-as évekig, amikor megjelentek az első spektrometrikus olajtesztelők, amik meggyorsítottak és hatékonyá tették az olajelemzést. Az 1970-es évekre már általánossá vált a légi közlekedésben, az olajelemzésen alapuló, repülőgép-hajtóművek állapotának ellenőrzése.

¹³ Energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF): Az energiadiszerzív röntgenfluoreszcencia spektroszkópia, az olajminták analízise során, az olajrendszerben kopást okozó fémrészecskék és egyéb elemi részecskék kimutatására, valamint az adalékanyagok monitorozására szolgáló vizsgálati módszer.

¹⁴ ICP-OES: Induktív csatolású plazma atomemissziós spektrometria (Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy)

Ellentétben az olajsűrű által felfogott, kopásból származó nagyobb részecskékkel, az atomemissziós spektroszkópia, mikroszkopikus szinten észleli a szennyező részecskéket, és a mérési eredményeket milliomodrészben (ppm) tartalmazza. Ez egy olyan eszköz, amelyet a kopás mérésére terveztek, szemben a katasztrofális meghibásodásokkal. Egy nagyobb fémdarab letörhet a motor belsejében és beakadhat az olajsűrűbe anélkül, hogy az olajelemzésen megjelenne. Másrészt, ha egy csapágycsap, vagy egy dugattyúcsap a hengerfalon súrlódik, annak fémkoncentráció-változásként kell megjelennie az olajelemzésben.

Rendszeres olajelemzés megmutatja a hajtómű aktuális állapotát. milliomodrészben megadja a szennyező fémrészecskék jelenlétét.

A spektrometrikus olajelemzés mikroszkópos részecskevizsgálatot végez, amely kiterjed az adalékok (Ba, Ca, Mg, P, Zn, S, B, Mo), kopásfémek (Al, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sn, Ag, Ti, V), valamint a szennyezők (Na, K, Si, Li) mennyiségi vizsgálatára. [47]

Ha az elemzés során a fém-kopadékok koncentrációja növekedést mutat, az alábbi tribológiai rendszerekből eredhetnek:

Hajtóműveknél:

- Vas: hengerblokk, hengerfej, persely, vezérműtengely, főtengely, szelepelemzők, fogaskerekek, gördülőcsapágycsap, öntött ház, csővezetékek, hegesztési gyöngyök (A rozsdá ezeken az acél alkatrészekeken is megemeli a vasszintet).
- Alumínium: dugattyúk, dugattyúcsap-dugók, olajszivattyúház, olajhűtő, siklócsapágycsap Alumínium csapágycsap, csigakerekek, tengelykapcsolók.
- Króm: dugattyúgyűrűk, gördülőcsapágycsap, nagyszilárdságú fogaskerekek ötvöző anyaga.
- Réz: hajtórúd-, dugattyúcsapszeg, perselyek, csapágycsap, bronz csigakerekek, szinkrongyűrűk, sárgarézt fogaskerekek (indítóadapterek), csavar tömítőgyűrűk, levegőszűrő szita, és olajhűtők.
- Nikkel: szelepvezetők és nikkelhengerek, fogaskerekek, .
- Ólom: siklócsapágycsap futófelülete, szinkrongyűrűk, bronzkopás, ritkán EP-adalék
- Ón: csapágycsap és perselyek, forrasztott kötések (forrasztóón),
- Ezüst: ritkán nagyteljesítményű csapágycsap ezüstbevonatú futófelülete.
- Cink: szűrők tartóbetétje, horganyzott csővezetékek, cinktartalmú festékbevonatok.
- Molibdén: szinkrongyűrűk, szerves molibdén tartalmú adalékok, MoS₂ olajadalék.

Hidraulika rendszer:

- Vas: hidraulikus szivattyú, motor, szelepek, dugattyúk és dugattyúrúdak, hengercső, gördülőcsapágyak, szivattyúházak, csővezetékek, tömítőgyűrűk.
- Alumínium: dugattyúk, dugattyúcsap-dugók, olajszivattyúház, vezetékek, siklócsapágyak, csigakerekek, tengelykapcsolók, bauxitpor.
- Króm: dugattyúrúdak, gördülőcsapágyak, szárnylapátos szivattyúk lapátjai, vezetőgyűrű adalék.
- Réz: szivattyú alkatrészek, dugattyúk, csővezetékek, olajhűtő, csapágyak, gördülőcsapágy-kosár, vezető gyűrűk.
- Nikkel: speciális szelepek, szelepvezetők, fogaskerekek,
- Ólom: siklócsapágy futófelületek a szivattyú csapágyozásnál, forrasztott kötések
- Ón: forrasztóon a forrasztási helyekről,
- Cink: csavarkötések, horganyzott alkatrészek (pl.: szűrők tartóbetétje), cinktartalmú festékbevonatok.
- Molibdén: dugattyúk tömítő- és lehúzógyűrűi, molibdén tartalmú kopáscsökkentő adalékok.

Más elemek koncentrációjának növekedése a következő okokra mutat:

- Szilícium: szennyezett levegő jut át a szűrőn, valamint a szilikon szelepfedél tömítések (az új tömítések szilíciumot kapnak. [50][4])

A módszer előnyei a magas érzékenység, a gyors (kalibrációt követően 1 minta mérése 3-5 perc), automatizált, széles spektrumú, szimultán mérés. Hátránya a költséges üzemeltetés, használatához kalibráció és mintaelőkészítés, beállításához szakértelem szükséges.

5.2.7. IR – Infravörös spektroszkópia

Az Infravörös spektroszkópia (IR), valamint a Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópia (FTIR), olyan optikai eljárás, amely szilárd, folyadék vagy gázhalmazállapotú, többnyire szerves vegyületek közeli, középső, távoli infravörös-abszorpciós színeképét használja fel a minőségi és mennyiségi elemzés, szerkezet-felderítés céljára. Az infravörös színeképek a molekulán belüli rezgéseket vizsgálják. Ha gerjesztéssel energiát közlünk a molekulával, az egymáshoz képest megfelelő geometriai formában elhelyezkedő tömegpontok között a gerjesztés rezgést hoz létre. A különböző rezgésfajták (deformációs rezgés, vegyértékrezgés, torziósrezgés) és rezgés sávok, az egyes kötésekre, csoportokra jellemzőek,

melyek alapján a molekula csoportok azonosíthatók. Az ujjlenyomatokhoz hasonlóan nincs két molekula, amely ugyanazt a rezgésfajta hozná létre. Az FTIR elemzés ezt az „ujjlenyomat módszert” használja, mely során a mért értékek utalnak a molekulaszervezetre. Minden kenőrendszerben a magas hőmérsékletnek és nyomásnak kitett szerves vegyületek, oxigén jelenlétében kémiai reakcióba lépnek az oxigénnel. Az égés során számos melléktermék keletkezik (például ketonok, észterek, aldehidek, karbonátok és karbonsavak), mely vegyületek egy része az olajban feloldódik vagy az olajban lévő diszpergáló adalékok miatt szuszpendált marad. A karbonsavak hozzájárulnak a motorolaj savasságának növeléséhez, és a semlegesítés során kimerítik annak alaptartalékát. Az elhúzó oxidáció hatása, hogy az olaj kémiaiilag megsavasodik, ami korróziót okoz, miközben fizikai viszkozitásnövekedés következik be. Az Infravörös spektroszkópia használata jelen van az olajok minőség-ellenőrzése, azonosítása során. Kimutatja a szennyezőket, a használat alatt történt összetételváltozást, történt-e keresztszennyeződés az olajrendszerek között, valamint jelentős mértékben kimutatható, hogy történt-e oxidáció az olajmintában. [54][4]

5.2.8. Gázkromatográfia

A vizsgálat során a minta összetevői a berendezésben, egy adott irányba mozognak, de különböző sebességgel, és ezért egy idő után elválnak egymástól. A térben elválasztott komponensek mennyisége (koncentrációját) egy detektorral kerül mérésre. A térbeli elkülönítés sebességkülönbségen alapszik. A detektoron először a leggyorsabb komponens zónája halad át, ezt követi egy idő múlva a második leggyorsabb komponens és így tovább. A vizsgálat, ahogy a neve is sugallja, gáz fázisban történő elválasztást alkalmazza, használata különösen akkor indokolt, ha az egymástól elválasztandó anyagok nagyon hasonlóak. Gyakorlatban általában glikol szennyezésnél, üzemanyag hígulás során alkalmazzák. [49][4]

5.2.9. Szilárd szennyezők meghatározása (analitikai ferrográfia)

A vizsgálat során először a szilárd részek olajból való leválasztása történik a mágneses erőter segítségével, majd ezután kerül sor ferroszkóppal, a részecskék vizuális elemzésére. A Réz, Alumínium, Ón alapú ötvözetek, Cink, króm nem mágnesezhetők. A vizsgálat során következtetéseket lehet levonni a normál vagy rendellenes üzemállapotra, a berendezés túlterhelésére, túl nagy sebességre, külső szennyezőkre (víz, szilárd), kezdődő csapágykopásra, gépbeállítási hibára, alkatrész törésre, nem megfelelő kenésállapotra, az olaj savasodására. [4]

6. Repülőeszközök használt olaj vizsgálata a Magyar Honvédségben

6.1.1. Jelenleg használt tribológiai műszer általános bemutatás

A Multielement Oil Analyzer (a továbbiakban: MOA) és a Military Oil Analyzer (katonai olajanalizátor) azonosítja a légijárművek hajtómű kenőolajaiban és hidraulika folyadékaiban található fém részecskék fajtáját és mennyiségét. A kopásból eredő fémek felderítése és mérése fontos részét képezi a berendezés preventív üzemeltetési programjainak.

A használtolaj mintában egy fémelem, szokatlan nagyságú koncentrációjának jelenléte kopást jelez. Az egymással kölcsönhatásban levő fémtestek találkozásának természetes velejárója a kopás, így bizonyos mennyiségű – a hajtómű normális kopásából eredő – fém részecske jelenléte mindig várható a használt olajban. Amennyiben azonban a mennyiség növekedési üteme a szokásosnál gyorsabb, vagy egy hirtelen mennyiség-növekedés tapasztalható, az abnormális kopást jelez.

A MOA használata segítséget nyújt a hajtóművekből, szabályos időközönként vett olajminták elemzésére, a rendellenesen kopó, elhasználódó alkatrészek beazonosítására. A fokozott mértékű kopás meghatározása után a légijármű kivonható az üzemeltetésből, megkezdődhet a javítása, mielőtt nagyobb meghibásodás következne be. [51] A 14. ábra a Multielement Oil Analyzer-t (MOA – többelemes olajanalizátor) ábrázolja.



14. ábra: Multielement Oil Analyzer (MOA – többelemes olajanalizátor)¹⁵

¹⁵ Forrás: A szerző által készített fotó (MH ARB Repülőipari Gyártó és Vizsgáló Osztály, Vizsgáló Laboratóriumi Alosztály, Kecskemét, 2024. 07.12.)

A MOA által felhasznált analitikus technikai eljárás az atomessziós spektroszkópia elvén alapul. Az eljárás egy kis mennyiségű olajminta, nagyfeszültségű elektromos szikra felhasználásával történő elégetését alkalmazza. A szikra, az olajban levő elemek atomjait, fényenergia kibocsátására készíti és a kibocsátott fény a MOA optikai rendszerébe, a spektrométerbe jut, ahol hullámhosszúság szerinti összetevőire, vagyis spektrumvonalakra kerül szétválasztásra.

Minden elem egy specifikus és jellemző hullámhosszúságon bocsátja ki a fényt. A MOA spektrométere úgy van tervezve, hogy mindegyik elem részére a háttérhez viszonyított legstabilabb hullámhosszúságot mérje jel formájában. Az elem által kibocsátott fény erősségét és fényességét egy fotódetektor méri, amelyik a fény energiáját elektromos energiává alakítja át. Ezután az elektromos jelet a MOA elektronikus áramkörei integrálják és digitalizálják, majd az eredmények a számítógépbe kerülnek. A számítógépre telepített szoftver kiszámítja az elemek koncentrációját és megjeleníti a monitoron.

Az emissziós spektroszkópiában egy elem spektrumvonalának intenzitása (fényessége) arányos a vizsgált mintában mért elemek koncentrációjával. Az elemek spektrumvonalainak, szabványban rögzített spektrumvonalaival történő összehasonlításával meghatározásra kerül az elemek koncentrációja ppm (parts per million) egységben.

Bár a MOA képes 30 elem jelenlétét mérni, a fémkopással kapcsolatos elemzés tipikusan az alábbi elemeket vizsgálja: Alumínium, Antimon, Bárium, Berillium, Bór, Kadmium, Kalcium, Króm, Indium, Vas, Ólom, Magnézium, Mangán, Molibdén, Nikkel, Fosfor, Kálium, Szilícium, Ezüst, Nátrium, Ón, Titán, Vanádium, Cink, Réz.

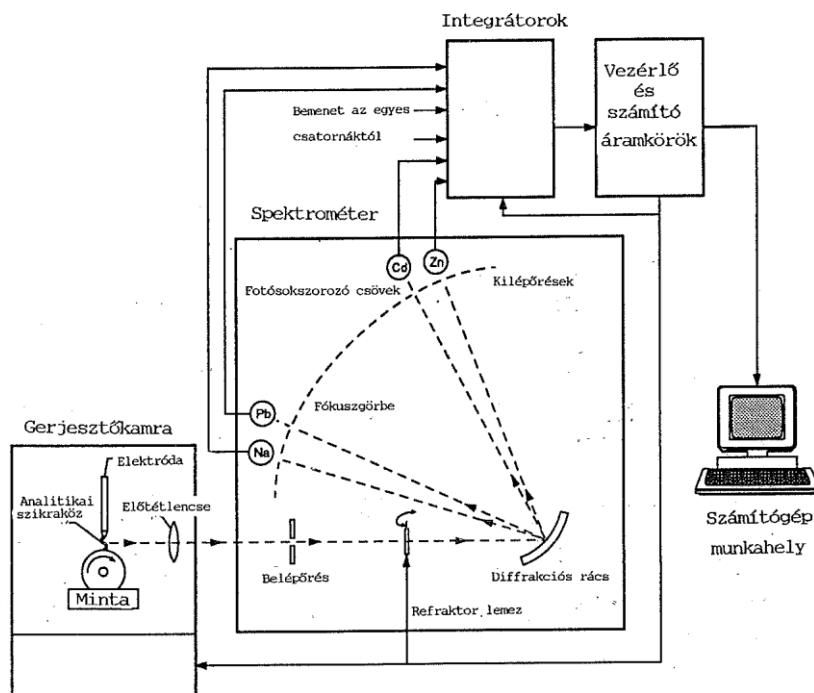
6.1.2. Működése

Az elemzendő minta szikraátütésre kerül a gerjesztőkamra analitikai szikraközén belül. A szikraköz két elektróda – a grafitrúd és a grafitárca – között helyezkedik el. A tárcsa a mintaedényben forog és vékony olajfilm-réteg képződik rajta, ami gerjesztés céljából bekerül az analitikai szikraközbe. A minta által kibocsátott fény áthatol az előtétlencsén és a spektrométer optikai rendszerének belépőrésén áthaladva egy szalag alakú fénysugárrá keskenyedik.

Ezután a fénysugár áthalad egy átlátszó kalciumfluorid refraktor (fénysugártörő) lemezen, amelyik ide-oda leng a fénysugárnak a normális terjedési irányból való pillanatnyi eltérítése

céljából. Ez azért van így kialakítva, hogy a mérőáramkör bármilyen háttérfényt kivonhasson, ami az egyes elemek részére létezik. A háttérsugárzás bármilyen külső zavaró fénytől eredő olyan analitikai hullámhosszúságú sugárzás, ami nem a mért elemtől származik. A háttérsugárzást a fényszóródás és az olaj szénhidrogénjeinek nemkívánatos gerjesztése eredményezi.

Ezután a fénysugár egy homorú, visszatükröző diffrakciós rácsba ütközik. A diffrakciós rács az az optikai elem, amely felbontja a fényt összetevőinek spektrumvonalaira. Az egyes elemek specifikus spektrumvonalát a fókuszgörbén elhelyezkedő kilépőrések választják ki. Mindegyik rés mögött egy fotódetektor – a fotósokszorozó cső (PMT photo multiplier tube) – helyezkedik el. A PMT, a rá eső fényt elektromos árammá alakítja át. A mintaégés alatt ez az áram egy meghatározott időtartamon keresztül integrálódik. Mindez egy analóg feszültséget eredményez, ami arányos PMT-re csapódó fény teljes mennyiségével. Az analóg feszültség egy digitális (szám) értékbe kerül átalakításra a kiegészítő áramkörök segítségével. Az égési adat ezután átkerül a számítógépbe, ahol az elem-koncentráció kiszámításához összehasonlításra kerül a tárolt kalibrációs adattal. Végül az analitikai eredmények kijelzésre kerülnek a számítógép képernyőjén, ahonnan igény esetén kinyomtathatók. A 15. ábra a MOA egyszerűsített funkcionális blokkvázlatát ábrázolja.



15. ábra: MOA egyszerűsített funkcionális blokkvázlata [51]

A PMT-t és a hozzá kapcsolódó áramkört csatornának hívják. Mivel mindegyik elem egy specifikus PMT-hez van rendelve, így mindegyik elemnek egy külön csatornája van, amely egy számmal van azonosítva. Az elemek specifikálásánál a MOA üzemeltetése közben a csatornaszámokat használjuk az elemek megnevezése vagy jele helyett.

Mindegyik MOA csatorna kimenete egy intenzitás érték, melyet összefüggésbe kell hozni az elemkoncentrációval, hogy hasznos analitikai információt kapjunk. Ezt a folyamatot hívják kalibrálásnak. A kalibrálás ismert koncentrációk szabványainak mérési sorozatát alkalmazza. Ezekből az adatokból automatikusan kiszámításra kerülnek azok a matematikai tényezők, amelyek összefüggésbe hozzák a mért intenzitásokat a velük ekvivalens elemkoncentrációkkal. A kalibrálási tényezők a számítógépbe vannak tárolva és a mintaelemzés során kerülnek felhasználásra az elem-koncentráció kiszámításához.

A MOA a megrendelő igénye szerint kerül kalibrálásra a gyárban., a megrendelő minta típusai alapján, állandó körülmények között a kalibrálást nem szükséges megismételni. Azonban a folyadéktípusok közötti különbségek miatt és ezeknek a szikraközben történő eltérő gerjesztése miatt, új kalibrációs adatokra van szükség akkor, amikor új típusú olajat vagy más folyadékot akarunk elemezni.

A hitelesítés egyike az üzemeltetés előtti azon feladatoknak, melyet végre kell hajtani a napi mintaelemzés megkezdése előtt. Ez azért szükséges, mivel ugyanattól a mintától származó intenzitás értékek napról napra változhatnak a műszer, vagy a környezeti körülményekben bekövetkező változásokkövetkeztében. A hitelesítés végrehajtása azért történik, hogy leellenőrizzük azt, hogy a különböző eltérések elfogadható tűréseken belül vannak-e és hogy nincs e szükség helyesbítő beszabályozások elvégzésére. A hitelesítés végrehajtása után automatikusan kiszámításra, majd tárolásra kerül egy korrekciós tényező, amely helyesbíti a további elemzéseket.

A számítógép és az alkalmazott szoftvere biztosítja a MOA gyors és könnyű működését, mivel sok funkció automatikusan kerül elindításra. Az analizátor elemzési eredményei a minta elemzése után automatikusan kijelzésre kerülnek a monitoron, szükség esetén kinyomtathatjuk azt. A kinyomtatott Vizsgálati jegyzőkönyvet (MI-17 szállító helikopter) a 7. számú melléklet tartalmazza. A számítógéppel végrehajtásra kerül az automatikus kalibrálás, hitelesítés és az egyes elemek részére megengedhető maximális koncentrációsint specifikálása is.

6.2. Fejlesztési lehetőségek az olajvizsgálat területén

6.2.1. Új helikopterek olajdiagnosztikájának jelenlegi eljárásrendje

A repülő-üzemanyagok minőségbiztosítása interdiszciplináris, több szakterületet érintő feladat. A légi járművet üzemeltető és kiszolgáló katonai szervezeteknél az üzemanyagok minőségének biztosítását, rendszeres ellenőrzését, felhasználását, a következő szakterületek biztosítják:

Az üzemanyag szakterület biztosítja:

- az üzemanyagok előírásoknak megfelelő átvételét, tárolását, felhasználónak történő kiadását, az előírt, kapcsolódó laboratóriumi vizsgálatok elvégzését;
- az üzemanyagok minőségbiztosítási okmányokkal (vizsgálati bizonyítvány, tárolási engedély, minőség nyilvántartás, frissítési terv, útlevél stb.) történő ellátását;
- az üzemanyag-szaktechnikai eszközök (lefejtő berendezések, tárolóeszközök, szivattyúk a csővezeték-rendszerekkel, üzemanyag kimérő berendezések, adalékoló berendezések, szűrő egységek üzemanyagvizsgáló műszerek, üzemanyagtöltő gépjárművek és egyéb eszközök) üzemképességét, rendelkezésre állását, karbantartását és javítását;
- a frissítési tervekben meghatározott időpontokban, a tartós tárolásban lévő repülőeszközökben tárolt hajtóanyagok cseréjét.

A Repülő-műszaki szakterület biztosítja:

- az üzemanyagok feltöltés előtti utolsó vizuális (megjelenés, víz- és mechanikai szennyeződés tartalom) ellenőrzését, majd annak eredménye és a laborvizsgálati eredményeket tartalmazó vizsgálati bizonyítvány (útlevél) alapján engedélyezi azok repülőeszközbe történő feltöltését, betöltését;
- a repülőeszközökben tárolt (betöltött) üzemanyagok minőségének megóvását, előírás- és szükség szerinti cseréjét, frissítését;
- az üzemanyag ellátáshoz kapcsolódó repülő-műszaki szaktechnikai eszközök (pl. hidraulika rendszer feltöltő és ellenőrző berendezés stb.) üzemképességét, rendelkezésre állását, karbantartását és javítását.

A páncélos- és gépjármű szakterület biztosítja:

- A repülést kiszolgáló szaktechnikai eszközök alvázainak, hordozó berendezéseinek üzemképességét, rendelkezésre állását, karbantartását és javítását. [12]

Az újonnan beszerzésre került forgószárnyas légijárművek esetében (AS350, H145M, H225) gyártói elvárás az Airbus (a továbbiakban: Gyártó) részéről, hogy akkreditált laboratóriumban kerüljön bevizsgálásra a járművek hajtóművéből, főreduktorából, hidraulika rendszeréből vett olajminta. Első körben az MH központi laboratóriumában, olaj kinematikai viszkozitása, valamint víztartalma kerül mérésre. (6. számú melléklet). Mivel az MH jelenleg, részletes tribológiai vizsgálatot végző műszerrel nem rendelkezik, ezért a karbantartást végző Vállalkozó bevonásával, Megbízási Szerződéssel, külső Laboratóriumban kerül az olaj bevizsgálásra.

Kétféle vizsgálat megrendelése történik:

- Olajrendszerben két szűrő van, melyek feladata a mechanikai szennyeződések kiszűrése. Az itt megakadt fémforgács kerül elemzésre.
- Vizsgálat ára (HUF): $248\,000 + 16\,000 \text{ szállítás} \cdot 1,27 \text{ ÁFA} = 335\,280$
- Kötelező tribológiai vizsgálat, amire a Gyártó előírása szerint 100 repült óránként vagy 90 naponta kerül sor.
- Vizsgálat ára (HUF): $78\,000 + 16\,000 \text{ szállítás} \cdot 1,27 \text{ ÁFA} = 119\,380$

Mintát kiszállítják Svájcba, majd a vizsgálati bizonyítvány visszaérkezik, és megküldésre kerül a Gyártó részére, ahol az Airbus mérnökei kielemezik. Az erről készült jegyzőkönyveket az 7. a 8. és a 9. melléklet tartalmazza.

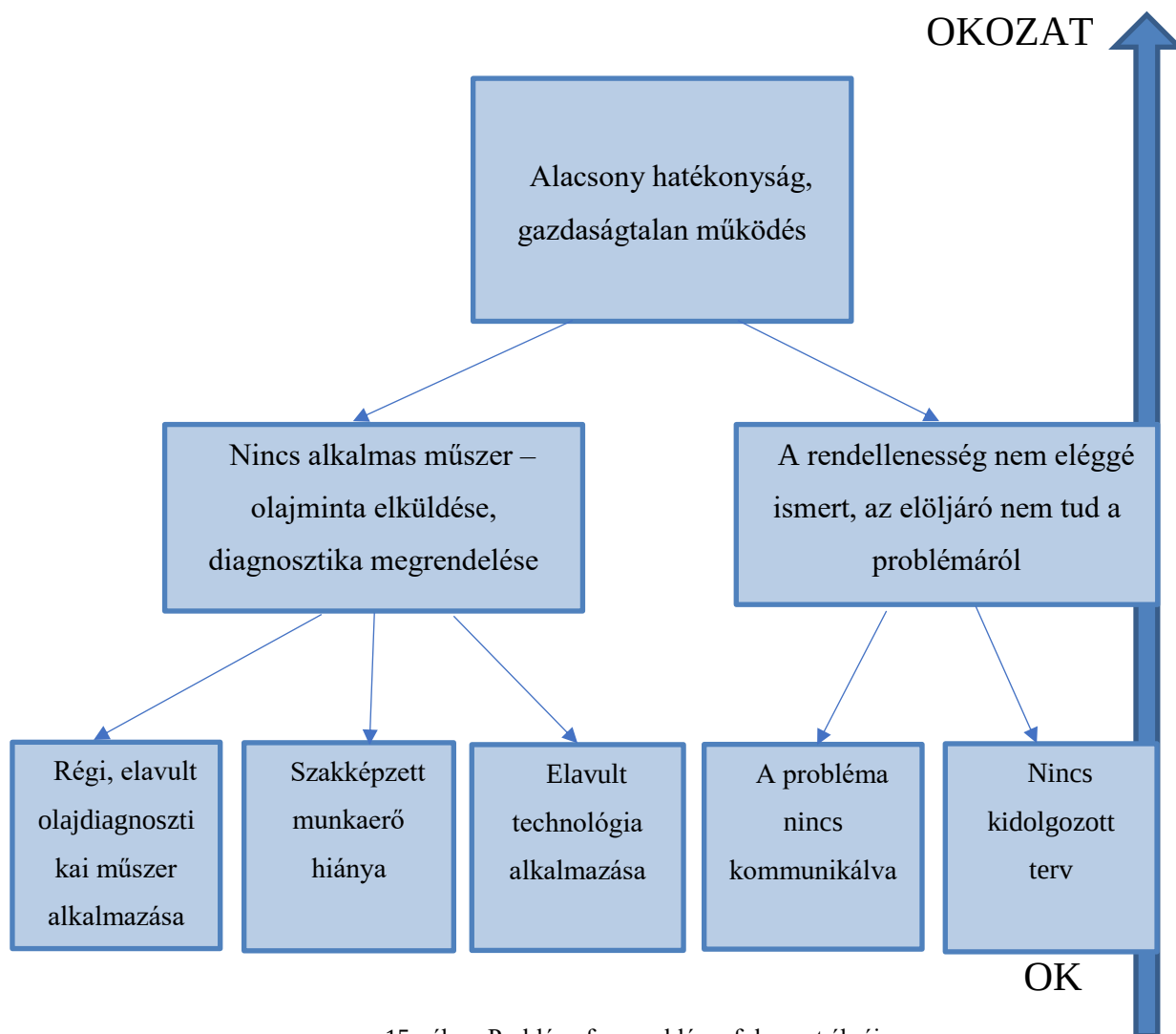
6.2.2. Problémaelemzés és a SWOT–analízis módszertana

A helikopterek olajdiagnosztikai vizsgálatának jelenlegi protokoll időben nem hatékony, költségét nézve pedig nem gazdaságos. Dolgozatom következő részében bemutatom azokat a lehetséges műszer beszerzési alternatívákat, melyek segítségével újra megvalósulhat, illetve feléledhet az a fém-kopadék vizsgáló képesség, mellyel korábban rendelkezett a Magyar Honvédség.

Ezután SWOT-analízis segítségével megvizsgálom, hogy a bemutatott műszerek közül, melyik az, amely leginkább megfelel a használói, illetve gyártói követelményeknek, valamint melyik eszköz beszerzése támogatja leginkább a repülőeszközök üzemeltetését.

Ehhez elvégzem mind a négy eszköz SWOT-analízisét, majd a részletes stratégiaelemzést. Cél a SWOT-analízis során kimutatott erősségek és lehetőségek tovább építése, a gyengeségek és veszélyek kockázatának csökkentése.

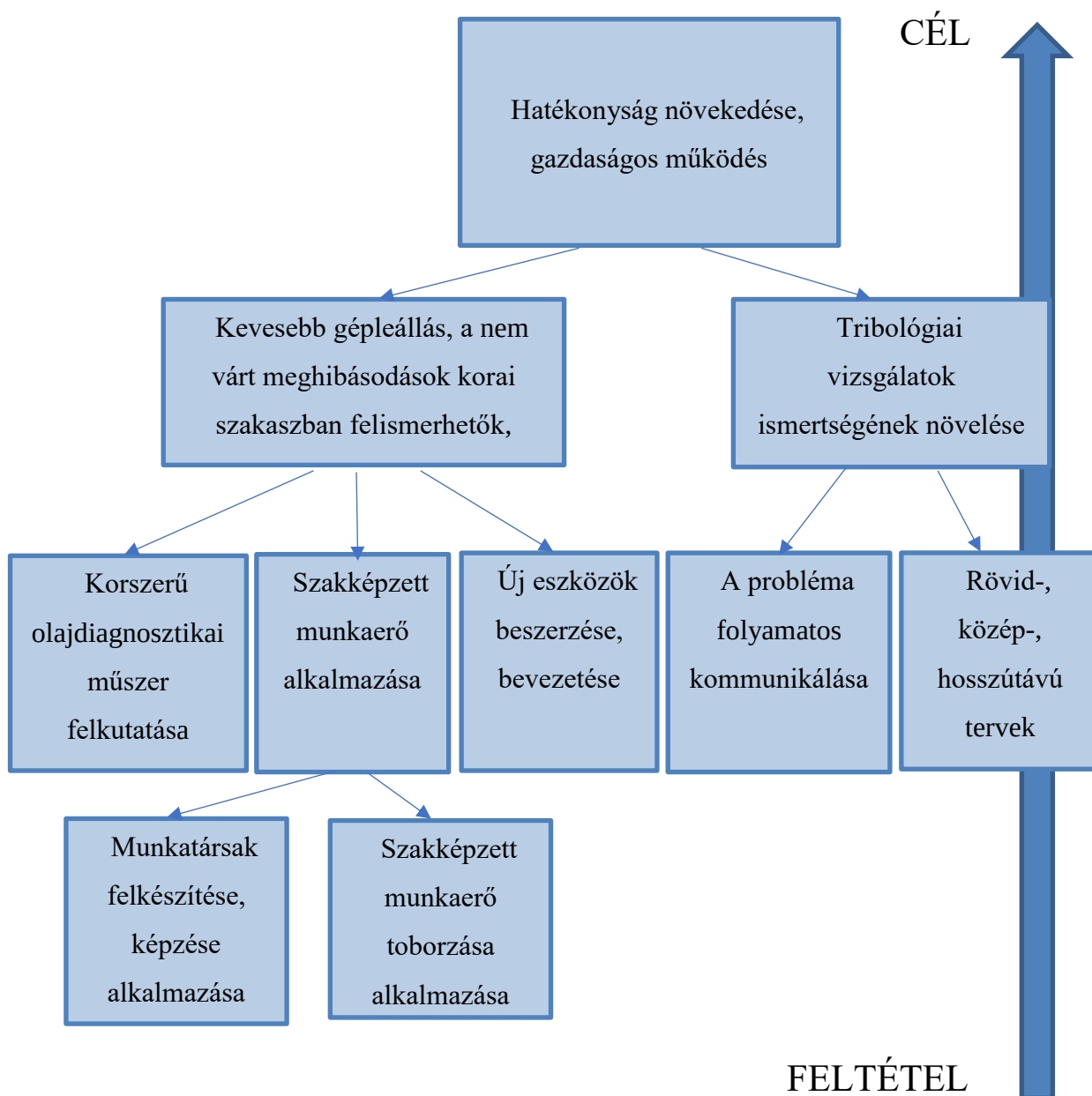
Kezdeként meghatároztam a problémák körét, azok ok-okozati összefüggéseit, amit egy probléma-fa szerkezettel, a 16. ábrán ábrázoltam. Azok a problémák, amik okok is egyben az alsó szintre kerültek [52].



15. ábra: Problémafa – probléma folyamat ábrája

A problémafa a jelenlegi helyzetet negatív oldalról mutatja be, ám fontos, hogy a kritika előremutató legyen, amit a célok elemzésére készült cél-fa ábrázol. Itt a problémák már elérendő célok formájában jelennek meg, vagyis a cél-fa, a probléma-fa tükörképem elyet a 17. ábrán mutattam be. Az ok és okozati viszony helyett, a célok és a feltételek jelennek meg.

Vizuálisan ábrázoljuk, hogy az egyes problémák milyen követelményeket támasztanak felénk, mi a célunk és meg tudjuk határozni, mire van szükségünk annak megvalósításhoz, ebből jelenleg mi áll rendelkezésünkre, milyen további erőforrásokra, eszközökre van szükségünk.



16. ábra: Cél-fa – a megoldás folyamat ábrája

A hosszútávú tervezés nélkülözhetetlen része, hogy ismerjük a reális lehetőségeinket, költségvetésünket, rendelkezésre álló erőforrásokat és ezek függvényében szükséges elemezni a problémát. A SWOT-elemzés segítségével a szervezetek belső és külső környezetüket vizsgálhatják meg. Ahogy Novotny Ádám írja: „A belső vállalati erőforrásokban rejlnek a vállalat ereje és gyengesége, míg a külső környezetben kell keresni a lehetőségeket és a veszélyeket.” [53]

A SWOT kifejezés egy angol mozaikszó, mely során a tervezett projektet az alábbiak szerint vizsgáljuk:

- S (Strengths=Erősségek): elemezzük a projekt tárgyának erősségeit.
- W (Weaknesses=Gyengeségek): a projekt gyengeségeinek felismerése, és azok kijavításának módjai.
- O (Opportunities=Lehetőségek): lehetőségek feltárása.
- T (Threats=Veszélyek): veszélyek megfogalmazása, javaslatok azok elkerülésére.

6.2.3. Multielement Oil Analyzer (MOA IV)

A szikraemissziós spektroszkópia az az olajelemző módszer, amely egy műszerben, a leggyorsabb, legegyszerűbb és legköltséghatékonyabb módon ellenőrzi az olajokban található fémelemek (alumínium, bronz, öntöttvas, kobalt, réz, ólom, magnézium, lágyacél, nikkel, rozsdamentes acél, forrasztóanyag, ón, titán és cink ötvözet) jelenlétét. A 17. ábra a MOA IV szikraemissziós spektroszkópiás műszert ábrázolja.



17. ábra: MOA IV szikraemissziós spektroszkópiás műszer [55]

A műszer, a korszerű CCD detektorok¹⁶ és az optikai szekrényben található spektrométerek segítségével, teljes hullámhossz-lefedettséget biztosít a mély ultraibolya sugárzástól a közeli

¹⁶ CCD (Charge-coupled device) egy olyan félvezető detektor, amiben a pixelenként gerjesztett elektronok megfelelő csapdázással és irányítással külön-külön kiolvashatók. Egy pixelben található egy fotoaktív réteg (ahol az elektronok gerjesztődnek), egy transzmissziós réteg (ahol az elektronok haladnak) és a megfelelően

infravöröség. A MOA IV inert gázzal van megtöltve, amelyet mosnak és újra hasznosítanak, így nincs szükség drága és zajos vákuumszivattyúkra. A számítógép Ethernet-kábelekkel kommunikál a műszerrel, amelyek nem érzékenyek a szabványos USB-kommunikációt zavaró elektronikus zajokra.

A berendezés műveleti területen is gyorsan és egyszerűen beüzemelhető, alapszintű használatára a kezelője egy nap alatt betanítható.

Alábbi részecskéket vizsgálja: Alumínium, Sárgaréz / bronz / réz, Öntöttvas, Kobalt, Ólom, Magnézium, Lágycél, Nikkel, Rozsdamentes acél, Forrasztó, Ón, Titán, Cink.

A Multielement Oil Analyzer (MOA IV) SWOT elemzését a 18. ábra mutatja be:

Belső tényezők	Erősségek	Gyengeségek
	+A katonai szervezetek az első számú felhasználói +Terepen történő (mobil labor) és laktanyai használat kombinálása +Jelenleg használt eszköz modernizált változata	– Túlárazott termék – Alacsony kompatibilitás – Nagyfokú függés az USA-tól – Angol nyelvű műszaki leírás, kézikönyv – Versenytársakhoz képest nagyobb méret – Airbus tanúsítás hiánya
Külső tényezők	Lehetőségek	Veszélyek
	+Technológiai fejlődés, mérnöki kompetenciák fejlesztése +Új üzleti kapcsolatok NATO beszállítókkal +Átlátható karbantartási stratégia +Szorosabb együttműködés a repülő műszaki szakterülettel + Közös online adatbázisok kiépítése	–Jogi problémák –Nehézkes közbeszerzés –Munkaerőhiány –Szakember-elvándorlás veszélye

18. ábra. A Multielement Oil Analyzer (MOA IV) SWOT analízise

6.2.4. ChipCHECK hordozható fémforgács részecskeelemző eszköz

Az eszköz, az egyes alkatrészekből kiszerelt olajsűrőkben, mágneseken lerakódott fémreszelékeket analizálva segít megállapítani az esetleges hiba forrását. Helyszínen történő használatával a mintákat nem kell külön laborba küldeni, a vizsgálat rövid időn belül elvégezhető. A műszer, a magyar forgószárnyas flottából jelenleg a H225 és az AS350 típusú helikopterekre nézve rendelkezik az Airbus Helicopters jóváhagyásával (8. számú. melléklet), azonban folyamatban van a H145M típusú helikopter vonatkozásában is a tanúsítás.

A ChipCHECK az amerikai Gastops vállalat, szabadalmaztatott lézerspektroszkópai technológiáját használja a forgácsok elemzésére és az alkatrészek sérülésének bizonyítottan

elhelyezett kapu elektródák. A megvilágítás hatására keletkező elektronok csapdázódnak a feszültség alatt lévő elektródánál. Az elektródák megfelelő sorrendben történő feszültség vezérlésével az elektronok tovább léptethetők a szomszédos helyekre. Az utolsó regiszternél kijövő elektromos jelsorozat az egymás melletti pixelekben keletkezett elektronok időbeli sorozata, így az eredeti kép könnyen visszanyerhető.

megbízható jelzéseinek mérésére: forgácsolás, forgácsolás és fémötvözet azonosításra. A műszeren elvégzett vizsgálat segít beazonosítani a kopás helyét, összehasonlítva az adatokat a betáplált fémötvözet-adatbázissal és percek alatt meggyőző elemzést készít, mellyel támogatja a proaktív karbantartási tevékenységet, valamint csökkenti a másodlagos károsodás valószínűségét.

Az eszköz kisméretű, hordozható, telepíthető, automatizált, így terepen és műveleti területen is könnyen használható. 80 µm-nél nagyobb részecskék elemzésére alkalmas, használatához 2 óra képzés szükséges. A 19. ábra a ChipCHECK hordozható fémforgács részecskeelemző eszközt mutatja be. (Főbb jellemzőit a 9. számú melléklet tartalmazza).



19. ábra: ChipCHECK hordozható fémforgács részecskeelemző eszköz [56]

Működése:

A mintát alkohollal szükséges az olajtól megtisztítani, majd a mintatálcán a műszerbe helyezni.

1. fázis: Képelemzés

- A minta háttérvilágítású, sziluettjei készülnek
- A kép feldolgozásával meghatározásra kerül az egyes fémrészecske alakja, súlya és területe

2. fázis: Ötvözet osztályozás

- A lézerindukált meghibásodási spektroszkópia (LIBS¹⁷) technológiát alkalmazza az egyes részecskék elemi összetételének azonosításánál

¹⁷ Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS)

- A nagy felbontású, fókuszált lézer minden részecskét rövid, magas energiáimpulzus értékkel céloz meg, amelyek forró mikroablációt okoznak (kis szikraként látható)
- A szikra által kibocsátott fényt spektroszkópai eszközökkel elemzi az ötvözet osztályozásának meghatározásánál, majd az ötvözet alcsoportot osztályozza
- A műszer jelzi, ha az azonosítás megbízhatósági foka nem elegendő, ennek oka lehet, hogy az ötvözet nem szerepel az adatbázisában, illetve ha a kopadék nem fémes részecske. A ChipCHECK több célzást (min. 5) használ a nagyobb megbízhatóság érdekében, majd addig folytatja a célpontok elemzését (max. 53 lézerlövés), amíg nem konvergál a megoldáshoz.
- A spektrumvonalakról laboratóriumi minőségű részecskeelemzési jelentés készül, részletezve az fémreszelék ötvözet osztályozását, az egyes részecskék alakját, súlyát.

A 20. ábra. a ChipCHECK hordozható fémforgács részecskeelemző eszköz SWOT analízisét mutatja be.

Belső tényezők	Erősségek	Gyengeségek
	+Az eszköz Airbus jóváhagyással rendelkezik a H225, AS350 forgószárnyas gépekre +Helyszíni vizsgálat +Gyors elemzés, gyorsabb reagálás az üzemeltető igényeire	– A modern technikához való nem megfelelő viszonyulás – Stratégiai szintű tervezés és az abba illeszkedő projektervek hiánya – Magas árszint – Dolgozói elkötelezettség hiánya
Külső tényezők	Lehetőségek	Veszélyek
	+Technológiai fejlődés, mérnöki kompetenciák fejlesztése +Új üzleti kapcsolatok +Átlátható karbantartási stratégia +Szorosabb együttműködés a repülő műszaki szakterülettel +Közös online adatbázisok kiépítése +Ökológiai lábnyom mérséklése	–Jogi problémák, Airbus tanúsítás kezdeményezése (laboratórium akkreditáció) –Nehézkes közbeszerzés –Munkaerőhiány –Előirányzatok csökkentésének, zárolásának lehetősége minisztériumi szinten – Növekvő leterheltség – kiégés veszélye

20. ábra. A ChipCHECK hordozható fémforgács részecskeelemző eszköz SWOT analízise

SWOT mátrix elemzése:

Gyengeségek

A modern technikához való nem megfelelő viszonyulás leginkább generációs, illetve szemléleti probléma. Egyik fő oka, hogy az eszközbeszerzés az elmúlt években nem volt folyamatos. A jelenleg használt eszközök 8-10 éve kerültek beszerzésre, használóiknak megfelel, nem igénylik az innovációt. Másik ok, az üzemanyag laboratóriumokban dolgozók magasabb életkora. A szakdolgozók átlag életkora 47 év.

Folyamatos képzéssel, intenzív belső kommunikációval, valamint a 20-40 éves munkavállalók arányának növelésével a helyzet javítható.

Stratégiai szintű tervezés és az abba illeszkedő projekttervek hiányának oka, hogy nincs előrelátás, nem készülnek fejlesztési tervek. Amikor váratlanul megjelenik egy kormányzati forrás, gyakran nem átgondolt, hirtelen, kapkodó döntések születnek. Fontos, hogy rendelkezzen a szakállomány rövid-, közép-, hosszútávú műszerbeszerzési tervekkel, fejlesztési javaslatokkal.

Magas árszintet a piac határozza meg, megoldás egyedül a költségvetési források megszerzése, előjárói támogatás elnyerése.

Dolgozói elkötelezettség hiányát, az elvégzett munka utáni anyagi és verbális elismeréssel, jó munkahelyi légkör kialakításával lehet csökkenteni.

Veszélyek

Jogi problémák, Airbus tanúsítás kezdeményezése (laboratórium akkreditáció) veszélye fennáll, melynek oka, hogy az akkreditációra való felkészülés, a műszer készség szintű használatának, tribológiai vizsgálatok háttérének kidolgozása 2-3 évbe is telhet, ennek megvalósítása után az Airbus Helicopters tanúsítás megszerzése is meglehetősen időigényes.

A közbeszerzés intézménye tovább nehezíti a fejlesztést. Mivel a beszerzés értéke meghaladja a nemzeti értékhatárt, annak lefolytatását a központi beszerző szerv végzi, melynek időtartama a tapasztalatok alapján 8-12 hónap. Fontos a műszaki követelményeknek a pontos megfogalmazása.

Szakképzett munkaerőhiány veszélye valós, mivel a közép, illetve felsőfokú, vegyész végzettségű fiatalokat főleg a termelő szféra vonzza be. Megoldás lehet a duális képzés indítása.

Előirányzatok csökkentésének, zárolásának lehetősége komoly kockázati faktor, melynek megakadályozására nincs befolyásunk.

Növekvő leterheltség – kiegész veszélye, sportolással, minőségi szabadidő biztosításával csökkenthető.

Erősségek és lehetőségek bemutatása

Helyszíni vizsgálat jelentős időt takarít meg, a gyors elemzés segít a megfelelő döntés meghozatalában, gyorsabb reagálás biztosít az üzemeltető igényeire, csökkenti a szervezet ökológiai lábnyomát.

A beszerzés egyben technológiai fejlődést is jelent, mérnöki kompetenciák fejlesztésével jár. Szorosabb együttműködés biztosít a repülő műszaki szakterülettel, mely keretében a jövőben több közös projekt is megvalósulhat, valamint létrejöhet egy közös online adatbázis, amely folyamatosan nyomon követi az olajdiagnosztikán keresztül a forgószárnyas flotta gépeinek aktuális állapotát.

A beszerzés megvalósulásával a karbantartási stratégia átláthatóbbá válik, javítási idő csökkenhet, ez által a hadrafoghatósági mutató javulhat.

6.2.5. RIGAKU NEX DE asztali XRF készülék

A nagy múltra visszatekintő japán Rigaku Corporation, több évtizedes tapasztalattal rendelkezik az EDXRF készülékek gyártása terén. A NEX DE készülék alkalmas a periódusos rendszer elemeinek (Na-U) roncsolásmentes vizsgálatára, egészen az alacsony (ppm) koncentrációktól kezdődően a magas, tömeg %-os koncentrációkig. A készülék 60 kV-os röntgensóvel rendelkezik, ezáltal bizonyos elemek (pl. ólom, kén, higany, króm, nikkel, antimon, ón, vanádium) kiemelkedően alacsony alsó méréshatárok mellett határozhatók meg. A műszer hélium öblítésének köszönhetően használható a könnyű elemek (pl. kén, foszfor vagy kalcium) alsó ppm tartományban történő vizsgálatára is. A konfiguráció részletes adatait a 9. számú melléklet tartalmazza. A 21. ábra: RIGAKU NEX DE asztali XRF készüléket, a 22. ábra a SWOT elemzését ábrázolja.



21. ábra: RIGAKU NEX DE asztali XRF készülék [57]

Belső tényezők	Erősségek	Gyengeségek
	+Használatához már meglévő adottságok +Belső és külső továbbképzések folyamatosak +Tanúsított minőségirányítási rendszer	– Informatikai rendszer folyamatos fejlesztése nem megoldott – Kommunikációs problémák (horizontális, vertikális)
Külső tényezők	Lehetőségek	Veszélyek
	+Jelenlegi mobil labor fejlesztése + Fémrészecskék roncsolásmentes vizsgálata +Számítógépes elemzés	–Szakember elvándorlás –Szakemberhiány miatti kihasználatlanság –Nehézkes közbeszerzés

22. ábra. A RIGAKU NEX DE asztali XRF készülék SWOT analízise

6.2.6. CAV 4.2 Automatikus Kinematikai Viszkóziméter

A CAV 4.2 műszer, a Cannon vállalat (Cannon Instrument Company / USA) legkorszerűbb technikáját magában foglaló automata viszkóziméter alkalmas nagyszámú minta viszkozitásának rövid időn belül történő, precíz, nagy pontosságú meghatározására. Átlátszó és nem-átlátszó folyékony minták kinematikai viszkozitásának mérésére egyaránt alkalmas a készülék. A mintabevitel automatikusan történik, amely biztosítja az egymás után behelyezett minták akadálymentes vizsgálatát. A kisméretű, bench-top készülék tökéletesen megfelel az ASTM D445/D446, ISO 3104/3105, IP 71 vizsgálati szabványokban előírt követelményeknek. A műszer két fürdővel rendelkezik, melyek hőmérséklete egymástól függetlenül állítható szobahőmérséklet és 100°C közötti hőmérséklettartományban. Mindkét fürdőhöz tartozik egy-egy 14 db mintát befogadó mintaváltó, így biztosítva a nagyszámú minta automatikus mérését. A mintaváltókhoz, minta előmelegítő egység is rendelkezésre áll, mely a magas hőmérsékleten (pl. 100°C) történő viszkozitás mérésénél elengedhetetlen kiegészítő. A készülék magas környezeti hőmérséklet esetén is megbízhatóan használható külső hűtés nélkül, 30°C-nál magasabb környezeti hőmérséklet esetén a beépített fürdő hűtéssel hűthető a készülék (a 40°C-os fürdő hőmérséklet tartásához). A készülék automatikus kapilláris-, valamint a piacon egyedülként automatikus mintatartó üvegcsé mosási és szárítási funkcióval is rendelkezik. A 23. ábra: CAV 4.2 Automatikus Kinematikai Viszkózimétert ábrázolja.



23. ábra: CAV 4.2 Automatikus Kinematikai Viskoziméter [58]

A készülék része a beépített számítógép, így külső PC nélkül is teljes értékűen használható, e mellett természetesen külső PC-hez is csatlakoztatható. A berendezés részletes adatait a 10. számú melléklet, a SWOT analízisét a 24. ábra tartalmazza.

Belső tényezők	Erősségek	Gyengeségek
	+Belső és külső továbbképzések folyamatosak +Tanúsított minőségirányítási rendszer + Nagyszámú minta automatikus mérése +Automatikus mintatartó üvegce mosási és szárítási funkciója	– Eszközbeszerzés nem folyamatos – Szakdolgozók átlag életkora 47 év – 20-40 éves munkavállalók alacsonyabb aránya – Elavult belső építészeti adottságok
Külső tényezők	Lehetőségek	Veszélyek
	+ A meglévő vizsgálóképesség bővítése + Minőségi fejlesztés + Mentor program kidolgozása + Energiahatékony működés	– Amortizációs költségnövekedés – Saját források hiánya – Túlzott előjárói adminisztrációs elvárások – Nehézkes közbeszerzés

24. ábra. A CAV 4.2 Automatikus Kinematikai Viskoziméter SWOT analízise

7. Gazdasági elemzés, hosszútávú tervezés

7.1.1. Lehetséges beszerzések értékei

Pakainé Kováts Judit – Bednárík Éva szerint: „A stratégiai elemzés kérdéséhez először szükséges megismernünk a vállalatok alapstratégiáit. A stratégiai célja a termelői szférában, hogy versenylőnyhöz juttassák a vállalatot, illetve a cég meg tudja tartani – vagy akár növelni – a megszerzett versenylőnyét.” [59]

Ennek függvényében három alapstratégiát különböztetünk meg egymástól:

- Költségtakarékos stratégia: középpontjában a hatékony termelés van, minden döntés a költségek minimalizálását szolgálja,
- Differenciáló stratégia: a vállalat eklatáns célja, hogy világosan meg lehessen őket különböztetni más gyártóktól. A fő hangsúly a minőségen van, lényeg a márkaépítés.
- Koncentráló stratégia: egy bizonyos piaci szegmens igényeinek kielégítésére összpontosít a cég, ennek megfelelő termékeket fejleszt ki.

A Magyar Honvédség nem a termelői ágazat, hanem a közszolgálati szervezetek közé tartozik. Cél nem a profiton van, hanem hogy a kapott költségvetés, valamint a rendelkezésre álló erőforrások lehető leghatékonyabban kerüljenek felhasználásra. Az államnak, mint tulajdonosnak a legfőbb érdeke, hogy az MH hatékonyan, valamint transzparensen működjön. Ezért az MH gazdálkodását leginkább a költségtakarékos stratégia jellemzi, melyben helyenként megjelenik a koncentráló stratégiai tervezés is.

A fejlesztést meghatározóan befolyásolja a műszerek piaci ára. A négy műszer beszerzési árait a 3. számú táblázat tartalmazza:

Fsz.	Műszer megnevezése	Bruttó beszerzési ár (Ft/db)	Mennyiség (db)
1.	Multielement Oil Analyzer (MOA IV)	88 546 897 Ft	1
2.	ChipCHECK hordozható fémforgács részecskeelemző	60 107 588 Ft	1
3.	RIGAKU NEX DE asztali XRF készülék	35 882 555 Ft	1
4.	CAV 4.2 Automatikus Kinematikai Viszkóziméter	56 808 180 Ft	1

3. táblázat. A műszerekre kapott indikatív árajánlatok (2024. szeptember)

A műszerek piaci árán kívül a különböző üzemeltetői szempontok is jelentősen befolyásolják a fejlesztés lehetséges irányát. Ezeket a szempontokat 1 és 3 közötti számmal értékeltem, majd fontosságuk szerint 1-3 közötti skálán súlyoztam. Az értékelések során az 1, a legrosszabb, a 3 a legjobb értékelés volt. A négy műszer üzemeltető szempontból történő értékelését a 4. számú táblázat tartalmazza:

Üzemeltetői szempontok	Súlyfaktor 1-3	Multielement Oil Analyzer (MOA IV) 1-3	ChipCHECK fémforgács részecskeelemző 1-3	Asztali XRF készülék 1-3	Automatikus kinematikai viszkoziméter 1-3
Költséghatékonyság	2	1	1	3	1
Rugalmasság	2	2	3	2	2
Hibafeltárás pontossága	3	2	3	1	1
Javítás körülményei	1	2	2	3	3
Terepen történő (mobil labor) és laktanyai használat kombinálása	3	1	3	2	2
Új üzleti kapcsolatok NATO beszállítókkal	1	3	3	1	1
Szorosabb együttműködés a repülő műszaki szakterülettel (közös online adatbázisok kiépítése)	1	3	3	1	1
Airbus tanúsítás megléte	3	1	3	1	1
Jelenleg használt eszköz modernizált változata	2	3	1	1	1
Ökológiai lábnyom mérséklése	1	3	3	2	2
Összesen	-	35	48	31	27

4. táblázat. A műszerekre üzemeltető szempontból történő értékelése, súlyozása

Az előzőekben ismertetett értékelési módszerek, valamint a forgószárnyas repülőeszközök üzemeltetői igénye alapján jelenleg két műszer beszerzése indokolt:

- ICP elem analízis: használt olaj tribológiai vizsgálata (adalékelemek, kopásfémek, szennyezők elemzése 2-6 µm-ig) Multielement Oil Analyzer (MOA IV)
- Analitikai ferrográfia: mágnesezhető és nem mágnesezhető szilárd kopás részecskék elemzése ChipCHECK hordozható fémforgács részecskeelemző eszköz

7.1.2. Beszerzésre kerülő műszerek részletes stratégiai elemzése

A fejlesztésnél fontos kimutatni a különböző költségnövelő tételeket, melyek az eszközbeszerzésnél, a műszer piaci árán kívül jelentkeznek. Ezek a költségek tervezői költségbecslés, indikatív árajánlat, korábbi szerződések, valamint az előző évek beszerzési, karbantartási tapasztalatai alapján kerültek meghatározásra, bruttó összegben, mivel az MH, a beszerzés szempontjából ÁFA levonási joggal az ÁFA trv. alapján nem élhet.

A beszerzések 2024. évi áron számított költségeit a 5. számú táblázat és az azt követő részletes leírás mutatja be:

Fsz.	Műszer beszerzési költségei	ChipCHECK (Ft)	MOA IV (Ft)
1.	Bruttó ár	60 107 588 Ft	88 546 897
2.	Adminisztratív költségek (NAH akkreditáció, kalibrálás, hitelesítés)	125 000 Ft	
3.	Személyi jellegű költségek (képzés, utazás)	632 800 Ft	
4.	Független minőségbiztosítási szakértő díja, Informatikai szakértő díja	876 000 Ft	
5.	Airbus tanúsítás előkészítési, végrehajtási költségei	1 280 000 Ft	
6.	Közbeszerzési költségek (piackutatás, utiköltség)	7 186 000 Ft	
	Mindösszesen:	158 754 285 Ft	

5. táblázat: ChipCHECK fémforgács részecskeelemző eszköz beszerzési költsége

I. ChipCHECK hordozható fémforgács részecskeelemző ára

Indikatív árajánlat került bekérésre, melyben a forgalmazó az eszköz piaci árát 129.000 dollárban határozta meg, mely tartalmazza az eszköz csomagolási, szállítási díját, beüzemelését, egy napos oktatást 2 fő részére a helyszínen.

II. Adminisztratív költségek

Az MH központi üzemanyag laboratóriumának akkreditált területéhez tartozó laboratóriumi vizsgálatait a 2. számú melléklet tartalmazza. Szükséges az akkreditáció kiterjesztése a beszerzés tárgyára, melyre a felkészülés 2-3 év, mely magába foglalja a kalibrálást, hitelesítést, NAH akkreditációs díját. A költségek meghatározása az előző évek tapasztalatai alapján történt.

III. Személyi jellegű költségek

Ahogy említettem az akkreditációra való felkészülés 2-3 év, amely magába foglalja a betanulást, folyamatos próbamérések végzését, melyek végrehajtására gyakran külső objektumban, főleg repülőtereken kerül sor. A beszerzés előkészítését és a fejlesztések

megvalósításának koordinációját az MH Logisztikai Támogató Parancsnokság üzemanyagos szakállománya végzi, együttműködik más szakterületekhez kapcsolódó feladatok ellátásáért felelős más intézményekkel. Az utazás költségét tartalmazza, melyet a tervezői költségbecslés alapján állítottam be.

IV. Független minőségbiztosítási szakértő díja, Informatikai szakértő díja

Magába foglalja a tanúsításra való felkészülés, belső audit költségeit, a meghívott auditor díját. A költség meghatározása az előző évek szerződése alapján történt.

V. Airbus tanúsítás előkészítési, végrehajtási költségei

Maga az eszköz az Airbus Helicopters jóváhagyásával rendelkezik, de szükséges, hogy a Gyártó a Laboratórium vizsgálatát is elfogadja. A díj kalkulálásának alapja a tervezői költségbecslés, melyek tartalmazzák a szakértői költségeket (mérnök, műszaki ellenőr és a tervezői, auditor díja).

VI. Közbeszerzési költségek (piackutatás, útiköltség)

Fontos a projekt esetében a nyilvánosság biztosítása, az eljárások, valamint a munkatársak, mérési szakemberek meggyőzése, melynek abszolválásához egy kommunikációs terv készül. Továbbá tartalmazza a független közbeszerzési szakértő díját, valamint a közbeszerzési dokumentációk díját. Mivel a beszerzés értéke meghaladja a nemzeti közbeszerzési értékhatárt, ezért a közbeszerzési eljárást az MH szakmai irányelvei alapján a Védelmi Beszerzési Ügynökség Zrt. folytatja le, mely kiterjed a könyvvizsgálói, pénzügyi tanácsadói, jogászai díjakra.

A költség az alábbi költségtényezőkből áll össze:

- A beszerző team bérköltségeit a feladatokat ellátó dolgozók munkabérének arányos értékéből számítottam ki.
 - 1 fő projektigazgató teljes munkaidőben
 - 1 fő pénzügyi vezető részmunkaidőben
 - 1 fő műszaki vezető részmunkaidőben
 - 1 fő jogi vezető részmunkaidőben
 - 4 fő egyéb munkatárs (laborvezető, asszisztens) bérének arányos része a projektben eltöltött tényleges idő alapján
- A beszerző team dologi költségei, amely magában foglalja az iroda fenntartásának arányos költségeit, és az utazási költségtérítéseket.

A beszerző team a projekt teljes időtartama alatt, azaz 12 hónapon keresztül tevékenykedik, valamint a költségek számításánál 5% inflációt feltételezve határoztam meg a 2024. évi költségeket.

A beszerzés szükségességét az 6. táblázatban közölt üzleti számítás támasztja alá:

Tribológiai vizsgálat	Bruttó ár Vizsgálat+szállítás (Ft/db)	Tervezett éves elemzések száma	Bruttó ár Éves vizsgálatok (Ft)
Fémrészecske ICP-OES elemzése	335 280 Ft	60	20 116 800 Ft
Oljminta tribológiai elemzése	119 380 Ft	110	13 131 800 Ft
Összesen:			33 248 600 Ft

6. táblázat. Olajdiagnosztikai vizsgálatok jelenlegi éves költsége

Megtérülési idő = A beruházás összege / A várható éves vizsgálatok értéke

Megtérülési idő = 158 754 285 Ft / 33 248 600 Ft = 4,77 év

A számításból látszik, hogy a műszerek beszerzési árának megtérülési ideje, előre láthatóan kevesebb mint 5 év, amihez ha hozzáveszük, hogy a műszerekkel elvégzett elemzések nem csak a forgószárnyas flotta, hanem a merevszárnyú eszközök esetében is elvégezhetők, akkor ennél kevesebb.

7.1.3. A beszerzés várható hatása a szervezeten belül és kívül

A tervezett beszerzéssel egyrészt egy olyan képesség kerül megújításra, mellyel korábban az MH rendelkezett, de az évtizedek alatt a használt technológia elavult, másrészt az analitikai ferrográfia módszerével egy új, eddig nem alkalmazott eljárásrenddel, egy új képességgel bővül a szervezet tribo-diagnosztikai palettája. A két műszer tervezett beszerzése hozzájárul ahhoz, hogy a lehetséges meghibásodások korai szakaszban beazonosíthatóak legyenek, segítségükkel nyomon követhető a helikopterek rejtett amortizációja, rendellenes működése, kevesebb gépleállás, hadrafoghatósági arány növekedése prognosztizálható. Csökkenthető a forgószárnyas flotta javítási költsége, tervezhetőbbé és pontosabbá válik a karbantartás, optimalizálható a berendezések olajcsereciklusa, összességében nő a gépek megbízhatósága.

A használt olaj tribológiai és a fémforgács részecske elhelyezkedésének, méretének, kopásforma alakjának, összetételének, színének vizsgálata segít az üzemállapot elemzésében (normál vagy rendellenes állapot). Információt ad a külső szennyezők bejutásáról, kezdődő csapágykopásról, beállítási hibákról, törésekről, nem megfelelő kenésállapotról, az olaj

savasodásáról, de a mintavétel során elkövetett hibákról is. Mindezek által segíti az üzemeltetőt a hiba beazonosításában.

Ezek által növekszik hazánk biztonsága, lakosság biztonságérzete, az MH társadalmi elfogadottsága. Bár a társadalom jobb közérzetét nem lehet forintban kimutatni, de azt gondolom, hogy az ember hat a környezetére és a környezet is hat az emberre, ezért az MH költségvetésének növelése nem „elherdált pénz.” Ahogy növekszik a térség biztonsága, úgy értékelődik fel az országa gazdasága a nemzetközi beruházói csoportok szemében. Ezzel együtt hazánk vonzóvá válik, csökken az elvándorlás, emelkedik a turizmus.

Fenntarthatóbb működést eredményez, mivel nem kell az olajmintákat Svájcba szállítani, így az ökológiai lábnyom csökken.

A beruházás ösztönzi a szakképzett munkaerő toborzását, valamint a meglévő szakemberek folyamatos képzését, ismereteinek bővítését.

8. Összegzés, javaslatétel

Dolgozatomban összefoglaltam a Magyar Honvédségben használt légijárművek üzemanyagainak jelenlegi tribodiagnosztikai vizsgálatait. Első részben bemutattam a repülőeszközök hajtóanyaggal történő ellátását béke, illetve minősített időszakban. Helyet kapott a minőségbiztosítás folyamatának részletes bemutatása, majd ismertettem a repülőpetróleum szabványban előírt minőségi vizsgálatait.

Dolgozatom második felében betekintést nyújtottam a légijárművek jelenlegi olajdiagnosztikai folyamatába, bemutatva az alkalmazott vizsgálati módszereket. szemléltetve a jelenleg használt, mára némileg elavult Multielement Oil Analyzer-t (MOA – többelemes olajanalizátor). A fejlődés kulcsa véleményem szerint a modernizálás, korszerű ICP, valamint fémforgács elemző műszer beszerzése, a rendszeres olajelemzés, mely nyomon követi a hajtómű aktuális állapotát, az által, hogy milliomodrásban kimutatja a szennyező fémrészecskék jelenlétét. A spektrometrikus olajelemzés mikroszkópos részecskevizsgálatot végez, amely kiterjed az adalékok, kopásfémek, valamint az egyéb szennyezők mennyiségi vizsgálatára.

Írásomban négy lehetséges fejlesztési alternatívát vázoltam fel, elkészítve mindegyik műszer SWOT analízisét. A kutatásom igazolta azt, amire már a vizsgálati eszközök SWOT elemzése is rámutatott, hogy a repülőeszközök üzemeltetése során használt olajok tribológiai vizsgálatát leghatékonyabb módon a ChipCHECK hordozható fémforgács részecskeelemző, valamint a Multielement Oil Analyzer (MOA IV) eszköz támogatná. Az eszközök használata kiváltaná a jelenleg alkalmazott eljárásrendet, mely szerint az olajminták külföldi laboratóriumban, lassan, körülményesen kerülnek elemzésre. A gyengeségek megfogalmazásánál kiderült, hogy a fejlesztéssel szemben megfogalmazott előítéletek a folyamatos képzéssel, intenzív belső kommunikációval, valamint a 20-40 éves munkavállalók arányának növelésével javítható. Fontos az előrelátás, a stratégiai szintű tervezés, hogy rendelkezzen a szakállomány rövid-, közép-, hosszútávú műszerbeszerzési tervekkel, fejlesztési javaslatokkal.

Összefoglalva a leírtakat, azt gondolom, hogy a Magyar Honvédség jelenleg mélyreható szemléletváltáson megy keresztül, mely jelentős haditechnikai fejlesztéssel, új szárazföldi és légieszközök beszerzésével jár. A megjelenő harcjárművek nagyfokú diverzitása, az üzemeltetők növekvő elvárásai egy jól és gyorsan működő minőségbiztosítás meglétét

feltételezik. Ebben a megújulásban szükséges az olajdiagnosztika folyamatos fejlesztése, valamint olyan elemző műszerek beszerzése, melyek segítségével nyomon követhető az olaj elhasználódásának mértéke, a különböző gépelemek kopás következtében kialakuló károsodása.

Dolgozatomban felvázolt ChipCHECK hordozható fémforgács részecskeelemző eszköz és a Multielement Oil Analyzer (MOA IV) ICP műszer beszerzésének köszönhetően, reményeim szerint a használt olaj gyors tribológiai elemzése, átláthatóbb karbantartási stratégiát, valamint az üzemeltető igényeire történő gyorsabb reagálást eredményez.

.

9. Nyilatkozatok

Szerzői nyilatkozat

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: HIDEG RÓBERT
A Hallgató Neptun kódja: W02DY4
A dolgozat címe: Repülőgépek turbo-diagnosztikai vizsgálata a Magyar Honvédségben
A megjelenés éve: 2024
A tanszék neve: Ágaselektromos és Gépészeti Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítotam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitóri rendszerébe.

Kelt: 2024. év 10 hó 25 nap

Híd
Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

Szerzői nyilatkozat

NYILATKOZAT

Alulírott HIDEG Zoltán, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllői Campus, Felső-diplomátus szakember szak nappali/levelező* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2024 év 10. hó 25 nap

[Signature]
Hallgató

NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Záródolgozatot/Szakdolgozatot/Diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatot/Szakdolgozatot/Diplomadolgozatot záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2024 év 10. hó 25 nap

[Signature]
Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

Konzultációs nyilatkozat

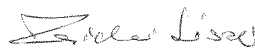
KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A HIDEG RÓBERT (név) (hallgató Neptun azonosítója: W02DYU) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: 2024 év 10. hó 25 nap



Belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő alá húzandó.

³ A megfelelő alá húzandó.

10. Irodalomjegyzék

- [1] Horváth, Z. A polgári és katonai logisztika elveinek alkalmazási lehetősége a katasztrófa elhárításban, 2007. https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2007_05%20Polg-i%20és%20kat-i%20logisztika%20katasztrófaelh%20-%20Horváth%20Z.pdf (utolsó letöltés: 2024.08.02.)
- [2] HTP/1 szabályzat az üzemanyag szakterület részére, Magyar Honvédség kiadványa, 2015.
- [3] ÜZA/2009 Magyar Honvédségnél használatos üzemanyagok, Budapest. Honvédelmi Minisztérium kiadása, 2009.
- [4] Valasek, I. – Auer, J. Kenőanyagok és vizsgálataik, Budapest. Tribotechnik Kft. 2003.
- [5] Zsidai, L. Kalácska, G. Keresztes, R. Tribológia I. jegyzet, MATE Gödöllő. 2023.
- [6] <https://honvedelem.hu/alakulat/honved-vezerkar.html> (utolsó letöltés: 2024.08.02.)
- [7] A Magyar Honvédség Logisztikai Támogató Parancsnokság szervezeti felépítéséről, belső működési rendjének és módjának részletes szabályozásáról szóló Szervezeti és Működési Szabályzata, 2023.
- [8] A NATO logisztikai alapelvei és eljárásai MC-319. Budapest. HVK Euro-Atlanti munkacsoport kiadványa, 1996.
- [9] Gergely, I. Az üzemanyag-ellátás megtervezése – megszervezése, Budapest. p. 65. 2015.
- [10] Schwartz, P. Fink, A. Waller, J. Kofman M. Russian Military Logistics in the Ukraine War, Stuttgart. p. 23. 2023.
- [11] Lowell W. Nevada Guard CH-47 FARP training, <https://www.dvidshub.net/image/7386872/nevada-guard-ch-47-farp-training> (letöltve: 2024. 08. 28.)
- [12] Htp/21/532 Az üzemanyagok minőségbiztosítása. HM Fegyverzeti és Hadbiztosi Hivatal kiadványa, p.: 23-58. 2012.
- [13] Kőolaj. Wikipédia, <https://hu.wikipedia.org/wiki/K%C5%91olaj> (letöltve: 2024. 08. 19.)
- [14] A földgáz és a kőolaj. Mozaik Education, https://www.mozaweb.hu/Lecke-KEM-Kemia_7-A_foldgaz_es_a_koolaj-98582 (letöltve: 2024. 08. 19.)
- [15] Szabó, Gy. Újraindul a százhalombattai finomító <https://index.hu/gazdasag/2022/09/08/uzemanyagfi-nomito-uzemanyagvalsag-benzin-benzinkutak-nyersanyag-nyersanyagpiac-nyersolaj> (letöltve: 2024. 08. 23.)
- [16] Német, B. Ipari technológiák, 4. Kőolaj feldolgozó technológiák, PTE, <https://polc.ttk.pte.hu/nemetb/IT-4-Koolaj-feldolgozas-NB.pdf> (letöltve: 2024. 08. 23.) 2012.
- [17] Okostankönyv: A kőolaj feldolgozása https://nat2012.nkp.hu/tankonyv/kemia_10_a/lecke_02_003 (letöltés: 2024.08.23)
- [18] Kálmán, D. Légi jármű tüzelőanyagok vizsgálata, Szolnok. p.8. 2018.
- [19] Szabó, L.: Szerkezeti és üzemanyagok jegyzet., Szolnok: Kilián György Repülő Műszaki Főiskola, 1989.
- [20] Venekei, J. A motor hajtóanyagok jellemzése, minőségi előírásai, alkalmazása www.lkga1513.netkukac.hu/letoltesek/termeles_technologia/motorhajtoanyagok.ppt (letöltve: 2024. 08. 23.)
- [21] Tajtíne Szöllősi, R. „Készítsen tanulmányt és multimédia bemutató oktatóprogramot, amely bemutatja a repülőgép üzem- és kenőanyagok útját a gyártástól a felhasználásig”. Szakdolgozat, Szolnok, 2005.
- [22] Valasek, I. – Sánta, I. Járműtribológia, Budapest. Tribotechnik Kft. 2003.

- [23] https://mol.hu/images/pdf/Vallalatiugyfeleknek/Uzemanyagok/mol_jet_termeklap.pdf (letöltve: 2024. 09. 27.)
- [24] Hegedűs, K. Repülőgépek korszerű energia forrásai. Szakdolgozat. Szolnok, 2017.
- [25] JETFly: JP-8 kerozin az izraeli vadászokban <https://www.jetfly.hu/regi-jetfly/3040-jp-8-kerozin-az-izraeli-vadaszokban> (letöltés:2024.08.29)
- [26] Kovács, G. A légiközlekedésben meglévő és új tüzelőanyagokra vonatkozó szabványok, alkalmazásuk feltételei. Referátum (GINOP-2.3.2-15-2016-00007). Kecskemét 2017.
- [27] Why are piston engines for aircraft rarely diesel powered? *Aviation Stackexchange honlap*, <https://aviation.stackexchange.com/questions/24489/why-are-piston-engines-for-aircraft-rarely-diesel-powered&xid=25657,15700023,15700124,15700149,15700168,15700186,15700201&usg=ALkJrh43DNWSpnRtZGzvLQHgWhaao-7NA> (letöltve: 2024. 09. 03.)
- [28] Óvári, Gy. *A hidrogén, mint alternatív üzemanyag a repülés számára*. Referátum (GINOP-2.3.2-15-2016-00007). Szolnok 2017.
- [29] Veress, G. - Birher, N. – Nyilas, M. A minőségbiztosítás filozófiája, JEL Könyvkiadó, Budapest 2005.
- [30] Veress, G. A minőségügy alapjai (jegyzet), Veszprémi Egyetem 2004.
- [31] A szabványosítás rövid történeti áttekintése. Magyar Szabványügyi Testület honlap, <https://www.mszt.hu/hu-hu/szabvanyositas> (letöltve: 2024. 09. 05.)
- [32] MH Anyagellátó Raktárbázis, Üzemanyag Bevizsgáló Alosztály Minőségirányítási kézikönyv, 2023.
- [33] MSZ 10879 Folyékony ásványolajtermékek. A lobbanáspont meghatározása Tag szerinti zárt tégelyes módszerrel.
- [34] MSZ ISO 3405: Természetes vagy szintetikus eredetű ásványolaj termékek desztillációs jellemzőinek meghatározása légköri nyomáson
- [35] MSZ ISO 3675: Ásványolaj és ásványolajtermékek sűrűségének laboratóriumi meghatározása. Aerométeres módszer
- [36] ÜZA/57 Üzemanyag vizsgálati szakutasítás, Honvédelmi Minisztérium kiadása. p. 127. 1979.
- [37] MSZ EN ISO 3104 Ásványolajtermékek kinematikai viszkozitásának meghatározása és a dinamikai viszkozitás kiszámítása
- [38] ÜZA/57 Üzemanyag vizsgálati szakutasítás, Honvédelmi Minisztérium kiadása. p. 155. 1979.
- [39] MSZ 15973 Motorhajtóanyag merkaptán- és kén-hidrogén-kötésben lévő kéntartalmának meghatározása potenciometriás titrálással.
- [40] MSZ ISO 3013 Ásványolajtermékek. Repülőgép-hajtóanyagok kristályképződési hőmérsékletének meghatározása.
- [41] MSZ ISO 2160 Ásványolajtermékek. korróziós hatás vizsgálata rézen. Rézlemezpróba.
- [42] MSZ 10892 Gázturbinás légi járművek hajtóanyagai. A termikus oxidációs stabilitás meghatározása
- [43] MSZ 2046 Sugárhajtómű-üzemanyagok naftalinszénhidrogén-tartalmának meghatározása spektrofotometriás módszerrel.
- [44] MSZ ISO 6297 Repülőgép- és más motorhajtóanyagok fajlagos villamos vezetésének meghatározása.
- [45] MSZ 970 Ásványolajtermékek. A nem kormozó láng magasságának meghatározása

-
- [46] MSZ 10875 Gázturbinás légi járművek hajtóanyagai. A szilárd szennyező anyagok meghatározása laboratóriumi szűréssel.
- [47] Rozovicsné Fehér, K. Polgári és Katonai repülésben alkalmazott tüzelőanyagok. Referátum (GINOP-2.3.2-15-2016-00007). Szolnok 2017.
- [48] MSZ EN ISO 6246 Ásványolajtermékek. Motorhajtóanyagok gyantatartalma. Fúvatásos bepárlásos módszer.
- [49] Andó, M. Tribológiai alapok mérnököknek, egyetemi oktatási segédlet. Gödöllő. 2012.
- [50] Harazin J. Kenőanyag diagnosztika és károsodás elemzés. MOL-LUB Kft. Almásfüzitő. 2024.
- [51] Simon J. Aircraft Maintenance: Understanding oil analysis, <https://www.aopa.org/news-and-media/all-news/2023/january/12/aircraft-maintenance-understanding-oil-analysis> (letöltés: 2024. 09.10.)
- [52] Használati utasítás a Multielement Oil Analyzer részére, MH Repülőműszaki Intézet. nyt. szám: 298/968. 1994.
- [53] Pölöskeiné Hegedűs, H. Projektmenedzsment elemzés és tervezés módszertana. 2008. Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet. https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzesi_dokumentumok/Bemenei_kompetenciak_meresi_ertekelesi_eszkozrendszerenek_kialakitasa/3_1181_010_101115.pdf (letöltés: 2024. 10.11.)
- [54] Novotny, Á. Marketing. Líceum Kiadó. Eger. 52.o. 2015.
- [55] Robinson, N. Monitoring Oil Degradation With Infrared Spectroscopy. 2007. <https://www.machinerylubrication.com/Read/1109/oil-degradation-spectroscopy> (letöltés: 2024. 10.03.)
- [56] MOA IV. <https://moainst.com/moa4.html> (letöltés: 2024. 09.25.)
- [57] Chipcheck device (Portable Debris Analyzer) https://www.gastops-com.translate.goog/products-services/chipcheck/?x_tr_sl=en&x_tr_tl=hu&x_tr_hl=hu&x_tr_pto=sc (letöltés: 2024. 10.04.)
- [58] High-Resolution Energy Dispersive X-ray Fluorescence (EDXRF) Spectrometer <https://rigaku.com/products/xrf-spectrometers/edxrf/nex-de> (letöltés: 2024. 10.11.)
- [59] CAV 4.2 Dual-Bath Kinematic Viscometer <https://cannoninstrument.com/cav4-2.html> (letöltés: 2024. 10.11.)
- [60] Pakainé Kováts, J. – Bednárík, É. Új termék bevezetés technikái és menedzsmentje. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó. 37. o. 2015.

11. Mellékletek jegyzéke

1. számú melléklet: Az egyes országokban használatos szabványok
2. számú melléklet: JET –A1 minőségi követelményei MSZ 10870:2009
3. számú melléklet: Az akkreditált területhez tartozó vizsgálatok
4. számú melléklet: Vizsgálati bizonyítvány MH ARB ÜBALO
5. számú melléklet: A minőségvizsgálatok típusai és terjedelme
6. számú melléklet: Olajminta víztartalmának vizsgálata (H225 helikopter)
7. számú melléklet: Olajminta fémtartalmának vizsgálata (MI-17 helikopter)
8. számú melléklet: Olajminta tribológiai elemzése (H225 helikopter)
9. számú melléklet: Olajminta fémforgács elemzése (H225 helikopter)
10. számú melléklet: Olajminta fémforgács elemzése (H225 helikopter)
11. számú melléklet: Airbus jóváhagyása a ChipCheck készülékhez
12. számú melléklet: ChipCHECK CC122 specifikációs lap

1. számú melléklet: Az egyes országokban használatos szabványok

Ország megnevezése	Szabvány
Amerikai Egyesült Államok - polgári - katonai	ASTM MIL
Nagy-Britannia - polgári - katonai	IP DEF-STAN
Franciaország - polgári	FN
Németország	DIN
Szovjetunió (Oroszország)	GOSZT, TU, OSZT
NATO (ajánlások)	STANAG
Nemzetközi Szabványügyi Szervezet	ISO
Magyarország - polgári - katonai	MSZ -H

2. számú melléklet: JET –A1 minőségi követelményei MSZ 10870:2009

Jellemző	Mértékegység	Vizsgálati módszer	Követelmény JET - A1
Külső megjelenés		Vizuális	tiszta, átlátszó és üledékmentes
Saybolt szín		ASTM D 156	megadandó
Savszám	mgKOH/g	MSZ ISO 6618	legfeljebb 0,1
Aromád tartalom	% (V/V)	ASTM D 1319	legfeljebb 22,0
Merkaptánkén-tartalom	% (m/m)	MSZ 15973	legfeljebb 0,003
Kéntartalom	% (m/m)	MSZ EN ISO 8754	legfeljebb 0,2
10 tf% átdesztillál	°C	MSZ EN ISO 3405	legfeljebb 205
50 tf% átdesztillál	°C	MSZ EN ISO 3405	megadandó
90 tf% átdesztillál	°C	MSZ EN ISO 3405	megadandó
Végforrpont	°C	MSZ EN ISO 3405	legfeljebb 300
Lepárlási maradék	% (V/V)	MSZ EN ISO 3405	legfeljebb 1,5
Desztillációs veszteség	% (V/V)	MSZ EN ISO 3405	legfeljebb 1,5
Lobbanáspont TAG szerint, zárttéri	°C	MSZ 10879	legfeljebb 40,0
Sűrűség 15 °C - on	g/cm ³	MSZ EN ISO 3675	0,775-0,840
Kristályosodási pont	°C	MSZ 2047	legfeljebb -47
Kinematikai viszkozitás -20 °C-on	mm ² /s	MSZ EN ISO 3104	legfeljebb 8,0
Fűtőérték	MJ/kg	MSZ 19954	legalább 42,8
Nem kormozó láng magassága	mm	MSZ 970	legalább 18
Naftalintartalom	% (V/V)	MSZ 2046	Legfeljebb 3,0
Korróziós fokozat, 2ó, 100 °C, B módszer		MSZ EN ISO 2160	legfeljebb 1b
Termikus stabilitás:			
Nyomásesés	kPa	MSZ 10892	legfeljebb 3,3
Lerakódás a fűtőcsövön		MSZ 10892	legfeljebb 3
Tényleges gyanta	mg/100 cm ³	MSZ EN ISO 6246	legfeljebb 7,0
Kölcsönhatás vízzel: fázishatár állapota		MSZ 2050	legfeljebb 1b
Elektromos vezetőképesség	pS/m	MSZ ISO 6297	50-450

3. számú melléklet: Az akkreditált területéhez tartozó vizsgálatok

<i>A vizsgált termék/anyag</i>	<i>A vizsgált/mért jellemző, a vizsgálat típusa, mérési tartomány</i>	<i>A vizsgálati/mérési módszer azonosítója</i>
Autóbenzinek	Sűrűség U-csőves oszcillációs módszer mérési tartomány: 650-800 kg/m ³	MSZ EN ISO 12185:1998
Autóbenzinek	Desztillációs jellemzők Automata módszer mérési tartomány: 30-230 °C	MSZ EN ISO 3405:2019
Gázturbinás légijárművek tüzelőanyagai	Nem kormozó lángmagasság Manuális módszer mérési tartomány: 10-30 mm	ASTM D 1322-22
Gázturbinás légijárművek tüzelőanyagai	Szín értékben kifejezve Saybolt három szín Automata módszer mérési tartomány: -16-tól +30-ig	ASTM D 6045-20
Gázturbinás légijárművek tüzelőanyagai	Kristályosodási pont Automata Phase módszer mérési tartomány: 0-tól -60 °C-ig	ASTM D 5972-23
Gázturbinás légijárművek tüzelőanyagai	Víztartalom Coulometriás Karl Fisher titrálós módszer mérési tartomány: 0, 003-0,1 m/m%	MSZ EN ISO 12937:2001
Gázturbinás légijárművek tüzelőanyagai	Desztillációs jellemzők Automata módszer mérési tartomány: 140-320 °C	MSZ EN ISO 3405:2019

Gázturbinás légijárművek tüzelőanyagai	Sűrűség U-csöves oszcillációs módszer mérési tartomány: 700-850 kg/m ³	MSZ EN ISO 12185:1998
Dízelgázolaj	Kinematikai viszkozitás 40°C-on mérési tartomány: 1-5 mm ² /s	MSZ EN ISO 3104:2021
Dízelgázolaj	Cetánindex számítás mérési tartomány: 32,5-56,5	MSZ EN ISO 4264:2019
Dízelgázolaj	Kenőképesség korrigált kopási bemaródás átmérője tartomány: 20-500 microméter	MSZ EN ISO 12156-1:2019
Dízelgázolaj	Sűrűség U-csöves oszcillációs módszer mérési tartomány: 750-850 kg/m ³	MSZ EN ISO 12185:1998
Dízelgázolaj	Víztartalom Coulometriás Karl Fisher titrálós módszer mérési tartomány: 0,003-0,1 m/m%	MSZ EN ISO 12937:2001
Dízelgázolaj	Desztillációs jellemzők Automata módszer mérési tartomány: 150-380 °C	MSZ EN ISO 3405:2019
Dízelgázolaj	Hideg szűrhetőségi határhőmérséklet (CFPP) alsó mérés határ: -45°C	MSZ EN 116:2016
Dízelgázolaj	Lobbanáspont Zárttéri módszer, PM szerint alsó mérés határ: 41°C	MSZ EN ISO 2719:2016 MSZ EN ISO 2719:2016/A1:2021

Kenőolajok	Lobbanáspont Nyílttéri módszer, COC szerint alsó mérés határ: 35°C	MSZ EN ISO 2592:2018
Kenőolajok	Kinematikai viszkozitás 20-100 °C mérési tartomány: 20-100 °C-on 2-300 mm ² /s	MSZ EN ISO 3104:2021
Kenőolajok	Sűrűség U-csöves oszcillációs módszer mérési tartomány: 700-1200 kg/m ³	MSZ EN ISO 12185:1998
Kenőolajok	Folyáspont Automata levegőnyomós módszer alsó mérés határ: -45 °C	ASTM D 6749-02(2018)
Kenőolajok	Lobbanáspont meghatározás Zárttéri módszer, PM szerint alsó mérés határ: 41°C	MSZ EN ISO 2719:2016 MSZ EN ISO 2719:2016/A1:2021

4. számú melléklet: Vizsgálati bizonyítvány MH ARB ÜBALO

	VIZSGÁLATI BIZONYÍTVÁNY					
	vizsgálat kezdete: a mintaátadás dátuma / vizsgálat vége: bizonyítvány kiadás dátuma					
	Vizsgálati szám:	59/23	Nyilvántartási szám:	BPPV / 84-4 / 2023		
	Minta jelzése:	RJFG	Minta adatai:	T: 50/9		me: 44480 liter
Megrendelő:		MH. Anyagellátó Raktárbázis Hétényegyháza				

Vizsgálat neve	Mértékegység	Szabványszám	Követelmény	Eredmény	Akk.	Átv.
Sűrűség 15°C-on	g/cm³	MSZ EN ISO 12185	0,775-0,840	0,7974	•	
Kezdő forrpon	°C	MSZ EN 3405:2011 visszavont szabvány		175,1	•	
10% (V/V) átdesztillálásának hőmérséklete	°C	MSZ EN 3405:2011 visszavont szabvány	max. 205	185,4	•	
20% (V/V) átdesztillálásának hőmérséklete	°C	MSZ EN 3405:2011 visszavont szabvány		188,2	•	
50% (V/V) átdesztillálásának hőmérséklete	°C	MSZ EN 3405:2011 visszavont szabvány		198,1	•	
90% (V/V) átdesztillálásának hőmérséklete	°C	MSZ EN 3405:2011 visszavont szabvány		221,6	•	
Végforráspont	°C	MSZ EN 3405:2011 visszavont szabvány		243,6	•	
Desztillációs maradék				1,0	•	
Lobbanáspont PM	°C	MSZ EN 2719:2016 visszavont szabvány		55	•	
Kristályosodáspont	°C	MSZ ISO 3013	max. -47	-56,5		
Kinematikai viszkozitás -20°C-on	mm²/s	MSZ EN ISO 3104:1996 visszavont szabvány	max. 8	3,831		
Víztartalom	ppm	EN ISO 12937		92		
Mechanikai szennyeződés tartalom			mentes	mentes		
Kéntartalom	m/m%	MSZ EN ISO 20847	max. 0,3	0,004	•	
Külső megjelenés ill. szín				tiszta		
Elektromos vezetés	pS/m	MSZ ISO 6297	50-600 20°C-on	180		
Nem kormozó láng magassága	mm	ASTM D 1322-18	min. 25	26		

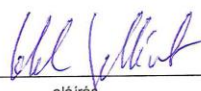
Mérési eredmény bizonyítványa a vizsgálati szabvány előírásának megfelelő. A vizsgálati eredmények a vizsgált mintára vonatkoznak. Jelen bizonyítvány csak teljes terjedelmében másolható, és nem csökkenti a mintázó felelősségét. Jelen dokumentum terjedelme 1 lap. A NAH által NAH- 1-1762/2018 számon akkreditált vizsgálólaboratórium. Minőségirányítási rendszer MSZ EN ISO 9001:2015 szerint.

Záradék:

A vizsgált mutatók alapján a termék RJ-FG-ként felhasználható.

2023.01.18.




aláírás

Oláh Gellért főmunkatárs
technikus

Magyar Honvédség Anyagellátó Raktárbázis Üzemanyag Bevizsgáló Alosztály
2378 Pusztavacs, Dánszentmiklósi út 1.

5. számú melléklet: A minőségvizsgálatok típusai és terjedelme

Üzemanyagok megnevezése	A vizsgálandó minőségi mutatók		
	Átvételi-kiadási vizsgálat	Ellenőrző vizsgálat	Teljes vizsgálat
Repülő- petróleumok	– sűrűség; – szín és megjelenés; – mechanikai szennyeződés tartalom (vizuális); – víztartalom (vizuális); – desztillációs jellemzők; – lobbanáspont; – vezetőképesség.	– sűrűség; – szín és megjelenés; – mechanikai szennyeződés tartalom (vizuális); – víztartalom (vizuális); – desztillációs jellemzők; – lobbanáspont; – vezetőképesség.	– sűrűség; – szín és megjelenés; – mechanikai szennyeződés tartalom (vizuális); – víztartalom (vizuális); – desztillációs jellemzők; – lobbanáspont; – kinematikai viszkozitás 20 °C-on; – kéntartalom; – savszám; – elektromos vezetőképesség; – jegesedésgátló adalék tartalom; – kopás gátló; anti-oxidáns adalék tartalom.
Jegesedés gátló adalék	– sűrűség; – szín; – megjelenés; – mechanikai szennyeződés tartalom (vizuális); – víztartalom KF módszer.	– sűrűség; – szín; – megjelenés; – mechanikai szennyeződés tartalom (vizuális); – oldhatóság a hajtóanyagban (rázópróba).	– sűrűség; – szín; – megjelenés; – mechanikai szennyeződés tartalom (mennyiségi); – víztartalom (mennyiségi); – törésmutató; – savtartalom.

Korrózió és kopásgátló adalék	– sűrűség; – szín; – megjelenés; – mechanikai szennyeződés tartalom (vizuális); – víztartalom (vizuális).	– sűrűség; – szín; – megjelenés; – mechanikai szennyeződés tartalom (vizuális); – víztartalom (vizuális).	– sűrűség; – szín; – megjelenés; – mechanikai szennyeződés tartalom (vizuális); – víztartalom (mennyiségi); – lobbanáspont; – kinematikus viszkozitás; – savszám; – dermedéspont.
Repülőolajok	– sűrűség; – szín; – mechanikai szennyeződés tartalom (vizuális); – víztartalom (vizuális); – lobbanáspont; – kinematikai viszkozitás (melegoldali).	– sűrűség; – szín; – mechanikai szennyeződés tartalom (vizuális); – víztartalom (vizuális); – lobbanáspont; – kinematikai viszkozitás (melegoldali).	– sűrűség; – szín; – mechanikai szennyeződés tartalom (vizuális); – víztartalom (vizuális); – lobbanáspont; – kinematikai viszkozitás (melegoldali); – folyáspont.

6. számú melléklet: Olajminta víztartalmának vizsgálata (H225 helikopter)

 ISO 9001 Tanúsított Laboratórium	VIZSGÁLATI BIZONYÍTVÁNY				
	vizsgálat kezdete: a mintaátadás dátuma/vizsgálat vége: bizonyítvány kiadás dátuma				
	Vizsgálati szám:	989/24	Nyilvántartási szám:	BPPV/ 1-108 /2024	
	Minta jelzése:	Aero gear 823	Minta adatai:	Hel SN 3123 (TGB)	
Megrendelő:		MH Kiss József 86. Helikopterandár			

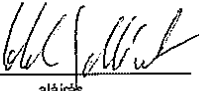
Vizsgálat neve	Mértékegység	Szabványszám	Követelmény	Eredmény	Akr.	Átv.
Víztartalom	mg/kg	MSZ EN ISO 12937:2001		80		

Mérési eredmény bizonyítékossága a vizsgálati szabvány előírásának megfelelő. A vizsgálati eredmények a vizsgált mintára vonatkoznak. Jelen bizonyítvány csak teljes terjedelmében másolható, és nem csökkenti a mintázó felelősségét. Jelen dokumentum terjedelme 1 lap. A NAH által NAH- 1-1762/2023 számon akkreditált vizsgálólaboratórium. Minőségirányítási rendszer MSZ EN ISO 9001:2015 szerint.

Záradék:

2024.07.23.




aláírás
Oláh Gellért főmunkatárs
technikus

Magyar Honvédség Anyagellátó raktárbázis Üzemanyag Bevizsgáló Alosztály
2378 Pusztavacs Dánszentmiklósi út 1.

7. számú melléklet: Olajminta fémtartalmának vizsgálata (MI-17 helikopter)

MAGYAR HONVÉDSÉG
LÉGIJÁRMŰ JAVÍTÓÜZEM

1/3. lap

sz. példány

Vizsgálólaboratórium

Kecskemét, Reptéri út 4.

Levélcím: 6004 Kecskemét, Pf. 415

Tel: 76 / 510-800 / 2031 m. Fax: 76 / 510-814

Nyt.sz.: 113-3/2013

Naplószám: 559/792/15-21

Kecskemét, 2013. év 01. hó 21. nap

A vizsgálatot végezte: XXXXXXXXXX

VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

A vizsgálat tárgya: Olajminta fémtartalmának vizsgálata

Vizsgálatra átvett olajminták:

Sorszám	Az olaj típusa	Minták száma	A minta azonosítója				
			1. sz.	2. sz.	3. sz.	4.sz.	5.sz.
1.	TN-525-2A	4	335 AI-9	335 Bal	335 Fő Reduktor	335 Jobb	-
2.	HYKOMOL K-140	3	335 Generátor Meghajtás	335 Közbetét Reduktor	335 Vég Reduktor	-	-

Vizsgálatra bemutatta: MH. 86. SZHB. Szolnok

A vizsgálat időpontja: 2013. év 01. hó 23. nap.

A vizsgálat módja: MH Lé. Jü. „Technológiai utasítás a MOA olajelemző készülék használatához” alapján

A vizsgálókészülék kalibrálása a CONOSTAN (USA) által gyártott kalibráló anyagmintával történt.

A mérések eredményei a nemzetközi etalonokra visszavezethetők.

A vizsgálati körülmények:

A vizsgálati mintákat a megrendelő zárt mintatároló edényekben adta át.

A vizsgálat ideje alatt a környezet hőmérséklete a (+15 ÷ 30) °C tartományon belül volt.

Megjegyzés:

1. Jelen Vizsgálati jegyzőkönyv kizárólag a Vizsgálati eredmények c. melléklettel együtt érvényes.

2. A Zn csatorna mérési eredménye csak tájékoztató jellegű.

Mellékletek: Vizsgálati eredmények (2 lap). Ügyiratszám: -

Kecskemét, 2013. év 01. hó 21. nap

XXXXXXXXXX
laboratóriumvezető

MEBO

vizsgálatot végző

P.H.

A vizsgálati jegyzőkönyv 1. sz. példányát a melléklettel együtt átvettem.

Kecskemét, . év hó nap

átvevő

A vizsgálati jegyzőkönyv a kiállító szervezet hozzájárulása nélkül csak teljes formájában másolható!

A vizsgálati jegyzőkönyv másodpéldányát 5 évig megőrizzük

Ny543/003/2012

**MAGYAR HONVÉDSÉG
LÉGIJÁRMŰ JAVÍTÓÜZEM**

2/3. lap

sz. példány

Vizsgálólaboratórium
Kecskemét Reptéri út 4.
Levélcím: 6004 Kecskemét, Pf. 415
Tel: 76 / 510-800 / 2031 m. Fax: 76 / 510-814

Nyt.sz.: 113-3/2013
Naplószám: 559/792/15-21
Kecskemét, 2013. év 01. hó 21. nap
A vizsgálatot végezte: XXXXXXXXXX

VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK

Melléklet a 113-3/2013. nyt. sz. Vizsgálati jegyzőkönyv című dokumentumhoz.

A mért értékek mértékegysége: ppm ($\mu\text{g/g}$)

A Vizsgálati eredmények lapjainak száma: 2.

Mérési eredmények:

"S21 ", "335AI-9/TN-525-2A/CT0904023/20130121", "21-Jan-2013", " 2:14", "Fe ", " ", 1.15, "Al ", " ", 2.15, "Cr ", " ", 0.00, "Cu ", " ", 0.19, "Ni ", " ", 0.00, "Pb ", " ", 0.00, "Sn ", " ", 4.38, "Ti ", " ", 0.52, "Cd ", " ", 0.15, "Zn ", " ", 1.45,

"S21 ", "335B/TN-525-2A/CT0904023/20130121", "21-Jan-2013", " 2:04", "Fe ", " ", 0.42, "Al ", " ", 0.00, "Cr ", " ", 0.00, "Cu ", " ", 0.32, "Ni ", " ", 0.00, "Pb ", " ", 0.00, "Sn ", " ", 4.49, "Ti ", " ", 0.58, "Cd ", " ", 0.14, "Zn ", " ", 0.63,

"S21 ", "335FR/TN-525-2A/CT0904023/20130121", "21-Jan-2013", " 2:23", "Fe ", " ", 7.27, "Al ", " ", 0.00, "Cr ", " ", 0.00, "Cu ", " ", 0.67, "Ni ", " ", 0.01, "Pb ", " ", 0.00, "Sn ", " ", 6.12, "Ti ", " ", 0.60, "Cd ", " ", 0.54, "Zn ", " ", 2.67,

"S21 ", "335J/TN-525-2A/CT0904023/20130121", "21-Jan-2013", " 1:20", "Fe ", " ", 1.50, "Al ", " ", 0.00, "Cr ", " ", 0.00, "Cu ", " ", 0.77, "Ni ", " ", 0.00, "Pb ", " ", 0.00, "Sn ", " ", 4.95, "Ti ", " ", 0.48, "Cd ", " ", 0.19, "Zn ", " ", 0.56,

"S21 ", "335GMR/HYKOMOL/K-140/5030420/20130121", "21-Jan-2013", " 1:09", "Fe ", " ", 21.37, "Al ", " ", 0.52, "Cr ", " ", 0.32, "Cu ", " ", 1.09, "Ni ", " ", 0.00, "Pb ", " ", 0.00, "Sn ", " ", 0.00, "Ti ", " ", 0.00, "Cd ", " ", 16.88, "Zn ", " ", 16.31,

MAGYAR HONVÉDSÉG
LÉGIJÁRMŰ JAVÍTÓÜZEM

3/3. lap

sz. példány

Vizsgálólaboratórium
Kecskemét Reptéri út 4.
Levélcím: 6004 Kecskemét, Pf. 415
Tel: 76 / 510-800 / 2031 m. Fax: 76 / 510-814

Nyt.sz.: 113-3/2013
Naplószám: 559/792/15-21
Kecskemét, 2013. év 01. hó 21. nap
A vizsgálatot végezte: XXXXXXXXXX

"S21 " , "335KBR/HYKOMOL/K-140/5030420/20130121" , "21-Jan-2013" , " 1:28" , "Fe " , "
" , 16.99 , "Al " , " , 1.70 , "Cr " , " , 0.98 , "Cu " , " , 0.84 , "Ni " , "<" , 0.00 , "Pb " , " , 0.27 , "Sn
" , "<" , 0.00 , "Ti " , " , 0.12 , "Cd " , " , 24.21 , "Zn " , " , 15.72 ,

"S21 " , "335VR/HYKOMOL/K-140/5030420/20130121" , "21-Jan-2013" , " 1:39" , "Fe " , "
" , 5.28 , "Al " , " , 0.33 , "Cr " , " , 0.32 , "Cu " , " , 0.50 , "Ni " , "<" , 0.00 , "Pb " , " , 0.18 , "Sn
" , "<" , 0.00 , "Ti " , "<" , 0.00 , "Cd " , " , 6.34 , "Zn " , " , 13.07 ,

Megjegyzés: *A Zn csatorna mérési eredménye csak tájékoztató jellegű, mert a Zn mérése nem validálható!

Kecskemét, 2013. év 01. hó 21. nap

.....
XXXXXXXXXX
laboratóriumvezető

.....
MEBO

.....
vizsgálatot végző

P.H.

8. számú melléklet: Olajminta tribológiai elemzése (H225 helikopter)

SPECTRO JET-CARE		OIL ANALYSIS REPORT		
AERO-IDAG Kft Pasareti street 53, A building 1/2 Budapest 1026 Hungary For the Attention of Telephone Laboratory Reference Laboratory Report Date Receipt Date Sample Date		Equipment Information Registration § Position § Description § Manufacturer § Model § Serial Number § Customer Reference § Unique Code Oil Grade § Unit Life § Oil/Fluid Life §		
Olena Holovchenko +42 1908 167745 AVCH64473 28-Aug-24 14-Aug-24 16-Jul-24		73 MGB EUROCOPTER 332A32540000 AERO-IDAG.M5516 Aerogear 823 173:35 47:17		
Comment Silicon is high, high Silicon possibly due to a grease. The difference in oil hours is not the same as the difference in unit hours. No limit applied.				
				
webECHO™ Start using webECHO today to access, manage and review your results all in one place. Contact us at webECHO@spectro-oil.com to find out more.				
Sample Number				
Analysis Date				
Sample Date §				
Lab Reference				
Unit Life §				
Oil/Fluid Life §				
Oil/Fluid Added §				
Ticket Number §				
Physical Condition				
Viscosity at 100°C (M002)	cSt mm²/s			
Viscosity at 40°C (M002)	cSt mm²/s			
TAN (M007)	mg KOH/g			
Water by Karl Fischer (M023)	% weight			
Water by Karl Fischer (M023)	ppm (wt)			
PQ Index (M025 (N/A))	PQ units			
Spectrographic Analysis				
Silver (M019)	ppm (wt)			
Aluminium (M019)	ppm (wt)			
Chromium (M019)	ppm (wt)			
Copper (M019)	ppm (wt)			
Iron (M019)	ppm (wt)			
Magnesium (M019)	ppm (wt)			
Molybdenum (M019)	ppm (wt)			
Nickel (M019)	ppm (wt)			
Lead (M019)	ppm (wt)			
Silicon (M019)	ppm (wt)			
Tin (M019)	ppm (wt)			
Titanium (M019)	ppm (wt)			
Vanadium (M019)	ppm (wt)			
Zinc (M019)	ppm (wt)			
Phosphorus (M019)	ppm (wt)			
Tungsten (M019)	ppm (wt)			
Boron (M019)	ppm (wt)			
Barium (M019)	ppm (wt)			
Calcium (M019)	ppm (wt)			
Potassium (M019)	ppm (wt)			
Manganese (M019)	ppm (wt)			
Sodium (M019)	ppm (wt)			
Sulphur (ICP) (M019)	ppm (wt)			
SPECTRO JET-CARE Opinions and interpretations included in this report are outside the scope of UKAS/SAS accreditation. The validity of this report may depend on the accuracy of the sample data supplied. Caution, this is an extract from the complete test results. Reports with the same laboratory reference may contain a different selection of tests. All tests carried out in accordance with in house documented methods. Results relate only to the item tested. By authority of Andy Mathys, Laboratory Manager. An SAS accredited testing laboratory No. STS 0579 "Spectro" and "Jet-Care" are registered trademarks and are used under licence by Spectro Oil AG and Jet-Care International Inc. Copyright © Palco International Ltd. 2024 F216 / ISS 2 A.V9.134 - Jet-M5516-73-H145M-AERO-IDAG-M5516-U-76383.pdf				
APPROVED BY: PETER BAYLESS SENIOR LABORATORY TECHNICIAN				
Key: * early warning § supplied by customer ** advanced warning N/A not UKAS/SAS accredited A subcontracted (1:UK,2:US,3:CH) Spectro AG Landstrasse 23 CH-4303 Ranseraugst Switzerland T. +41 (0) 61 815 90 20 W. www.spectro-oil.com * based on agreed or OEM specified limit values				



SPECTRO | JET-CARE

OIL ANALYSIS REPORT

AERO-IDAG Kft
Pasareti street 53, A building 1/2
Budapest
1026
Hungary

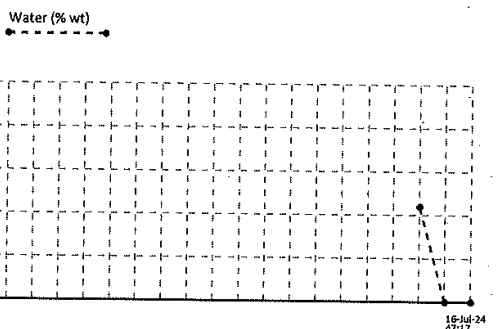
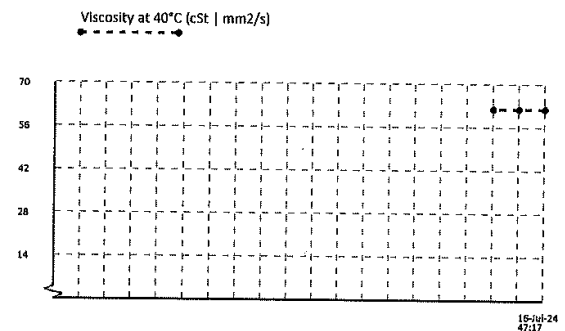
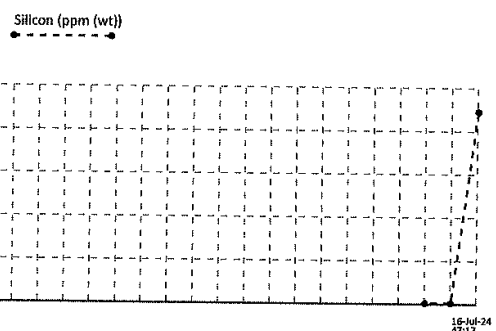
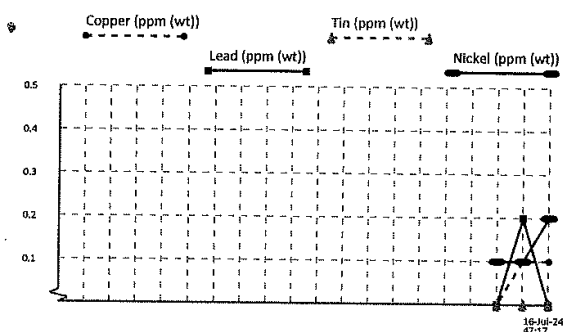
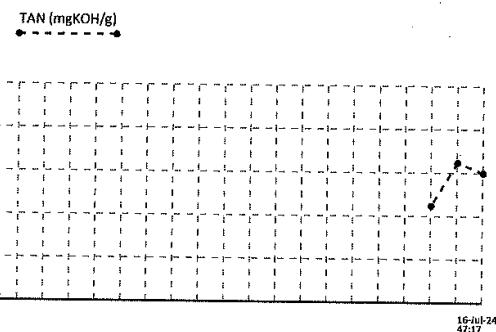
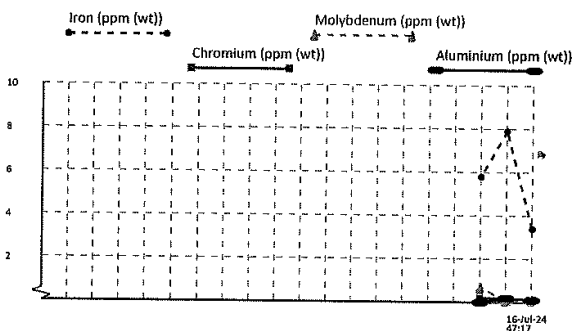
For the Attention of
Telephone
Laboratory Reference
Laboratory Report Date
Receipt Date
Sample Date §

Olena Holovchenko
+42 1908 167745
AVCH64473
28-Aug-24
14-Aug-24
16-Jul-24

Purchase/Works Order # §
PRO01858

Equipment Information

Registration § 73
Position § MGB
Description §
Manufacturer § EUROCOPTER
Model § 332A32540000
Serial Number §
Customer Reference §
Unique Code AERO-IDAG.M5516
Oil Grade § Aerogear 823
Unit Life § 173:35
Oil/Fluid Life § 47:17



SPECTRO | JET-CARE

Opinions and interpretations included in this report are outside the scope of UKAS/SAS accreditation. The validity of this report may depend on the accuracy of the sample data supplied. Caution, this is an extract from the complete test results. Reports with the same laboratory reference may contain a different selection of tests. All tests carried out in accordance with in-house documented methods. Results relate only to the item tested.

By authority of Andy Mathys, Laboratory Manager. An SAS accredited testing laboratory No. STS 0579

'Spectro' and 'Jet-Care' are registered trademarks and are used under licence by Spectro Oil AG and Jet-Care International Inc. Copyright © Palace International Ltd. 2024

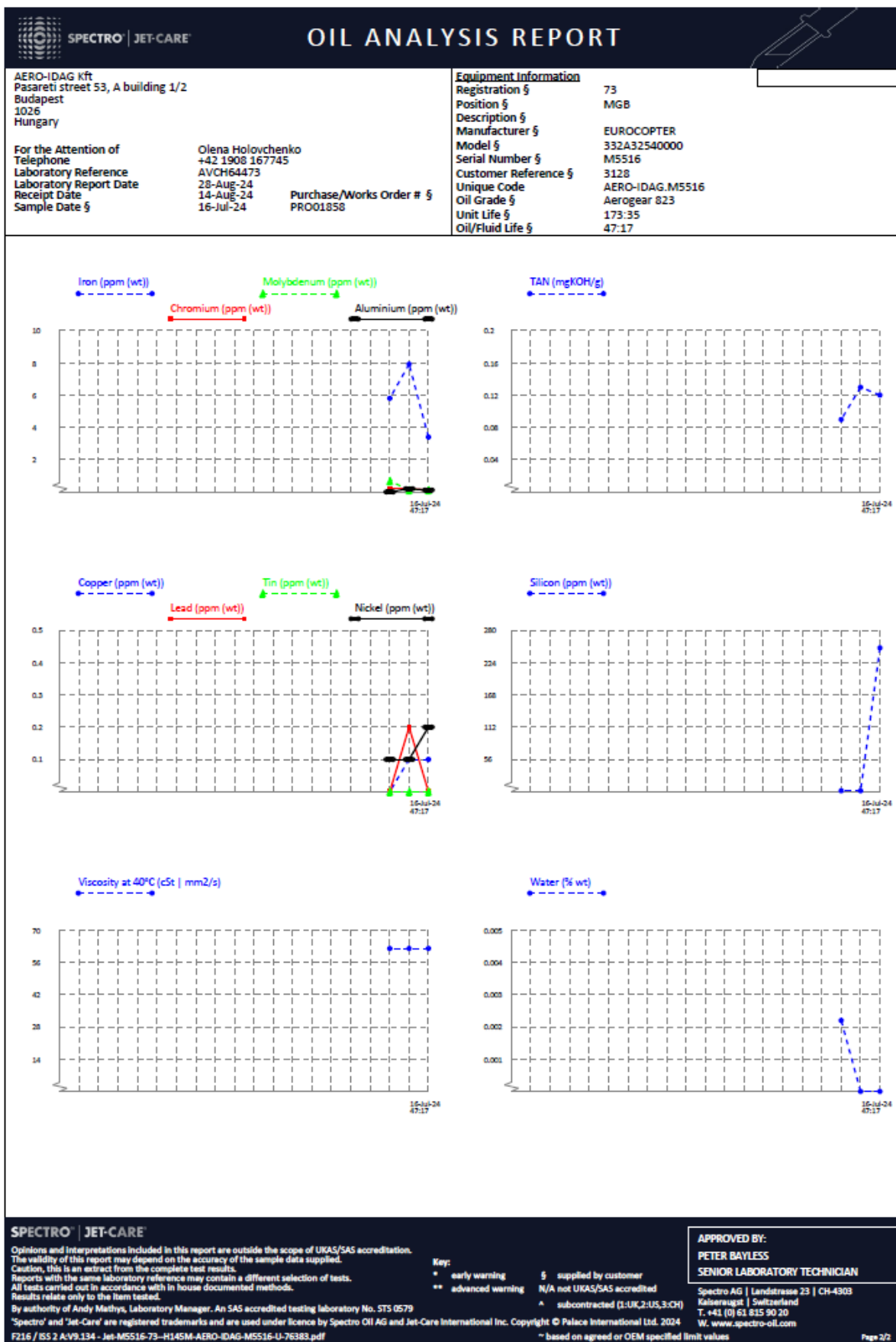
F216 / ISS 2 A/V9.134 - Jet-M5516-73-H145M-AERO-IDAG-M5516-U-76383.pdf

Key:

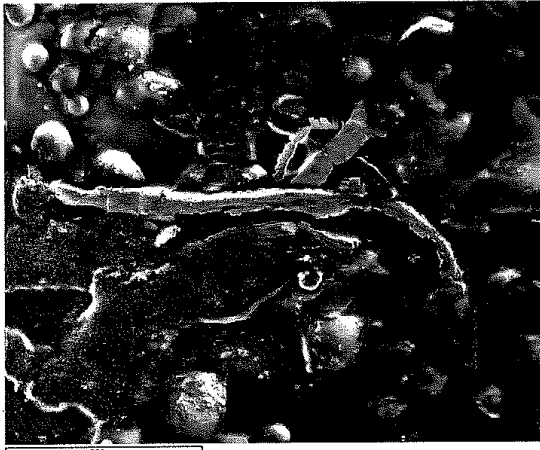
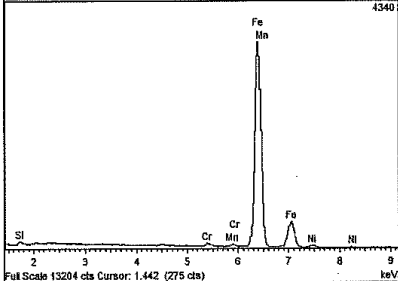
* early warning § supplied by customer
** advanced warning N/A not UKAS/SAS accredited
^ subcontracted (1:UK,2:US,3:CH)
~ based on agreed or OEM specified limit values

APPROVED BY:
PETER BAYLESS
SENIOR LABORATORY TECHNICIAN

Spectro AG | Landstrasse 23 | CH-4303
Kaiseraugst | Switzerland
T. +41 (0) 61 815 90 20
W. www.spectro-oil.com



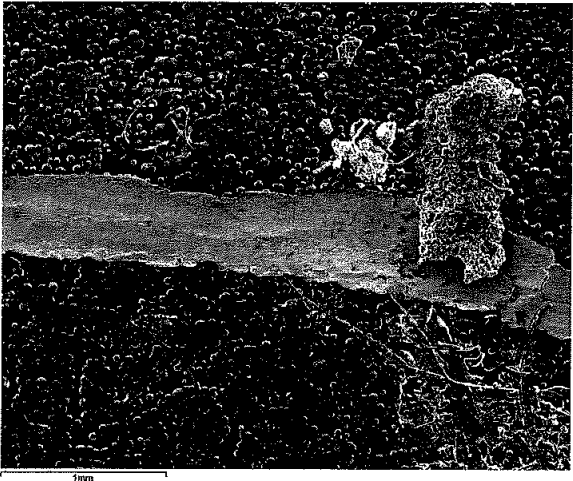
9. számú melléklet: Olajminta fémforgács elemzése (H225 helikopter)

SPECTRO JET-CARE		DEBRIS & FILTER ANALYSIS REPORT																																																	
Attention § Marcell Joka CC § --- Company § AERO-IDAG Kft Address § Pasareti street 53, A building 1/2, Budapest, Hungary Tel / Fax / Fax2 § +42 1908 167745 / / --- CC2 § --- Equipment Type / SN § Kawasaki MGB / D3-0304 Position § MGB Hours/Cycles § --- Description § Chips from Right Oil Filter	Laboratory Reference [REDACTED] Order No. § 10604 Sample Date § 25 Jul 23 Report Date 07 Aug 23 Date Received 03 Aug 23 Aircraft Registration § --- Aircraft Type § Eurocopter - BK117D2 Aircraft Serial § --- Ticket/IMO # --- Report Issue 1																																																		
General Visual Information 		Measurement Result 																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>Series</th> <th>Atomic %</th> <th>Weight %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cr</td> <td>K</td> <td>0.82</td> <td>0.76</td> </tr> <tr> <td>Fe</td> <td>K</td> <td>96.23</td> <td>96.62</td> </tr> <tr> <td>Mn</td> <td>K</td> <td>0.75</td> <td>0.74</td> </tr> <tr> <td>Ni</td> <td>K</td> <td>1.38</td> <td>1.46</td> </tr> <tr> <td>Si</td> <td>K</td> <td>0.83</td> <td>0.42</td> </tr> <tr> <td>Totals</td> <td></td> <td></td> <td>100.00</td> </tr> </tbody> </table>		Element	Series	Atomic %	Weight %	Cr	K	0.82	0.76	Fe	K	96.23	96.62	Mn	K	0.75	0.74	Ni	K	1.38	1.46	Si	K	0.83	0.42	Totals			100.00																						
Element	Series	Atomic %	Weight %																																																
Cr	K	0.82	0.76																																																
Fe	K	96.23	96.62																																																
Mn	K	0.75	0.74																																																
Ni	K	1.38	1.46																																																
Si	K	0.83	0.42																																																
Totals			100.00																																																
Main Constituent		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Form</th> <th>Condition</th> <th>Size (mm)</th> <th>Quantity</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Machine curls and Flakes</td> <td>Shiny</td> <td>up to 0.4x0.03 and 0.1 respectively</td> <td>>10</td> </tr> <tr> <td>Machine curls and Flakes</td> <td>Shiny</td> <td>up to 0.2x0.03 and 0.2 respectively</td> <td>>20</td> </tr> <tr> <td>Silvers</td> <td>Shiny</td> <td>up to 0.1x0.04</td> <td>>2</td> </tr> <tr> <td>Flakes and Silvers</td> <td>Shiny</td> <td>up to 0.06 and 0.1x0.04 respectively</td> <td><2</td> </tr> <tr> <td>Flakes</td> <td>Shiny</td> <td>up to 0.2</td> <td>>2</td> </tr> <tr> <td>Machine curls</td> <td>Shiny</td> <td>up to 4.3x0.6</td> <td>>10</td> </tr> <tr> <td>Flakes</td> <td>Shiny</td> <td>up to 0.3</td> <td>>15</td> </tr> <tr> <td>Silvers</td> <td>Shiny</td> <td>up to 0.08x0.04</td> <td>>5</td> </tr> <tr> <td>Silvers</td> <td>Shiny</td> <td>up to 0.1x0.05</td> <td>>2</td> </tr> <tr> <td>Flake</td> <td>Shiny</td> <td>0.1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Silver</td> <td>---</td> <td>1.7x0.4</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>		Form	Condition	Size (mm)	Quantity	Machine curls and Flakes	Shiny	up to 0.4x0.03 and 0.1 respectively	>10	Machine curls and Flakes	Shiny	up to 0.2x0.03 and 0.2 respectively	>20	Silvers	Shiny	up to 0.1x0.04	>2	Flakes and Silvers	Shiny	up to 0.06 and 0.1x0.04 respectively	<2	Flakes	Shiny	up to 0.2	>2	Machine curls	Shiny	up to 4.3x0.6	>10	Flakes	Shiny	up to 0.3	>15	Silvers	Shiny	up to 0.08x0.04	>5	Silvers	Shiny	up to 0.1x0.05	>2	Flake	Shiny	0.1	1	Silver	---	1.7x0.4	1
Form	Condition	Size (mm)	Quantity																																																
Machine curls and Flakes	Shiny	up to 0.4x0.03 and 0.1 respectively	>10																																																
Machine curls and Flakes	Shiny	up to 0.2x0.03 and 0.2 respectively	>20																																																
Silvers	Shiny	up to 0.1x0.04	>2																																																
Flakes and Silvers	Shiny	up to 0.06 and 0.1x0.04 respectively	<2																																																
Flakes	Shiny	up to 0.2	>2																																																
Machine curls	Shiny	up to 4.3x0.6	>10																																																
Flakes	Shiny	up to 0.3	>15																																																
Silvers	Shiny	up to 0.08x0.04	>5																																																
Silvers	Shiny	up to 0.1x0.05	>2																																																
Flake	Shiny	0.1	1																																																
Silver	---	1.7x0.4	1																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>*Material (nearest match (1dpl))</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Iron 1.8% Nickel, 0.8% Chromium steel such as SAE 4340 (e.g. AMS 6414 or 6415), an example of which is shown in the image and spectrum above.</td> </tr> <tr> <td>Iron 1% Chromium steel such as SAE 4130 or SAE 4140 (e.g. AMS 5336, 6350 or 6382).</td> </tr> <tr> <td>Iron A low alloy Carbon steel with no significant alloying constituents such as SAE 1010 (e.g. AMS 5000 or 7225).</td> </tr> <tr> <td>Iron 1.5% Chromium, 1.5% Nickel, 0.5% Manganese, 0.3% Silicon steel such as 15CN6.</td> </tr> <tr> <td>Iron 27.7% chromium, 3.0% Nickel, 2.1% Manganese, 1.5% Silicon steel.</td> </tr> <tr> <td>Cadmium ---</td> </tr> <tr> <td>Silver ---</td> </tr> <tr> <td>Nickel ---</td> </tr> <tr> <td>Nickel 2.1% Chromium, 1.1% Manganese, 10.1% Iron such as Nickel alloy.</td> </tr> <tr> <td>Zinc ---</td> </tr> <tr> <td>Carbon, possibly resin or lacquer.</td> </tr> <tr> <td>Miscellaneous</td> </tr> </tbody> </table>		*Material (nearest match (1dpl))	Iron 1.8% Nickel, 0.8% Chromium steel such as SAE 4340 (e.g. AMS 6414 or 6415), an example of which is shown in the image and spectrum above.	Iron 1% Chromium steel such as SAE 4130 or SAE 4140 (e.g. AMS 5336, 6350 or 6382).	Iron A low alloy Carbon steel with no significant alloying constituents such as SAE 1010 (e.g. AMS 5000 or 7225).	Iron 1.5% Chromium, 1.5% Nickel, 0.5% Manganese, 0.3% Silicon steel such as 15CN6.	Iron 27.7% chromium, 3.0% Nickel, 2.1% Manganese, 1.5% Silicon steel.	Cadmium ---	Silver ---	Nickel ---	Nickel 2.1% Chromium, 1.1% Manganese, 10.1% Iron such as Nickel alloy.	Zinc ---	Carbon, possibly resin or lacquer.	Miscellaneous																																					
*Material (nearest match (1dpl))																																																			
Iron 1.8% Nickel, 0.8% Chromium steel such as SAE 4340 (e.g. AMS 6414 or 6415), an example of which is shown in the image and spectrum above.																																																			
Iron 1% Chromium steel such as SAE 4130 or SAE 4140 (e.g. AMS 5336, 6350 or 6382).																																																			
Iron A low alloy Carbon steel with no significant alloying constituents such as SAE 1010 (e.g. AMS 5000 or 7225).																																																			
Iron 1.5% Chromium, 1.5% Nickel, 0.5% Manganese, 0.3% Silicon steel such as 15CN6.																																																			
Iron 27.7% chromium, 3.0% Nickel, 2.1% Manganese, 1.5% Silicon steel.																																																			
Cadmium ---																																																			
Silver ---																																																			
Nickel ---																																																			
Nickel 2.1% Chromium, 1.1% Manganese, 10.1% Iron such as Nickel alloy.																																																			
Zinc ---																																																			
Carbon, possibly resin or lacquer.																																																			
Miscellaneous																																																			
SPECTRO JET-CARE Swiss Accreditation Service: ST50579. * The validity of the comments (interpretations) may depend on the accuracy of the sample data supplied. All tests carried out in accordance with in house documented methods. M013 Composition of solid particles using SEM and EDX analysis expressed in % or nearest match.		APPROVED BY: Ling Zhang Senior Lab Technician Spectro Oil AG Landstrasse 23 Kaiseraugst CH-4803 Switzerland T: +41 (0) 61 815 80 20 W: www.spectro-oil.com E: enquiries@spectro-oil.com																																																	
By authority of Andy Mathys, Laboratory Manager. § indicates information supplied by customer. Spectro and Jet-Care are registered trademarks and are used under license by Spectro Oil AG and Jet-Care International Inc. Copyright © Palace International Ltd. 2023 F204 ISS 3 - Sample Type: Chip		Page 1/2																																																	

SPECTRO JET-CARE		DEBRIS & FILTER ANALYSIS REPORT			
Attention §	Marcell Joka	Laboratory Reference	AV4615		
CC §	---	Order No. §	10604		
Company §	AERO-IDAG Kft	Sample Date §	25 Jul 23		
Address §	Pasareti street 53, A building 1/2, Budapest, Hungary	Report Date	07 Aug 23		
Tel / Fax / Fax2 §	+42 1908 167745 / / ---	Date Received	03 Aug 23		
CC2 §	---	Aircraft Registration §	---		
Equipment Type / SN §	Kawasaki MGB / D3-0304	Aircraft Type §	Eurocopter - BK117D2		
Position §	MGB	Aircraft Serial §	---		
Hours/Cycles §	---	Ticket/IMO #	---		
Description §	Chips from Right Oil Filter	Report Issue	1		

Main Constituent	*Material (nearest match (1dp))	Form	Condition	Size (mm)	Quantity
Sulfur, Carbon, Miscellaneous	24.1% Sulfur, 24.4% Oxygen, 35.9% Carbon etc.	Chunk	---	2.5x1.3x0.2	1

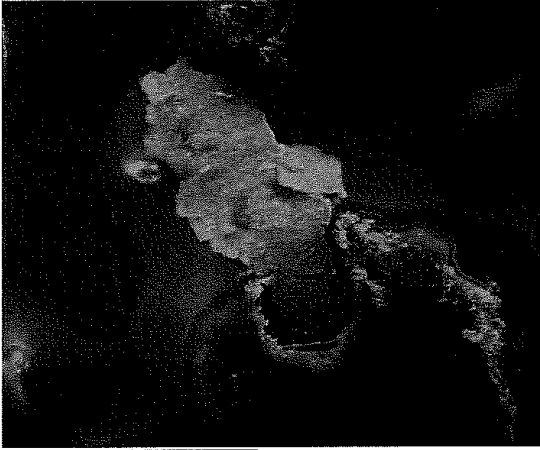
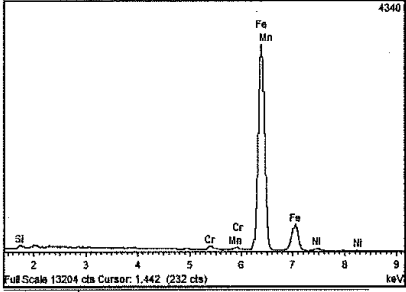
Image of Cadmium Machine Curl



SPECTRO JET-CARE	
Swiss Accreditation Service: STS0579. * The validity of the comments (interpretations) may depend on the accuracy of the sample data supplied. All tests carried out in accordance with in house documented methods. M013 Composition of solid particles using SEM and EDX analysis expressed in % or nearest match. By authority of Andy Mathys, Laboratory Manager. § indicates information supplied by customer. 'Spectro' and 'Jet-Care' are registered trademarks and are used under license by Spectro Oil AG and Jet-Care International Inc. Copyright © Palace International Ltd. 2023 F204 ISS 3 - Sample Type: Chip	
APPROVED BY: Ling Zhang Senior Lab Technician Spectro Oil AG Landstrasse 23 Kaiseraugst CH-4303 Switzerland T: + 41 (0) 61 815 90 20 W: www.spectro-oil.com E: enquiries@spectro-oil.com	

Page 2/2

10. számú melléklet: Olajminta fémforgács elemzése (H225 helikopter)

SPECTRO JET-CARE		DEBRIS & FILTER ANALYSIS REPORT																																																								
Attention § Marcell Joka CC § --- Company § AERO-IDAG Kft Address § Pasareti street 53, A building 1/2, Budapest, Hungary Tel / Fax / Fax2 § +42 1908 167745 / / --- CC2 § --- Equipment Type / SN § Kawasaki MGB / D3-0304 Position § MGB Hours/Cycles § --- Description § Chips from Left Oil Filter	Laboratory Reference [REDACTED] Order No. § 10804 Sample Date § 25 Jul 23 Report Date 07 Aug 23 Date Received 03 Aug 23 Aircraft Registration § --- Aircraft Type § Eurocopter - BK117D2 Aircraft Serial § --- Ticket/IMO # --- Report Issue 1																																																									
General Visual Information 		Measurement Result  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>Series</th> <th>Atomic %</th> <th>Weight %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cr</td> <td>K</td> <td>0.88</td> <td>0.82</td> </tr> <tr> <td>Fe</td> <td>K</td> <td>96.05</td> <td>96.43</td> </tr> <tr> <td>Mn</td> <td>K</td> <td>0.68</td> <td>0.67</td> </tr> <tr> <td>Ni</td> <td>K</td> <td>1.58</td> <td>1.67</td> </tr> <tr> <td>Si</td> <td>K</td> <td>0.81</td> <td>0.41</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Totals</td> <td colspan="2">100.00</td> </tr> </tbody> </table>		Element	Series	Atomic %	Weight %	Cr	K	0.88	0.82	Fe	K	96.05	96.43	Mn	K	0.68	0.67	Ni	K	1.58	1.67	Si	K	0.81	0.41	Totals		100.00																												
Element	Series	Atomic %	Weight %																																																							
Cr	K	0.88	0.82																																																							
Fe	K	96.05	96.43																																																							
Mn	K	0.68	0.67																																																							
Ni	K	1.58	1.67																																																							
Si	K	0.81	0.41																																																							
Totals		100.00																																																								
Main Constituent Iron Iron Iron Iron Titanium Cadmium Magnesium Silver Nickel		<table border="1"> <thead> <tr> <th>*Material (nearest match (1dp))</th> <th>Form</th> <th>Condition</th> <th>Size (mm)</th> <th>Quantity</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.8% Nickel, 0.8% Chromium steel such as SAE 4340 (e.g. AMS 6414 or 6415), an example of which is shown in the image and spectrum above.</td> <td>Slivers</td> <td>Shiny</td> <td>up to 0.09x0.04</td> <td>>2</td> </tr> <tr> <td>1% Chromium steel such as SAE 4130 or SAE 4140 (e.g. AMS 5336, 6350 or 6382).</td> <td>Machine curls and Flakes</td> <td>Shiny</td> <td>up to 0.6x0.06 and 0.1 respectively</td> <td>>20</td> </tr> <tr> <td>A low alloy Carbon steel with no significant alloying constituents such as SAE 1010 (e.g. AMS 5000 or 7225).</td> <td>Flakes and Machine curls</td> <td>Shiny</td> <td>up to 0.4 and 0.1x0.01 respectively</td> <td>>10</td> </tr> <tr> <td>1.5% Chromium, 1.7% Nickel, 0.5% Manganese, 0.5% Silicon steel such as 15CN6.</td> <td>Flakes and Slivers</td> <td>Shiny</td> <td>up to 0.2 and 0.2x0.03 respectively</td> <td>>5</td> </tr> <tr> <td>1.7% Chromium, 1.5% Molybdenum, 0.2% Vanadium, 0.5% Manganese, 0.4% Silicon steel such as 15CDV6.</td> <td>Machine curl</td> <td>Shiny</td> <td>0.2x0.01</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>8.3% Aluminium, 4.0% Vanadium, 0.8% Iron such as Titanium alloy TA6V.</td> <td>Platelets</td> <td>Shiny</td> <td>up to 0.2</td> <td>>5</td> </tr> <tr> <td>---</td> <td>Flakes and Slivers</td> <td>Shiny</td> <td>up to 0.8 and 0.2x0.08 respectively</td> <td>>5</td> </tr> <tr> <td>---</td> <td>Machine curls and Flakes</td> <td>Shiny</td> <td>up to 0.5x0.2 and 0.2 respectively</td> <td>>5</td> </tr> <tr> <td>---</td> <td>Flakes</td> <td>Shiny</td> <td>up to 0.1</td> <td>>5</td> </tr> <tr> <td>---</td> <td>Flakes</td> <td>Shiny</td> <td>up to 0.06</td> <td>>2</td> </tr> </tbody> </table>		*Material (nearest match (1dp))	Form	Condition	Size (mm)	Quantity	1.8% Nickel, 0.8% Chromium steel such as SAE 4340 (e.g. AMS 6414 or 6415), an example of which is shown in the image and spectrum above.	Slivers	Shiny	up to 0.09x0.04	>2	1% Chromium steel such as SAE 4130 or SAE 4140 (e.g. AMS 5336, 6350 or 6382).	Machine curls and Flakes	Shiny	up to 0.6x0.06 and 0.1 respectively	>20	A low alloy Carbon steel with no significant alloying constituents such as SAE 1010 (e.g. AMS 5000 or 7225).	Flakes and Machine curls	Shiny	up to 0.4 and 0.1x0.01 respectively	>10	1.5% Chromium, 1.7% Nickel, 0.5% Manganese, 0.5% Silicon steel such as 15CN6.	Flakes and Slivers	Shiny	up to 0.2 and 0.2x0.03 respectively	>5	1.7% Chromium, 1.5% Molybdenum, 0.2% Vanadium, 0.5% Manganese, 0.4% Silicon steel such as 15CDV6.	Machine curl	Shiny	0.2x0.01	1	8.3% Aluminium, 4.0% Vanadium, 0.8% Iron such as Titanium alloy TA6V.	Platelets	Shiny	up to 0.2	>5	---	Flakes and Slivers	Shiny	up to 0.8 and 0.2x0.08 respectively	>5	---	Machine curls and Flakes	Shiny	up to 0.5x0.2 and 0.2 respectively	>5	---	Flakes	Shiny	up to 0.1	>5	---	Flakes	Shiny	up to 0.06	>2
*Material (nearest match (1dp))	Form	Condition	Size (mm)	Quantity																																																						
1.8% Nickel, 0.8% Chromium steel such as SAE 4340 (e.g. AMS 6414 or 6415), an example of which is shown in the image and spectrum above.	Slivers	Shiny	up to 0.09x0.04	>2																																																						
1% Chromium steel such as SAE 4130 or SAE 4140 (e.g. AMS 5336, 6350 or 6382).	Machine curls and Flakes	Shiny	up to 0.6x0.06 and 0.1 respectively	>20																																																						
A low alloy Carbon steel with no significant alloying constituents such as SAE 1010 (e.g. AMS 5000 or 7225).	Flakes and Machine curls	Shiny	up to 0.4 and 0.1x0.01 respectively	>10																																																						
1.5% Chromium, 1.7% Nickel, 0.5% Manganese, 0.5% Silicon steel such as 15CN6.	Flakes and Slivers	Shiny	up to 0.2 and 0.2x0.03 respectively	>5																																																						
1.7% Chromium, 1.5% Molybdenum, 0.2% Vanadium, 0.5% Manganese, 0.4% Silicon steel such as 15CDV6.	Machine curl	Shiny	0.2x0.01	1																																																						
8.3% Aluminium, 4.0% Vanadium, 0.8% Iron such as Titanium alloy TA6V.	Platelets	Shiny	up to 0.2	>5																																																						
---	Flakes and Slivers	Shiny	up to 0.8 and 0.2x0.08 respectively	>5																																																						
---	Machine curls and Flakes	Shiny	up to 0.5x0.2 and 0.2 respectively	>5																																																						
---	Flakes	Shiny	up to 0.1	>5																																																						
---	Flakes	Shiny	up to 0.06	>2																																																						
SPECTRO JET-CARE Swiss Accreditation Service: STS0579. * The validity of the comments (interpretations) may depend on the accuracy of the sample data supplied. All tests carried out in accordance with in-house documented methods. M013 Composition of solid particles using SEM and EDX analysis expressed in % or nearest match. By authority of Andy Mathys, Laboratory Manager. § indicates information supplied by customer. 'Spectro' and 'Jet-Care' are registered trademarks and are used under license by Spectro Oil AG and Jet-Care International Inc. Copyright © Palace International Ltd, 2023 F20A ISS 3 - Sample Type: Chip		APPROVED BY: Ling Zhang Senior Lab Technician Spectro Oil AG Landstrasse 23 Klotenmühl 1 CH-4203 Switzerland T: +41 (0) 61 815 90 30 W: www.spectro-oil.com E: enquiries@spectro-oil.com																																																								

SPECTRO JET-CARE		DEBRIS & FILTER ANALYSIS REPORT			
Attention §	Marcell Joka	Laboratory Reference	AV4614		
CC §	---	Order No. §	10604		
Company §	AERO-IDAG Kft	Sample Date §	25 Jul 23		
Address §	Pasareti street 53, A building 1/2, Budapest, Hungary	Report Date	07 Aug 23		
Tel / Fax / Fax2 §	+42 1908 167745 / / ---	Date Received	03 Aug 23		
CC2 §	---	Aircraft Registration §	---		
Equipment Type / SN §	Kawasaki MGB / D3-0304	Aircraft Type §	Eurocopter - BK117D2		
Position §	MGB	Aircraft Serial §	---		
Hours/Cycles §	---	Ticket/IMO #	---		
Description §	Chips from Left Oil Filter	Report Issue	1		

Main Constituent	*Material (nearest match (1dp))	Form	Condition	Size (mm)	Quantity
Zinc	---	Flake	Shiny	0.1	1

Image of SAE 4130 or 4140 Steel Machine Curl



300µm

SPECTRO JET-CARE	
Swiss Accreditation Service: STS0579. * The validity of the comments (interpretations) may depend on the accuracy of the sample data supplied. All tests carried out in accordance with in house documented methods. M013 Composition of solid particles using SEM and EDX analysis expressed in % or nearest match. By authority of Andy Mathys, Laboratory Manager. § indicates information supplied by customer. 'Spectro' and 'Jet-Care' are registered trademarks and are used under license by Spectro Oil AG and Jet-Care International Inc. Copyright © Palace International Ltd. 2023 F204155 3 - Sample Type: Chip	
APPROVED BY: Ling Zhang Senior Lab Technician Spectro Oil AG Landstrasse 23 Kaiseraugst CH-4303 Switzerland T: + 41 (0) 61 815 50 20 W: www.spectro-oil.com E: enquiries@spectro-oil.com	

Page 2/2

11. számú melléklet: Airbus jóváhagyása a ChipCheck készülékhez

Airbus Amber

HELICOPTERS

APPROVAL
It is hereby certified that
the company

ETXLL 2022-2258

GASTOPS (SAP code 5030541)
1011 Polytek Street
Ottawa, ON K1J 9J3
Canada

has the following device qualified

Chipcheck device (Portable Debris Analyzer)
Model CC122 Part Number B186002 ⁽¹⁾
AH material library PN B190425

This qualification is granted under
the conditions and restrictions defined in appendix 1

Olivier JAUBERT
ETXLL

Gaël Monavon
ETXLL

Gael
Monavon -
SIG

Digitally signed by: Gaël Monavon
- SIG
DN: CN = Gaël Monavon - SIG C
= DE O = European Aeronautic
Defence and Space Company OU
= Employees and Contractors, AH
Date: 2023.11.22 14:33:03 +01'00'

Airbus Amber

HELICOPTERS

ETXLL 2022-2258

ANNEXE 1

Device: Chipcheck (particle analysis)

Performed in accordance with the following documents:

- RS 332A893498 issue C: "CHIP CHECK GROUND TOOL Requirement Specification"

With the following resources:

- See affair number 2022-0855 or LMP/SPV

This Qualification is based on the following results:

- Note ETLL 2017-2223 ind A: "Gastops ChipCheck CC120 with Library 5 - Qualification for H225 application", including Note Gastops N° GTL -1113-09-P.1/Q170415 June 2017 (Library B)
- Note ETMT 2016-0844 issue B: "Influence of detection performance of Chipcheck on particle detection probability on H225 MGB"
- Chipcheck Qualification Extension Note - 2023-2083 (Library E)
- Error rate on particles analysis - 2023-2186

Restrictions:

- The device is qualified for the following helicopters according materials given by design office:
 - EC225/EC725/AS332/AS532 (Super Puma family) - see Excel file "Super Puma Materials in BTP-BTA-BTI"
 - H175 - see Excel file "H175 Materials in BT"
 - AS350/AS550/AS355/AS555/EC130 (Ecureuil family) - see Excel files "Light écureuil Materials in BTP" & "Light écureuil Materials in BTA"
 - H160 - see Excel file "H160 Materials in BTP-BTA" ⁽²⁾
- The device is qualified for:
 - Particles of maximum thickness 1mm

Additional data

- Revisions of Library AH: see Gastops Excel file "Airbus library revisions". The last revision has to be used (Library E using adjustment : Number of shots 10 and particle splitting 100,000µm),

Nota:

⁽¹⁾ Part Number B185995 is the CC122 procurement kit which includes B186002 (Chipcheck device CC122) and all the accessories that go along Chipcheck such as the standardization, calibration, sample trays, sample patches and the transport case.

⁽²⁾ 35CD4 material is not listed in current library.

This qualification could be suspended or cancelled at any time in case of decrease in quality. All modifications initiated by supplier must be submitted to Airbus Helicopters for approval. In case of Airbus Helicopters documentation revision, modifications have to be implemented or request for deviation have to be submitted to Airbus Helicopters for approval.

AIRBUS

12. számú melléklet: ChipCHECK CC122 specifikációs lap



Performance

Particle Analysis	Quantity, size, alloy
Minimum Detectable Particle Size	4,000µm ² (min dimension: 71µm)
Sample Patch Size	1.5" x 1.25" with 0.5" x 0.5" clear window 3.81 cm x 3.18 cm width 1.27 cm x 1.27 cm clear window

Environment

Ambient Operating Temperature	50°F to 95°F 10°C to 35°C
Operational Humidity	80% non-condensing
Vibration	Shock & vibration isolated

Input

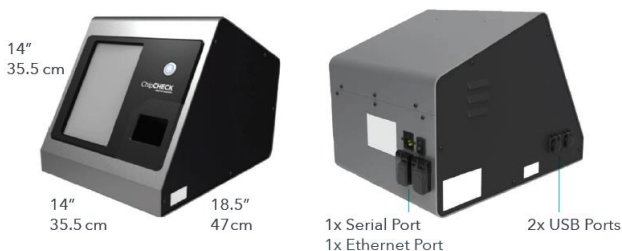
Power Supply	100-240VAC, 50-60Hz, 3A Max
--------------	-----------------------------

Physical

Weight	40 lbs 18 kg
Dimensions	Length 18.5" x width 14" x height 14" Length 47 cm x width 35.5 cm x height 35.5 cm

User Interface

Display	10.1" integrated screen
Data Entry	Touchscreen
Data Storage	Local to unit
Data Transfer	CSV database export & PDF report exports
External Connection Types	2x USB, 1x serial & 1x Ethernet



Compliance

ASTM D8182-18
CE
CSA Special Inspection (CAN & US)
EN/IEC 60825-1 2007
Complies with US FDA performance standards for laser products except for deviations pursuant to Laser Notice No. 50, dated June 24, 2007
Class 1 Laser Product
Ingress Protection IP41
FCC Part 15

Included Accessories

Sample Patches and Cases
Standardization Standard
Calibration Standard
Sample Tray
User Information Manual
Transport Case

Optional Accessories

Patch Preparation Kit
Keyboard & Mouse
Additional Sample Patches

Head Office

1011 Polytek Street
Ottawa, ON K1J 9J3
Canada

Nova Scotia

65 John Savage Ave. #5,
Dartmouth, NS B3B 2C9
Canada

Newfoundland

146A Glencoe Dr.
Mount Pearl, NL A1N 4S9
Canada

Europe

Info.eu@gastops.com

Asia

Info.ch@gastops.com

gastops.com

sales@gastops.com | +1 613 744 3530

C009805_002