



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

Készítette: Kálmán Dávid Attila honvéd tisztjelölt

2018



Nemzeti Közszerológati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Katonai Repülő Intézet
Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék



Légijármű tüzelőanyagok vizsgálata

A témavezető neve, beosztása:

Fehér Krisztina, egyetemi tanársegéd

Társ témavezető neve, beosztása:

Dr. Kavas László alezredes, egyetemi docens

Készítette:

Kálmán Dávid Attila

Szolnok

2018

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	5
2. A REPÜLŐESZKÖZÖK TÜZELŐANYAGAINAK BEMUTATÁSA	6
2.1. A tüzelőanyaghoz kapcsolódó alapfogalmak	6
2.2. Repülőeszközökben alkalmazott tüzelőanyagokkal szemben támasztott követelmények ..	8
2.3. Repülőeszközök hagyományos tüzelőanyagai és azok tulajdonságai	9
2.3.1. Repülőbenzin	10
2.3.2. Repülőpetróleum	11
2.3.3. Gázolaj a repülésben	13
2.4. Alternatív tüzelőanyagok és azokkal szemben támasztott követelmények	15
2.5. Lehetséges alternatív üzemanyagok	17
2.5.1. A bioüzemanyagok	17
2.5.2. Szintetikus üzemanyagok.....	20
2.5.3. Cseppfolyósított (kriogén) gázok:	20
2.5.4. Napenergia	21
3. A TÜZELŐANYAGOK VIZSGÁLATÁRA VONATKOZÓ SZABVÁNYOK ÁTTEKINTÉSE, ENGEDÉLYEZTETÉSI ELJÁRÁS.....	22
3.1. Tüzelőanyag engedélyeztetési eljárás	23
3.1.1. UK MOD Defence Standard.....	25
3.1.2. ASTM szabványok.....	25
3.1.3. GOST	29
3.2. Magyar szabvány.....	29
3.2.1. Nemzeti szabvány jogszabályi feltételei.....	29
3.2.2. A Magyarországon alkalmazott légi járművek hajtóanyagának szabványai	30
A Magyarországon alkalmazott és érvényben lévő szabványok illeszkednek a nemzetközi szabványokhoz. Európai Unió tagságunkra tekintettel alkalmazzuk az európai szabványokat (EN), katonai területen a NATO szabványokat. Ennek megfelelően a nemzeti szinten megalkotott és elfogadott szabványok alapját képezik az ASTM, UK Defence MOD és a GOST szabályozások. .30	
3.2.2.1. Gázturbinás légi járművek hajtóanyaga, a JET- A1 nemzeti szabványa.....	30
3.2.2.2. Repülőbenzinek (magas oktánszámú benzin) nemzeti szabványa	32
3.2.2.3. Dízelgázolaj nemzeti szabványa	34
3.2.2.4. Normál autóbenzin nemzeti szabványa	38
4. A SZABVÁNYOKBAN MEGHATÁROZOTT VIZSGÁLATI ELJÁRÁSOK BEMUTATÁSA ÉS GYAKORLATI ALKALMAZÁSA.....	41
4.1. Vizsgálati eljárások ismertetése	41
4.1.1. Desztillációs jellemzők vizsgálata.....	41

4.1.2.	Termikus stabilitás vizsgálata	42
4.1.3.	Sűrűség vizsgálata	42
4.1.4.	Viszkozitás vizsgálata	42
4.1.5.	Gőznyomás vizsgálata	42
4.1.6.	Lobbanáspont vizsgálata.....	43
4.1.7.	Nettó égéshő vizsgálata.....	43
4.1.8.	Dermedéspont vizsgálata	43
4.1.9.	Naftalintartalom vizsgálata	44
4.1.10.	Luminonéter szám vizsgálata	44
4.1.11.	Kén tartalom vizsgálata	44
4.1.12.	Korrózió vizsgálata.....	45
4.1.13.	Savasság vizsgálata.....	45
4.1.14.	Ragasztószer jelenléte	46
4.1.15.	Aromás vegyület tartalom vizsgálata.....	46
4.1.16.	Füstpont meghatározás	46
4.1.17.	Elektromos vezetőképesség vizsgálata	46
4.1.18.	Vízzel történő reakciók vizsgálata	46
4.1.19.	Kenhetőség mértékének meghatározása	47
4.1.20.	Szilárd részecskék.....	47
4.2.	Tüzelőanyagok vizsgálata a Magyar Honvédség légi járművet üzemeltető katonai szervezeteknél	47
4.2.1.	A beérkező üzemanyagok átvétele, ellenőrzése a gyakorlatban	48
4.2.2.	Az üzemanyagok tárolása	49
4.2.3.	Repülő-hajtóanyag vételezése és felhasználása	50
5.	ÖSSZEFOGLALÁS	53
	Mellékletek jegyzéke	55
	Felhasznált irodalom.....	63

1. BEVEZETÉS

Dolgozatom témájának kiválasztása során leginkább az motivált, hogy az eddigi tanulmányaim során megszerzett alapvető repülőműszaki ismeretek használatában a nem túl távoli jövőt tekintve a legnagyobb jelentőségű kihívás az alternatív tüzelőanyagok használatba vételével kapcsolatos feladatok megoldása lesz majd a repülés, így a katonai repülés területén is. E feladat jelentősége kiemelt a világ valamennyi haladó és környezettudatos szemlélettel rendelkező országa számára. Nemzetközi szakmai konferenciák tárgyalják a teendőket, készítenek ütemterveket, és osztanak meg tapasztalatokat a világ minden szakmai szervezete, kormánya számára. A kivitelezés bonyolultsága abban rejlik a repülésbiztonság megtartása mellett, hogy nemcsak a kiemelten fontos környezetvédelmi szempontokat kell szem előtt tartani, hanem a jelenleg legalább ekkora súllyal bíró gazdasági, gazdaságossági nézeteket is.

A téma aktualitását az adja, hogy a jelenleg használt tüzelőanyagok a kutatásokat, előrejelzéseket figyelembe véve egyrészt korlátozottan állnak a rendelkezésünkre, másrészt a fenntartható fejlődés iránti igény is egyre szélesebb körben elterjedt. A fosszilis üzemanyagok növekvő használata egyre nagyobb mértékű környezetszennyezést okoz, emelkedik a nyersolaj világpiaci ára, ez pedig a repülőgépek üzemeltetési költségét is emeli. A kutatásoknak, fejlesztéseknek köszönhetően mára a repülés területén is megjelentek az alternatív energiaforrások, hajtóanyagok. A repülésben használt meghajtások területén az áttérés alternatív hajtóanyagokra sokkal nagyobb körütekintést igényel, mint a közlekedés más területein, például a gépjárműveknél. A repülésbiztonság elvárt szintjének fenntartása okán az átállás lassabban mehet csak végbe, sok-sok vizsgálat, kísérlet sikeres elvégzése után lehet egy új tüzelőanyagot repülésben használhatónak tekinteni. Az alternatív üzemanyagok széles körben való elterjedését a repülés területén nagyon sok munka, kutatás, vizsgálat, szabványosítás előzi meg.

Dolgozatomban a tüzelőanyagok vizsgálatának három témakörét érintem. Az első részben bemutatom a jelenleg használt hagyományos tüzelőanyagokat. Ezt követően felvázolom, milyen alternatív üzemanyagok ismertek és melyekkel végeztek kutatásokat a repülés területén. A második részben a tüzelőanyagok szabványosítási eljárásait vizsgálom, bemutatva milyen szabványoknak kell megfeleljen a jelenleg alkalmazott és egy esetlegesen újonnan bevezetett alternatív hajtóanyag. A harmadik fejezetben azokat a vizsgálati eljárásokat elemzem, amelyek alapján a szabványosítási eljárásokat lefolytatják, végül pedig gyakorlati oldalról ismertetem, hogy a Magyar Honvédségen belül a légi járműveket üzemeltető katonai szervezetek hogyan vizsgálják az üzemanyag minőségét a beszállításkor, tároláskor és felhasználáskor.

Fontosnak tartom, hogy átfogó képet alkossak arról, hogy milyen a jövőt meghatározó komplex feladat a tüzelőanyag helyes megválasztása és alkalmazása a repülés területén, azon belül a katonai repülés területén.

2. A REPÜLŐESZKÖZÖK TÜZELŐANYAGAINAK BEMUTATÁSA

2.1. A tüzelőanyaghoz kapcsolódó alapfogalmak

Ahhoz, hogy teljes képet kapjunk a feldolgozandó témához, elengedhetetlennek tartom, olyan alapfogalmak meghatározását, amelyek szorosan kapcsolódnak a tüzelőanyagokhoz.

Tüzelőanyag az az energiahordozó, amelyből égés során hőenergia szabadul fel [1].

Fűtőérték: egy tüzelőanyag fűtőértéke az a hőmennyiség, amely 1 kg tüzelőanyagból kinyerhető olyankor, ha a füstgázzal együtt távozó víz gőz halmazállapotban hagyja el a berendezést. Értékét úgy kapjuk meg, ha az anyag égéshőjéből kivonjuk a gőzként távozó vízmennyiség párolgáshőjét. Mértékegysége: kJ/kg. [2]

Az **égéshő** az a hőmennyiség, amely egy kilogramm tüzelőanyagból összesen felszabadul, ha az égéstermékeket a kiindulási hőmérsékletre hűtjük vissza. Azonban ez a végállapot ipari körülmények között ritkán valósul meg, ezért a gyakorlatban a fűtőértéket szokás használni. Jellemző mértékegysége: kJ/kg. [3]

A **gyulladás** az égési folyamat megindulása külső gyújtóforrás hatására vagy anélkül. A **gyulladáspon**t (gyulladásí hőmérséklet) az a legalacsonyabb hőmérséklet, amelynél meghatározott vizsgálati körülmények között az anyagból felszabaduló gőzök és gázok atmoszférikus nyomáson külső hatás nélkül meggyulladnak. Mértékegysége: °C. [1]

Lobbanáspont az a legkisebb hőmérséklet, amelyen egy gyúlékony folyadékból, atmoszférikus nyomáson annyi gőz keletkezik, ami a folyadék feletti levegővel elegyedve lángra lobbanhat. A lobbanási hőmérsékleten a folyadék még nem gyullad meg, mert gyulladási hőmérséklete néhány fokkal magasabb a lobbanáspontnál. Mértékegysége: °C. [1]

Erre nagyon jó példa a benzin gyulladási hőmérséklete, ami megközelítőleg 246 °C, lobbanáspontja azonban -40 °C. Ennek alapján a benzin már -40°C-n olyan mértékben párolog, hogy a képződött benzingőz levegő elegy már külső gyújtóforrás hatására belobban. [4] [5]

Az **oktánszám** a tüzelőanyagként használt benzin minőségét jellemzi. Pontos meghatározása: a benzin kopogás tűrésére szolgáló mérőszám, a „detonációszerű” robbanások kiküszöbölésének jellemzésére szolgál [6]. Emellett a motorbenzinek vegyi összetételére utaló és a legfontosabb

égés minőségi mutatószám. A viszonyítási alapot a különböző arányú izooktán-normál heptán elegy kompresszió tűrése jelenti. [7]

Teljesítményszám a repülőbenzin jellemzésére használt mutató, az oktánszámhoz hasonlóan tájékoztat a benzin antidetonációs tulajdonságairól. A teljesítményszám százalékban megmutatja, hogy milyen teljesítményt lehet az adott benzinnel elérni a technikai izooktánhoz képest. Minél nagyobb a teljesítményszám, annál jobb a benzin antidetonációs tulajdonsága, ez pedig jobb teljesítmény elérését teszi lehetővé. [8]

Kristályosodási pont a repülőbenzin, a repülőpetróleum és a gázolaj felhasználhatóságának alsó hőmérsékleti határát mutatja. Az a hőmérséklet, amelyenél a repülőbenzinben és a repülőpetróleumban szemmel megfigyelhető kristályok (általában paraffin-szénhidrogének) válnak ki. A kristályosodási pont hatással van a keverékképzésre, a szivattyúzhatóságra, porlaszthatóságra. Mértékegysége: °C. [7] [8]

A **sűrűség** az anyag egységnyi térfogatának tömegét jelenti. Szokásos mértékegysége folyadékoknál kg/l, gázoknál kg/m³. [1] A sűrűségnek jelen esetben azért van nagy szerepe, mert repülőgép felszálló tömegének legnagyobb részét a tüzelőanyag képezi, ezért fontos, hogy a repülőgép tüzelőanyagának tömege és térfogata minimális legyen. Minél sűrűbb a tüzelőanyag annál kisebb térfogatú üzemanyagtartályra van szükség.

A **viszkozitás** (belső súrlódás) egy gáz vagy folyadék belső ellenállásának mértéke a csúsztató feszültséggel szemben. A viszkozitás miatt az áramló folyadék egymáson elcsúszó rétegei között a relatív elmozdulást akadályozó súrlódási erő lép fel. A dinamikai viszkozitás SI-mértékegysége: Pa.s (Pascal.másodperc). [9]

Cetánszám a gázolajok gyulladási képességét jellemzi. Cél, hogy a gázolaj minél alacsonyabb hőmérsékleten szikra nélkül meggyulladjon illetve a befecskendezés kezdete és a gyulladás között minél kevesebb idő teljen el. Minél nagyobb a gázolaj cetánszáma, annál jobb gyulladási hajlammal rendelkezik (45-60 közötti érték az optimális). A cetán (képlete: C₁₆H₃₄) jó gyulladási hajlamát 100-nak veszik, míg a rossz gyulladási hajlamú alfa-metil naftalinét 0-nak. [8]

Lepárlási próba során a gázolajoknál a gázolaj levegő keverékképzését vizsgálják. Ugyanis a könnyű részek elősegítik a porlasztás finomságát, könnyítik a hidegindítást, viszont ha túl sok a könnyű frakció, az a gyulladáskor növeli az éghető keverék gázolajtartalmát, és ez a motor kemény járását okozza [8].

2.2. Repülőeszközökben alkalmazott tüzelőanyagokkal szemben támasztott követelmények

A repülőeszközökben használt üzemanyagokra szabványok és előírások határozzák meg a minőségi jellemzőket, követelményeket. A minőségi követelmények pontos meghatározása elengedhetetlen, hiszen a légi járművek üzemeltetése veszélyes üzemnek minősül. Az üzemeltetés során a gyorsan változó hőmérsékletű és nyomású légtérben, a repülő gyors mozgása során a hajtóműnek és a tüzelőanyag-ellátó rendszernek a szélsőséges körülményekben is biztonságosan kell működni. A repülőeszközöknél használt hajtóanyagoknak a változó körülmények ellenére állandó tulajdonságokkal kell rendelkeznie (például nem dermedhet meg, mert az akár a szűrők eltömődését is okozhatja, illetve kavitációra¹ sem lehet érzékeny, mert az akár gyújtás kimaradást eredményezhet és ezáltal a stabil égést nem tudja biztosítani).

Az üzemeltetés során használt üzemanyag elsődlegesen az energia forrását jelenti, de biztosítja a tüzelőanyagok berendezéseinek a kenését is. Az égőtérben az égés során felszabaduló kémiai energiát a turbina mechanikai munkává, a fúvócső pedig kinetikai energiává alakítja át.

Repülőeszközök hajtóanyagokkal szemben támasztott követelmények:

- biztosítsa az égést a hajtómű különböző üzemmódjaiban;
- biztos gyújtás a tág hőfok- és nyomáshatárok között;
- nagy hőtartalom a nagy teljesítmények biztosításához;
- salakmentes égés, minimális hamutartalom;
- alacsony viszkozitás;
- kis zavarodási és dermedési pont;
- korrózió mentesség;
- biztonságosan szállítható és raktározható legyen. [1]

A legfontosabb követelmények azonban nem merülnek ki csupán a fizikai és kémiai tulajdonságok meghatározásával. A repülés területén is, mint a közlekedés bármely területén is figyelembe kell venni a hajtóanyagok kereskedelmi és gazdasági tényezőit is (például az előállítás költsége vagy a hajtóanyag hatásfoka).

A kiválasztott és alkalmazott üzemanyag minősége hatással van a hajtóműteljesítményére, élettartamára. A nem megfelelően kiválasztott, nem megfelelő minőségű tüzelőanyag

¹ **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. [73]

veszélyeztetni a repülésbiztonságot azért, hogy a hajtómű élettartamára kedvezőtlen hatással bír, ezáltal akár annak károsodását is okozhatja.

2.3. Repülőeszközök hagyományos tüzelőanyagai és azok tulajdonságai

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 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 folyékonná, majd a különböző hőmérsékleten kiválnak a különféle termékek. [10]



1. ábra: A kőolaj a víznél kisebb sűrűségű, sötétbarna színű folyadék [11]
2. ábra: Százhalombattai kőolaj finomító [12]

Az alábbi táblázat azt mutatja be, hogy a kőolaj finomítás során nyert különböző tüzelőanyagok milyen hőmérsékleten válnak ki és milyen szénatom számmal rendelkeznek.

Ssz.	Hőmérséklet	Szénatom szám	Hajtóanyag
1.	40-70 °C	C ₁ -C ₄	metanol
2.	40-120 °C	C ₅ -C ₁₀	benzin (repülőgépmotor)
3.	40-180 °C	C ₅ -C ₁₀	benzin (gázmotor)
4.	120-140 °C	C ₁₁ -C ₁₂	7P4 (katonai kerozin)
5.	210-280 °C	C ₁₁ -C ₁₂	7P1 (polgári kerozin)
6.	200-360 °C	C ₁₃ -C ₂₀	gázolaj

Kijelenthetjük, hogy jelenleg a légi járművek kivétel nélkül folyékony üzemanyagot használnak, ezen belül is legszélesebb körben elterjedt két hagyományos tüzelőanyag: a repülőbenzin, melynek fűtőértéke 43.000 – 44.000 kJ/kg és a repülő-petróleum, melynek fűtőértéke 42.000 – 44.600 kJ/kg között mozog. A repülőbenzin a dugattyú-motoros, légcsavaros repülőgépek számára elterjed meghajtás. A repülő-petróleum finomított formában a repülőgépek sugárhajtóműveinek üzemanyaga és rakéta-hajtóanyag, amit a más néven kerozinnak nevezünk.

A repülés területén nem igazán terjedt el a gázolaj használata, azonban mint alkalmazott tüzelőanyaggal foglalkoznunk kell vele. A gázolajat kompressziógyújtású dízelmotorral szerelt repülőgépekben használják. Fűtőértéke 41.700 – 46.000 kJ/kg között mozog.

2.3.1. Repülőbenzin

A repülőbenzin gyártása során atmoszférikus desztillációval előállított alapbenzint, krakkbenzint, alkiláltbenzint és aromás komponenseket használnak fel. [14]

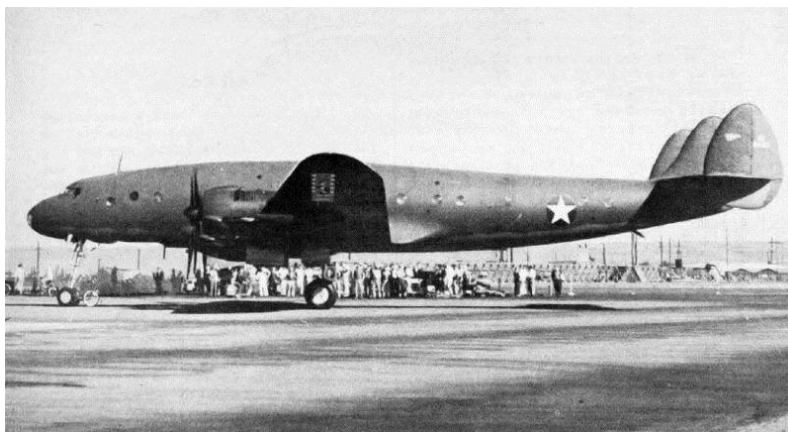
A repülőbenzinnel szemben szigorú minőségi előírásokat támasztanak, magas oktánszámmal és teljesítményszámmal kell rendelkeznie.

Repülőbenzinnel szemben támasztott követelmények:

- biztosítsa a hajtómű indítását, újraindítását 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. [1] [14]

A repülőbenzin oktánszáma 73 és 115 között váltakozhat, de elérheti akár a 145-öt is. [8] Az autóbenzintől csupán a speciális adalékanyagokban különbözik (etanol, oktánszámjavítók, korrózió gátlók, égésjavítók), ezek mára már csak ólommentesek lehetnek környezetvédelmi okokból. A lerakódott ólom a motor szelepeinek kenésére szolgált.

² Szerkesztette a szerző (Ms Word) [13] irodalom alapján



4. ábra: Az első katonai szállítógépnek épült Constellation első felszállási napján [15]

A volt szovjet repülőgépekben használták korábban a B-91/118-as orosz repülőbenzint, ahol a 91 az oktánszámot, 118 a teljesítményszámot jelöli, kezdő forrpontja 40 °C. Jellemzője ennek az üzemanyagnak, hogy ólom-tetraetil adalékanyagot kellett hozzáadni, hogy ezáltal csökkenjen a motor kopogása. Ezt ma már kevésbé alkalmazzák a nagyfokú környezetszennyezése miatt.

A dugattyús motorral ellátott repülőgépekhez elsősorban B-100/130-as repülőbenzint használtak.

A benzin fizikai tulajdonságai:

- forráspontja: 20-200 °C;
- lobbanáspontja: < -21°C;
- öngyulladási hőmérséklete: kb. 250 °C;
- relatív sűrűsége³: 0,7-0,8 g/cm³;
- oldékonysága: vízben nem oldódik. [5]

2.3.2. Repülőpetróleum

A légszűrő 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. [14]

Repülőpetróleummal szemben támasztott követelmények:

- biztosítsa a hajtómű indítását, újraindítását bármilyen időjárási viszonyok között;

³ **Relatív sűrűség:** két anyag abszolút sűrűségének viszonya, mely megmutatja, hogy az egyik anyag, hányszor nehezebb a másik anyagnál. Viszonyítás alapja jelen esetben a víz, ahol a víz értéke = 1.

- 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. [1] [14]

Fizikai tulajdonságai:

- forráspontja: 150-300 °C;
- lobbanáspontja: 34-65°C;
- öngyulladási hőmérséklete: kb. 220 °C;
- relatív sűrűsége: 0,8 g/cm³;
- oldékonysága: vízben nem oldódik;
- olvadáspontja: -20 °C. [16]

Viszkozitása alacsony, ami a szivattyúrendszer megfelelő működéséhez rendkívül fontos tulajdonság, korróziót nem okoz, magas égéshővel és fűtőértékkel rendelkezik.

Repülőpetróleumok leggyakrabban használt típusai:

- a) **T-1** kis kéntartalmú kőolajból készül atmoszférikus lepárlással. Jó viszkozitási tulajdonsággal rendelkezik a MIG típusú gépekhez használták/használgák elsősorban. Kis kéntartalma miatt jó üzemeltetési tulajdonságokkal rendelkezik, megfelelő kenést biztosít a hajtóműnek. [1]
- 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. [1] [17]
- c) **JET A/A-1** a leggyakrabban használt üzemanyagtípus a sugárhajtású repülőgépek és a turbinás helikopterek esetében.

Főbb jellemzői:

- sűrűsége: 775-830 kg/m³;
- kristályosodási pontja: -50 °C;
- lobbanás pontja: 38 °C;

- gyantatartalom:⁴ 7 mg/100 cm³;
- kén tartalom:⁵ 0,30 %. [14]

A JET A-1 hajtóanyag NATO kompatibilis⁶, a katonai alkalmazásban a kódja: JP 1-A. Katonai repülésben a NATO a JP-8-as⁷, hajtóanyagot alkalmazza. A katonai területen használt üzemanyagot az USAF fejlesztette ki a szélessávú üzemanyagokhoz kapcsolódó tűzveszély csökkentése érdekében. A JP-8 1979-ben Nagy-Britanniában az USAF műveleteinek elsődleges katonai repülőgép-üzemanyagát helyettesítette, jelenleg a NATO elsődleges hajtóanyaga [18]. Különbség a civil és katonai területen használt tüzelőanyagok között hogy, a JP-8-hoz több dermedés gátlót adnak, amiatt hogy a kristályosodási pont alacsonyabb legyen, ezen kívül olyan további adalékokat is tartalmaz, amelyekkel a kenőképességet, és a villamos vezetést is javítják [19].

- d) JET-B** az extrém hideg időjárási viszonyokra kifejlesztett tüzelőanyag, így elsősorban Alaszkában, Kanadában, de Oroszországban is használják. A katonai üzemeltetésben a JP-4-es⁸ kerozintípust alkalmazzák. Mindkét üzemanyag a benzin és a kerozin keveréke, a JET-B 30 % kerozin és 70 % benzin keveréke, amely rendkívül veszélyessé teszi alkalmazását, míg a JP-4-es 50 % kerozin 50% benzin keveréke, így fagypontja meglehetősen alacsony: -60 °C.

2.3.3. Gázolaj a repülésben

A gázolajat a kőolaj atmoszférikus és vákuumdesztillációja során előállított gázolaj-frakció alkotja, melynek változó nagyságú kén tartalmát hidrogénezéssel csökkentik. A gázolajok kén tartalma nagyban függ a kőolaj minőségétől.

Gázolajjal szemben támasztott követelmények:

- legyen jól porlasztható;
- alacsony hőmérsékleten is szivattyúzható legyen;
- megfelelő kenőképességgel rendelkezzen;
- legyen optimális öngyulladás;
- ne okozzon lerakódásokat a motorban;
- megfelelő öngyulladási hajlammal rendelkezzen;

⁴ A gyantatartalom meghatározása kapcsán kapunk választ arra vonatkozóan, hogy a felhasználás során kell-e számolni a szerkezetek elszennyeződésével (pl. fűvóka eltömítődés), vagy más működési zavar fellépésével, pl. korróziót elindító lerakódással. [1]

⁵ A kén jelenléte az üzemanyagban káros, mert az oxidjai savképződéshez vezetnek, szulfidjai pedig az adalékként hozzáadott ólommal lépnek reakcióba. A kén az üzemanyag használata során kopogást idéz elő a hajtóműben. [1]

⁶ NATO Kód F-35

⁷ NATO Kód F-34 [20]

⁸ NATO Kód F-40 [21]

- ne legyen korrozív tulajdonsága. [8]

A gázolaj legnagyobb előnye, hogy a nagy sűrűsége miatt kiváló a motor tüzelőanyag fogyasztása, de mindez csekélység a hátrányaihoz képest. Ahhoz hogy a szükséges öngyulladási hőmérséklet megfelelő legyen, nagyobb kompresszióra van szükség az égéstérben, ezért a dízelmotorok tömege meglehetősen nagy. [19]

Jellemzően acélöntvényből állítják elő a dízelmotorok gépházát, de ebben a formában a repülésben nem használható. A modern dízel repülőgépmotorok egy alumínium köpenybe ágyazott acél forgattyúházat tartalmaznak, amivel már kellően kis tömeget lehet elérni. A dízelmotor fontos mutatója a motor LE/kg vagy a reciproka, és ezzel a fajlagosítással már összehasonlítható a benzinüzemű meghajtásokkal. Gázolaj üzemű repülőgépek az alábbi szempontok szerint kerülnek forgalomba:

- szükséges a légcsavar-állásszög változtatásának berendezéseit felszerelni, továbbá
- figyelemmel kell lenni a tömegváltozásokra, melyek kihatással vannak a súlypontra.

A gázolaj teljesen más tüzelőanyag rendszert kíván, mint ami benzin- vagy kerozinüzemű repülőgépekben használatos. Mivel a dízelüzem nem igényel szikragyújtást, ezért az égés folyamata, a redundancia megőrzése érdekében szükséges további alternatív elektromos forrás beépítése. 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 megtervezni a repülőgépet. [22]

Fizikai tulajdonságai:

- forráspontja: 282-338 °C;
- lobbanáspontja: 52-56°C;
- öngyulladási hőmérséklete: kb. 254-285 °C;
- relatív sűrűsége: 0,87-0,95 g/cm³;
- oldékonysága (20°C-on): 0.0005 g/100 ml;
- olvadáspontja: -30 - -18 °C. [23]

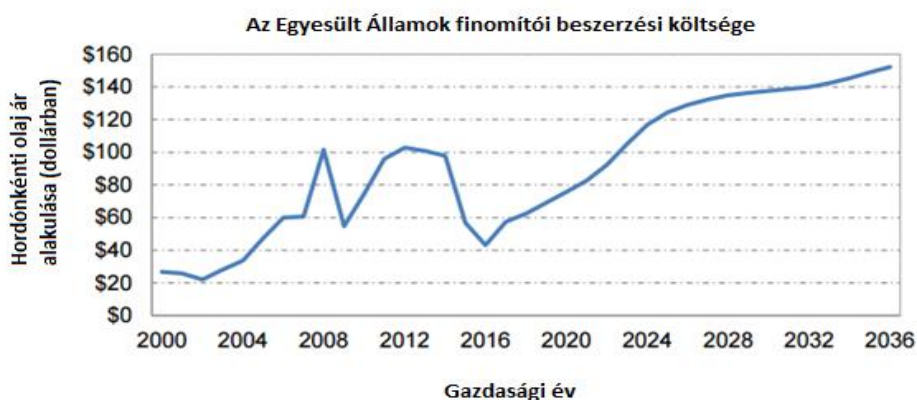
A gázolajok NATO kódszámai:

- F-54 katonai gázolaj;
- F-65 téliesített katonai gázolaj.

2.4. Alternatív tüzelőanyagok és azokkal szemben támasztott követelmények

Az eddig tárgyalt tüzelőanyagok mind fosszilis eredetűek voltak, azonban tudjuk, hogy a kőolaj limitáltan áll rendelkezésünkre. Az olaj ára több tényező hatására folyamatosan változik.

Egyrészt a kereslet folytonos növekedése az emelkedő energiafogyasztás az iparban, gazdaságban, háztartásokban és közlekedés terén, másrészt annak a tudata, hogy egyre inkább korlátozott a kitermelhető kőolaj befolyásolja az ár alakulását, ezen kívül az olaj ára érzékeny a világpolitikai helyzetre, az egyes vezető országok gazdasági növekedésére is. A felsorolt gazdasági és politikai hatások felhajtó erővel vagy csökkenő hatással bírnak az olaj világpiaci árára hosszútávon, melyet az 5. sz. ábra jól szemléltet.



5. ábra: A kőolaj hordónkénti árának várható alakulása 2036-ig [24]

A 6. sz. ábra azt szemlélteti, hogy a kőolaj árának folyamatos emelkedése, hogyan hatott a légi-forgalomban leginkább használt kerozin mennyiségére és árának emelkedésére 1970-2015. között. A kőolaj alapú tüzelőanyagok árának emelkedése a mennyiségek visszaszorítását is magával vonja, mely több irányú fejlesztésre ösztönzi a szakembereket, kutatókat, mérnököket. Az egyik ilyen irányú fejlesztés, hogy a tüzelőanyag fogyasztást csökkentsék az üzemeltetés folyamán, a másik, hogy új alternatív energiaforrásokkal próbálják meg kielégíteni a felmerülő igényeket, a harmadik hogy a fenntartható fejlődést is szem előtt tartsák.

Az Egyesült Államok kerozin típusú sugárhajtómű-üzemanyag kiskereskedelmi forgalma



6. ábra: A kerozin árának alakulása 1970 és 2015 között dollár/gallonra vetítve [25]

A fenntartható fejlődés⁹ mellett ma már nem mehetünk el szó nélkül. A klímaváltozás a globális felmelegedés olyan méreteket öltött, hogy a jövő generációja komoly feladat megoldás előtt áll. A levegő széndioxid koncentrációjára kedvezőtlen hatással vannak a jelenleg alkalmazott üzemanyagok, ez elősegítette a globális felmelegedés mértékét, ami előidézte a szélsőséges időjárást és éghajlatváltozást. Az óceánok és tengerek vízszintje megemelkedett, amely hatással van az ökoszisztémák módosulására.

Tudományos értekezések szerint a klímaváltozás felgyorsulását a nem tudatos emberi tevékenység indította be, ha ez így van, akkor tudatosan ezt meg lehet állítani. Egy ilyen tényező lehet ebben a körforgásban, ha a fosszilis energia hordozókat lecseréljük alternatív energiaforrásokra. Az alternatív energiaforrásokkal szemben az alapvető elvárás, hogy használatával jelentősen csökkenjen a légkörbe kerülő mérgező gázok koncentrációja.

A napjainkban széles körben elterjedt és legtöbbet használt elsősorban szénhidrogén alapú tüzelőanyagokat felváltó alternatív tüzelőanyagokkal szemben magasak az elvárások. Nem elégséges, hogy az előírt üzemeltetési követelményekre alkalmasak legyenek, versenyképesnek kell lenniük és környezetvédelmi szempontból is meg kell feleljenek.

Az alternatív üzemanyag akkor tudja kiváltani vagy helyettesíteni a hagyományos tüzelőanyagokat, amennyiben a fentebb megfogalmazott követelményeken túl további elvárásoknak is képes megfelelni. Ilyen meghatározó tényező az égési tulajdonság, a környezetvédelmi megfontolás, kompatibilitás a jelenleg használt struktúrával.

⁹ Mit is jelent a fenntartható fejlődés? „A fejlődés fenntartható, ha a természeti erőforrásokból csak azt az anyagot vagy energia hordozót vesz el, ami megújul, illetve amit felhasználhatóan visszajuttat a környezetébe úgy, hogy közben nem keletkezik kár (szennyezés, mérgezés, éhezés, baleset), és nem foglal el a feladat elvégzéséhez szükségesnél nagyobb helyet.” [26] [27]

- **Fűtőérték:** az egyik legmeghatározóbb tényező. A jelenleg használt tüzelőanyagok fűtőértéke 42.000 és 44.500 kJ/kg között mozog, tehát az új energiaforrásnak is tudni kell ezeket az értékeket tartani. A megfelelő teljesítmény elérése azonban nem jelenthet többlet terhet a repülőgép számára egy esetleges kisebb teljesítménysűrűség miatt. Az égési folyamatnak stabilnak kell maradni a változó környezeti viszonyok ellenére, az égés során megjelenő égéstermék pedig nem károsíthatja a hajtómű szerkezeti elemeit, nem okozhat kormosodást.
- **Fizikai tulajdonságok:** a tüzelőanyag használata, tárolása és szállítása során a környezetével nem léphet reakcióba. A hőmérsékletváltozásokra, melyek az üzemeltetés során széles tartományban mozoghatnak (-50°C és + 50°C között) nem léphet fel kristályosodás, habosodás, üledékképződés, ne alkosson robbanó elegyet párolgása során, és nem változtathatja meg viszkozitását.
- **Fenntartható előállítás:** a gyártásához minél kevesebb nem megújuló energiaigényre legyen szükség, minimális legyen a káros anyag kibocsátás, az alapanyagok olcsón beszerezhetőek legyenek, az üzemeltetés során kibocsátott égéstermék környezetre gyakorolt hatása csekély mértékű legyen.
- **A jelenleg alkalmazott infrastruktúra további használhatósága:** a használatban lévő tüzelőanyag rendszer, tároló rendszer, kiszolgáló berendezés használata ne kívánjon olyan mértékű átalakítást, mely gazdaságilag kedvezőtlenne tenné az új energiaforrás bevezetését. [27]

2.5. Lehetséges alternatív üzemanyagok

Ebben a fejezetben azokat a lehetséges alternatív üzemanyagokat szeretném bemutatni, amelyekkel már folynak a kísérletek és kutatások a légiközlekedésben történő felhasználásra. Az elért eredmények biztató alapot adnak a jövőre nézve, de nagyon sok munka áll még a mérnökök, kutatók előtt, hogy megvalósulhasson a teljes átállás.

2.5.1. A bioüzemanyagok

A bioüzemanyagok állati vagy növényi biomasszából készülnek különböző technológiával, attól függően milyen hagyományos tüzelőanyag kiváltását szeretnék megoldani. Elsősorban a mezőgazdaság állítja elő őket, de létrehozhatóak hulladékok lebomlása során is. Négy csoportba lehet őket osztani alapanyagaik és termőterületeik alapján.

- a) elsőgenerációs bioüzemanyagok:** keményítőből és cukorból alkoholerjesztéses alapú technológiával vagy növényi olajból készülnek. Ezek nem megújuló energiaforrások, de

mégsem szénhidrogének, hanem olyan növényekből készülnek, melyek élelmezésre is alkalmasak (pl. kukorica, napraforgó). Ami problematikus teszi alkalmazásukat, hogy előállításuk során magas a fosszilis energiahordozók használata, keresletük pedig megemelte világpiaci árakat, ezáltal egyre magasabb a termelési igény, ami elveszi az élelmezésre szánt növények elől a termőtalajokat.

A keményítőt és cukrot tartalmazó növényből (kukorica, cukorrépa) állítják elő fermentálással az etanolt¹⁰. Az etanolt tisztán önmagában nem igen használják, bár felhasználható lenne, a tüzelőanyag rendszer megfelelő átalakításával, elsősorban benzinnel keverve hasznosítják.

A biodízel előállítása során az olajos magvú növényekből kinyerik az olajat, ezt követően tranzésterifikációval¹¹ kivonják belőle a glicerint, az így előállt üzemanyag biológiailag lebomlik, alkalmazásával kisebb a környezetre gyakorolt káros hatás.

A biodízel környezetszennyező hatása kisebb, mint a fosszilis eredetű dízelé, emellett jobban oldódik vízben, és biológiailag gyorsan lebomló. A biodízel vegyíthető a dízel üzemanyaggal, amelyet 5%, 20%, vagy 30%-os arányban szoktak bekeverni. [28]

b) második generációs bioüzemanyagok: alapanyagának előállítása ugyanúgy szántóföldeken történik, mint az első generációs bioüzemanyagoknak és feldolgozásukhoz szintén fosszilis eredetű energiát használnak fel. Ugyan megteremnek a gyengébb minőségű termőtalajban is ennek ellenére mégis magasabb hozamot produkálnak, a tápanyagot azonban a földből ugyanúgy kivonják, mint az élelmezésre szánt növények.

Az előállításához mezőgazdasági és erdei maradványokat, gyorsan növekvő fafajtaikat használnak alapanyagként, a növényi részeket előkezelik, kivonják belőle a lignint, majd fermentálással előállítják az etanolt. [29]

c) harmadik generációs bioüzemanyag: a mikroorganizmusok által előállított olaj. Az alga fajok génmódosításon esnek át, azért, hogy minél több olaj váljon kinyerhetővé belőlük és ellenállóbbak legyenek a különböző élősködőkkel szemben. Az algákat tartalmazó termelő berendezéseket olyan talajokra is lehet telepíteni, amely nem termőtalaj, és termesztésükhöz nem szükséges a tiszta víz. [29]

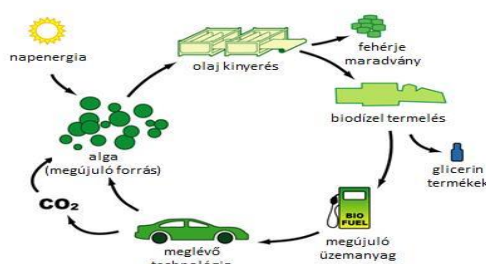
¹⁰ A betakarított és felaprított növényekhez enzimet és élesztőt adagolnak, mely massa erjedésnek indul, és alkohol keletkezik, amelyet desztillációval nyernek ki. [28]

¹¹ **Tranzésterifikáció:** melynek során sav vagy enzim katalizátor segítségével alkohollal eltávolítják a glicerint az olajból. Ennek eredményeképpen kapunk biodízelt és glicerint [28]



7. ábra: Algaréteg [30]

Az algákból előállítható bioüzemanyagok: a biometán, a biodízel és a biohidrogén. A mikoralgákból kinyert olajat különböző eljárásokkal alakítják biodízel üzemanyaggá (8. számú ábra). A biodízel üzemanyag előnyei közé sorolható, hogy használatával kevesebb széndioxid és korom kerül a levegőbe, ként egyáltalán nem tartalmaz, így a környezetre gyakorolt káros hatása kisebb, mint a fosszilis eredetű tüzelőanyagoknak. Hátránya a gyártási technológiából adódik, mert sok vizet igényel az előállítása. A biodízel önmagában is használható, de meghatározott arányban keverhető hagyományos dízelüzemanyaghoz is. [31]



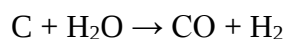
8. ábra: Biodízel előállításának folyamata [32]

d) negyedik generációs bioüzemanyagok: a termelőszerkezetek szintén a mikroalgák, de lehetnek cianobaktériumok is. A biometán gyártása két fő lépésből áll, a biogáz előállításából és a gáz megtisztításából. A biometán gáz alapú üzemanyag, ennek megfelelően a használatához a hagyományos tüzelőanyag rendszerek nem alkalmasak, az átállítás nem költségkímélő.

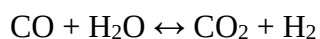
A biohidrogén növényi fotoszintézis útján előálló energiaforrás, ahol a napfény hatására a növényekben a víz oxigénre és hidrogénre bomlik. Az előállított biohidrogént cseppfolyósítani szükséges, tartós tárolása csak így megoldható, amely jelenleg még nem gazdaságos. [33]

2.5.2. Szintetikus üzemanyagok

A szintetikus üzemanyagok iparilag kerülnek előállításra a FISCHER-TROPSCH féle szintézissel. A szintetikus üzemanyagok alapja nem a kőolaj, hanem a szén vagy gáz vagy biomassza. Kiindulási anyaga a vízgáz, melyet izzószénen vízgőzt átfűjva nyernek, ekkor szén-monoxidból és hidrogénből álló gázkeverék keletkezik (50 % szén-monoxid, 50 % hidrogén).



A gázelegy hidrogén tartalmát tovább növelik 400-500 °C –on túlhevített vízgőzzel elegyítve KOH tartalmú Fe₂O₃ katalizátoron vezetik át.



A kapott gázelegyből a szén-dioxidot kimossák, majd az így nyert hidrogént vízgázzal a kívánt arányban vegyítik. A megfelelő arányú gázelegyet ezek után olyan katalizátoron vezetik át, amely nikkelt, kobaltot, vasat, rezet, mangánt tartalmaz, így különböző szénhidrogének keveréke keletkezik. A szintetikus üzemanyagok hátránya, hogy az előállításuk során nagy mennyiségű hagyományos energiát használnak fel. [34]

2.5.3. Cseppfolyósított (kriogén) gázok:

A hidrogént, mint alternatív energiaforrást a negyedik generációs bioüzemanyagoknál is megemlítettem. Hidrogént a gázhalmazállapotú vegyületekből is ki lehet nyerni, minthogy a földön a leggyakrabban előforduló elem. Ha csak azt vesszük, hogy a víz (H₂O) alkotó eleme és a föld felszínének 70 %-át víz borítja, azonban alkotó eleme több gáznak is pl. metán (CH₄), etán (C₂H₆), de a földgáz is a szénhidrogén alapú gázok elegye.

A hidrogén energia tartalma lényegesen jobb a jelenleg használt kerozinnál. 1 kg kerozin elégetése során felszabaduló energia 0,36 kg hidrogénnek felel meg és égéshője háromszorosa a kerozinénak. Hátránya, hogy sűrűsége miatt nagyobb helyet foglal el, mint ugyannyi energiataralmú kerozin, így nagyobb a tömege és nagyobb tüzelőanyag tartályt igényel. A repülésbiztonság szempontjából a hidrogén rendkívül veszélyes gáz, levegővel jól keveredik, és könnyen képez robbanó elegyet. Alkalmazásával nagy mennyiségű vízgőz kerül a levegőbe, mely az üvegházhatású gázok jelenlétét növeli a légkörben. [35] [36]

A földgázból kinyerhető metán, etán, propán, bután, pentán rendkívül jó égéshővel rendelkeznek, a jelenleg leggyakrabban alkalmazott kerozinhoz közel állnak. Előnyük a hidrogénnel szemben, hogy sűrűségük is a kerozinéhoz hasonló, így nem igényelnek nagyobb tüzelőanyag tartályt. De tárolásuk ezeknek is cseppfolyós állapotban kell történjen, bár nem kell olyan hideg környezet mint a hidrogén esetében.

Üzemanyag	Kerozin	Hidrogén	Metán	Etán	Propán	Bután	Pentán	Hexán
-----------	---------	----------	-------	------	--------	-------	--------	-------

képlete	JET A	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	C ₆ H ₁₄
olvadás [°C]*	< -60	-261,9	-182,5	-183,3	-187,7	-138,3	-129,7	-95,3
forrás [°C]*	136÷227	-252,8	-161,7	-88,6	-42,1	-0,5	36,1	68,7
Δt _{cseppfolyós} [°C]*	196÷287	~9	~21	~95	~145	~138	~166	~163
Kritikus jellemzők								
hőmérséklet [°C]	374	-240	-82,6	32,3	96,8	152	196,6	234,7
nyomás [MPa]	2,42	1,3	4,6	4,9	4,3	3,8	3,3	3
Üzemanyag sűrűsége [kg/m³]								
olvadáskor	775÷785	71,07	424,4	546,4	582	601,5	610,1	664
forráskor	835	77,15	453,4	650,7	733,1	736,4	761,2	756,9
Égéshő (20 °C-on)* [kJ/kg]								
maximális	46470	135380	56290	51910	50380	49535	49045	48710
minimális	43290	114485	49930	47515	46390	45745	45380	45130

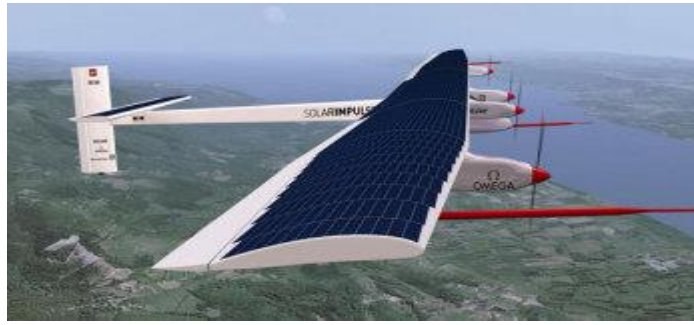
9. ábra: A kriogén gázok tulajdonságai tüzelőanyagként való felhasználásuk esetén [36]

2.5.4. Napenergia

A legtisztább megújuló energiaforrás. A napelemekkel elektromágneses sugárzásból villamos energia hozható létre. Gyártási technológiájukat tekintve monokristályos és polikristályos megoldások léteznek. A napelemek helyigénye nagy, ezért elsősorban merevszárnyú repülőgépeken folynak fejlesztések ilyen irányú energiaforrás használatára. A két változat közül a monokristályos napelem képes nagyobb energiát leadni, ennek ellenére jelenleg nem gazdaságos az üzemeltetése.

A napelemeket szolár cellák segítségével lehet felfogni. A fény fotonokból áll, amelyek a félvezetők elektronjait képesek kimozdítani a kötésükből, ezáltal elektron-lyuk párok keletkeznek, és elektromos többletet biztosítanak, amit a szolár cellákban található vezetőkkel a fogyasztóhoz köthetünk azonnal.

Az első napenergiát alkalmazó repülőeszköz a Solar Challenger volt, ezt követte a Sunseeker I. amely átrepülte az USA-t. 2015-ben a Solar Impulse 2 a Föld megkerülését tervezte, amit többszöri kényszerpihenővel 2016 nyarára befejezett. [74] [75]



10. ábra Solar Impulse 2 [76]

3. A TŰZELŐANYAGOK VIZSGÁLATÁRA VONATKOZÓ SZABVÁNYOK ÁTTEKINTÉSE, ENGEDÉLYEZTETÉSI ELJÁRÁS

Az első általános szabványokat Angliában, a XIX. században alkották meg, az ipari és technikai fejlődésnek köszönhetően, amely ma nemzeti és világszinten is elfogadott. Elsőként Angliában hoztak létre nemzeti szabványügyi szervezetet.

Az 1900-as években az ipari és technológiai fejlődés következtében létrejöttek a nemzetközi szabványszervezetek:

- 1906: Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság (IEC) alakult meg;
- 1926: a nemzetek szabványügyi intézményeinek nemzetközi szövetsége (ISA) jött létre;
- 1947: az ISA helyett megalakult a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (ISO).

A nemzetközi szabványügyi szervezetek mellett funkcionáló regionális szabványügyi szervezetek:

- Európai Szabványügyi Bizottság (CEN);
- Európai Elektrotechnikai Szabványügyi Bizottság (CENELEC);
- Európai Távközlési Szabványügyi Intézet (ETSI).

A szabványosítás egész világra kiterjedő rendszere állandó jelleggel fejlődik. A szabványosítás alapvető célja a nemzetközi együttműködés lehetővé tétele. [37]

„A szabvány elismert szervezet által alkotott vagy jóváhagyott, közmegegyezéssel elfogadott olyan műszaki (technikai) dokumentum, amely tevékenységre vagy azok eredményére vonatkozik, és olyan általánosan és ismételten alkalmazható szabályokat, útmutatókat vagy jellemzőket tartalmaz, amelyek alkalmazásával a rendező hatás az adott feltételek között a legkedvezőbb¹²”.

¹² 1995. évi XXVIII. törvény a nemzeti szabványosításról 4. § (1) [38]

A szabványok minden vizsgálati módszert külön betűkkel és számokkal jelölnek, amelyhez a felülvizsgálat évének utolsó két számjegyét kötőjellel (kettősponttal) kapcsolják.

Az előző fejezetben megismert légi közlekedési tüzelőanyagok szigorúan szabályozott körülmények között válnak felhasználhatóvá. Azt, hogy egy hajtóanyag alkalmazhatóvá váljon, nemcsak nemzeti szabványok határozzák meg, hanem nemzetközi szabványok is. Gondoljunk csak arra az esetre, amikor egy repülőgép célállomása a tengerentúlra irányul, abban biztosak lehetünk, hogy a tüzelőanyag tartályt a visszaindulás előtt fel kell tölteni, és a visszaindulási helyen betöltött üzemanyag ugyanolyan tulajdonságokkal kell, hogy rendelkezzen a biztonságos üzemeltetés kulcsfontosságú miatt, mint a kiindulási állomáson.

A katonai üzemeltetésben ezen felül a NATO szabványoknak is meg kell feleljen az alkalmazott üzemanyag, emiatt ezekre egységes azonosítási kódokat vezettek be¹³.

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

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

3.1. Tüzelőanyag engedélyeztetési eljárás

Az ASTM és az UK MOD előírások a nemzeti repülési hatóságok a repülőgép hajtómű- és sárkányszerkezet-gyártó, a tüzelőanyag és adalék előállító szervezetek szoros együtt működésének eredményeképpen jöttek létre. Elsősorban a repülőgép-gyártók határozzák meg azokat a szempontokat, melyek elengedhetetlenek a biztonságos üzemeltetéshez. A tüzelőanyag követelmények az üzemanyag specifikációban szerepelnek és a repülőgépek típusengedélyének részét képezi, amit a nemzeti repülésközlekedési hatóságok adnak ki. [19] [39]

A repülőgép tüzelőanyagok specifikációi nem valódi anyagi tulajdonságok, hanem tapasztalatok alapján szerzett az ásványolaj-származékok használatával készült iránymutatások. Erre jó példa a tüzelőanyag aromástartalom maximuma, ami egy felső korláthoz kötött, de a minimum érték nyitott, így egy nulla aromástartalmú tüzelőanyag meglete is megengedett. A repülőgép hajtóanyagban, ha magas ez az érték, akkor az nem ég olyan tökéletesen, mint amelyikben nincs vagy csak kis mértékben van jelen, így a tulajdonság meghatározására egy maximális koncentrációt adnak meg, hogy határok közé szorítsa az értékeket. [39]

¹³ Lásd 2. fejezet

Az aromás szénhidrogének mennyiségének növekedésével nő a koromlerakódás az égéskamrában és a fűvókán. Ez megváltoztatja a gáz áramlását és változik a fáklya alakja. Ez kihatással van a hajtóanyag égésére, csökken elégésének hatásossága. [8]

A forrási tartomány egy újabb példa a tüzelőanyag specifikációira vonatkozó vélelmezett feltevésekre. A specifikáció széles, 205 °C-tól 300 °C-ig terjedő skálán értelmezhető. Azonban a megadott határértékek sem pontosak, mivel erőteljesen függenek a tüzelőanyag összetételétől. Az az elvárás, hogy az üzemanyag sima forrást eredményezzen, ezért a desztillációs tulajdonságok szórását a minimumra kell csökkenteni, ennek megfelelően a tartományeloszlást a 205 °C alatt legfeljebb 10 százalékponttal, a végső forráspont alatt 300 °C-ig azonban lényegesen meg kell haladja a 10 százalékpontot. A finomítói finomítási eljárás sima forráspont-eloszlást eredményez. [39]

Ha alternatív tüzelőanyagot szeretnénk engedélyeztetni szükséges a fentebb tárgyalt tulajdonságok pontos meghatározása. A kiválasztott tüzelőanyagnak maradéktalanul meg kell felelni a már lefektetett előírásoknak, hogy versenyképes és biztonságos tudjon maradni a kőolaj származékokkal szemben, ezen belül is leginkább a repülőgép iparágnak.

Jelenleg csupán egyetlen alternatív tüzelőanyag engedélyezett légi üzemeltetésre, a Dél-afrikai Sasol cég terméke, a szintetikus FT izoparaffin kerozin bekeverése lehetséges hagyományos tüzelőanyagba 50%-os tömegszázalékig (félszintetikus kerozin).¹⁴ A Defence Standard és az ASTM szigorú teszteknek vetette alá az új tüzelőanyagot, hogy megfelel-e a szabványokban előírt kritériumoknak. A tesztelés végeredménye, hogy jóváhagyták a Sasol CTL üzemanyagot, és JET A-1 üzemanyagként került kereskedelmi célú felhasználásra sugárhajtóművel rendelkező repülőgép számára. Az üzemanyag teljesen működőképes és illeszkedik az aktuális légiközlekedési infrastruktúrához a meglévő motorkövetelményeknek való megfelelés révén, és a hagyományos kőolaj eredetű tüzelőanyag-ellátó rendszerekkel is használható. [40]

A hosszadalmas engedélyeztetési eljárás elkerülésére, amit minden új FT szintetikus hajtóanyagnál el kellene végezni, az iparág egy jóváhagyási folyamatot fejleszt ki, amely magába foglal egy olyan teszt sorozatot, ahol már előre definiálva vannak az elfogadható értékek. Ha minden tüzelőanyag tulajdonság a határértékeken belül van, akkor maga az engedélyeztetési eljárás is egyszerűsödik. Ez a korszerű engedélyeztetési eljárás csak az FT szintetikus- és hagyományos tüzelőanyag 50% térfogat-százalékos keverékén alkalmazható. Minden más alternatív hajtóanyagnak az engedélyeztetés előtt végig kell mennie a teljes vizsgálati procedúrán. [40]

¹⁴ A Sasol kérelmet adott be 100%-os szintetikus tüzelőanyag használatra, ami szintetikus aromásokat is tartalmaz. A tesztek 2006-ban történtek, az engedélyt pedig 2008 áprilisában meg is kapták. [40]

3.1.1. UK MOD Defence Standard

Az UK MOD sztenderdjei a legelterjedtebbek a nemzetközi repülés területén. Az Egyesült Királyság tüzelőanyagokra és kenőanyagokra szóló szabványai a 91-es sorozatba tartoznak. [41]

- Defence Standard: 91-091 Turbina üzemanyag kerozin típusú, JET-A1 NATO kód F-35, közös szolgáltatás megnevezése AVTUR;
- Defence Standard: 91-090 Benzin repülés UL91, 100/130 LOW LEAD, osztályú közös szolgáltatás megnevezés AVGAS 100, és AVGAS 100 LL.

Mindkét szabvány jelenleg is érvényben van.

3.1.2. ASTM szabványok

Az Egyesült Államok Szabványügyi Testületének Nemzetközi Repülőgép Tüzelőanyag Albizottságának koordinálásával alkották meg a tüzelőanyagok minősítési és rendszerbe állítási folyamatát. Az albizottság két nagy szabványt alkotott meg:

- ASTM D7566 Szabványos módszerek szintetikus szénhidrogén tartalmú repülőgép tüzelőanyagokhoz (2009 szeptemberétől hatályos);
- ASTM D4054 Szabványos eljárások új repülőgép hajtóanyagok és adalékok minősítéséhez.

Az ASTM D5766 tartalmazza a szintetikus adalékok és a hagyományos tüzelőanyagok keverékével kapcsolatos előírásokat is, ennek részeként létre jött egy további intézkedés¹⁵, mely az ilyen keverékeket alkalmazhatóvá teszi, és a továbbiakban hagyományos tüzelőanyagként tartja nyilván. A D1655 a hagyományos kőolajból származó tüzelőanyagokkal szemben támasztott követelményeket határozza meg.

A D1655 a D7566-ban listázott tüzelőanyagokkal együtt olyan szabványcsoportot alkot, amellyel szükségtelen az új hajtóanyag további monitorozása, időközi újraengedélyeztetése, így azt végleg rendszeresíteni lehet. Az alkalmazást az is megkönnyíti, hogy a kiszolgáló infrastruktúra megfelel a D1655 előírásainak. [42]

Az ASTM D4054 egy iránymutatást ad nemzetközi szinten, a hajtómű- és repülőgép alkatrészgyártóknak, a repülésben használatos alternatív hajtóanyagok gyártóinak a vizsgálatok elvi lefolytatásáról, a vizsgálati célok fontosságáról az új tüzelőanyagok engedélyeztetési eljárásában. Célzottan vizsgál olyan területeket, melyek a gyártókkal szerzett közös tapasztalatokon alapszanak, ezzel elősegítve és felgyorsítva az engedélyeztetési eljárást. A D4054 által megfogalmazott eljárás az alaptulajdonságoktól, a kiterjesztett vizsgálatokon át,

¹⁵ ASTM D1655 Szabvány a repülésben használatos tüzelőanyagok specifikációiról [42]

részegységekre bontva, adott esetben teljes hajtóműteszten keresztül vezet végig a végső használathoz szükséges megfeleltetésig. A D4054-ben megfogalmazott eljárás pontos adatokat kíván meg a gyártótól a vizsgálandó tüzelőanyag anyagi összetételéről, tulajdonságairól és teljesítményéről. A D7566 előzetes tájékoztatást nyújt a gyártónak a komponensek tulajdonságairól és a velük szemben támasztott követelményekről. [42]

A hajtóanyag gyártónak a témában kulcsszerepet jelentő nemzeti szervezetekkel is kapcsolatot kell teremtenie, hogy elindíthassa az új tüzelőanyag kifejlesztését és engedélyeztetését. Az intézetek mellett az ASTM International¹⁶, a Coordinating Research Council (CRC)¹⁷ és a Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative (CAAFI)¹⁸ is szerves része az engedélyeztető bizottságnak. Új hatóanyag esetén egy olyan bizottságot állítanak fel, amelynek része a fejlesztő is. Jelentést készítenek az új termékről, melyet szétküldenek áttekintésre más hajtómű- és alkatrészgyártókhoz, légügyi szervezetekhez és nemzetközi tüzelőanyagokkal foglalkozó intézményekhez. Ez az előterjesztés fontos ahhoz, hogy elérjen a világ számos hatóságához, hogy tájékoztatva legyenek az újdonságokról, a velük kapcsolatos alkalmazási kötelezettségekről és infrastrukturális illesztésről. [42]

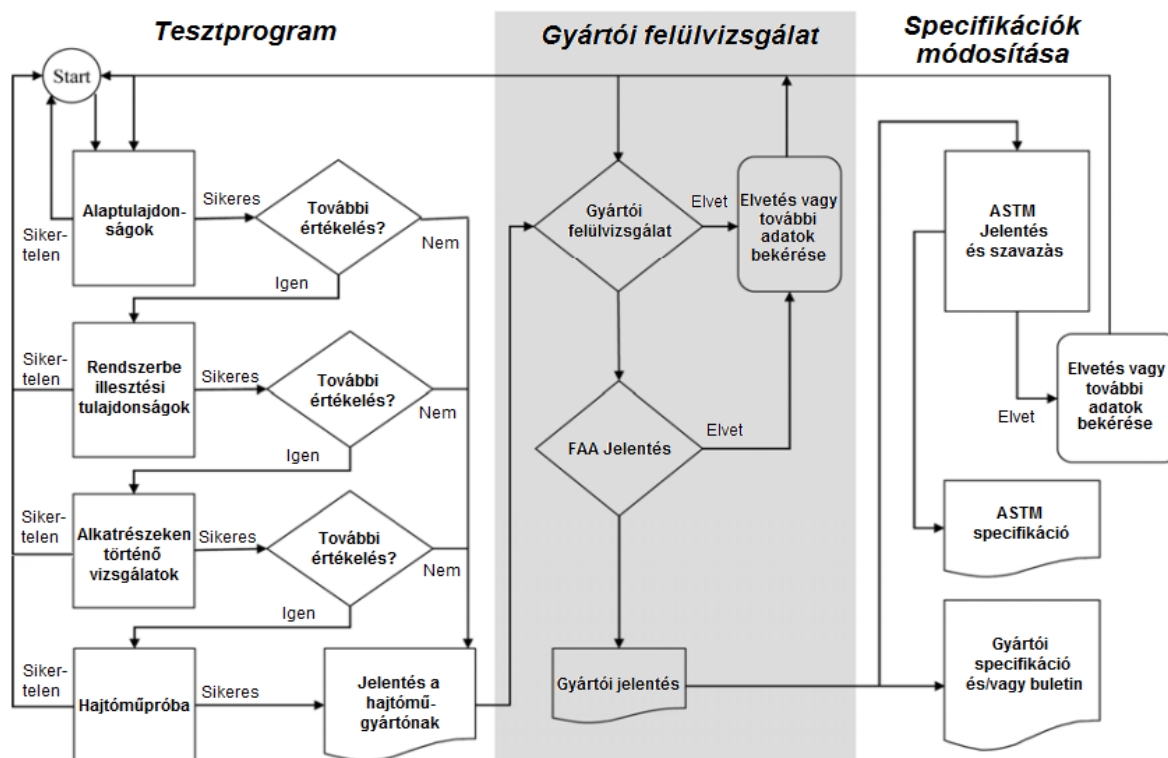
D4054-ben meghatározott eljárás három fő részre bontható:

- tesztprogram;
- gyártói felülvizsgálat;
- specifikációk módosításainak meghatározása.

¹⁶ **ASTM International:** nemzetközi szabványügyi szervezet, amely szervezet műszaki szabványokat dolgoz ki és publikál. Több mint 12 ezer ASTM önkéntes konszenzus szabvány működik globálisan. A szervezet székhelye a Pennsylvániai West Conshohockenben található.[43]

¹⁷ **Coordinating Research Council (CRC):** A szervezet nem kereskedelmi célú kutatási szolgáltatásokat nyújt a járművek, üzemanyagok, kenőanyagok, légköri hatások, kibocsátás és repülés területén. [44]

¹⁸ **Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative (CAAFI):** Kereskedelmi Légiközlekedési Alternatív Tüzelőanyagok Kezdeményezés, 2006-ban alakult a CAAFI a légitársaságok, repülőgépek és motor gyártók, energiatermelők, kutatók, nemzetközi résztvevők és az amerikai kormányzati szervek koalíciójaként, célja az energiabiztonság és a környezeti fenntarthatóság fokozása a repüléshez alternatív sugárhajtóművek használatával. [45]



11. ábra: Az ASTM D4054 szabvány által megvalósított új tüzelőanyag és adalék minősítési és elfogadtatási blokkvázlata. [42]

A tesztprogram első része az új tüzelőanyag alaptulajdonságait vizsgálja, amelyek kihatással vannak a hajtómű üzembiztonságára, a teljesítményre és a tartósságra. Ha az új tüzelőanyag keverék valamely paramétere nem előírászerű, a további tesztelést elvetik. Az új tüzelőanyag kiértékelése a meglévő szabványokhoz is kell, hogy illeszkedjen (ASTM D1655, Defence Standard 91-91).

A második részteszt az új tüzelőanyag rendszerbe illesztési tulajdonságait vizsgálja. Ez a fázis a gyártókkal közös konzultációkon történik. Megvizsgálják a kémiai, fizikai és teljesítménybeli tulajdonságokat (többek között a legfontosabbak: forráspont, gőznyomás, kenőképesség, viszkozitás, sűrűség, vízben való oldhatóság), elektromos tulajdonságokat, kezelés/biztonságot (tárolás, toxicitás, tűzállóság, öngyulladás hőmérséklet), kompatibilitást más tüzelőanyagokkal, adalékokkal, hajtóművel, tömítésekkel, fémekkel. Ha az új tüzelőanyag keverék valamely paramétere nem elfogadható, a tüzelőanyagot elvetik.

A harmadik részteszt az alkatrészeken történő vizsgálatokat tartalmazza, ebben a fázisban a gyártók az előző két vizsgálat eredményei alapján adnak útmutatást a tesztek elvégzésére. Ha úgy döntenek, hogy az előző két teszt alapján nem kell próba az alkatrészeken, akkor azt kell eldönteni, hogy szükséges-e hajtómű próba, vagy átadhatják gyártói jóváhagyásra.

Amennyiben alkatrész próba szükséges, tesztelik a turbinára gyakorolt hatását magas hőmérsékleten, mint a turbinalapát fémanyagán és bevonatán hogy megjelennek-e oxidatív, korrozív hatások. A tüzelőanyag rendszer vizsgálatát, a segédhajtómű szűrők esetében hidegen végzik el. A tüzelőanyag befecskendező fúvókák vizsgálatánál ellenőrzik az indítást és gyújtást a nem megszokott üzemen kívül is (szélsőséges hideg, nagy magasság). Az égőtér próbái között vizsgálják a hidegindítást 0-tól 3.000 méterig, a lángleszakadást, az esetleges légi újraindítást, korom és egyéb lerakódásokat, az emissziós értékeket hőmérsékleti stabilitás-szimulációval.

A tesztelés alapján, amennyiben nincs anomália az új tüzelőanyag eddigi vizsgálatait alapján, el kell dönteni szükséges-e a hajtómű próba, vagy a nélkül adhatják át gyártói jóváhagyásra.

A negyedik részteszt a hajtóműpróba. Amennyiben bármilyen zavar támad a hajtóműben a teszt alatt, akkor az alkatrészpróbákat meg kell ismételni. [42]

A kiértékeléshez szükséges az új tüzelőanyag mintája, a szintetikus adalékból és a végtermék keverékéből egyaránt. A legtöbb vizsgálat a keverékkel történik, kivétel ez alól a fémforgácsokkal összefüggő tesztelés. A teszteléshez szükséges tüzelőanyag mennyisége teszt részenként eltérő. Az első résztesztnél az alaptulajdonság vizsgálata kb. 40 liter, a rendszerbe illesztés kb. 30-400 liter, a gépegységeken történő vizsgálat kb. 1.000-40.000 liter, míg a teljes hajtóműteszt kb. 850 ezer liter tüzelőanyag használatot feltételez. Változhat a tüzelőanyag igény, ha egy olyan új adalékot vagy eljárást dolgoznak ki, ami módosítja a D4054-ben foglaltakat. [42]

Sikeres tesztelés esetén elkészül egy ASTM kutatási jegyzőkönyv, amelyet elküldenek a repülőgép-ipari gyártóknak jóváhagyás céljából. A kutatási jegyzőkönyv tartalmazza a vizsgálati módszereket, az alkalmazott eljárás részletes leírását és az új tüzelőanyag mindenre kiterjedő dokumentációját. A jegyzőkönyvnek tartalmaznia kell, hogy a tüzelőanyag illeszkedik-e az ASTM D7566 szabvány által meghatározott feltételeknek, vagy új szabványosítási eljárást kell az üzemanyagra lefolytatni, ezáltal egy új szabványt létrehozni. A kutatási jegyzőkönyvet szakértői csoport és a gyártók szakmérnökei elemzik, közös konzultációk útján próbálják meg feltárni az esetleges adathiányokat, ajánlásokat fogalmaznak meg, melyek további vizsgálatokat is jelenthetnek az újonnan alkalmazandó tüzelőanyag esetében. A kutatási jegyzőkönyv az elemzésben résztvevő szakértők által elfogadott konszenzus, mely tartalmaz minden olyan adatot, amivel fenntartható a hajtómű és a repülőgép biztonságos üzemeltetése. A végleges jelentés alapján a gyártók, a Federal Aviation

Administration¹⁹ (FAA) és az ASTM International dönt a tüzelőanyag rendszerbeillesztéséről és ezzel együtt a forgalomba helyezéséről. [42]

3.1.3. GOST

A GOST a volt Szovjetunió szabványa, a Szabványügyi Bizottság 1925. szeptember 15-én jött létre. Az állami szabványok minden vállalatnak és szervezetnek kötelező okmányok voltak 1992-ig. Azóta az állami szabványok önkéntesek, de mindazonáltal tartalmazznak kötelező követelményeket. 2002. év végén fogadták el "A műszaki szabályozásról" szóló szövetségi törvényt, ezt követően a termékekre, gyártási folyamatokra, üzemeltetésre, tárolásra, szállításra, forgalomba hozatalra és felhasználásra vonatkozó kötelező követelményeket a műszaki előírások tartalmazzák. A szabványok így önkéntes jellegűek lettek. 2004 májusában az Orosz Föderáció Szabványügyi és Metrológiai Állami Bizottságát a GOST R műszaki szabályozási és metrológiai szövetségévé alakították át. [46]

A GOST 10227-62 szabványon alapuló TS-1 Oroszországban és a Független Államok Közösségeiben elérhető legfontosabb hajtóanyag. Ez egy kerozin típusú üzemanyag, amelynek a lobbanáspontja 28 °C és alacsonyabb fagyásponttal rendelkezik a JET A-1-hez képest az extrém hidegre való tekintettel (<-50 °C).

3.2. Magyar szabvány

3.2.1. Nemzeti szabvány jogszabályi feltételei

A nemzeti szabványokat Magyarországon az 1995. évi XXVIII. törvény (továbbiakban: törvény) tartalmazza.

„A nemzeti szabvány olyan szabvány, amelyet a nemzeti szabványügyi szervezet alkotott meg, vagy fogadott el, és tett a nyilvánosság számára hozzáférhetővé”²⁰. 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 továbbiakban: MSZT).

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 tevékenységeire ISO 9001-es minőségbiztosítással rendelkezik, ezáltal az MH vállalta a magyar szabványok alkalmazását.

¹⁹ **Federal Aviation Administration (FAA)**: az Amerikai Egyesült Államok Szövetségi Légügyi Hivatala

²⁰ 1995. évi XXVIII. törvény a nemzeti szabványosításról 4. § (1) [38]

Az MH Anyagellátó Raktárbázis hetényegyházi bázisparancsnoksága felelős a Magyar Honvédség szervezeteinek hajtó-, kenő- és karbantartó anyagokkal, üzemanyag-technikai eszközökkel, hűtőfolyadékkal történő ellátásáért. Itt működik, az a laboratórium melyben bevizsgálásra kerülnek az MH részére szállított üzemanyagok. A minőségbiztosítása alapján a bázisra nem kerülhet be semmilyen olyan anyag, amit ne vizsgált volna be a laboratórium, és onnan sem kerülhet ki a megfelelő minőségi bizonylat nélkül semmi. A hetényegyházi bázis üzemelteti a Magyar Honvédség egyetlen tábori üzemanyaglaborját is. Ez egy húszlábos konténer, amely az üzemanyagok minőségbiztosítására szolgál. 2015-ben érkezett a bázisra a mozgó laboratórium, ami önállóan telepíthető, saját aggregátorral, klímaberendezéssel és nagy teljesítményű szünetmentes tápegységgel rendelkezik. [47]

3.2.2. A Magyarországon alkalmazott légi járművek hajtóanyagának szabványai

A Magyarországon alkalmazott és érvényben lévő szabványok illeszkednek a nemzetközi szabványokhoz. Európai Unió tagságunkra tekintettel alkalmazzuk az európai szabványokat (EN), katonai területen a NATO szabványokat. Ennek megfelelően a nemzeti szinten megalkotott és elfogadott szabványok alapját képezik az ASTM, UK Defence MOD és a GOST szabályozások.

3.2.2.1. Gázturbinás légi járművek hajtóanyaga, a JET- A1 nemzeti szabványa

A gázturbinás légi járművek hajtóanyagának a JET-A1-nek a minőségi követelményeit, vizsgálati módszereit a 2012 novemberében kiadott MSZ 10870:2012 szabvány tartalmazza.

NATO kódja: F-35, katonai azonosítója JP-1A. Katonai repülésben a JP 8–ast használják, ennek NATO kódja F-34. A két tüzelőanyag annyiban tér el egymástól, hogy a JP 8-as több adalék tartalmaz (jegesedés gátló, korrózió gátló, kenőképesség javító, villamos vezetést javító). [19]

A szabvány előírja hogyan és milyen körülmények között kell végrehajtani a mintavételezést, szabályozza a tárolási körülményeket és a lehetséges adalékok felhasználását.

A mintavételezést a termékátadás helyén kell megvalósítani az MSZ EN ISO²¹ 3170²² vagy MSZ EN ISO 3171²³ előírások alapján.

A tüzelőanyagra előírt minőségi jellemzőket az MSZ 10870:2012 szabvány 1. számú táblázata²⁴ tartalmazza, ahol meghatározzák a vizsgálati módszereket előíró szabályozásokat. A táblázatban jól látható, hogy milyen követelményeknek és ISO minősítéseknek kell, hogy

²¹ Az ISO az International Organization for Standardization rövidített neve, amely egy nemzetközi szervezet. A központja Genfben található.

²² MSZ EN ISO 3170:2004 Folyékony ásványolajtermékek kézi mintavétele

²³ MSZ EN ISO 3171:2000 Folyékony ásványolajtermékek. Automatikus mintavétel csővezetékéből

²⁴ Lásd a dolgozat 1. sz. melléklete

megfelelően a tüzelőanyag. A minőségi követelményeknek a termékátadás helyén és időpontjában kell fenn állnia.

Két jellemző (külső és a vizuális szín) esetében érzékszervi vizsgálati módszert kell alkalmazni. A tüzelőanyag külső jellemzője akkor megfelelő, ha az tiszta, átlátszó, fényes, szennyeződéstől és kiülepedett víztől mentes. A vizsgálat elvégzéséhez a mintát átlátszó, szintelen és hibátlan, egy literes térfogatú hengeres alakú mintavételi üvegben szobahőmérsékleten kell egyenmősíteni. Ezt követően körkörös mozdulattal örvényt kell a folyadékban kelteni annak megfigyelésére, hogy a vizsgált anyagban gyűlik-e össze szilárd részecske, vagy csapódik-e ki víz. A vizuális szín akkor megfelelő, ha annak színterjedelme a szintelentől a szalmasárgáig terjed. [48]

A többi jellemző esetében a vizsgálati módszert a táblázatban meghatározott ISO minőségbiztosítási követelményeknek megfelelően kell végrehajtani. A meghatározott követelmények igazodnak az ASTM és a Defence Standard előírásaihoz.

Valamennyi vizsgálati módszer, amelyre MSZ 10870 szabvány hivatkozik, tartalmaz precizitási adatokat a vitás esetekre. A vita megoldására és az eredmények a vizsgálati módszer precizitása alapján való értelmezésére az MSZ EN ISO 4259²⁵ szabványban előírt eljárásokat kell alkalmazni. A merkaptán-kén-tartalommal kapcsolatos vita esetén az MSZ ISO 3012²⁶ szabványt kell alkalmazni. Az összes kéntartalommal kapcsolatos vita esetében 0,05% (m/m)-nél kisebb kéntartalom meghatározása az MSZ EN ISO 8754²⁷ szabvány nem alkalmas döntő vizsgálatként. A lobbanásponttal kapcsolatos vita esetében az MSZ 10879²⁸, a sűrűséggel kapcsolatos vita esetében az MSZ EN ISO 3675²⁹ szabványt kell alkalmazni. [48]

A gázturbinás légijármű-hajtóanyagot új, tiszta vagy már előzőleg is ennek a hajtóanyagnak a tárolására használt göngyölegben/tartálykocsiban, tankautóban, tartályban/vagy csővezetékben kell szállítani, illetve tárolni. A gázturbinás-hajtómű üzemanyag felhasználhatóságának fontos szempontja a termék tisztasága, víz- és mechanikai szennyeződés mentessége. Ezt nem csak az előállításnál, hanem a szállítás és felhasználás során is biztosítani kell. [48]

A gázturbinás légijármű-hajtóanyag tűzveszélyes anyag, ezért kezeléséhez, szállításához, tárolásához és megjelöléséhez be kell tartani a vonatkozó érvényes (EK) közösségi és nemzeti egészségügyi, foglalkoztatási, munkavédelmi és környezetvédelmi rendeleteket, törvényeket és

²⁵ **MSZ EN ISO 4259:2006** Ásványolajtermékek. A vizsgálati módszerekre vonatkozó precizitási adatok meghatározása és alkalmazása

²⁶ **MSZ ISO 3012:2012** Ásványolajtermékek. A tiol- (merkaptán-) kén meghatározása könnyű és középpárlatokból készült hajtóanyagokban. Potenciometriai módszer

²⁷ **MSZ EN ISO 8754:2003** Ásványolajtermékek. A kéntartalom meghatározása. Energiadiszipperatív röntgenfluoreszcenciás spektrometria

²⁸ **MSZ 10879:2002** Folyékony ásványolajtermékek. A lobbanáspont meghatározása Tag szerinti zárt téglával módszerrel

²⁹ **MSZ EN ISO 3675** Ásványolajok és folyékony ásványolajtermékek. A sűrűség laboratóriumi meghatározása. Areométeres módszer

jogszabályokat. Különös tekintettel az Európai Parlament és a Tanács 1907/2006/EK (REACH)³⁰, valamint az Európai Parlament és a Tanács 1272/2008/EK (CLP)³¹ rendeletére, továbbá a szállító által kötelezően csatolt Biztonsági Adatlapon szereplő előírásokra. [48]

A termék csomagolásakor, tárolásakor, és szállításakor a kiszerelési egységen és a kísérőjegyzéken is fel kell tüntetni

- a gyártó nevét, illetve a forgalomba hozó nevét vagy jelét és telephelyét;
- a megnevezését a szabvány 3. fejezete szerint;
- a göngyöleg azonosító számát;
- a vonatkozó rendeletek szerinti jelöléseket és információkat. [48]

3.2.2.2. Repülőbenzinek (magas oktánszámú benzin) nemzeti szabványa

A repülőbenzinek minőségi követelményeit és a vizsgálati módszereit az MSZ 10869:2005 szabvány tartalmazza.

A repülőbenzinek három minőségi fokozatba tartoznak:

- RB 80;
- RB 100;
- RB 100LL. [48]

Az RB 100 és az RB 100LL jelű repülőbenzinek kompressziótűrése azonos, de ólomtartalmuk és színük különböző. A mintákat az MSZ EN ISO 3170 szabvány szerint kell vételezni, ugyanúgy, mint a JET A-1 esetében. [49]

A korróziós hatás részlemezén, a kölcsönhatás vízzel és a fajlagos villamos vezetés vizsgálatokkal kapcsolatos vita esetén a mintákat epoxigyantával bevont, fém mintatartó edénybe kell vételezni, és a vizsgálatok megkezdéséig ebben kell tárolni. [49]

A repülőbenzinek minőségi jellemzőit az MSZ 10869:2005 1. számú táblázata³² tartalmazza, amely meghatározza a vizsgálati módszerekhez az alkalmazandó előírásokat.

A gyártónak meg kell adnia az alkalmazott adalékok fajtáját és koncentrációját. A következőkben felsorolt oxidációgátló adalékokat lehet a repülőbenzinhez adni úgy, hogy külön-külön, illetve együttes alkalmazásuk esetén sem haladhatják meg a 24 mg/l mennyiséget.

Az engedélyezett oxidációgátló adalékok a következők lehetnek:

- 2,6-ditercier-butilfenol;
- 2,6-ditercier-butil-4-metilfenol;

³⁰ **1907/2006/EK (REACH) rendelet:** a vegyi anyagok regisztrálásáról, értékeléséről, engedélyezéséről és korlátozásáról (REACH), az Európai Vegyianyag-ügynökség létrehozásáról

³¹ **1272/2008/EK (CLP) rendelet:** a veszélyes vegyi anyagok és keverékek osztályozásáról, címkézéséről és csomagolásáról

³² Lásd a dolgozat 2. számú melléklete

- 2,4-dimetil-6-tercier-butilfenol;
- legalább 75% 2,6-ditercier-butil-fenol és legfeljebb 25% tercier- és tritercier-butil-fenol;
- legalább 72% 2,4-dimetil-6-tercier-butilfenol és legfeljebb 28% monometil- és dimetil-tercier-butil-fenol;
- N,N'-diizopropil-para-feniléndiamin;
- N,N'-diszekunder-butil-para- feniléndiamin. [49]

A repülőbenzinhez adott színező anyagok mennyisége nem haladhatja meg a 11. sz. ábrában bemutatott táblázatban közölt értékeket.

Színezék/ Minőségi fokozat	Színezéktartalom, legfeljebb [mg/l]			Engedélyezett színező anyagok
	RB 80	RB100	RB 100LL	
kék festék	0,2	2,7	2,7	1,4-dialkil-amino-antrakinon
sárga festék	-	2,8	-	azobenzol-4azo-2naftol alkilszármazékai
piros festék	2,3	-	-	p-dietil-amino-azobenzol vagy 1,3-benzodiol-2,4- bisz[(alkifenil)-azo]származék

12. ábra: Engedélyezett színezőanyagok és színezéktartalom a repülőbenzinek esetében³³

A repülésbiztonság elvárt szintjének fenntartása érdekében csak az üzemeltetési utasításban előírt tüzelőanyag fajták tölthetők a repülőgépekbe, hiszen a normál autóbenzinhez képest a repülőgépbenzin jelentősen adalékolt (pl. oktánszám-javítók, korróziógátlók, égésjavítók, stb.). Ezek az adalékok károsíthatják az erre fel nem készített tüzelőanyag rendszert és motort. Fő adaléka az etanol és a habzásgátló rendkívül korrozív, így a gumitömítéseket erősen károsítja. A habzásgátló segítségével a kavitáció jelensége csökkenthető, így a buborékképződés határa kitolható, biztosítva a folyamatos tüzelőanyag ellátást. A kavitáció 4000 méter feletti repülések esetén jelentős, ahol már az oldott gázok kiválnak a folyadékból a csökkenő külső légköri nyomás következtében. Nagyrepülőgépes üzemnél erre túlnyomásos rendszert alakítanak ki, ami kisrepülőgépek esetén nem valósítható meg. A kéntartalom csökkentésével, majd hidrogénezéssel való telítés után növelhető a benzin forráspontja. [50]

A fogyasztóval egyeztetett és a légügyi hatóság által engedélyezett adalékok összetétele és megengedett mennyisége a következő:

- Jegesedésgátló: Izopropil-alkohol (IPA), a repülőgépgyártó által ajánlott koncentrációban, ha azt a repülőgép üzemeltetője külön kéri;

³³ Szerkesztette a szerző MS World [49] irodalom alapján

(Megjegyzés: Az izopropil-alkohol hozzáadásával az RB 100 és az RB 100LL repülőbenzinek kompressziótűrése csökkenhet.)

- Etilénglikol-monometil-éter (EGME), 0,10...0,15% (V/V) vagy Dietilénglikol-monometil-éter (DIEGME), 0,10...0,15% (V/V).
- Fajlagos villamos vezetést befolyásoló adalék: Stadis 450, legfeljebb 3 mg/l (utóadalékolás esetén, legfeljebb 5 mg/l). [49]

A repülőbenzint új, tiszta vagy már előzőleg is a repülőbenzin tárolására használt göngyölegben (tartálykocsiban, tankautóban, tartályban) vagy csővezetékben kell szállítani, illetve tárolni. Az ólomkiválás elkerülése végett, amely közvetlen napfénnel való érintkezés hatására következhet be, tilos a repülőbenzint fényáteresztő tartályban (pl. műanyag kannában) tárolni.

A repülőbenzin tűzveszélyes anyag, ezért szállításakor, tárolásakor és felhasználásakor a vonatkozó hazai, illetve nemzetközi előírásokat be kell tartani.

3.2.2.3. Dízelgázolaj nemzeti szabványa

A repülőeszközökben alkalmazott dízelgázolaj minőségi követelményeire nem készült önálló szabvány. Az előírásokat, egy olyan általános szabvány tartalmazza, amely minden dízelmotorban alkalmazható hajtóanyagról tartalmaz leírásokat a szükséges specifikációkkal kiegészítve. Ezt az európai szabványt (EN) az Európai Szabványügyi Bizottság (CEN) hagyta jóvá 2013. július 26-án: MSZ EN 590:2013 (Gépjármű-hajtóanyagok. Dízelgázolaj. Követelmények és vizsgálati módszerek). A szabvány kidolgozásánál a vonatkozó európai irányelveket is figyelembe vették, és beépítették a korábbi EN 590:2009 szabványtól eltérő lényeges műszaki eltéréseket:

- a metil-ciklopentadienil-mangán-trikarbonil (MMT) használatának EK³⁴ szerint megkövetelt korlátozására vonatkozó speciális követelményeket;
- lehetővé tették a CFR-motorvizsgálat³⁵ alternatív vizsgálati módszereként a gyulladási késedelmet vizsgáló berendezés (EN 16144)³⁶ használatát;
- lehetővé tették az EN ISO 3405³⁷ desztilláció alternatív vizsgálati módszereként az EN ISO 3924³⁸ szerinti gázkromatográfiával (GC) végzett szimulált desztillációt;

³⁴ EK: Európai Közösség

³⁵ CFR motorvizsgálat: a Cooperative Fuel Research (CFR) motort széles körben használják az egész világon a tüzelőanyagok és kenőanyagok teljesítményének teszteléséhez, kutatásához és oktatásához

³⁶ MSZ EN 16144:2012, Folyékony ásványolajtermékek. Középpárlat-hajtóanyagok gyulladási késedelmének és származtatott cetánszámának (DCN) meghatározása. Állandó térfogatú égétókamrába való, rögzített periódusú injektálásos módszer

³⁷ MSZ EN ISO 3405:2011, Ásványolajtermékek. A desztillációs jellemzők meghatározása atmoszférikus nyomáson

³⁸ MSZ EN ISO 3924:2017, Ásványolajtermékek. A forrásponteloszlás meghatározása. Gázkromatográfiás módszer

- bevezették a kis kén tartalmak meghatározására a tökélesített EDXRF³⁹ meghatározási módszert: EN ISO 13032⁴⁰. [51]

A szabvány a gépjárművek számára a nagy- és kiskereskedelmi forgalomba hozott dízelgépjármű-hajtóanyag minőségi követelményeit és vizsgálati módszereit írja elő, olyan dízelmotoros gépjárművekben használható hajtóanyagokra vonatkozik, amelyet legfeljebb 7% (V/V) zsírsav-metil-észtert (FAME) tartalmazó dízel gépjármű-hajtóanyagokkal való üzemelésre terveztek. A mintákat a korábban már megismert EN ISO 3170 vagy az EN ISO 3171 szabványok alapján kell vételezni. A szabványban meghatározott vizsgálati módszer érzékenysége tekintettel különös figyelmet kell fordítani arra, hogy a vizsgálati módszer szabványa szerinti mintavevő edényekre vonatkozó útmutatások maradéktalanul betartásra kerüljenek. [51]

Az általánosan alkalmazható követelményeket és vizsgálati módszereket tartalmazó szabályokat a szabvány 1. számú táblázata⁴¹ tartalmazza. A dízelgázolaj nem tartalmazhat semmilyen minőségromlást okozó idegen vagy szennyezőanyagot, amely elfogadhatatlanná tenné azt dízelmotoros járművekben való használatra.

A teljesítőképesség javítása érdekében a dízelgázolaj a szabványban meghatározott adalékokat tartalmazhatja, ezáltal kisebb üzemanyag fogyasztás és nagyobb teljesítmény érhető el, csökkenhet az emisszió, nőhet a motor élettartama a károsodások megelőzésével és üzembiztos indíthatóság jellemzi minden évszakban.

- **MMT**: egy fémtartalmú adalék, mely 2014. 01. 01-től 2 mg/l mangántartalmú lehet. Amennyiben a hajtóanyag tartalmaz MMT-t akkor azt egyedi jelöléssel kell ellátni, a címkézésnek könnyen olvashatónak és világosan láthatónak kell lennie. (A címkének tartalmaznia kell: „Fémalapú adalékot tartalmaz”). [51]
- **FAME**: a szabvány szerinti dízelüzemanyag használata maximum 7% (V/V) zsírsav-metil-észter használatával problémamentes.

A biodízel nagyobb arányban tartalmazó üzemanyagok használata nem megengedett a kipufogógáz-utánkezeléssel felszerelt motorokban, mert az esetlegesen az üzemanyagban lévő nyomelemek tönkre tehetik a katalizátort, és eltömíthetik a szűrőket. Ez a probléma nem jelentkezik repülőgépeknél, hiszen itt nem lehet beszélni kipufogógáz-utánkezelésről, de környezetvédelmi szempontból elgondolkodtató lehetne valamilyen alkalmazásuk. A kopás

³⁹ **EDXRF**: Energiadisziperzív röntgensugaras fluoreszcencia

⁴⁰ **MSZ EN ISO 13032:2012**, Ásványolajtermékek. Kis kénkoncentrációk meghatározása gépjármű-hajtóanyagokban. Energiadisziperzív röntgenfluoreszcenciás spektrometriás módszer

⁴¹ Lásd a dolgozat 3. számú melléklete

minimalizálása érdekében üzemanyag-adalékok használata kipufogógáz-utánkezelési berendezéseknél nincs engedélyezve. [50]

A FAME rendkívül jó oldószer ezért nem érintkezhet lakkal. A FAME kipufogógázok jellegzetes szagúak, hosszú üresjárat alatt ezért kellemetlennek érezhetők, a járműgyártó saját felelősségére oxidációs katalizátor használatával a szagterhelést enyhítheti. A dugattyúkon és hengereken keresztül az üzemanyag bizonyos hányada mindig a motorolajba kerül. Magas forráspontja miatt a FAME nem párolog el, és teljesen a motorolajban marad, ezért bizonyos körülmények között kémiai reakciók jöhetnek létre közöttük, ami a motor károsodásához vezethet. Ezért mind tiszta FAME, mind pedig FAME-dízel vegyes üzemmódban le kell rövidíteni a motorolaj és az olajszűrő csereintervallumait. 100% FAME üzemanyaggal történő üzemeltetés esetén a motorolaj csereintervallumainak meghosszabbítását a fűtött vízleválasztós üzemanyag-előszűrő biztosítja. [50]

FAME üzemanyaggal történő üzemeltetés esetén az üzemanyagszűrőre rövidebb csereintervallumot kell alkalmazni és kötelező cserélni a motorolaj minden cseréjekor. A FAME nagy tisztítóhatással bír, ezért 25 üzemórával az ilyen típusú üzemanyagra való átállás után a fellazult lerakódások okozta eldugulás veszélye miatt az üzemanyagot és a motorolajat le kell cserélni. Az üzemanyagszűrők esetében a szűrő csökkent élettartama hosszabb időszakon keresztül is fennállhat, ha az üzemanyagrendszer régi lerakódásai a szűrőbe mosódnak, ezt javíthatja, ha egy speciális fűtött vízleválasztós üzemanyag-előszűrőt szerelnek be. FAME üzemanyaggal történő üzemeltetés esetén fűtőértéktől függően kb. 8-10%-ot csökken a motorteljesítmény. A dízel üzemanyaggal történő üzemeltetéssel összehasonlítva üzemanyag-fogyasztásban ez megfelelő többletet jelent. [50]

Alacsony külső hőmérsékleteknél a dízel üzemanyag folyási képessége paraffin kiválás következtében nem megfelelő. Az üzemzavarok (pl. eldugult szűrő) elkerülése céljából a téli hónapokban megfelelő hidegfolyási képességű dízel üzemanyagokat kell használni, ezért a szabvány tartalmaz előírásokat az éghajlattól függő követelményekre vonatkozó vizsgálatokról is. Ha a FAME-ban hidegfolyási tulajdonságot javító adalékot használnak, azokat célirányosan kell illeszteni az alap dízelgázolaj és a FAME minőségéhez, hogy a teljesítőképesség a szabványban meghatározott követelményeknek megfeleljen. A választás akár összeférhetetlenséget is okozhat a dízelgázolaj és a FAME-ban használt hidegfolyási tulajdonságot javító adalékok között. A szabvány 2. számú melléklete az éghajlattól függő követelményeket és vizsgálati módszereket tartalmazza, a 3. számú melléklet a sarkvidéki és zord téli éghajlatra vonatkozó előírásokat rögzíti. [51]

A mérsékelt éghajlati körülmények között hat CFPP (hidegszűrhetőségi határhőmérséklet) fokozat, a sarkvidéki vagy zord téli éghajlat esetén öt különböző osztály közül lehet választani. A sarkvidéki vagy zord téli éghajlatra vonatkozó követelmények és vizsgálati módszerek azonban nemcsak a CFPP szempontjából tartalmazznak más előírást mint a normál dízelgázolajok esetében.

Jellemző	Mértékegység	Határértékek						Vizsgálati módszer
CFPP mérsékelt égőv	°C, legfeljebb	A fokozat	B fokozat	C fokozat	D fokozat	E fokozat	F fokozat	EN 16329 ⁴²
		+5	0	-5	-10	-15	-20	
CFPP sarkvidéki égőv vagy zord téli éghajlat		0. osztály	1. osztály	2. osztály	3. osztály	4. osztály	-	
		-20	-26	-32	-38	-44	-	

13. ábra: Éghajlattól függő követelmények és vizsgálati módszerek CFPP esetében.⁴³

A szabvány nemzeti mellékletében kell megadni az egyes országok nyári és téli fokozataira vonatkozó körülményeket, melyeket ki lehet egészíteni, átmenti és regionális fokozatokkal. A fokozatokat nemzeti meteorológiai adatokkal kell igazolni.

Magyarország a mérsékelt égövbe tartozik, ennek megfelelően a választott CFPP-re vonatkozó követelmények alapján:

- nyáron „A fokozat” legfeljebb + 5 °C, május 1-től szeptember 30-ig;
- télen „F fokozat” legfeljebb - 20 °C, november 15-től február 28-ig terjedő időszak;
- átállási időszakok március 1-től április 30-ig, és október 1-től november 14-ig. [51]

Jellemző	Mértékegység	Határértékek					Vizsgálati módszer
		0. osztály	1. osztály	2. osztály	3. osztály	4. osztály	
Zavarosodási pont	°C, legfeljebb	-10	-16	-22	-28	-34	EN 23015
Sűrűség 15 °C-on	kg/m³ legalább	800,0					EN ISO 3675, 12185
	kg/m³ legfeljebb	840,0					
Viszkózitás 40 °C-on	mm²/s legalább	1,500	1,500	1,500	1,400	1,200	EN ISO 3104
	mm²/s legfeljebb	4,000					
Cetánszám EU	legalább	49,0	49,0	48,0	47,0	47,0	EN ISO 5165 EN 15195 EN 16144
Cetánindex	legalább	46,0	46,0	46,0	43,0	43,0	EN ISO 4264

⁴² **MSZ EN 16329:2013**, Dízelgázolaj és háztartási tüzelőolajok. A hidegszűrhetőségi határhőmérséklet meghatározása. Lineáris hűtőfürdős módszer

⁴³ Szerkesztette a szerző a MS Word [51] irodalom alapján

Desztilláció			EN ISO 3405, 3924
180 °C-ig	% (V/V) legfeljebb	10	
340 °C-ig	% (V/V) legalább	95	

14. ábra: Éghajlattól függő követelmények és vizsgálati módszerek. Sarkvidéki égőv vagy zord téli éghajlat esetében⁴⁴

A dízel gyártása során alkalmazott további fontosabb adalékok:

- paraffin;
- vezetőképesség-javító;
- cetánszám növelő;
- korróziógátló adalék;
- detergens-diszpergens adalék;
- demulgeátor. [50]

Valamennyi vizsgálati módszer, amelyre a szabvány hivatkozik, tartalmaz precizitási adatokat a vitás esetekre:

- a sűrűséggel kapcsolatban az EN ISO 3675;
- a kéntartalommal kapcsolatban az EN ISO 20846⁴⁵ vagy az EN ISO 20884⁴⁶;
- a cetánszámmal kapcsolatban az EN ISO 5165⁴⁷;
- a desztilláció esetén az EN ISO 3405;
- CFPP-val kapcsolatban az EN 16329;
- nem nevesített vita esetén az EN ISO 4259-ben foglalt előírásokat kell alkalmazni. [51]

3.2.2.4. Normál autóbenzin nemzeti szabványa

Mivel kisrepülőgépes üzemben egyre elterjedtebb a normál autóbenzin használata, így szükséges ennek a típusú üzemanyagnak a vizsgálata is. A benzinnek az általános tulajdonságait 2013-as MSZ EN 228:2013 magyar szabvány tartalmazza.

A szabvány a gépjárművek számára a nagy- és kiskereskedelmi forgalomba hozott ólmozatlan motorbenzin minőségi követelményeit és vizsgálati módszereit írja elő és a benzinmotoros gépjárművekben használható hajtóanyagokra vonatkozik. A szabvány két típusú ólmozatlan motorbenzint sorol fel:

- a legfeljebb 3,7 % (m/m) oxigén-és legfeljebb 10,0 % (V/V) etanol tartalmút;
- a maximum 2,7 % (m/m) oxigén-és legfeljebb 5,0 % (V/V) etanol tartalmút.

⁴⁴ Szerkesztette a szerző a MS Word [51] irodalom alapján

⁴⁵ **MSZ EN ISO 20846:2012** Ásványolajtermékek. Gépjármű-hajtóanyagok kéntartalmának meghatározása. Ultraibolya fluoreszcenciás módszer

⁴⁶ **MSZ EN ISO 20884:2011** Ásványolajtermékek. Gépjármű-hajtóanyagok kéntartalmának meghatározása. Hullámhossz-diszperziós röntgenfluoreszcenciás spektrometria

⁴⁷ **MSZ EN ISO 5165:1999** Ásványolajtermékek. A gázolajok égési tulajdonságainak meghatározása. Cetánmotormódszer

A mintákat a korábban már megismert EN ISO 3170 vagy az EN ISO 3171 szabványok alapján kell vételezni. A szabványban meghatározott vizsgálati módszer érzékenysége tekintettel különös figyelmet kell fordítani arra, hogy a vizsgálati módszer szabványa szerinti mintavevő edényekre vonatkozó útmutatások maradéktalanul betartásra kerüljenek. [52]

Az ólmozatlan motorbenzin legfeljebb 10,0 % (V/V) etanolt tartalmazhat, amikor ezt használják keverőkomponensként az denaturáló szereket is tartalmazhat, amennyiben azt nemzeti vagy európai szabvány előírja, azonban ezeknek a szerekeknek nem lehet káros mellékhatása a gépjárműre és a gépjármű hajtóanyag-elosztó rendszerére. Az etanol biológiai eredetének nyomon követésére a kormeghatározást szokták azokban az esetekben alkalmazni, amikor az audit alapú nyomon követés vitatható.

Színező és jelzőanyagok használata abban az esetben megengedett, ha azok nincsenek káros hatással a járművekre és a gépjármű hajtóanyag-elosztó rendszerére.

A teljesítőképesség javítása érdekében megengedett adalékok használata is, de csak olyan, káros mellékhatásoktól mentes, megfelelő mennyiségű, ismert motorhajtóanyag-adalékok használata javasolt, amelyek megakadályozzák a motor menetviselkedésének és a beállított emissziós értékeknek a romlását. Az ólmozatlan motorbenzinnek mentesnek kell lennie bármilyen idegen vagy szennyező anyagtól, amelyek a gépjármű-hajtóanyagot alkalmatlanná tehetik az ólmozatlan benzinnel működő benzinmotoros gépjárművekben való használatra. Megjegyzendő, hogy az üledékképződési hajlamot vizsgáló, rutinellenőrzésre alkalmas vizsgálati módszerek jelenleg még nem állnak rendelkezésre, és nincsenek kidolgozás alatt sem. A gépjármű katalizátor-rendszerének védelmére az ólmozatlan motorbenzin nem tartalmazhat foszfortartalmú vegyületeket. Amikor metil-ciklopentadienil-mangán-trikarbonil (MMT) használunk, akkor egyedi megjelölésre van szükség. Az MMT olyan fémtartalmú adalék, amely használható ólmozatlan motorbenzinben, jelenlétét az ólmozatlan motorbenzinben 2011. január 1-től literenként 6 mg mangántartalomra korlátozták. Ez a határérték 2014. január 1-től literenként 2 mg- ra változott. [52]

A motorbenzinhez adagolható fontosabb adalékok:

- detergens-diszpergens adalék;
- sűrűdés-csökkentő adalék;
- korróziógátló adalék;
- oxidációs stabilitást növelő adalék. [50]

A tartályok üzemeltetése során törekedni kell arra, hogy pára-kondenzációból és esetleges tömítetlenségekből származó vízszennyezés és ebből következően fázisszétválás ne következzen be. [50]

Az általánosan alkalmazható követelményeket és vizsgálati módszereket a szabvány táblázatai tartalmazzák.

Miután a repülésben a nagy oxigéntartalmú ólmozatlan motorbenzint lehet alkalmazni, ezért eltekintek a szabványban található táblázatok részletezésétől és a repülés területén szükséges minőségi követelményeket foglalom össze a 14. számú ábrában.

Jellemzők	Mértékegység	Vizsgálati módszer	Követelmény
Kísérleti oktánszám RON		MSZ EN ISO 5164	legalább 95
Motoroktánszám MON		MSZ EN ISO 5163	legalább 85
Ólomtartalom	mg/l	MSZ EN 237	legfeljebb 5
Sűrűség 15 °C-on	kg/m ³	MSZ EN ISO 12185	720,0-775,0
Kéntartalom	mg/kg	MSZ EN ISO 20846	legfeljebb 10
Gyantatartalom, oldószerrel mosott	mg/100 ml	MSZ EN ISO 6246	legfeljebb 5
Rézlemez-korrózió, (3 ó ,50 °C)		MSZ EN ISO 2160	1. osztály
Benzoltartalom	%(V/V)	MSZ EN 12177	legfeljebb 1
Aromástartalom	%(V/V)	MSZ EN 14517	legfeljebb 35
Olefintartalom	%(V/V)	MESZ EN 14517	legfeljebb 18

15. ábra: a benzin minőségi követelményei és vizsgálati módszerei⁴⁸

Annak érdekében, hogy a hideg és a felmelegedett járművek menetviselkedése egyaránt megfelelő legyen, az európai időjárási és földrajzi körülmények között 10 illékonysági osztály⁴⁹ került meghatározásra, azt hogy az adott európai országban a különböző évszakokban ezek közül melyik az érvényes azt a nemzeti szabvány melléklete tartalmazza. Magyarországon a nyár kezdete legkésőbb május 1-jén kezdődik és legalább szeptember 30-ig tart (A osztály), a téli időjárás november 1-től március 31-ig tart (C osztály) átmeneti időszakok április és október hónapok (C1 osztály). [52]

Valamennyi vizsgálati módszer, amelyre a szabvány hivatkozik, tartalmaz precizitási adatokat a vitás esetekre:

⁴⁸ Szerkesztette a szerző MS Word [52] irodalom alapján

⁴⁹ Illékonysági osztályok: Nyári osztály: (A; B), téli osztály (C; D; E; F), átmeneti osztályok (C1; D1; E1; F1)

- a sűrűséggel kapcsolatban az MSZ EN ISO 12185⁵⁰;
- a kéntartalommal kapcsolatban az MSZ EN ISO 20846 vagy az MSZ EN ISO 20884;
- szénhidrogéncsoport-összetétellel kapcsolatban MSZ EN ISO 22854⁵¹;
- benzoltartalommal kapcsolatban MSZ EN 238⁵²;
- oxigéntartalommal kapcsolatosan MSZ EN 13132⁵³;
- metanol tartalommal kapcsolatban az MSZ EN 589:2008+A1:2012⁵⁴;
- nem nevesített vita esetén az EN ISO 4259-ben foglalt előírásokat kell alkalmazni. [52]

4. A SZABVÁNYOKBAN MEGHATÁROZOTT VIZSGÁLATI ELJÁRÁSOK BEMUTATÁSA ÉS GYAKORLATI ALKALMAZÁSA

4.1. Vizsgálati eljárások ismertetése

A legtöbb tüzelőanyag vizsgálati módszert 1920 és 1940 között fejlesztették ki, amelyeket legalább ötévente felülvizsgál az ASTM, ennek függvényében döntenek arról, hogy a jóváhagyott és alkalmazott eljárást megtartsák, részben változtassanak rajta, vagy töröljék el azokat. A felülvizsgálatok mellett folyamatosan bővítik újabb és újabb ellenőrzési technikákkal a már meglévő előírásokat. Ezt úgy valósítják meg, hogy egymástól független laboratóriumok folytatják le ugyanazt az eljárást, a kapott eredményeket kiértékelik, összevetik a más kutatóhelyen kapott adatokkal, egyezőség esetén pontossági nyilatkozatot adnak ki a vizsgálati módszerről, és megállapodást kötnek annak alkalmazásáról. A vizsgálati módszerek egységesítése nagyon fontos, amiatt hogy az eljárások megismételhetők, és az általuk kapott tüzelőanyag paraméterek összehasonlíthatók legyenek. [53]

A vizsgálati módszerek részletes leírását az előző fejezetben bemutatott szabványok tartalmazzák. A dolgozatom következő részében részletesen szeretném bemutatni, a szabványokban leírt vizsgálati módszereket hogyan alkalmazzák a tüzelőanyagok tulajdonságainak megállapítására.

4.1.1. Desztillációs jellemzők vizsgálata

A desztillációval a vizsgált üzemanyagokat a visszaforralóban kell elpárologtatni, és a kondenzátorban a párát le kell kondenzáltatni.

⁵⁰ **MSZ EN ISO 12185:1998:** Ásványolaj és ásványolajtermékek. A sűrűség meghatározása. Oszcillációs U-csöves módszer

⁵¹ **MSZ EN ISO 22854:2016:** Folyékony ásványolajtermékek. Gépjármű-motorbenzinekben és etanol (E85) gépjármű-hajtóanyagokban lévő szénhidrogéncsoportok és oxigénatok meghatározása. Multidimenzionális gázkromatográfiás módszer

⁵² **MSZ EN 238:1998:** Cseppfolyós ásványolajtermékek. Benzin. A benzoltartalom meghatározása infravörös spektrometriás módszerrel

⁵³ **MSZ EN 13132:2000:** Folyékony ásványolajtermékek. Ólmozatlan motorbenzin. Az oxigéntartalmú szerves vegyületek és az összes szerves kötésben lévő oxigéntartalom gázkromatográfiás meghatározása oszlopváltásos technikával

⁵⁴ **MSZ EN 589:2008+A1:2012:** Gépjármű-hajtóanyagok. LPG. Követelmények és vizsgálati módszerek

A kőolajtermékek lepárlásának vizsgálatához 100 ml mennyiségű mintát előre meghatározott sebességgel elkezdene melegíteni. A kezdeti forráspont az a pont, amikor megjelenik a kondenzátum első cseppje. Ezt követően feljegyzik a további hőmérsékleti értékeket, melyeknél a lepárlás során 5, 10, 15, 20, a továbbiakban 10-es ugrásokkal, majd 80, 85, 90, 95 ml folyadék gyűlik össze, végül pedig a végső értéket. A vizsgálat végén megméri a kondenzátum, illetve az edényben maradt kőolaj maradvány térfogatát, és számításokat végeznek ezzel kapcsolatban.

A kőolaj frakciók forráspont tartományának eloszlása vizsgálható gázkromatográfiával is, ebben az esetben a kőolajból vételezett mintát gázkromatográfba helyezik el, melynek segítségével a vegyületeket szétválasztják a forráspontjuk alapján. [54]

4.1.2. Termikus stabilitás vizsgálata

A vizsgálathoz fűtött alumínium ötvözetű csővezeték darabot, illetve szűrőt használnak. A vizsgálandó tüzelőanyagot a csövön keresztül két és fél óráig állandó sebességgel cirkuláltatják, majd a megadott idő elteltével szűrőn átengedik, amelyen nyomásesés alakulhat ki. A teszt végén a tapasztalt fizikai jelenségből és a cső belsején bekövetkező elszíneződésből (szabványos színskála) következtetni lehet a folyadékban jelenlévő bomlástermékekre. [55]

4.1.3. Sűrűség vizsgálata

Sűrűség, relatív sűrűség (fajsúly) vagy API⁵⁵ fajsúly⁵⁶ meghatározása nyersolaj és folyékony kőolajtermékek esetén hidrométeres módszerrel történik, a vizsgálandó tüzelőanyagot hengeres tartályba helyezik el, majd beleengednek egy hidrométert. A mérés elkezdéséhez meg kell várni amíg a folyadék leülepszik, illetve hőmérséklete kiegyenlítődik. A hidrométerről leolvassák azt az értéket, amely a tüzelőanyag felszínének síkjában van, valamint feljegyzik a minta hőmérsékletét is. A mutatott értéket átszámolják sűrűségre 15,6 °C-on vagy API fajsúlyra 60 °F-on szabványban szereplő táblázat segítségével. Alkalmazott szabvány: ASTM D 1298. [53]

4.1.4. Viskozitás vizsgálata

Átlátszó és nem átlátszó folyadékok kinematikai viszkozitás vizsgálatnál a mintát üveg viszkoziméterbe töltik előre meghatározott hőmérsékletet tartva. Megméri azt az időt, amely alatt a gravitáció által a kapillárison átfolyik a fajlagos térfogatú tüzelőanyag. Az eltelt idő arányos a minta kinematikai viszkozitásával. [57]

4.1.5. Gőznyomás vizsgálata

⁵⁵ Amerikai Kőolaj Intézet (American Petroleum Institute –API)

⁵⁶ API fajsúly: olyan mérték, amely megmutatja, hogy a vízhez képest nehezebb vagy könnyebb a vizsgált kőolaj.

A kőolajtermékek gőznyomásának megállapítását (Reid módszer) referencia módszerrel végzik. A méréshez két részre osztott hengeres edény használnak. A mintát beletöltik a folyadékkamrába, amelyet rögtön összekötnek a gőzkamrával, majd 37,8°C hőmérsékletű vízfürdőben helyeznek el, és addig tartják benne, amíg a nyomás ki nem egyenlítődik. Alkalmazott szabvány: ASTM D 323. [53]

A kőolajtermékek gőznyomása „Mini módszer” meghatározással is lehetséges. A mérés elvégzéséhez hűtött mintát használnak, amelyet egy edénybe vezetnek be, melyet 37,8°C-ra melegítenek fel, itt a nyomásváltozást mérik. Alkalmazott szabvány: ASTM D 5191. [53]

Figyelembe kell venni mindkét módszer esetében, hogy az esetleges szennyeződések befolyásolják a gőznyomás értékét.

4.1.6. Lobbanáspont vizsgálata

Lobbanáspont mérése történhet zárt tégelyes teszterrel vagy zárt rendszerű kis lobbanáspont teszterrel.

A zárt tégelyes teszterrel történő vizsgálatnál a mintát egy lezárt pohárba helyezve állandó sebességgel melegítik. Meghatározott időközönként a fedelet eltávolítva, gyújtóforrást helyeznek a tüzelőanyag felé. Az a legkisebb hőmérsékleti érték lesz a lobbanáspont, amelynél minta felett elhelyezkedő gőz meggyullad. [58]

Lobbanáspont mérése zárt rendszerű kis lobbanáspont teszterrel történő vizsgálatnál a mintát lezárt pohárba helyezve a rendszert adott hőmérsékletre felmelegítik. Meghatározott idő elteltével, a fedelet eltávolítva, teszt lángot használva megfigyelik, hogy bekövetkezik-e lobbanás. Újabb mintát használva az előzőkkel azonosan újra megismétlik a módszert más hőmérsékleten, míg a két mérés eredményének az eltérése nem nagyobb 0,5°C-nál. [59]

4.1.7. Nettó égéshő vizsgálata

A tüzelőanyagok nettó égéshőjének becsléséhez felhasználják a tüzelőanyag API fajsúly értékét, lepárlási profilját és az aromás vegyület tartalmát, továbbá a sűrűségének, kéntartalmának, illetve anilinpontjának értékét melyre kifejlesztett korreláció létezik. Alkalmazott szabványok: ASTM D 3338, ASTM D 4529. [53]

Folyékony szénhidrogén alapú tüzelőanyagok égéshőjének meghatározása történhet pohárkaloriméter referencia módszerrel, ahol a mintát pohárkaloriméterbe helyezik a mérés során, melyhez szabványban előírt körülményeket biztosítanak. A tüzelőanyagot meggyújtva a hőmérséklet emelkedését mértékét figyelembe véve számítják ki a nettó égéshőt. Alkalmazott szabványok: ASTM D 4809. [53]

4.1.8. Dermedéspont vizsgálata

A légiközlekedésben alkalmazott tüzelőanyagok dermedési pontjának vizsgálata referencia módszerrel vagy automatikus fázisátmeneti módszerrel történik.

A referencia módszerrel történő méréshez speciális, burkolt csövet használnak, melybe a mintán kívül hőmérőt és keverőpálcát is elhelyeznek, majd hűtőfürdő segítségével hűteni kezdik. A csökkenő hőmérséklet hatására kristályok alakulnak ki. 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.

Automatikus fázisátmeneti módszerrel történő vizsgálat esetén a mintát állandó mértékkel hűteni kezdik, miközben optikai műszerrel ellenőrzik, hogy mikor alakulnak ki a folyadékban kristályok. Ezután állandó mértékkel melegítik egészen addig, amíg a kristályok fel nem oldódnak teljesen. Ez a hőmérséklet a dermedéspont. [60]

4.1.9. Naftalintartalom vizsgálata

A naftalin-szénhidrogének vizsgálati módszerét a légi közlekedésen alkalmazott üzemanyagok esetében ultraibolya spektrofotometriával végzik. A mintát adott koncentrációban izooktánban feloldják, majd a létrejött oldatban mérik a 285 nanométeres hullámhosszú hullámok elnyelődését, mely alapján számítással meghatározzák a naftalintartalmat. [61]

4.1.10. Luminométer szám vizsgálata

A tüzelőanyagok luminométer számainak meghatározása során a mintát Luminométer lámpában elégetik megkapva ezzel a láng sugárzási görbét a hőmérséklet függvényében. A Luminométer számot a minta és a tetralin, illetve az izooktán és tetralin hőmérséklet különbségéből számítják ki. Alkalmazott szabvány: ASTM D 1740. [53]

4.1.11. Kén tartalom vizsgálata

A kőolajtermékek, üzemanyagok kéntartalmának meghatározására több módszer is rendelkezésre áll:

- fáklya módszer;
- magas hőmérsékleten történő kéntartalom meghatározás;
- hullámhossz-diszperzív röntgen spektrometria;
- energia-diszperzív röntgen fluoreszcens spektrometria;
- UV-fluoreszcenciával történő meghatározás;
- merktán kén tartalmának meghatározása potenciometriás módszerrel.

Kőolajtermékek kéntartalmának meghatározása fáklya módszerrel: a mintát kénező kanóccal ellátott üveg fáklyában égetik el, mely folyamat során a kénből kén-dioxid keletkezik. A kilépő

gázt hidrogén peroxidon vezetik át, így kénsav keletkezik, melynek mennyisége meghatározható titrálással, illetve báriumos kicsapatással. Alkalmazott szabvány: ASTM D 1266. [53]

Kéntartalom meghatározása magas hőmérsékleten: a vizsgált mintát elégetik, hogy kén-dioxid keletkezzen, amelyet kálium-jodid oldatban vagy keményítő indikátorban nyeletnek el. Ezután a kapott vegyületet visszatitrálják, vagy egy edénybe összegyűjtve az infravörös sugarak elnyelődését mérik. Alkalmazott szabvány: ASTM D 1552. [53]

Hullámhossz-diszperzív röntgen spektrometria: a mintát röntgensugárba helyezik el, mely során a tüzelőanyagban lévő kén fluoreszcencia intenzitását mérik, így kiszámítható a kéntartalom. [62]

Energia-diszperzív röntgen fluoreszcens spektrometria: a mintát röntgensugárba helyezve a sugárzásból származó karakterisztikát mérve számítható ki a tüzelőanyag kéntartalma. [63]

Tüzelőanyagok, motorolajok, könnyű szénhidrogének teljes kénmennyiségének meghatározása UV-fluoreszcenciával: a mintát elégetve a folyamat során kénből kén-dioxid jön létre. A keletkező gázokat ultraibolya fénnel világítják meg, mely hatására a jelenlévő kén-dioxid fluoreszkálni kezd, és ez alapján kiszámítható a kéntartalom. [64]

Benzinben, kerozinban, egyéb légiközlekedésben alkalmazott tüzelőanyag és desztillátum üzemanyag merkaptán kén tartalmának meghatározása potenciometriás módszerrel: a méréshez hidrogén szulfát mentes mintát használnak fel, amelyet alkoholos nátrium-acetátban feloldanak. Ezután potenciometriás titrálás során, melyhez standard ezüst-nitrát oldatot használnak, az ezüst-merkaptidot kicsapatják. [65]

4.1.12. Korrózió vizsgálata

Korróziós fokozat megállapítása a kőolajtermékekből rézszalag segítségével történik. A 100 °C-os mintába két órán keresztül polírozott rézszalagot helyeznek el. Az idő leteltével a szalagot kiveszik, lemossák, majd a felületét a szabvánnyal összehasonlítják. [66]

4.1.13. Savasság vizsgálata

A légiközlekedésben használt tüzelőanyagok savasságának vizsgálatához meghatározott mennyiségű mintát oldószerben feloldanak, majd alkoholos kálium-hidroxiddal titrálják egészen a kolorimetriás végpontig. A tüzelőanyag savasságát mg KOH/g mértékegységben adják meg. [67]

4.1.14. Ragasztószer jelenléte

Ragasztószer jelenlétének kimutatása tüzelőanyagokban elpárologtatással történik. Meghatározott mennyiségű mintát mérőpohárba töltenek, amelyet fűtőfürdő segítségével melegíteni kezdenek nyomás alatt tartva, miközben elpárolog. A visszamaradt anyagot ragasztószerként számolják el. Alkalmazott szabvány: ASTM D 381. [53]

4.1.15. Aromás vegyület tartalom vizsgálata

Folyékony kőolajtermékekben található szénhidrogén fajták meghatározása fluoreszcens indikátor adszorpcióval: a mintát aktív szilikagéllel töltött adszorpciós üvegoszlop tetejére helyezik el. A mérés kezdetén a felül található gélt fluoreszkáló festékekkel szórják be. Izopropil alkohollal leöntik a tüzelőanyagot, így átfolyik az oszlopon a festékkel együtt, majd reakcióba lépnek a szilikagéllel, mely során a szénhidrogént alkotó vegyületek különböző szálakká alakulnak át. Ultraibolya fénnel megvilágítva a fluoreszcens anyag segítségével láthatóvá válnak az aromás, olefin és a telített zónák határai. Alkalmazott szabvány: ASTM D 1319. [53]

A légiközlekedésben alkalmazott tüzelőanyagokban található aromás szénhidrogén típusok meghatározása magas teljesítményű folyadékkromatográfia törésmutató-detektálással: 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. Alkalmazott szabvány: ASTM D 6379. [53]

4.1.16. Füstpont meghatározás

A tüzelőanyagok füstpontjának meghatározása fáklya módszerrel történik. A tüzelőanyagból vett mintát állítható kanóccal rendelkező fáklyában égetik el. A füstpont a lángnak az a legnagyobb magassága, amelynél füst még nem keletkezik. [68]

4.1.17. Elektromos vezetőképesség vizsgálata

A légiközlekedésben alkalmazott tüzelőanyagok desztillátum üzemanyagok elektromos vezetőképességének meghatározása során a mintát olyan cellába helyezik, amelyben két elektróda található, ezeket feszültség alá helyezve elektromos áram keletkezik, így meghatározva a tüzelőanyag vezetőképességét. [69]

4.1.18. Vízzel történő reakciók vizsgálata

Az alkalmazott tüzelőanyagok vízzel történő reakciójának vizsgálata szobahőmérsékleten történik, a vizsgálandó mintát üveg hengerbe töltik a vizes puffer oldattal együtt. Az elegyet összerázzák, majd állni hagyják öt percig, hogy a vizes és a szénhidrogén fázis elkülönüljön

egymástól. Ezután a vizes réteg térfogatát lemérik, miközben vizsgálják, hogy az érintkező határfelületen képződik-e buborék vagy filmréteg. Alkalmazott szabvány: ASTM D 1094. [53]

A vízelválasztási jellemzők meghatározása a légiközlekedésben alkalmazott tüzelőanyagok esetében hordozható szeparátorral történik. A mintát félautomatikus mikroszeparátorba töltik a vízzel együtt. A berendezésben található üvegszálalás elem keveri össze a két folyadékot, majd minősíti, hogy mennyire könnyen egyesül a minta a vízzel. [70]

4.1.19. Kenhetőség mértékének meghatározása

A kenőképességének mérése BOCLE berendezés segítségével határozható meg. A méréshez meghatározott sebességgel forgó hengeres gyűrűt és ennek ellentartó, álló acélgolyót használnak. A forgó részt belemerítik a tüzelőanyagba. A teszt végén az acélgolyót eltávolítják, majd megvizsgálják a kopását, ami a kenhetőség mértékére utal. Alkalmazott szabvány: ASTM D 5001. [53]

4.1.20. Szilárd részecskék

A légiközlekedésben alkalmazott tüzelőanyagok szilárdrészecske mennyiségének meghatározása vonalmintavétel módszerrel vagy laboratóriumi szűréssel történik.

Vonalmintavétel módszer: a tüzelőanyag mintavevőből származó mintát membránon (0,8 mikrométer a pórusmérete) engedik át, majd a színét és intenzitását összehasonlítják a szabvánnyal. Alkalmazott szabvány: ASTM D2276. [53]

Laboratóriumi szűrés: a tüzelőanyag mintavevőből származó 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 közötti súlybeli különbséget a szilárd részecskék teszik ki. [71]

4.2. Tüzelőanyagok vizsgálata a Magyar Honvédség légi járművet üzemeltető katonai szervezeteinél

A Magyar Honvédség földi-, légi- és vízi haditechnikai eszközeinek folyamatos, zökkenőmentes üzemeltetéséhez szabványos minőségű üzemanyagokra van szükség. A beszerzésre került és tárolt üzemanyagok megfelelőségét rendszeres és szervezett minőség ellenőrzéssel lehet megoldani, ennek érdekében a honvédség keretein belül szabályozásra került az üzemanyagok minőségbiztosítása.

A dokumentációban kerültek meghatározásra, hogy

- mit tekintenek az üzemanyagok minőségbiztosításának;
- kik a felelős szolgálati személyek az üzemanyagok minőségéért;

- hogyan történik az üzemanyagok ellenőrzése;
- milyen laboratóriumi vizsgálatokat kell elvégezni. [72]

A minőségbiztosításban meghatározott vizsgálati módszerek a tüzelőanyagokra vonatkozó szabványok alapján kerültek meghatározásra.

A légi járművet üzemeltető és kiszolgáló katonai szervezeteknél az üzemanyag minőség biztosítása, rendszeres ellenőrzése, felhasználása több szakterületet (üzemanyag-, repülő-műszaki-, páncélos- és gépjármű szakterület) érintő feladat.

4.2.1. A beérkező üzemanyagok átvétele, ellenőrzése a gyakorlatban

A vasúton beérkező üzemanyag-szállítmányok átvételére szolgálati parancsban bizottságot jelölnek ki. A bizottság tagja a Szállító képviselője is, amennyiben a szállító külső cég. A kijelölt bizottság ellenőrzi a szállítmánnyal érkező okmányok adatait, hitelességét, a tartályvagonok műszaki állapotát, az ólomzárak sértetlenségét, és amennyiben nem tapasztalnak rendellenességet a szállítmányt átveszik. Amennyiben valamilyen rendellenességet észlelnek, például az elzáró szerelvények nem zárnak, vagy a plombák sérültek, esetleg a fuvarokmányok nem hitelesek, az átvételt felfüggesztik, és kérik a „Kiszolgáltatás előtti kárjegyzőkönyv” felvételét. Amennyiben arra következtetnek, hogy hajtóanyaghiány áll fenn, akkor a tartályvagonok újramérlegelését is elvégzik.

A lefejtési helyre történő beérkezés után a bizottság tagjai ellenőrzik a kijelölt tartályok töltési magasságát, a lefejtők tisztaságát, épségét. A tartályvagonokat mintavétel előtt a lefejtő csonkokban esetlegesen bennmaradt víz és mechanikai szennyeződés⁵⁷ céljából kicsapatják mindaddig, amíg megfelelő tisztaságú üzemanyag nem folyik. Ha a csapatással kiengedett hajtóanyag mennyisége a tartályvagononként az 50 liter meghaladja, a lefejtést felfüggesztik, és jelzik az MH Anyagellátó Raktárbázis felé. A mintákat az MSZ ISO 3170 szabvány szerint vételezik vagononként a lefejtő csonkon keresztül víz- és mechanikai szennyezettség megállapítása és a termékazonosítása céljából. Minden tartályvagonból 1-1 liter átlagmintát vételeznek, melyből az egyik az átvételi vizsgálatához szükséges, a másik az esetleges döntővizsgálatához. A mintákat felcímkézik, és minimum 10 napig megőrzik.

A repülőeszközökhöz beérkezett tüzelőanyagok esetében az alábbi tulajdonságokra terjesztik ki az átvételi vizsgálatot a vonatkozó szabványok előírásait alkalmazva:

- sűrűség;
- szín és megjelenés;

⁵⁷ Víz és mechanikai szennyeződés: Közvetlen hatással van az üzembiztonságra. A tápvezeték és a szűrő eltömődéséhez vezethet. Ezenkívül fokozza a súrlódó alkatrészek kopását, csökkenti az égési folyamat hatásfokát. [8]

- mechanikai szennyeződés tartalom;
- víztartalom;
- desztillációs jellemzők;
- vezetőképesség;
- és a lobbanáspont (repülő petróleum esetében).

Amennyiben a vizsgálati eredmények megfelelnek az előírásoknak, úgy a „Vizsgálati bizonyítványt” záradékolják, és megkezdik a hajtóanyag lefejtését.

Ha a vizsgálati eljárási eredménye valamelyik tulajdonság tekintetében nem felel meg a szabványban foglaltaknak, a „Vizsgálati bizonyítvány” záradékában feltüntetik a hiányosságot, és további intézkedésig a tartályvagonok lefejtését elhalasztják.

A repülő-hajtóanyagnak a lefejtésekor a szivattyú előtt legalább egyszeres durva szűrésen (100 mikron) kell keresztül mennie, a szűrés nélküli lefejtése nem engedélyezett.

A közúton beérkező repülő-hajtóanyagok átvétele hasonlóan zajlik a vasúton érkező üzemanyag átvételével. Az eltérések a szállító jármű viszonylatában vannak. A bizottság a dokumentáción túl ellenőrzi a tartálykocsi forgalmi rendszámát, a műszaki állapotát, ha plombázásra kötelezett, akkor a plomba sértetlenségét, és sorszámát, a tartályrekeszek sorszámát. A lefejtési helyen a tartálykocsi minden rekeszét mintavétel előtt a lefejtő csonkokban esetlegesen bennmaradt víz és mechanikai szennyeződés eltávolítása céljából kicsapatnak, amíg megfelelő tisztaságú üzemanyag nem folyik. A csapás előtt a tartálykocsit ülepítik. Amennyiben a kiengedett üzemanyag a 20 litert meghaladja a lefejtést felfüggesztik.

4.2.2. Az üzemanyagok tárolása

A beérkezett tüzelőanyagokat olyan körülmények között szükséges tárolni, hogy azok minőségében ne történjen a tárolás alatt jelentős változás, ezért a minőség állapotát az előírt gyakoriságú vizsgálatokkal ellenőrzik, és az eredményeket nyilvántartják.

Az ömlesztve tárolt üzemanyagokat földalatti, földfeletti, süllyesztett tartályokban vagy hordókban, kannákban kerül tárolásra, védve az időjárás viszontagságaitól. A tárolt üzemanyagok mennyiségét, szintméréssel és sűrűség méréssel naponta ellenőrzik, az ellenőrzés tényéről „Tartálmérési jegyzőkönyvet” készítenek.

Az üzemanyagok tárolásánál figyelni kell arra, hogy azok mentesek maradjanak víz és mechanikai szennyeződéstől, ezért a légi járműveket üzemeltető katonai szervezeteknél a

kijelölt felelősök⁵⁸ minden repülés-kiszolgálás előtt ellenőrzik ezt a tényt a tárolótartályokban, az üzemanyag szállító és töltő gépkocsikban. Az ellenőrzést az üzemanyag betárolásakor az előírt ülepedési idő kivárása után végzik el, kitároláskor a kitárolás megkezdése előtt, áttároláskor az áttárolást érintő tartályt vizsgálják. Havonta egy alkalommal a repülő-üzemanyag tartályokban a vezetőképességet is leellenőrizik, az ellenőrzésről és annak eredményéről „Ellenőrzési könyvet” vezetnek.

A tárolás során fontos kitétel, hogy a repülő-hajtóanyagokat más fajtájú hajtóanyagokkal vagy repülésre alkalmatlanná minősített üzemanyagokkal egy tartálycsoportban nem kerülhetnek tárolásra. Vigyázni kell arra is, hogy a különböző fajtájú üzemanyagok ne keveredhessenek. A jegesedés gátló vagy kopásgátló adalékkal bekevert üzemanyagokat az ilyen adaléktól mentes üzemanyagoktól elkülönítve kerülnek tárolásra. Rendszeres feladat az üzemanyagok üledékmentesítése, a tartályokban és a szűrőberendezésekben az ülepedési idő megtartása után végzik el az üledékmentesítést, annak elkerülése végett, hogy az üzemanyag ne szennyeződjön vízzel vagy más mechanikai anyaggal. Ezt a folyamatot vagy kiépített ülepítő csőrendszeren keresztül vagy erre a célra épített üledék-tárolótartályba vagy fenékelszívókon és csatlakozókon keresztül üzemanyagtöltő gépjárművel végzik.

A fogadó tartályokat, a repülőgép üzemanyagtöltő gépkocsit lehetőség szerint teljesen feltöltött állapotban tárolják, ezzel megelőzhető a környezeti hőmérsékletváltozás miatti páralecsapódás kialakulása a tartályrekeszekben. A nem használt üzemanyagtöltő gépjárművek tartályai leürítésre kerülnek. A repülésre alkalmatlanná vált hajtóanyagok lefejtésére, mozgatására, szállítására külön üzemanyagtöltő gépjárművet jelölnek ki, és a gépjármű szélvédőjén RJ-FG feliratot helyeznek el. Az ilyen feladatot ellátó gépjármű szűrőberendezése, tartálya a lefejtés után kigőzölésre kerül, majd átöblítik repülőpetróleummal valamint a szűrőberendezés soron kívül kicserélésre is megtörténik, a folyamat elvégzése után tölthető bele új, tiszta hajtóanyag.

Repülő-üzemanyagok esetében a tárolási idő meghosszabbítását a tárolási idő lejártá előtt 1 hónappal kell kérni és a teljes vizsgálathoz szükséges mennyiségű mintát beküldik az MH Anyagellátó Raktárbázis laboratóriumába. A tárolási idő meghosszabbítása az új határidő megjelölésével a minőségi bizonyítvány záradékában rögzítik.

4.2.3. Repülő-hajtóanyag vételezése és felhasználása

A légi járművet üzemeltető katonai szervezetek által vételezett üzemanyagokhoz teljes vizsgálati bizonyítvány kerül kiadásra, amelyen az alábbi adatokat tüntetik fel:

- a rendelkezésre álló összes minőségi mutatót;

⁵⁸ Légi járműveket üzemeltető katonai szervezeteknél a kijelölt felelősök az üzemanyagok tárolásának ellenőrzésére: az üzemanyag laboratórium állománya, a laboratóriummal nem rendelkező katonai szervezeteknél az üzemanyag szolgálatfőnök és üzemanyag-raktárvezető [72]

- a gyártási számot és időt;
- az eredeti vizsgálati bizonyítvány számát;
- az utolsó teljes vizsgálat idejét;
- a tárolási idő lejártát, ha hosszabbításra került, akkor a hosszabbítást engedélyező vizsgálati bizonyítvány számát;
- minősítő záradékot.

A repülés-kiszolgálásra kijelölt tartályok minden repülési napon azonosításra kerülnek, majd ellenőrzik a plombák sértetlenségét, a töltési magasságot, és hogy a tartályban található üzemanyag rendelkezik-e érvényes vizsgálati bizonyítvánnyal. A kiadás előtt ellenőrző vizsgálatot is végeznek, melyhez 1 liter reprezentatív mintát vesznek le. A mintát az MSZ ISO 3170 szabvány alapján kiértékelik, és kiállítják a vizsgálati bizonyítványt, a bevizsgált üzemanyag ezután 15 napig alkalmas repülésre, ha ez az idő eltelik, új vizsgálatot rendelnek el. A kiszolgáló tartályokban minden repülés-kiszolgálási napon ellenőrzik a víz jelenlétét, amelyet vagy vízjelző paszta segítségével vagy fenék mintavétellel ellenőrzik. A levett mintát vizuális úton is ellenőrzik és minősítik. Az üzemanyagnak tisztának, átlátszónak, színtelennek, víz- és üledékmentesnek kell lennie. A mintákat feliratozzák, és elhelyezik a mintatároló helységbe, amit a repülési nap végéig megőriznek. Azokat a kiszolgáló tartályokat, amelyeket az ellenőrzés után használatba vettek naponta üledékmentesítik, és a kicsapatott hajtóanyagot repülésre alkalmatlanként kezelik, és tárolják.

Az üzemanyagtelepek jármű feltöltő rendszerei önálló adalékoló berendezéssel kerültek ellátásra, ezek a berendezések legtöbbször duplikáltak és egymástól függetlenül is tudnak működni. Az adalékolási arány helyességét hathavonta vizsgálja külső üzemanyag laboratórium. A vizsgálathoz 5-5 liter adalékolt JET A-1 repülő-petroléum mintát, 0,5 liter tömény adalék nélküli és 1 liter kikevert adalékanyag mintát vesznek le. A vizsgálati eredményről beszabályozási jegyzőkönyvet készítenek és az eredmény függvényében intézkednek a helyes adalékolási arány beszabályozásáról.

A reptéri kiadó kutakban elhelyezett 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. A kiengedett hajtóanyagot repülésre alkalmatlanná minősítik. 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 vagy rendeltetésszerűen tovább felhasználható vagy repülésre alkalmatlanná válik.

Az üzemanyagtöltő gépjárművekbe akkor töltik bele a repülés-kiszolgálásra előkészített tüzelőanyagot, amennyiben meggyőződtek a tartályok tisztaságáról. Ha az kiülepedett víz- és mechanikai szennyezést tartalmaz, a tartályt a szállítandó hajtóanyaggal átöblítik, és az ehhez használt üzemanyagot repülésre alkalmatlanná nyilvánítják. A feltöltött és ellenőrzött tartályból az üzemanyag 15 napon belül használható fel, ha ez az idő eltelik újabb ellenőrző vizsgálatot végeznek. Az üzemanyagtöltő gépjárműben tárolt adalékolt JET A-1 repülő petróleum 3 hónapig használható fel.

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 vagy repülőbenzin esetében a 100 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”⁵⁹ 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 a kivizsgálást a minőségi kifogásokra. A vizsgálatot az üzemanyag laboratórium vezetője végzi és a vizsgálat idejére a hajtóanyagot nem lehet repülésre használni.

A repülőeszközökből úgy kerül lefejtésre hajtóanyag, hogy az ne vezessen minőségi romláshoz, erre a feladatra külön kerül kijelölésre egy üzemanyagtöltő gépjármű. A lefejtett hajtóanyag elkülönítve kerül tárolásra a még használatba nem vett üzemanyagoktól. A lefejtést úgy szabad megkezdeni biztonsági okokból, hogy kialakításra kerüljön az üzemanyagtöltő gépjármű a repülő eszköz és a föld közötti földelési háromszög. A lefejtett hajtóanyag az üzemanyag laboratóriumban bevizsgált mutatók szerint kerül a továbbiakban tárolásra. A vizsgálat eredménye alapján a szabvány előírásainak megfelelő hajtóanyagot tárolási időn belül rendeltetésszerűen felhasználják, a szabvány előírásainak nem megfelelő hajtóanyagot repülésre alkalmatlanként tartják nyilván.

⁵⁹ Lásd: 4. számú melléklet [72]

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. A repülő-hajtóanyagok esetében „átminősítő jegyzőkönyvet” állítanak ki, és mint repülésre alkalmatlan repülő-petróleumot bevételezik ha alkalmasnak találják az átminősítés után a továbbiakban szárazföldi technikához. Az ilyen üzemanyagot a többi szabványos hajtóanyagtól ezek után elkülönítetten tárolják. A korlátozott felhasználású anyagot soron kívül használják fel. [72]

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatásaim során arra a következtetésre jutottam, hogy az alternatív tüzelőanyagok alkalmazása a repülésben ezen belül is a katonai alkalmazásban még nagyon sok problémával és kérdéssel kell, hogy megküzdjön a repülésbiztonság elvárt szintjének fenntartása mellett. A kérdés egyre aktuálisabb és egyre több kutatót, mérnököt foglalkoztat, az utóbbi pár évben hatalmas előre lépések születtek, az alternatív üzemanyagok előállításban és felhasználásban.

A tesztek alapján a vártnál jobb eredmények születtek, ugyanakkor rengeteg meglepetés érte az ezzel foglalkozó mérnököket. Ilyen a kriogén gázokból kinyert üzemanyagok (etán, metán, propán, bután), amelyeknek az égéshőjük és a sűrűségük a jelenleg széles körben használt kerozinhoz hasonló, de a tárolásuk nehézséget okoz, a jelenlegi rendszerek erre nem is alkalmasak, hiszen cseppfolyós állapotban kell tárolni őket. A hidrogén hiába lelhető fel a legnagyobb mennyiségben a földön, mivel rendkívül veszélyes gáz, a levegővel jól keveredik, és könnyen képez robbanóelegyet, továbbá tárolása szintén cseppfolyós formában kell történnjen, meglehetősen alacsony hőfokon. További megoldandó kérdés a jelenleg alkalmazott hajtómű szerkezeti felépítés megváltoztatása, a hasznos teher kérdése, a tüzelőanyagok rendszerének átalakítása.

Az optimális megoldás az lenne, ha az alternatív üzemanyag használata nem kívánná meg az említett szerkezetek átépítését megváltoztatását. Hiszen ha egy állam katonai repülése átáll egy adott alternatív hajtóanyag használatára, akkor a vele szövetséges államnak tudnia kellene biztosítani ugyanazt az alternatív hajtóanyagot. Ezt úgy tudom elképzelni, mint a szárazföldi közlekedés területén a benzinkutak esete, hogy bármelyik országban azonos minőségű és szabványú üzemanyagokat kínálnak a gépjárművek számára. Ha az adott államban nincs lehetőség alternatív üzemanyag beszerzésére, akkor hagyományos tüzelőanyag kerül betöltésre az ott leszálló repülőbe, ez viszont csak akkor lehetséges, ha a légijármű szerkezeti felépítése alkalmas mindkét típusú üzemanyag használatára. Ezért úgy gondolom az alternatív hajtóanyag rendelkezésre bocsátását minden államban biztosítani kell a jövőben, ellentétben az ilyen

hajtóanyaggal történő üzemeltetés nehezen megoldható lenne és emiatt a repülőgépek útirányára is negatív hatással lenne, erősen korlátozná mozgását az úti cél meghatározásában.

Az alternatív hajtóanyagok előállításában és használatában hatalmas potenciált látok a jövőre nézve, hiszen sokkal kedvezőbb a környezetünk számára, mely a jelenkorunk globalizációs problémáinak figyelembe vétele mellett nem elenyésző tényező. Ezen probléma megállítható, személyes véleményem szerint, és azt gondolom nem mindegy milyen az az ökolábnyom, amelyet utódaink számára hagyunk.

Bár kutatásom során rengeteg szabvánnyal ismerkedtem meg, ahogy a repülésbiztonságban úgy az üzemanyagokban is minden nagy nemzetnek meg van a saját nemzeti szabványa és előnyösnek találom, hogy az egész világon egységes szabványok alapján kezelik az üzemanyagokat. Ez repülésbiztonságból jó alapot ad arra, hogy a jövőben széles körben alkalmazandó alternatív üzemanyagok tekintetében is egységes szabályozási rendszer tudjon kiépülni globálisan.

A felsorolt feladatok megoldásán, nemzetközi szinten dolgoznak együtt a szakemberek.

A MH rendszerében az általam megismert dokumentáció és a gyakorlat alapján a szabványok alkalmazása kellően szabályozott az üzemanyagok tekintetében, a felhasználás során a hajtóanyagokat folyamatosan nagy körültekintéssel ellenőrzik a kijelölt felelősök.

Az MH megújuló szemlélete, a technikai fejlesztések, új technikák beszerzése valamint a jól megalapozott biztonsági rendszabályai megfelelő alapot adnak egy könnyed, ugyanakkor fokozatos átállásra a jövőben megjelenő és széles körben elterjedő alternatív üzemanyag rendszeresítésére.

Mellékletek jegyzéke

1. számú melléklet: MSZ 10870:2012 gázturbinás légi járművek hajtóanyaga JET-A1 követelmények és vizsgálati módszerek
 1. számú táblázata: A gázturbinás légi járművek hajtóanyagának minőségi követelményei és a vizsgálati módszerek
2. számú melléklet: MSZ 10869:2005 Repülőbenzinek. Követelmények és vizsgálati módszerek
 1. számú táblázata: Repülőbenzinek minőségi követelményei és a vizsgálati módszerek
3. számú melléklet: MSZ EN 590:2013 Gépjármű-hajtóanyagok. Dízelgázolaj. Követelmények és vizsgálati módszerek
 1. számú táblázata: A dízelgépjármű-hajtóanyag általánosan érvényes követelményei és vizsgálati módszerei
4. számú melléklet: Útlevel formanyomtatvány repülő-petróleumhoz

1. számú melléklet

MSZ 10870 gázturbinás légi járművek hajtóanyaga JET-A1 követelmények és vizsgálati módszerek

1. számú táblázata: A gázturbinás légi járművek hajtóanyagának minőségi követelményei és a vizsgálati módszerek [47]

Jellemzők	Mértékegység	Vizsgálati módszer	Követelmény
Külső megjelenés		vizuális	Tiszta, átlátszó és üledékmentes
Teljes savasság	mg KOH/g	MSZ ISO 6618	legfeljebb 0,015
Saybolt szín		MSZ-09-60.0138	megadandó
Olefintartalom	% (V/V)	ASTM D1319	legfeljebb 0,5
Aromástartalom	% (V/V)	ASTM D1319	legfeljebb 25,0
Merkaptánként tartalom	% (m/m)	MSZ 15973	legfeljebb 0,003
Kéntartalom	% (m/m)	MSZ EN ISO 20847	legfeljebb 0,3
Desztillációs jellemzők		MSZ EN ISO 3405	
10 tf% átdestillál	°C		legfeljebb 205,0
50 tf% átdestillál	°C		megadandó
90 tf% átdestillál	°C		megadandó
Végforrpont	°C		legfeljebb 300,0
Lepárlási maradék	% (V/V)		legfeljebb 1,5
Veszteség	% (V/V)		legfeljebb 1,5
Lobbanáspont	°C	MSZ 10879	legalább 38
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
Füstölési pont	mm	MSZ 970	legalább 19
Naftalintartalom	% (V/V)	MSZ 2046	legfeljebb 3,0
Korróziós fokozat, 2 ó, 100 °C, B módszer		MSZ EN ISO 2160	legfeljebb 1
Termikus stabilitás		MSZ 10892	

Nyomáscsökkenés	kPa		legfeljebb 3
Lerakódás a fűtőcsövön			legfeljebb 3
Elpárolgatatási maradék	mg/100cm ³	MSZ EN ISO 6246	legfeljebb 7,0
Kölcsönhatás vízzel: Fázishatár-állapot		MSZ 2050	legfeljebb 1b
Tényleges gyantatartalom	mg/100 cm ³	MSZ EN ISO 6246	7,0
Szilárd szennyezőanyag-tartalom	mg/l	MSZ 10875	1
Elektromos vezetőképesség	pS/m	MSZ ISO 6297	50-600
Adalékanyag			
Ionox 75	mg/l		legfeljebb 24
Stadis 450	mg/l		legfeljebb 3,0

2. számú melléklet

MSZ 10869:2005 Repülőbenzinek. Követelmények és vizsgálati módszerek

1. számú táblázata: Repülőbenzinek minőségi követelményei és a vizsgálati módszerek [49]

Minőségi fokozatok			RB 80	RB 100	RB 100LL	
Jellemzők		Mértékegység	Követelmények			Vizsgálati módszer
Külső megjelenés			Tiszta, átlátszó és üledékmentes			érzékszervi
Kompressziótűrés (1)			„legalább”			MSZ ISO 5163
Oktánszám sovány keverék		80,0	100,0	100,0		
Oktánszám dús keverék		87,0	-	-		
Teljesítményszám		-	130	130		
Szín (2)			piros	zöld	kék	érzékszervi
Ólomtartalom (3)		g/l	0,14	1,12	0,56	MSZ 10874
Sűrűség 15 °C-on		kg/m³	megadandó			MSZ EN ISO 3675 MSZ EN ISO 12185
Desztillációs jellemzők						MSZ EN ISO 3405
Kezdő forráspont		°C	megadandó			
10 % (V/V) átdesztillál		°C	legfeljebb 75			
40 % (V/V) átdesztillál			legalább 75			
50 % (V/V) átdesztillál		°C	legfeljebb 135			
90 % (V/V) átdesztillál		°C	legfeljebb 170			
Végforrpont 10 % és 50 % (V/V) desztillációs hőmérséklet összege		°C	legalább 135			
Átdesztillált mennyiség		% (V/V)	legalább 97			
Desztillációs maradék		% (V/V)	legfeljebb 1,5			
Desztillációs veszteség		% (V/V)	legfeljebb 1,5			
Gőznyomás	legalább	kPa	38,0			MSZ EN 13016-1
	legfeljebb		49,0			
Kéntartalom	legfeljebb	% m/m	0,05			MSZ EN ISO 20846 MSZ EN ISO 20884 MSZ EN ISO 20847
Fűtőérték	legalább	MJ/kg	43,50			MSZ 19954 E szabvány M2 fejezete szerint
Korróziós hatás rézlemezen (2 óra, 100 °C-on)		korróziós fokozat	legfeljebb 1			MSZ EN ISO 2160
Oxidációs stabilitás (5 óra)						MSZ -09-6.0125
Potenciális gyanta		mg/100 cm³	legfeljebb 6			
Látható ólom kicsapódás		mg/100 cm³	legfeljebb 3			

Kristályosodási pont	°C	legfeljebb -58	MSZ ISO 3013
Kölcsönhatás vízzel térfogatváltozás	cm ³	legfeljebb 2	MSZ ISO 6250
Fajlagos villamos vezetés	pS/m	megadandó (4)	MSZ ISO 6297
(1) Az oktánszám (dús keverék) és a teljesítményszám meghatározására egy alkalmazható módszert az ASTM D 909 szabvány tartalmaz. Ezt a vizsgálati módszert sem magyar nemzeti, sem európai, sem nemzetközi szabvány nem tartalmazza. A 130-as teljesítményszám megegyezik a literenként 0,338 ml ólom-tetraetilt tartalmazó izooktán kopogási értékével. (2) Az engedélyezett színező anyagok és ezek mennyisége a MSZ 10869:2005 szabvány 4.1.2. szakaszban vannak megadva (3) A felhasznált ólomadaléknak legalább 61 % (m/m) ólom-tetraetilt és annyi etilén-dibromidot kell tartalmaznia, hogy az ólom- és a brómatomok aránya 1:2 legyen. (4) Ha a repülőbenzinhez vezetőképesség-javító adalékot adnak, annak fajlagos villamos vezetése-50-450 pS/m legyen.			

3. számú melléklet

MSZ EN 590:2013 Gépjármű-hajtóanyagok. Dízelgázolaj. Követelmények és vizsgálati módszerek

1. számú táblázata: a dízelgépjármű-hajtóanyag általánosan érvényes követelményei és vizsgálati módszerei [51]

Jellemzők	Mértékegység	Vizsgálati módszer	Követelmény
Cetánszám		MSZ EN ISO 5165	legalább 51
Cetánindex		MSZ EN ISO 4264	legalább 46
Sűrűség 15 °C-on	kg/m ³	EN ISO 3675 EN ISO 12185	legalább 820,0 legfeljebb 845,0
Többgyűrűs aromás szénhidrogének	% (m/m)	EN 12916	legfeljebb 8
Kéntartalom	mg/kg	EN ISO 20846 EN ISO 20884 EN ISO 13032	legfeljebb 10,0
Mangántartalom	mg/l	prEN 16576	
2013.12.31-ig			legfeljebb 6,0
2014.01.01-től			legfeljebb 2,5
Pensky-Martens Lobbanáspont	°C	EN ISO 2719	legalább 55 felett
Conradson szám 10 %-os lepárlási maradékból	% (m/m)	EN ISO 10370	legfeljebb 0.30
Oxidhamu tartalom	% (m/m)	MSZ EN ISO 6245	legfeljebb 0.01
Víz tartalom (ppm)	mg/kg	MSZ EN ISO 12937	legfeljebb 200
Mechanikai szennyeződés	mg/kg	MSZ EN 12662	legfeljebb 24
Korróziós fokozat, 3 ó, 50°C, (rézlemez).	fokozat	MSZ EN ISO 2160	1. osztály
Zsírsav-metil-észter (FAME) tartalom	% (V/V)	MSZ EN 14078	legfeljebb 7.0
Oxidációs stabilitás	g/m ³ óra	MSZ EN ISO 12205 EN 15751	legfeljebb 25 legalább 20
HFRR, kenőképesség a korrigált kopási bemarkódás átmérője (wsd 1,4) 60 °C-on	um	MSZ ISO 12156-1	legfeljebb 460
Kinematikai viszkozitás 40 °C-on	mm ² /s	MSZ EN ISO 3104	legalább 2,000 legfeljebb 4,500
Desztilláció			
250 °C-ig átdestillált mennyiség	% (V/V)	MSZ EN ISO 3405	legfeljebb 65
350 °C-ig átdestillált mennyiség	% (V/V)	MSZ EN ISO 3405	legalább 85
95 t ^o % átdestillál	°C	MSZ EN ISO 3405	legfeljebb 360

4. számú melléklet

Útlevel formanyomtatvány repülő-petróleumhoz [72]

20. melléklet

Útlevel formanyomtatványok

20/1 Útlevel formanyomtatvány repülő-petróleumhoz

MAGYAR HONVÉDSÉG

Bizonylatazonosító: 000123

ÚTLEVÉL

Üzemanyag neve: JET A-1 repülő-petróleum

Minta adatai:

Vizsgálat neve	Mértékegység	Szabványszám	Követelmény	Eredmény	Akkor	Átv.
Sűrűség 15 °C-on	g/cm ³	MSZ EN ISO 12185	0,775 – 0,840			
Kezdő forrpon	°C	MSZ EN 3405	Mérendő			
10% (V/V) átdesztillálásának hőmérséklete	°C	MSZ EN 3405	Max.: 205			
20% (V/V) átdesztillálásának hőmérséklete	°C	MSZ EN 3405	Mérendő			
50% (V/V) átdesztillálásának hőmérséklete	°C	MSZ EN 3405	Mérendő			
90% (V/V) átdesztillálásának hőmérséklete	°C	MSZ EN 3405	Mérendő			
Végforráspont	°C	MSZ EN 3405	Max.: 300			
Desztillációs maradék	%	MSZ EN 3405	Max.: 1,5			
Desztillációs veszteség	%	MSZ EN 3405	Max.: 1,5			
Lobbanáspont TAG	°C	MSZ 10879	Min.: 38			
Kristályosodáspont	°C	MSZ ISO 3013	Max.: -47			
Kinematikai viszkozitás -20 °C-on	mm ² /sec	MSZ EN ISO 3104	Max.: 8,0			
Savszám	mg KOH/g	MSZ ISO 6618	Max.: 0,10			
Vízartalom		Vizuális	Mentes			
Mechanikai szennyeződés tartalom		Vizuális	Mentes			
Kéntartalom (össz.)	% (m/m)	MSZ EN ISO 20847	Max: 0,30			
Külső megjelenés ill. szín		Vizuális	Tiszta, átlátszó			
Elektromos vezetés	pS/m	MSZ ISO 6297	50–450			

A vizsgált paraméterek megfelelnek az MSZ 10870/95 számú szabvány előírásainak.

Jelen útlevel vizsgálati adatai az alakulat üzemanyag laboratóriuma által, a számú üzemanyag tartályban tárolt üzemanyagra kiadott számú vizsgálati bizonyítvány alapján kerültek kiállításra.

Az üzemanyag adalékolásra került a adalékoló rendszerrel 0,1–0,15 V/V% jegesedésgátló, és 15–23 mg/liter kopáscsökkentő és korróziógátló adalékkal.

Kelt: , év hó nap
laboráns vagy üzemanyagtelep kezelő

Az üzemanyagtöltő gépkocsi és szakfelépítmény igénybevétel előtti átellenőrzését, a töltőfej és a töltőpisztoly kúpszűrőjének ellenőrzését és szükség szerinti mosását, a szállítótartályban tárolt üzemanyag ülepítését, a tartály és a főszűrő üledékmentesítését (csapatását), valamint a főszűrő szennyezettségének ellenőrzését végrehajtottam!

Kelt: , év hó nap
gk. vezető

Az üzemanyagtöltő gépkocsiban tárolt üzemanyagból mintát vettem. A levett minta vizuális ellenőrzését végrehajtottam. A minta víz- és mechanikai szennyeződést nem tartalmaz, tiszta és átlátszó.

Kelt: , év hó nap
laboráns vagy üzemanyagtelep kezelő

A bemutatott üzemanyag mintát ellenőriztem, annak repülőeszközbe történő betöltését:

engedélyezem! nem engedélyezem!
Kelt: , év hó nap
ügyeletes mémők

Felhasznált irodalom

- [1] Szabó László: Szerkezeti és üzemanyagok jegyzet, Szolnok, Kilián György Repülő Műszaki Főiskola 1989
- [2] <http://ttk.pte.hu/fizkem/korny-gyakpdf/13gyak.pdf> (2018-02-25)
- [3] Budó, Ágoston, Pócsa Jenő. (Hőtan)., Kísérleti fizika I. Budapest: Tankönyvkiadó (1986).
- [4] [kkft.bme.hu/sites/default/files/TÜZELÉSTECHNIKA%20\(jegyzet\).doc](http://kkft.bme.hu/sites/default/files/TÜZELÉSTECHNIKA%20(jegyzet).doc) (2018-02-25)
- [5] http://www.omfi.hu/icsc/PDF/PDF14/icsc1400_HUN.PDF (2018-03-11)
- [6] Kertai György: A kőolaj és a földgáz vegyi összetétele és keletkezése, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1972
- [7] <http://www.energia.bme.hu/bme/ujproba/docs/notes/kalor/%20Cetan-oktan-2.pdf> (2018-02-25)
- [8] www.lkga1513.netkukac.hu/letoltesek/termes_technologia/motorhajtanyagok.ppt
Venekei József mk alezredes jegyzet (2018-02-25)
- [9] <http://www.olajinfo.hu/fogalomtar/7-mit-jelent-a-viszkozitas> (2018-03-11)
- [10] <https://hu.wikipedia.org/wiki/K%C5%91olaj> (2018-02-25)
- [11] https://www.mozaweb.hu/Lecke-KEM-Kemia_7-A_foldgaz_es_a_koolaj-98582 (2018-03-15)
- [12] <http://www.eszk.org/rendezvenyeink/archivum/archivum-2004/szazhalombatta-olajfinomito-dunamenti-eromu> (2018-03-15)
- [13] http://www.dp-automotive.hu/dpa_benzin.html (2018-02-25)
- [14] Tajtiné Szöllősi Rozália: Szakdolgozat „Készítsen tanulmányt és multimédia bemutató oktatóprogramot, amely bemutatja a repülőgép üzem- és kenőanyagok útját a gyártástól a felhasználásig” Szolnok, 2005. április 30
- [15] <http://iho.hu/hir/connie-a-kecses-dugattyus-gyonyoru-is-sikeres-is-130109> (2018-03-15)
- [16] http://www.omfi.hu/icsc/PDF/PDF06/icsc0663_HUN.PDF (2018-03-11)
- [17] Hegedűs Krisztián: Szakdolgozat, Repülőgépek korszerű energia forrásai, Szolnok 2017.
- [18] https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=hu&prev=search&rurl=translate.google.hu&sl=en&sp=nmt4&u=https://web.archive.org/web/20121018042938/http://www.bp.com/sectiongenericarticle.do%3FcategoryId%3D4503664%26contentId%3D57733&xid=25657,15700023,15700105,15700124,15700149,15700168,15700201&usg=ALkJrhjKsWFbjVT4QutMy9dxuR_04bZBg (2018-03-13)
- [19] Kovács Gábor: A légiközlekedésben meglévő és új tüzelőanyagokra vonatkozó szabványok, alkalmazásuk feltételei, Kecskemét 2017. szeptember 29. GINOP-2.3.2-15-2016-00007

- [20] https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=hu&prev=search&rurl=translate.google.hu&sl=en&sp=nmt4&u=https://web.archive.org/web/20130319104805/http://www.wbdg.org/ccb/FEDMIL/dtl83133h.pdf&xid=25657,15700023,15700105,15700124,15700149,15700168,15700201&usg=ALkJrhhoq9bGhA8RBcrPsFJ09v2EC4x2A (2018-03-13)
- [21] https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=hu&prev=search&rurl=translate.google.hu&sl=en&sp=nmt4&u=https://web.archive.org/web/20120913140458/http://www.wbdg.org/ccb/FEDMIL/dtl5624u.pdf&xid=25657,15700023,15700105,15700124,15700149,15700168,15700201&usg=ALkJrhiGm-lOV6iYe0vZv8QbeCKBlpiAOQ (2018-03-13)
- [22] <https://aviation.stackexchange.com/questions/24489/why-are-piston-engines-for-aircraft-rarely-diesel-powered&xid=25657,15700023,15700124,15700149,15700168,15700186,15700201&usg=ALkJrh43DNWSpnRtZGzvLQHgWhaeo-7NA> (letöltve: 2018-03-13)
- [23] http://www.omfi.hu/icsc/PDF/PDF15/icsc1561_HUN.PDF (letöltve: 2018-03-13)
- [24] <https://www.fForecast.pdf> (2018-03-13)
- [25] https://aviation.stac aa.gov/data_research/aviation/aerospace_forecasts/media/FY2016-36_FAA_Aerospace_kexchange.com/questions/10060/where-i-can-get-historical-jet-fuels-prices (2018-03-13)
- [26] http://valasz.hu/data/Konferenciak/konferencia_prezentaciok/energia2011_2/Varga_Zoltan.pdf (2018-03-15)
- [27] Dr. Rohács Dániel: Alternatív üzemanyagok a repülőiparban, Szolnok, 2017. április 28. GINOP-2.3.2-15-2016-00007
- [28] <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/MegujuloEnergiaforrasok/ch07s02.html> (2018-03-17)
- [29] Fehér Krisztina (2016): A repülésben használható korszerű bioüzemanyagok; Hadmérnök X. évfolyam 3. szám
- [30] <http://www.biolets.com/images/slide3.jpg> (letöltve: 2018-03-17)
- [31] Fehér Krisztina, Óvári Gyula: A mikroalgák felhasználási lehetőségei a biodízel üzemanyagok előállításában; repüléstudományi közlemények XXIX. évfolyam 2017/2, 119-136 oldal
- [32] Generations of Biofuels; Oregon State University
<http://agsci.oregonstate.edu/sites/agsci.oregonstate.edu/files/bioenergy/generations-of-biofuels-v1.3.pdf> (letöltve: 2018-03-17)
- [33] Dr. Óvári Gyula: A hidrogén, mint alternatív üzemanyag a repülés számára, Szolnok, 2017.01.31. GINOP-2.3.2.-15-2016-00007

- [34] Dr. Óvári Gyula: Alternatív energiahordozók alkalmazásának szükségessége, lehetőségei, korlátai, Szolnok, 2016. december 20. GINOP-2.3.2-15.-2016-00007
- [35] http://www.omfi.hu/icsc/PDF/PDF00/icsc0001_HUN.PDF (letöltve: 2018-03-18)
- [36] Dr. Óvári Gyula (2014): Gázok és villamosság, mint lehetséges repülőgép-üzemanyagok I. Haditechnika 2014:(2)
- [37] <http://www.mszt.hu/web/guest/a-szabvanyositas-tortenete> (letöltve: 2018-03-18)
- [38] 1995. évi XXVIII. törvény a nemzeti szabványosításról (letöltve: 2018-03-18)
- [39] https://www.cgabusinessdesk.com/document/5719_Aviation_Addendum_webpdf.pdf (letöltve: 2018-03-21)
- [40] <http://www.sasol.com/media-centre/media-releases/sasol-achieves-approval-100-synthetic-jet-fuel> (letöltve: 2018-03-21)
- [41] <https://www.dstan.mod.uk/StanMIS/Indexes/DefenceStandards?seriesId=60&statusId=1> (letöltve: 2018-03-21)
- [42] http://www.caafi.org/resources/pdf/D4054_Users_Guide_V6_2.pdf (letöltve: 2018-03-21)
- [43] <https://webstore.ansi.org/SdoInfo.aspx?sdoId=41> (letöltve: 2018-03-21)
- [44] <https://crcao.org/> (letöltve: 2018-03-21)
- [45] <http://www.caafi.org/about/caafi.html> (letöltve: 2018-03-21)
- [46] <https://www.iso.org/member/2176.html> (letöltve: 2018-03-22)
- [47] https://honvedelem.hu/cikk/64124_minden_ami_uzemanyag (letöltve: 2018-03-20)
- [48] MSZ 10870:2012 gázturbinás légi járművek hajtóanyaga JET-A1 követelmények és vizsgálati módszerek
- [49] MSZ 10869:2005 Repülőbenzinek. Követelmények és vizsgálati módszerek
- [50] Kovács Gábor: Repülőbenzinek. Követelmények és vizsgálati módszerek, Szolnok, 2017-06-30. GINOP-2.3.2-15-2016-00007
- [51] MSZ EN 590:2013 Gépjármű-hajtóanyagok. Dízelgázolaj. Követelmények és vizsgálati módszerek.
- [52] MSZ EN 228:2013 Gépjármű-hajtóanyagok. Ólmozatlan motorbenzin. Követelmények és vizsgálati módszerek
- [53] Rozovicsné Fehér Krisztina: Polgári és Katonai repülésben alkalmazott tüzelőanyagok, Szolnok, 2017. július 27. GINOP-2.3.2-15-2016-00007
- [54] MSZ EN ISO 3405:2011, Ásványolajtermékek. A desztillációs jellemzők meghatározása atmoszférikus nyomáson
- [55] MSZ 10892:2012 Gázturbinás légi járművek hajtóanyagai. A termikus oxidációs stabilitás meghatározása

- [56] MSZ EN ISO 12185:1998 Ásványolaj és ásványolajtermékek. A sűrűség meghatározása. Oszcillációs U-csöves módszer
- [57] MSZ EN ISO 3104:1996 Ásványolajtermékek. Átlátszó és átlátszatlan folyadékok. A kinematikai viszkozitás meghatározása és a dinamikai viszkozitás kiszámítása (ISO 3104:1994)
- [58] MSZ EN ISO 2719:2016 A lobbanáspont meghatározása. Pensky–Martens zárt tégelyes módszer
- [59] MSZ 10879:2002 Folyékony ásványolajtermékek. A lobbanáspont meghatározása Tag szerinti zárt tégelyes módszerrel
- [60] MSZ ISO 3013:2005 Ásványolajtermékek. Repülőgép-hajtóanyagok kristályképződési hőmérsékletének meghatározása
- [61] MSZ 2046:1986 Sugárhajtómű-üzemanyagok naftalinszénhidrogén-tartalmának meghatározása spektrofotometriás módszerrel
- [62] MSZ EN ISO 20884:2011 Ásványolajtermékek. Gépjármű-hajtóanyagok kéntartalmának meghatározása. Hullámhossz-diszperzív röntgenfluoreszcenciás spekrometria
- [63] MSZ EN ISO 20847:2004 Ásványolajtermékek. Gépjármű-hajtóanyagok kéntartalmának meghatározása. Energiadiszerziós röntgenfluoreszcenciás spekrometria
- [64] MSZ EN ISO 20846:2012 Ásványolajtermékek. Gépjármű-hajtóanyagok kéntartalmának meghatározása. Ultraibolya fluoreszcenciás módszer
- [65] MSZ 15973:1977 Motorhajtóanyag merkaptán- és kén-hidrogén-kötésben lévő kéntartalmának meghatározása potenciometriás titrálással
- [66] MSZ EN ISO 2160:2000 Ásványolajtermékek. Korrosziós hatás rézen. Rézlemezpróba
- [67] MSZ ISO 6618:1995 Ásványolaj termékek és kenőanyagok. Semlegesítési szám. Színindikátoros titrálási módszer
- [68] MSZ 970:1984 Ásványolajtermékek. A nem kormozó láng magasságának meghatározása
- [69] MSZ ISO 6297:1999 Ásványolajtermékek. Repülőgép- és más motorhajtóanyagok, illetve tüzelőolaj. A fajlagos villamos vezetés meghatározása
- [70] MSZ 2050:1987 Sugárhajtómű-üzemanyagok vízzel való kölcsönhatásának meghatározása
- [71] MSZ 10875:2012 Gázturbinás légi járművek hajtóanyagai. A szilárd szennyező anyagok meghatározása laboratóriumi szűréssel
- [72] Az üzemanyagok minőségbiztosítása; a Honvédelmi Minisztérium Fegyverzeti és Hadbiztosítási Hivatal kiadványa, Budapest 2012.
- [73] <http://esemenyhorizont.uw.hu/2005/kavitac.html> (letöltve: 2018-04-12)
- [74] DR. Óvári Gyula (2014): Gázok és villamosság, mint lehetséges repülőgép-üzemanyagok II. Haditechnika 2014:(3) pp. 5-10.

[75] Rozovicsné Fehér Krisztina (2016): Gazdaságos és környezetbarát üzemeltetés lehetőségei a repülésben, Műszaki Katonai Közlöny XXVI.:(2.) pp. 152-166.

[76] <http://greenfo.hu/hirek/2015/05/31/ocean-felett-szarnyal-a-napelemes-repulo> (letöltve: 2018-04-12)