

## **AZ ÜZEMBENTARTÁS SZINTJEI, SZERVEZETI ELEMEL ÉS A TEVÉKENYSÉGET BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK**

Az üzembentartás nemzetközileg kialakított szervezetei három szinten tevékenykednek. „O” – angolul „organization” szintnek nevezik a repülések közvetlen kiszolgálását végző szervezetet. Ez a repülőtereken a repülőgépek repülés előtti, repülés utáni, illetve ismételt repülési feladatra történő előkészítését végzi. Katonai repüléseknél általában alegység (század) szintű szervezet végzi ezt a tevékenységet. Technikai szempontból a repülőgépeknek teljesen üzemképesnek kell lennie. Rajtuk általában csak üzemanyag és fegyverzet feltöltést, rakéta, vagy speciális berendezés felfüggesztést, általános üzemképesség ellenőrzést végeznek. A végrehajtó szervezet nagysága függ az alegység repülőgépeinek számától, a repülőgépek speciális berendezéseitől és fegyverzetétől, valamint a gyártó által előírt ellenőrzési feladatok időtartamától. Célszerű, ha a repülések előkészítésénél a „starton”, vagyis a közvetlen repülés előkészítési zónában, a szerkezet megbontásával járó, mélyebb hibajavító tevékenység nem történik.

„I” azaz „intermediate” vagy „közép” szintnek nevezik a repülőgépeken történő előírt periodikus ellenőrzések végrehajtását. Ennek érdekében a javítási, ellenőrzési célnak megfelelő hangárt és műhelyt hoznak létre a technológiai folyamatok szakszerű végrehajtására. Az „I” szintű tevékenység létszám és szakképzettség szükségletét a karbantartási technológiában előírt szakmák és munkaigény alapján határozzák meg.

A „D” azaz „DEPOT” szintnek nevezik a repülőgépek ipari nagyjavítását. Ennek a javítási formának feladata az előző két ellenőrzési technológia végrehajtásával, alapvetően csapat szinten végzett ellenőrző javító tevékenység kiegészítése a repülőgépek olyan mélységű szétszerelésével, az alkatrészek, berendezések szétszerelt állapotban történő, főleg műszeres vizsgálatával, melyet csapat szinten nem célszerű végezni (Ennek gazdaságossági vizsgálatára később visszatérünk.) [16, 21].

Az üzembentartást végző szervezet mind felépítésében, mind tevékenységében alapvetően kihat a repülőtechnika működési költségeire. A működési költség összetevői:

- a tartalék anyagok szükséglete egy repült órára;
- a földi kiszolgálás munkaóra szükséglete egy repült órára;
- üzem, kenőanyag, egyéb anyag felhasználás egy repült órára.

A tartalék alkatrész szükséglet meghatározását a megbízhatóság elmélet segítségével példán fogom alkalmazni.

Az üzem, kenőanyag, egyéb anyagok felhasználása egy repült órára megadásra kerül a repülőgépek technikai leírásaiban.

Az üzembentartó szervezet kialakítása előtt el kell dönteni, alapvetően az üzemben tartott *repülőgépek mennyiségének függvényében*, hogy:

- hány alegységben lesz telepítve a repülő géppark;
- az alegységek egy, vagy több repülőtéren lesznek elhelyezve;
- az „I” szintű kiszolgálás egy, vagy több településen történik;
- a „D” szintű kiszolgálás hazai vagy külföldi bázison fog történni.

Teljesen nyilvánvaló, hogy az üzembentartó szervezet szintjeinek mennyisége függ az üzemben tartott repülőgépek számától.

Egy alegységbe 12 db harci, és 2 db gyakorló harci repülőgépet célszerű szervezni. Az alegység feladata az „O” szintű üzembentartási feladatok ellátása. Ennek érdekében alapvetően, olyan kiképzett szervezetet kell létrehozni, amely a repülőgépek számát és a kiszolgálásra kerülő szakterületek specifikumát figyelembe veszi. Ez repülőgépenként 5-7 fő személyi állományt igényel általában.

„I” szintű szervezet akkor is szükséges, ha csak egy alegység, vagyis 14 db repülőgép üzembentartását kell biztosítani. Mivel bármennyire törekszünk is a hibajavító tevékenységet csökkenteni, bizonyos repült óra, vagy naptári idő után karbantartási feladatok szükségessé válnak, illetve bonyolultabb, nagyobb berendezések cseréjét csak megfelelő hangár, szakműhely segítségével végezhetjük, az „I” szintű tevékenységen állandóan számolhatunk a géplétszám 0,1–0,15%-ával. Ennek létszám igénye a szakműhelyek, azok speciális berendezésekkel való ellátottsága, és a javításon levő repülőgépek számából meghatározható.

Célszerű a repülőgép gyártójával megállapodni a „D” szintű ellenőrzések javítások elvégzésére a gyártó, vagy valamelyik nagyszámú repülőgépet üzembentartó bázisán.

Amennyiben hazailag csak „O” és „I” szintű üzembentartás történik, akkor lényegesen kisebb tartalék alkatrész készlet, földi berendezés, személyi állomány, épület és gépi, illetve ellenőrző berendezés válik szükségessé. Ez lényegesen csökkenti az üzembentartás költségeit.

Annak érdekében, hogy vizsgálni tudjam az üzembentartás szervezetét, elemezni kell a repülőgéppel szembeni, az üzembentartást alapjaiban meghatározó követelményeket.

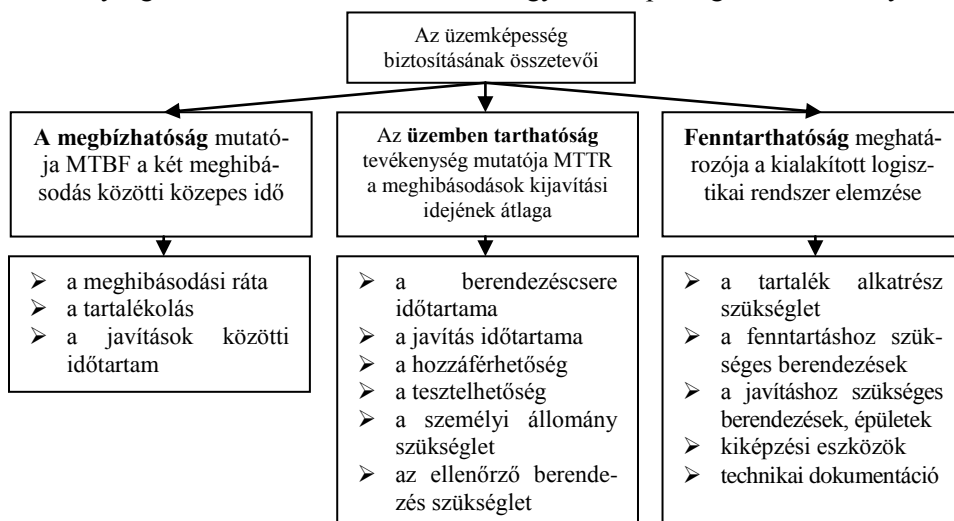
A repülőtechnika teljes élettartama alatt a készenléti szint és a fenntartási költségek közötti egyensúlyt az üzembentartó tevékenység tartja fenn.

Az üzembentartó tevékenység –véleményem szerint – három pilléren nyugszik (lásd 1. ábra). Első a repülőgép tervezésekor meghatározott és beépített megbízhatóság, üzembentartathatóság, és fenntartás követelmény rendszere. A második az üzembentartási koncepció és a logisztikai források. A harmadik pedig az

üzembentartási koncepció finomítása és optimalizálása, a logisztikai források folyamatos biztosítása az üzembentartási tapasztalatok gyűjtése és elemzése alapján.

Ezen pilléreknek a repülőgép élettartama alatti együttes biztosítása, lehetővé teszi a fenntartás leginkább költségkímélő megoldásait, a repülőgép maximális üzemképességi, hadrafoghatósági szintjének biztosítását.

A maximális üzemképesség nem csak a megbízhatóság és az üzembentartási tevékenység, hanem a fenntartási rendszer együttes képességének eredménye.



1. ábra. Az üzemképesség biztosításának összetevői

A repülőgépek tervezésénél figyelembe veszik a korábbi típusokon alkalmazott gyártástechnológiai módszereket és elért eredményeket, felhasználják azokat a megbízhatósági és üzembentartási jellemzőket, amelyeket ideális működési környezetben figyelembe tudnak venni a földi üzembentartásnál, úgy a tervezett, mint a nem tervezett karbantartó tevékenység során.

Az így fenntartható üzemképesség mértéke, az egész rendszer hatékonyságának fokmérője, ezért függ az üzembentartás szervezetétől.

A továbbiakban megvizsgálom, hogy a fenti fogalmak és mérőszámok hogyan hatnak az összefüggésekre.

## AZ ÜZEMBENTARTOTT REPÜLŐGÉP MEGBÍZHATÓSÁGÁNAK ELEMZÉSE

A meghibásodások intenzitásának, más szóval rátájának kiszámítását az (1) egyenlet alapján határozhatjuk meg.

$$T_{közepes} = \int_0^{\infty} R(t) dt = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda_0} \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} d(t) = \frac{1}{\lambda} \quad (1)$$

A tervezés során párhuzamosan, esetleg többszörösen is párhuzamosítottan kapcsolt berendezések, rendszerek segítségével növelik a működési megbízhatóságot. Ez lehetővé teszi, hogy valamely berendezés, vagy rendszer meghibásodása esetén a repülőgép képes legyen feladata folytatására, és az előfordult meghibásodást a tönkrement egység cseréjével csak a feladat végrehajtása után kelljen elvégezni.

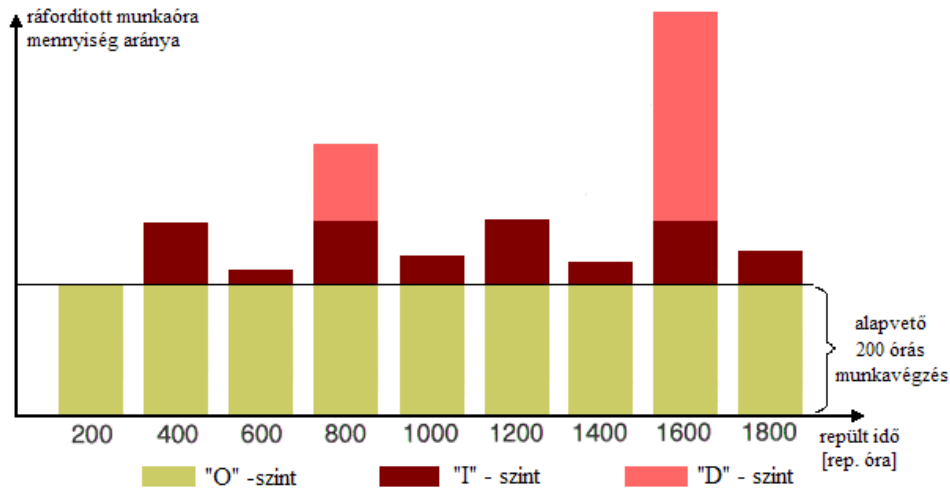
A repülőgépre vonatkozóan lehetséges, hogy a megbízhatóságot, mint a repülőgép üzemeltetésének meghatározott kezdeti időszakában összegyűjtött adatok alapján számított „gyakorlati” értéket határozzuk meg. De a gyakorlat, új repülőgép esetén jelenthet becslést, amit már működő, korábbi hasonló repülőgép adataival való összehasonlítással végzünk.

Például a Svéd Gripennél a két meghibásodás közötti repült idő becslését a korábbi Viggén típus üzemeltetési adataival történt összehasonlítás útján határozták meg. A Viggennél az MTBF előre becsült értéke 5,5 repült óra volt. A gyakorlati üzemeltetés során a mért eredmény 4,5 repült óra vagyis 18%-al kevesebb értéket mutatott. Ugyanazon nemzetközi MIL szabványok alkalmazása esetén a Gripenre az előre becsült MTBF érték 9,3 repült órát adott. Alkalmazva a Viggennél kapott eltérési százalékot a számított és a gyakorlatban mért értékek között a Gripenre az MTBF értékét 7,6 repült órában határozták meg, ami 18%-al kevesebb a számított értéknél. Ez a szám magába foglalja a repülőgépen bekövetkező valamennyi meghibásodást, a madárral való ütközés és a helytelen javító, karbantartó tevékenységből adódók kivételével [12, 13, 14, 17, 21, 27, 28].

Az előírt megbízhatósági szint fenntartását minden repülőgépnél *úgy a hibamegelőző, mint a hibajavító típusú üzemeltetési módszerrel végzik*. A hibajavító rendszer tevékenységének alapja a beépített önellenőrző rendszer, mely rögzíti a bekövetkezett meghibásodást, és megfelelő kialakítás esetén közli annak helyét, a berendezés típusát, a hiba jellegét. Ezt a munkát általában az „O” szinten, szükség szerint végzik.

A hibamegelőző tevékenység, általában karbantartó jellegű, amit a repült időhöz, illetve az időjárás hatások ellensúlyozására, naptári időhöz kötik. Ennek tervezhetősége, valamint a karbantartások mélysége miatt megfelelő helye az „I” szinten van. Annak érdekében, hogy a karbantartási feladatok bonyolultságuk alapján, a repült és a naptári idő előrehaladásával követni tudják a repülőgép állapotának változását, egymásra épülnek. Ez azt jelenti, hogy pl. a 400 repült óra után végzendő karbantartás magában foglalja a 200 óra után végzendő munkák munkapontjait is, és így tovább. A hibamegelőző karbantartások időintervallumait tapasztalati úton határozzák meg és megfelelő időközök után, korrigálják.

A 2. ábrán látható, hogy az alapul vett 200 repült órák utáni ellenőrzések a leginkább indokolt feladatokat tartalmazzák, lényeges feladat növekedés a "D" szintű javítások esetén jelentkezik, amikor a repülőgépet mélyen megbontják.



2. ábra. Hibamegelőző karbantartás grafikonja [26]

## AZ ÜZEMBENTARTHATÓSÁG

Az üzembentartási munkák könnyű, vagy nehéz körülmények közötti végrehajtását a tervezés során döntenek el, amikor a berendezések elhelyezésénél figyelembe veszik (vagy sem), hogy azokat meghibásodás esetén cserélni kell. Ezért az egyik legfontosabb követelmény, a **hozzáférhetőség**. A repülőgépek tervezése során biztosítani kell, hogy a meghibásodott berendezéseket, könnyen, gyorsan cserélni lehessen. Ezt biztosítja a könnyű hozzáférhetőség. Ha a korszerű repülőgépek nyílás fedeleit szereszám nélkül, egy nyomógomb megnyomásával nyitni lehet, a berendezést gyorsan, szereszám nélkül oldható csatlakozó segítségével ki lehet szerelni, ez jelentős idő, és munkaerő megtakarítást jelent az „O” szintű kiszolgálásnál.

### A javításhoz szükséges átlagos helyreállítási idő

A hibák kijavításához szükséges átlagos helyreállítási időtartam<sup>1</sup> vonatkozik a teljes üzembentartó tevékenységre mind a hibamegelőző, mind a hibajavító tevékenység során. A javító tevékenységnél magába foglalja a hiba behatárolását,

<sup>1</sup> MTTR (Mean Time to Repair) – átlagos helyreállítási idő. [MSZ IEC 50(191):1992, p. 38.]

a berendezéscsere előkészítését, a berendezés cseréjét vagy javítását és végül a javítás utáni állapot ellenőrzést. Az MTTR mérőszáma a felsorolt részidők összege [6, 7]. A helyreállítás közepes idejének tartalmi összetevői

$$MTTR_i = R1 + R2 + R3 + R4 + R5 \quad (2)$$

ahol:

- R1 — előkészítési idő;
- R2 — hiba behatárolási idő;
- R3 — berendezéscsere ideje;
- R4 — különböző helyreállítások ideje;
- R5 — rendszer ellenőrzés ideje.

Minden egyes elem fenti időtartamát külön megbecsülik és ellenőrzik. A Svéd Gripenre a gyártó például a 1. táblázatban az alábbi értékeket adja meg:

1. táblázat	Átlagos helyreállítási idő [21]
„O” szintű munkánál	2,9 munkaóra
„I” szintű munkánál	2,3 munkaóra
„D” szintű munkánál	4,5 munkaóra

A **berendezéscsere időtartama** meghatározó paraméter. Értékének meghatározása a munkaidő normázásával, átlagnorma kialakításával történik. Korszerű repülőgépekre nemzetközileg elfogadott normaként „O”, és „I” szintű munkák egy repült órára jutó szüksége az MTTR-re 2,5 munkaóra.

## A tesztelhetőség

A repülőgép könnyű és gyors ellenőrizhetősége különösen fontos a starton, az ismételt feladatra történő előkészítések során. Ennek általában két, egymást kiegészítő formáját alakítják ki. Az egyik forma a külső szemrevételezés. Ekkor a repülőgép szerelője figyelmesen körüljárja a repülőgépet annak megállapítására, hogy nincs-e valahol deformálódás, folyadékszivárgás, repedés, vagy törés, illetve a felfüggesztett berendezések helyesen illeszkednek-e a repülőgéphez.

A második ellenőrzési folyamat a repülőgép fő kapcsolójával, a berendezések áram alá helyezése. A rendszerek elektromos táplálásának felkapcsolásakor minden esetben végrehajtásra kerül egy beépített teszt<sup>2</sup>, amely során ellenőrzi a rendszer elemeinek működőképességét, illetve az összeköttetést a perifériákkal.

<sup>2</sup> A beépített önellenőrzés funkciót a rendszerszámítógépben (System Computer) lévő program felügyeli és gyűjti a rendszerektől érkező állapotjeleket, melyek itt kerülnek értékelésre és összegzett formában jelentésre az alkalmazó részére. A beépített önellenőrző rendszer az úgynevezett „Safety Check” (SC) lehet automatikus, vagy kézi indítású.

Amennyiben valamely rendszerelem meghibásodása feltárássra kerül a beépített önkontrol segítségével, úgy a rendszer meghibásodása a repülőgépvezető fülke központi kijelzőjén<sup>3</sup> megjelenik.

Az ellenőrzés egy összegzett státuszjelentéssel zárul, mely szerint a repülőgép a repülési feladat végrehajtására alkalmas „Safety Check OK”, vagy a rendszer meghibásodást észlelt „Mission Critical Fault” esetleg a repülés biztonságra kihatással bíró hiba üzenet jelenik meg „Flight Safety Critical Fault” [8].

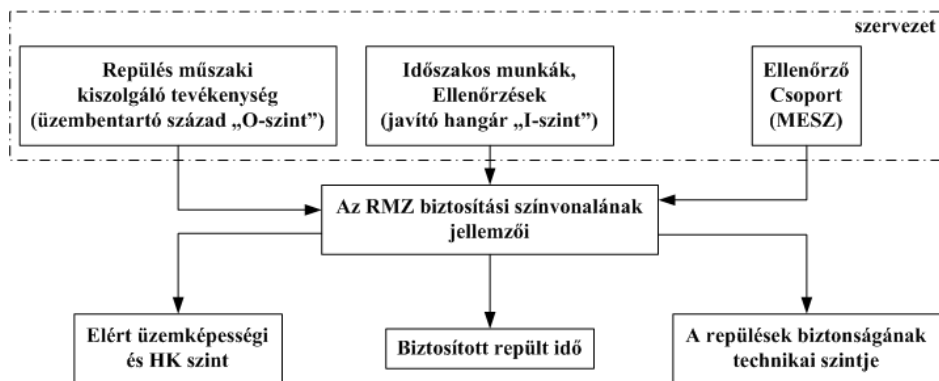
### A személyi állomány szükséglet

A munkavégző szervezet személyzetének vizsgálatával — kiválasztásával, kiképzésével, foglalkoztatásával — a munkalélektan foglalkozik, a munkahely berendezése, alkalmassá tétele a feladat elvégzése az ergonómia területére tartozik.

A repülőtechnikán végzett munka mindenki számára, aki közvetlenül érintkezik vele, felveti a felelősség — különösen nagy érték és az emberélet — iránti igényt. Ezért a probléma vizsgálatánál mindezen tényezőket figyelembe kell venni. Éppen emiatt a repülőtechnika üzemeltetését a követelmények oldaláról nem lehet egy szinten kezelni semmilyen más technikai eszköz üzemeltetésével [5].

### A szakemberek iránti igény

A repülőtechnikán valamennyi munkát a MH repülőcsapatoknál a Repülő mérnök-műszaki zászlóalj (RMZ) személyi állománya végzi. E tevékenysége során rendszeres, előírt kizsgáló- és ellenőrző tevékenység, valamint időszakos javítások és ellenőrzések sorozatával biztosítja a kívánt (elérhető) üzemképességi, harckészültségi, illetve repülésbiztonsági szintet, valamint a kiképzéshez, harc feladat ellátásához szükséges repült időt (3. ábra).



3. ábra. Az RMZ tevékenység funkcionális vázlatja [22]

<sup>3</sup> Central Display-n.

Tehát azt mondhatjuk, hogy az RMZ személyi állománya tevékenységének célja a repülőeszköz tulajdonságai közül a technikai feltételekkel biztosítható hatékonysági jellemzők maximumának a legalacsonyabb munka- és anyagi ráfordítás mellett történő fenntartása [5, 19, 20, 22].

A 3. ábrán látható, hogy repülő ezred szinten a repülőgépek üzemeltetésének megszervezésére, létre kell hozni olyan alegységet, amelyik kizárólag az „O” szintű üzemeltetési feladatokat hajtja végre. Ez az alegység helyileg a repülőgépek közelében települ, hozzá tartozik a repülőgépek álló, illetve tárolási helye, ami jelenleg bizonyos védeltséget biztosító fedezékekből áll. Itt történik a repülőgépek repülésre történő előkészítése, őrzése, tárolása. Innen történik kigurulásuk, vagy kivontatásuk a kiképzési, vagy harci feladatok végrehajtásához a startra, vagy indítási zónába.

Az indítási zónában történik a repülőgépek ismételt repülési feladatra történő előkészítése, illetve a repülési feladatok befejezése után a repülés utáni előkészítés és a fedezékbe történő visszavontatás.

Az „I” szintű üzemeltetési feladatok előkészítésére, szakműhelyekkel rendelkező hangár épület szükséges. A hangár azért fontos, mert az „I” szintű technológiai feladatok jelentős részénél a repülőgépet megbontják, ugyanakkor a belső tereket óvni kell az időjárás, vagy a környezet hatásaitól. A szakműhelyek felszereltsége, tegye lehetővé az előírt technológiai munkapontok végrehajtását.

Magyarországon, a polgári repülés területén alkalmazzák 2042/2003/EK rendeletben a PART–145 cím alatt Karbantartó szervezetre vonatkozó előírásokat (JAR-145). Ezen belül a fent már említett 21/1998 HM rendelet meghatározza „A gyártás, javítás és a karbantartás feltételeit”, melyek mind az „O”, mind az „I” szintű feladatok végrehajtására vonatkoznak.

Az ellenőrző tevékenység által gyűjtött adatok elemzésére, az eredmények alapján az üzemeltetési előírások helyesbítésének, az anyagbiztosítást érintő módosítások kidolgozásának elkészítésére adatfeldolgozó szervezetet kell létrehozni.

Azért, hogy az üzemeltető szervezet képes legyen az elé állított feladatokat maradéktalanul elvégezni, rendelkeznie kell a megfelelő szervezettel, létszámmal.

### ***A létszám***

A munka végrehajtásának színvonala nagymértékben függ az üzemeltető szervezet létszámától, melyet alapvetően meghatároz a szakképzettség megoszlása és annak szintje. Ez a fajta felosztás azért szükséges, mert egyrészt a különböző üzemeltetési munkák más és más szakképzettséget igényelnek (pl. gépész, elektromos, rádiótechnikai, fegyverzettechnikai stb.), másrészt a munka bonyolultsága meghatározza, hogy milyen képzettséggel rendelkező szakember képes annak elvégzésére [5, 22, 24].

A repülőezrednél alapvetően két feladatot kell jelenleg és a jövőben is végrehajtani, egyrészt a repülések kiszolgálását, másrészt az időszakonként esedékes átvizsgálásokat, karbantartásokat és javításokat. Mindkét esetben biztosítani kell a végrehajtás és az ellenőrzés függetlenségét, azaz szavatolni a minőséget. A munka végrehajtásához megfelelően felkészült szakállományra van szükség.

A különböző állománykategóriák<sup>4</sup> szakmai feladataik arányában képviselik a szervezetüket. Ezen feladatok elvégzésére kapacitásszámítást végzünk. A szükséges és rendelkezésre álló munkakapacitás egyensúlya adja a létszámok normalizálható szintjét.

A létszám a naptári idő függvényében rendelkezik bizonyos ingadozással (szabadság, betegség, szolgálat, vezénylések stb.). Ennek figyelése fontos, mert a – krónikussá váló, hosszú ideig tartó – létszámhiány túlterhelést okoz, amely rontja a munkafegyelmet, a technológiai fegyelem megsértését idézheti elő, ami csökkenti a repülések biztonságát.

### ***A személyi feltételek minőségi problémái***

A megfelelő létszám biztosítása, a munkavégzés személyi feltételeinek csak egyik oldala. A munkavégzés színvonala csak akkor éri el a követelmények szintjét, ha a létszámon belül megfelelő a munkaköri alkalmasság is. Ez alatt a személyiség azon tulajdonságait értem, hogy az adott munkaterületen képes a feladatok megfelelő ellátására.

Ma már tudományosan bizonyított, hogy nem minden ember képes mindenféle munka ellátására. Ennek legjobb példája, hogy a repülőgépek vezetésére csak kiváló fizikumú és egészségű személyek alkalmasak. Nem ennyire szemléletes, de bizonyítható, hogy a repülőtechnika üzemeltetését is csak megfelelő személyiségi jellemzőkkel rendelkező emberek tudják eredményesen végezni [5, 22].

Melyek ezek a jellemzők:

- *az alkati, fizikai és az egészségügyi alkalmasság:* A hivatásos katonákat és a szerződéses állományúakat is érintik az általános testi, fizikai állapot szint elvárásai, amit a kiképzettség- felkészítettség normaszint táblázatai rögzítenek. Az is megállapítható, hogy sem az eddigi mentális előéletünk és a szolgálati viszony létesítése előtti ez irányú állami szintű felkészítés még ma sem egymásra épülő, permanens folyamat. Ugyanakkor tények igazolják, hogy a fizikai tréning (edzettség) és az azzal párosított pszichikai felkészítés kulcsfontosságú szerepet játszik az átélt konfliktushelyzetek eredményesebb megoldásában, a személyi veszteségek csökkentésében. A fizikai felkészítés, kiképzés területén az új szövetségi rendszerben vállalt kötelezettségeink területén az elvárások következetesebb teljesülését kell elérnünk [15]. A repülőtechnika üzemeltetése alapvetően szabad ég alatt, az

---

<sup>4</sup> Mechanikus, technikus, mérnök, stb.

időjárás viszontagságainak kitéve történik, ez fizikai állóképességet igényel. A hajtóművek, berendezések ellenőrzése, próbája jelentős pszichikai és zajhatással jár. Eközben a munkavégző köteles megfigyeléseket, szabályozásokat végezni hibamentesen. A fizikai, pszichikai igénybevételből adódó megterhelést csak egészségileg alkalmas ember képes huzamos időn keresztül, minimális hibaszázalékkal végezni [5, 22];

- *az erkölcsi magatartás:* A repülőtechnikán végzett munka során alapvetők a következő tulajdonságok, mint a felelősségérzet, a szorgalom, az öntudatos munkafegyelem, a kötelelességtudat. A fegyelmezetlen, felelőtlen ember nagy veszélyt jelent a repülések biztonsága szempontjából. A fenti tulajdonságok hiányát esetenként egy-egy kirívó műszaki rendkívüli esemény – vagy *rendkívüli repülőesemény* (a katasztrófa<sup>5</sup>, a szerencsétlenség<sup>6</sup> és a sérüléskategóriák<sup>7</sup> együttesen) –, kivizsgálása során tárjuk fel, holott ezeket előzetes, alapos munkalélektani vizsgálat is feltárhatná, és akkor megelőzhetnénk a rendkívüli esemény bekövetkezését [25];
- *munkaköri rátermettség, adottságok, képességek:* Azok a készségek, melyek elősegítik a precíz, pontos munkavégzést. Ilyenek a nyugodtság, precizitás, a hibaelhárításnál kombináló készség, a memória- és időbeosztási képesség, koncentrálóképeség stb. Ezek született vagy az élet során kialakult képességek. Ezeket tanulással elsajátítani nehéz, ennek ellenére nagyon szükségesek a munkavégzés során. Ezen képességek hiányát is események, a technológiai fegyelem véletlenszerű megsértései hozzák felszínre. Több esetben kiderült, hogy a technológiai fegyelemsértés, nem rosszhiszeműségből, hanem a munkavégző szükséges képességei hiányából következett be;
- *a képzéssel és a tevékenységbeni jártassággal megszerezhető ismeretek:* ez alatt az oktatható és elsajátítható, pályánként és munkakörönként differenciált igényű általános-, szak- és helyi ismeretek összességét értem [22]. A repülőtechnikai eszközöket üzemeltető szakállománnyal szemben mindig is magasra állította a gyakorlati készségek mércéjét az emberi élet tisztelete, a nagy értékű technikai eszköz, a repülésbiztonság iránti felelősségérzet. Az elmúlt évtizedekben üzemeltetett repülőtechnika kiszolgálását végzők minden tekintetben, — időszakonként az objektív feltételek hiánya esetén is —

---

<sup>5</sup> *Légi katasztrófáról* beszélünk, ha a repülési tevékenység céljából a légi jármű fedélzetén tartózkodó személyzet vagy utasok közül akár egy is életét veszítette, vagy olyan súlyos sérülést, fertőzést, mérgezést stb. kapott, amely a fedélzet elhagyása után tíz napon belül a sérült halálát okozta [25].

<sup>6</sup> *Légi szerencsétlenségnek* tekintjük azt az eseményt, amelynek során a légi jármű olyan súlyosan károsodott, vagy olyan helyen hajtott végre – egyébként sikeres – kényszerleszállást, hogy annak felújítása, biztonságos, működőképes állapotának a helyreállítása műszaki vagy/és gazdasági okok miatt nem célszerű, illetve a kényszerleszállás helyéről gazdaságosan nem szállítható el [25].

<sup>7</sup> *Sérülésnek* nevezzük a légi jármű olyan meghibásodását, törését, amely után annak előírt rendeltetés szerinti állapota ismét visszaállítható [25].

igazolták felkészültségüket, kreativitásukat számos műszaki probléma megoldásában. Az utóbbi években átstrukturálódott a típusorientáltságú gyakorlati készség- és jártasság mértékének szintje. Az elérhető készségek, jártasságok követelményei továbbra is az értékrendben kialakított szinten kell maradjanak, miközben a tényleges ellenőrző, karbantartó tevékenységben a hangsúly a háttérelmélyítést biztosító diagnosztikai eljárást végrehajtó ellenőrző technikai eszközpark kezelésére tevődik át.

### ***A munkakörülmények, ergonómiai tényezők hatása a munkavégzésre***

Ezen alfejezetben belül azokra a problémákra mutatunk rá, amelyek befolyásolják a minőségi munkavégzést. Ezek a következők:

- *meteorológiai tényezők:* A repülőtechnika üzemeltetése nagyrészt szabad ég alatt történik, ezáltal úgy az ember, mint a repülőgép ki van téve az időjárás viszontagságainak. Ez kihatással van a munkavégzésre, mivel nagy mennyiségű, bonyolult műszerrel kell végrehajtani az ellenőrzéseket, szabályozásokat. Az időjárás hatását — eső, szél, por, fagy, erős napsütés<sup>8</sup> —, mely rongálja a repülőtechnikát, úgy lehet csökkenteni, ha:
  - a repülőtechnika nagyobb szétszereléssel járó ellenőrzését, javítását hangárban, szerelőcsarnokban végezzük;
  - a kiszolgálási tevékenység során szükségessé váló, kisebb megbontást igénylő javításhoz, ellenőrzéshez rendelkezünk merev vázas, vízhatlan, gördülő szerelősátrakkal, melyeket csapadékos időjárás esetén rá lehet tolni munkaterületre;
  - a repülőtechnikáról leszerelt berendezéseket, műszereket, úgy a kiszolgáló, mint a javító szerveknél a javításukhoz előírt feltételeket biztosító műhelyhelyiségekben javítjuk;
  - a nem üzemelő repülőtechnikát állandóan letakart állapotban tartjuk és óvjuk az esőtől, hótól valamint a napsugártól.
- *a zaj hatása:* A repülőtechnika zajszintje működés közben igen magas. Járó hajtóműnél, annak közelében a zajszint nagyobb mint 140 dB és fájdalomérzés lép fel a dobhártyán. A zaj hatása többirányú. Zavaró jellegénél fogva károsan befolyásolja a munkavégzők idegműködését, gátolja a beszéd útján történő érintkezést, ennél fogva csökkenti a munka hatásfo-

---

<sup>8</sup> A repülőgép borításáról a jeget csak meleg vízzel, vagy meleg levegővel szabad eltávolítani. A ráfagyott takarókat tilos leszakítani, mert megsérülhet a festékbevonat, így azokat levétel előtt meleg levegővel le kell olvasztani. Csapadék (eső, hó, stb.) esetén ki kell szellőztetni a repülőgép törzsének belső tereit. Különös gondot kell fordítani a tüzelőanyag feltöltésére, hogy csapadék ne kerülhessen a tartályba. Ilyenkor a feltöltő pisztolyon védőernyőt kell alkalmazni. A téli hajtóműpróba vagy indítás előtt gondosan fel kell takarítani, tisztítani a szívócsatorna előtti területet és megbízhatóan kell a féktuskókat rögzíteni. Különösen figyelni kell a repülőgép levegő-, fék-, fékernyő- stb. rendszereit, hogy be ne fagyjanak.

kát. A zaj okozta károsodások elkerülésére — amit csak megelőzni lehet, gyógyítani nem—, indokolt megfelelő zajvédő eszközök használata. Egyes munkavégzőknél a zaj félelemérzetet is kivált. Ha ehhez párosul a repülőtechnikán végzett munka nagy felelőssége, akkor az ilyen munkavégzők képtelenné válnak a munkavégzésre. Ez is indokolja a pályatükör alapján történő vizsgálat szükségességét;

— *a munkafeltételek hatása*: A fentebb említetteken kívül a repülőtechnika biztonságos üzemeltetését befolyásolja:

- **AZ IGÉNYBEVÉTEL SZINTJE**: Az összefüggő munkavégzés időtartama és annak során a fáradtság ellensúlyozására, a pihenés biztosítása. A biztonságos, technikailag megfelelően előkészített repülés csak akkor lehetséges, ha biztosítani tudjuk a személyi állomány megfelelő pihentetését, hogy ne lépjen fel fáradtság, a figyelem eltompulása, hibás tevékenység a repülőtechnikán végzett munka során. Ezt egyrészt a műszaki munkák helyes szervezésével, ellenőrzésével, másrészt a munka és pihenési feltételek biztosításával tudjuk megoldani;
- **A MUNKAVÉGZÉS TECHNOLÓGIAI SZÍNVONALA, MŰSZERETTSÉGE**: A korszerű repülőgépgyártás arra törekszik, hogy az ellenőrzési, előkészítési folyamatokat automatizálja, gyorsítsa és pontosabbá tegye. A mai korszerű repülőgépeken a rendszerek nem előírással állapotát megmutató paramétereket a repülőgéphez csatlakoztatható mozgó laboratórium számítógépe vizsgálja és a már nem előírással értékű berendezéseket, a meghibásodást jelző paraméterrel együtt kiírja. Ez jelentősen lecsökkenti és megkönnyíti az üzemeltető személyi állomány munkáját, az ellenőrző, hibajavító tevékenységet. Tehát a személyi állomány munkájának megkönnyítése, az ellenőrzések szakszerűségének fokozása, a munkafeltételek javítása, a repülések technikai biztonságának növelése egyaránt igényli a munkavégzési technológia színvonalának, műszerezettségének növelését.

## Földi kiszolgáló eszközök<sup>9</sup>

A repülőgépek ellenőrzéséhez, javításához többféle földi berendezés szükséges. Korábban ezek döntő része önjáróan, tehergépkocsik felépítményében volt elhelyezve, jelenleg egy részüket már a repülőgép fedélzetén működő berendezésekkel helyettesítették (JAS-39)<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> GSE, Ground Support Equipment — Földi kiszolgáló berendezések.

<sup>10</sup> A Gripenen alkalmazott megoldások megközelítik az elvárhatót.

A földi kiszolgáló eszközök úgy kerültek kifejlesztésre, hogy azokat viszonylag kis számú személyzet legyen képes mozgatni, illetve hadműveleti alkalmazás esetén légi úton is könnyen szállíthatóak legyenek [8].

Kritikus és nagyméretű elem a földi energiaellátó és hűtőlevegő termelő egység. Ennek szállítása közúton vagy vasúton biztosítható. Az alkalmazása azonban kompromisszumosan mellőzhető, hiszen az indító és segédhajtómű nem rendelkezik olyan szűk üzem és ciklusidő paraméterekkel, mint a MIG-29 típusú repülőgép indítóhajtóműve.

A műszaki kiszolgálás viszonylag kisszámú mérő és ellenőrző berendezést tartalmaz, hiszen a beépített önellenőrző rendszer nagyon sok olyan funkciót átvesz, amelyeket korábban költséges tesztberendezésekkel lehetett végrehajtani. A korábban üzemeltetett típusok esetében számos ellenőrző berendezés hitelesítése, javítása, karbantartása további terhet rótt a rendszerre és jelentős erőforrásokat vont el. Jelenleg is komoly feladatot jelent a MIG-29 típusú repülőgépek kiszolgálási rendszerébe tartozó MOBIL KOMPLEX kocsik javítása, hitelesítése.

A Gripen repülőgép kiszolgálási rendszere az üzemanyag kezelés kivételével mellőzi gépjárműre telepített aggregátokat, folyadék és gázutánpótlást biztosító rendszereket.

Az összes eszköz, amely a repülőgépek repülési zónában történő kiszolgálásához szükséges az egy egytengelyes utánfutón került készletezésre. A speciális kenőanyagok feltöltéséhez szükséges eszközöket egy ember képes mozgatni és nem igényelnek elektromos, vagy túlnyomásos energiaforrást a rendszerek feltöltéséhez. A speciális gázok (oxigén, nitrogén) feltöltésére egypalackos rendszerek szolgálnak.

Minden nehezebb rendszerem a kézcsohlók segítségével mozgatható, még az RM-12-es hajtómű is melynek mozgatásához 3 csörlő elegendő. Ugyanazon csörlők kerülnek felhasználásra a fegyverzet, póttartály függesztéséhez, illetve a hajtómű és segédhajtómű ki-, beépítéséhez.

A sűrített levegő előállításához egy kompresszor, illetve egy reduktor, töltő egység kerül alkalmazásra.

Az oxigénpalackok feltöltésére pedig egy folyékony oxigénből 300 bar nyomást előállító egység alkalmazható. A repülőgép fedélzeti oxigén szükségletét az (OBOGS) fedélzeti oxigén előállító rendszer biztosítja. Ebből adódóan a szinte minden feladatot követő oxigéntöltés gyakorlata itt megváltozott és csak alkalmanként válik szükségessé a tartalék oxigénpalack töltése.

Ezáltal az ilyen rendszerekkel ellátott repülőgépek kevésbé függenek a repülőterek felszereltségétől. Tábori, széttelepített szükség repülőterekről is üzemeltethetők.

## **Ismételt felszálláshoz történő előkészítés**

A katonai repülőgépeknél ennek az időtartama azért fontos, mert adott mennyiségű rendelkezésre álló repülőgépszám esetén minél rövidebb az ismételt előké-

szítésre fordítandó idő, időegység alatt annál több időt tölthet a repülőgép levegőben. Ez azt is jelenti, hogy több harci feladatot tud végrehajtani.

Ez az üzemeltetési jellemző fontos a polgári repülésnél is, mivel az előkészítési idő minimálisra csökkentése itt is lehetővé teszi több szállítási feladat végrehajtását egy adott időszak alatt.

Katonai repülőgépeknél arra törekszenek, hogy harci feladatonként meghatározzák az ismételt felszállásra fordítható időtartamot, ami alatt nem csak a repülőgép üzemanyaggal, gázokkal, egyéb a működést biztosító anyagokkal való feltöltését értik, hanem a harc feladathoz szükséges rakéták, felderítő, zavaró, irányító stb., berendezések felszerelését is. Az így meghatározott normaidők a repülőgép képességeit jellemző paraméterek közé tartoznak.

A Gripen típusú repülőgép egy teljes vadász harc feladatra történő ismételt előkészítése – amely magába foglalja a tüzelőanyag feltöltést, kiszolgálást, repülés utáni és repülés előtti ellenőrzéseket, a gépágyú lőszer betöltését, stb. – minimális földi kiszolgáló berendezés felhasználásával 10 percnél kevesebb idő alatt végrehajtható 5 fő szerelőből álló csoport részéről egy technikus tiszt felügyelete mellett. Földi támadó harc feladatra történő ismételt előkészítés 21 percnél kevesebb idő alatt végrehajtható 6 szerelőből álló csoport részéről. A kiképzési feladatra történő ismételt előkészítést – átfegyverzés nélkül – 2 szerelő képes végrehajtani 10 percnél kevesebb idő alatt [21].

## **A repülőgép ellenőrizhetősége, annak hatékonysága**

A harci repülőgép típusok jelentős részénél alkalmazzák a hibamegelőző üzemeltetési formát. Ennek feladata biztosítani, hogy a meghibásodások, melyek veszélyeztethetik a repülés biztonságát, vagy csökkenthetik a hadrafoghatóságot, azok ne forduljanak elő. Ez az üzemeltetési módszer növeli a munka ráfordítási igényt, csökkenti a készenléti szintet, és növeli a költségeket.

Az állapot szerinti üzemeltetési filozófia alkalmazza a korszerű beépített önellenőrző rendszert, és a folyamatos működésfigyelést. Ezáltal minimumra csökkenti a teljes üzemeltetési tevékenységet. A repülések során az adatfigyelő és az üzemeltetési paramétereket rögzítő rendszer lehetővé teszi a berendezések meghibásodásának előre jelzését. Ezáltal lehetőség van a hibamegelőző tevékenység mennyiségét minimumon tartani.

Ez a rendszer elemezhető az MSG-3-hoz tartozó Megbízhatóság Központú Üzemeltetés módszerével, ami nemzetközi szabvány a kereskedelmi repülőgépipar területén [1, 9, 10, 11, 19, 20, 21, 23].

Az MSG-3 szerint a konkrét típusra történő karbantartási eljárás kidolgozásánál elsőként – a repülésbiztonsági szempontoknak megfelelően – valamennyi szerkezeti elemet és berendezést lényeges illetve nem lényeges kategóriába so-

rolnak. Anyagi okokból és az időmegtakarítás érdekében az elemzést csak a szerkezetileg, valamint karbantartás szempontjából jelentős egységre végzik el. Az első csoportba a sárkányszerkezet kifáradásnak, korrózióknak és véletlenszerű sérülésnek kitett, többnyire egytagú egységei, a másodikba azok a rendszerint összetett rendszerek tartoznak, amelyek a gépről leszerelhetők és meghibásodásuk hatása:

- meghatározó a repülés biztonságára (földön és levegőben);
- nem érzékelhető üzemelés közben;
- jelentősen befolyásolja az üzemeltetési költségeket;
- az üzemeltetést nem befolyásolja, de kedvezőtlenek a gazdasági következményei.

A karbantartási eljárás meghatározásához használatos, fokozatosan terebélyesedő logikai diagramot készítettek el, hogy felülről lefelé haladva „igen” vagy „nem” válaszok határozzák meg az elemzés útját.

Az elemzés a célszerűen megválasztott és megbízhatóan mérhető műszaki adatok szerinti tényleges meghibásodások és hiba okok szerinti elemzési technikán alapul, amelyben:

- kijelölik a karbantartás szempontjából jelentős egységeket;
- meghatározzák minden egység:
  - rendeltetését (normál és jellemző működését);
  - tényleges meghibásodását (működésképtelenné válásának feltételeit);
  - meghibásodásának okait.
- megállapítják a szükséges karbantartási eljárást és azok végrehajtási gyakorlatát, úgy meghatározva a gazdaságossági, illetve biztonsági hatású előírásokat, hogy teljes karbantartási előírás legyen összeállítható.

Az MSG–3 nagyszámú tapasztalatainak felhasználásával az MSG–4 rendszerben az ismétlődő analóg kérdések helyett minden kérdést csak egyszer tesznek fel. Az első szint kérdése azon szerkezeti elemek vagy rendszerek kiválasztására irányul, amelyekre karbantartást, javítást kell tervezni. Amennyiben az adott szerkezeti elem vagy berendezés meghibásodása nem csökkenti a repülés biztonságát, hatékonyságát, illetve nem késlelteti a feladat megoldását, akkor a karbantartás, javítás szempontjából nem lényeges kategóriába kell sorolni és ilyen tevékenységet nem is kell tervezni rajta.

Az egyetlen különbség a tényleges nyilvánvaló és rejtett meghibásodások alkalmazásával végzett munkák között az, hogy csak az utóbbiak feltárása van tervezve.

*Tehát* a módszer biztosítja az irányt a repülőgépek tervezésénél, és ha az elemzés esetleg elfogadhatatlan következtetést ad bizonyos meghibásodások behatárolására, a tervezés során kiterjesztik a beépített önellenőrző rendszer feladatait.

Annak érdekében, hogy csökkentsük a hibajavító üzembentartás követelményeit, szintén a tervezés során kell elemezni a feladatokat. Az alacsony meghibásodási ráta megvalósítása a korszerű technológia és anyagok kifejlesztésével

történik. Az egyik legfontosabb jellegzetesség, ami hozzájárul az alacsony meghibásodási ráta eléréséhez az, hogy a végrehajtási funkciók nagy száma mechanikus ellenőrzések helyett szoftverek segítségével történik.

### A beépített önellenőrző rendszer

A beépített önellenőrző rendszer tervezése során a fő célok [16]:

- a repülésbiztonság érdekében végrehajtani a biztonsági ellenőrzéseket;
- minimumra csökkenteni a földi javítások időszükségletét;
- minimumra csökkenteni a hibamegelőző javítások időtartamát;
- minimalizálni a szükséges földi kiszolgáló berendezéseket;
- minimalizálni a szükséges földi személyzet létszámát;
- felgyorsítani és egyszerűsíteni a hibák észlelését és helyük behatárolását.

Ezeket a követelményeket érvényesíteni kell minden alrendszer minden berendezésére.

## AZ ANYAGELLÁTÓ RENDSZER LOGISZTIKAI ELVE

Amint az 1. ábrán bemutattam, a fenntarthatóság meghatározója a kialakított logisztikai rendszer elemzése, amelyet az alábbi tényezők biztosítják.

### **Az optimális tartalék alkatrész készlet kialakítása.**

Az teljesen nyilvánvaló, hogy túl kevés tartalék alkatrész raktározása nehezíti az üzemkéesség helyreállítását, csökkentheti a fenntartható üzemkéesség szintjét. A tartalékkészletek túlméretezése pedig indokolatlanul növeli a fenntartási költségeket.

Az alkatrészek, berendezések egy része **saját javításközi üzemidővel rendelkezik**, ilyenek a hajtóművek, különböző fő berendezések, ezek cseréjének tervezése egyszerű. Más anyagok működési leszállási szám alapján tervezhetők. Ilyenek a futó ballonok, fékernyők, stb., Vannak **szerkezeti elemek, melyek kopás, elhasználódás alapján kerülnek cserére**, ilyenek például a fékbetétek.

Ezekre az anyagokra, alkatrészekre, berendezésekre üzemidő, vagy működési szám kimutatást kell készíteni repülőgépenként, azokat napra készen vezetni, és előre meghatározott tervezési időszakonként a pótlásukat megigényelni, beszerezni.

A többi, **üzemidővel nem rendelkező**, illetve a repülőgép üzemidejével megegyező javításközi üzemidővel rendelkező berendezésre a már említett meghibásodások gyakorisági elemzési módszerének segítségével, az állapot folyamatos figyelésével kell a tartalékkészletet kialakítani, illetve a tapasztalati adatok gyűjtése alapján módosítani.

Ha figyelembe vesszük, hogy az (1) egyenlet alapján, a repülőgépen csak véletlenszerű meghibásodások következnek be, tehát azok intenzitása állandó és egyenlő a közepes működési idővel, akkor felírhatjuk:

$$T_{\text{közepes}} = \frac{\sum T_{re}}{n_{\text{megh.}}} \quad (3)$$

ahol:  $\sum T_{re}$  - repülési idő;

$n_{\text{megh.}}$  - meghibásodások száma.

Példaként építsük fel a két meghibásodás közötti repült idő (MTBF) és a meghibásodások intenzitása függvényében a repülőgép működését jellemző adatsort, melynek segítségével az anyagtervezés megoldható (2. táblázat). Vegyünk alapul 1 000 000 repült órát a számlálóban, mint az összes meghibásodás teljes bekövetkezési időtartamát.

2. táblázat Az MTBF meghatározásának módszere [12, 13]

Sorszám	Anyag, rendszer megnevezése	MTBF	Meghibásodások viszonyosszáma
1	Sárkány szerkezet	59	17 056
2	Katapult és oxigén rendszer	420	2379
3	Futóművek	119	8435
4	A Repülőgép vezérlése	115	8676
5	Hidraulika rendszer	143	6977
6	Fülketápláló rendszer	194	5164
7	Tüzelőanyag rendszer	209	4791
8	Segédhajtómű	160	6243
9	Elektromos táplálás, világítás	204	4904
10	Gépágyú és fegyver rendszer	180	5548
	<b>A repülőgép szerkezetre</b>	<b>14,3</b>	<b>70 147</b>
1	RM-12 Hajtómű	106	9439
2	Hajtómű berendezései	3425	292
	<b>A hajtóműre</b>	<b>102,8</b>	<b>9731</b>
1	Számítógép rendszer	102	9797
2	Repülési és navigációs rendszer	144	6927
3	Kommunikációs rendszer	255	3923
4	IFF rendszer	418	2391
5	Célzó és felderítő rendszer	71	14 051
6	Elektronikus ellentévékenység	500	2000
7	Kijelző és vezérlő rendszer	93	10 797
8	Adatrögzítő	8224	122
9	Fegyverzet célba juttatás	1029	972
	<b>Elektromos rendszerek</b>	<b>19,6</b>	<b>50 980</b>
	<b>Mindösszesen</b>	<b>7,62</b>	<b>130 885</b>

Ez a táblázat lehetővé teszi a véletlenszerűen meghibásodó berendezések szükségletének meghatározását, a rendszereken belüli további felbontást, és minden önállóan

cserélhető berendezésre a szükséges alkatrész mennyiség meghatározását a tervezett éves repülési idő függvényében. Ezen kívül lehetővé teszi a repülőgép minősítését a fenntartható üzemképességi szint, vagyis a meghibásodási ráta alakulása alapján.

## AZ ÜZEMKÉPESSÉG FENNTARTÁSÁHOZ SZÜKSÉGES TARTALÉK ALKATRÉSZ KÉSZLET

A fentiek alapján tehát az üzemidővel rendelkező berendezéseket a saját üzemidejük alapján, a kopás, paraméter eltérés alapján meghibásodó berendezéseket az időközönkénti karbantartásoknál feltárt adatoknak megfelelően kell tervezni. Végül a véletlenszerűen bekövetkező meghibásodásokat a 2. táblázatban bemutatott módszer alapján.

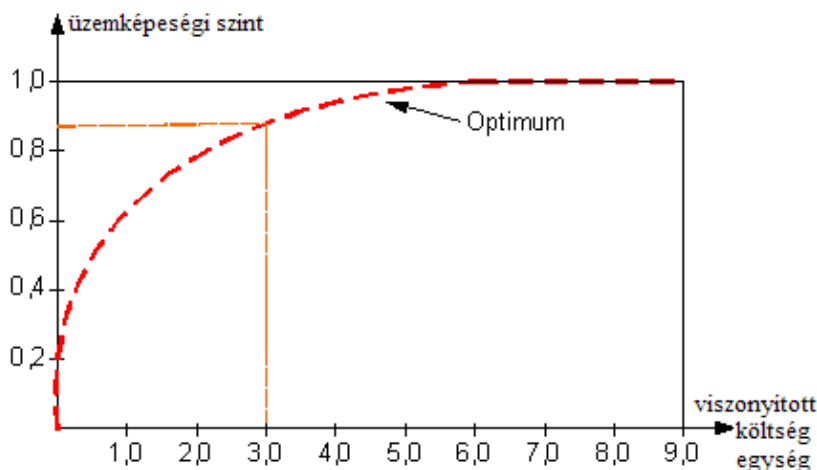
Annak érdekében, hogy az üzemképességet az előírt maximális szinten tudjuk tartani, és ezzel egy időben a készletekkel kapcsolatos költségek szintje a lehető legkisebb legyen az alábbi számítást kell elvégezni:

- határozzuk meg a tervezett éves repült időt az adott típusú repülőgép parkra. Pl.: 120 repülési óra\*14 repülőgép=1680 óra.
- az éves repülési idő alapján meghatározható az üzemidővel ellátott berendezések, mikor kerülnek cserére. Új repülőgépeknél ez több évet is jelenthet.
- a kopás alapján cserére szoruló berendezéseknél a gyártó bizonyos irányszámot a legtöbb berendezésre megad. Pl. futóköpenyekre a leszállások számát, fékbetétekre szintén a nagy igénybevételt jelentő leszállások számát.
- a véletlenszerűen meghibásodó berendezésekre pedig az MTBF alapján szintén meghatározzuk a várható cseréket.

Ezen adatokból fel tudjuk építeni, hogy azok beszerzésének költsége, az üzemképességi szint százalékos fenntartásának növelésével milyen arányosság szerint emelkedik.

A tartalék alkatrész igények meghatározhatók a fentebb leírtak alapján. Ebből kiindulva megválasztható különböző típusú alkatrészek optimális készletgazdálkodási stratégiája, amely biztosítja a készletekkel kapcsolatos minimális költség szintet.

Mint az a 4. ábrán látható, ha a kötelezően fenntartott üzemképességi szint alacsony, a szükséges költségek is alacsonyak. Ha a szükséges üzemképességi szint magas a költségek is nőnek. Ezért nem mindegy, hogy milyen az előírt üzemképesség szintje. Mivel bizonyos minimális számú (1-2) repülőgép mindig tervszerű karbantartáson van, ezért az átlagos üzem, illetve harckészültségi szintet 85-90%-ban célszerű meghatározni.



4. ábra. A tartalék alkatrészek optimumának meghatározása [26]

Általában a repülőgépek beszerzésekor a gyártó felajánl a vevőnek egy tartalék alkatrész készletet. Ez a beszerzett repülőgépek árának általában 20%-a, és biztosítja az üzemeltetés anyag szükségletét legalább két év időtartamra. Ezt láttuk 1993-ban, amikor a MIG–29 típus beszerzésre került, és az anyagihiányok 1998-tól kezdtek élesedni.

A Gripen esetében más a helyzet, mivel itt nem vásárlás, hanem lízingelés történt, ami azt jelenti, hogy a szerződött 10 éves időtartamra, ha nem lépjük túl a 16 000 repülési óra/14 repülőgép szerződött értéket (évi 114 repülési óra/repülőgép), akkor a tartalék alkatrészek és anyagok ára a lízing árában benne van. Csak 10 év után, a repülőgépek megvásárlásától kell az anyagbiztosítást megoldani. Ezért a fenti kimutatás, anyagigénylés elkészítésénél lehetőség lesz a számított paraméterek korrekciójára a tíz év alatt összegyűjtött adatokkal.

Az üzemeltetést jellemző adatok gyűjtése során az alábbi 3. táblázatot tudtam összeállítani, melynek alapján több paraméter figyelembe vételével a különböző repülőgép típusok egymással összehasonlíthatók. Az egyik legfontosabb paraméter, aminél a Gripen kiugróan magas értéket mutat az MTBF. Szintén fontos, az üzemeltetés lehetőségeit mutató paraméter a meghibásodások helyreállításához szükséges idő.

Miután elemeztem azon repülőgépek üzemeltetését, melyek tervezésénél az állapot szerinti üzemeltetéshez szükséges berendezéseket a repülőgépbe beépítették, illetve az üzemeltetés elméleti és gyakorlati kérdéseit a repülőgépek dokumentációiban rögzítették, most rátérek az „üzemidő, naptári idő alapján üzemben tartott repülőgépek” üzemeltetési rendszerének korszerűsítésére, az állapot szerinti üzemeltetésre történő átállás megvalósítására.

3. táblázat

Az üzembentartási paraméterek összehasonlítása

Üzembentartási jellemzők	F-15	F-16C Block 50	F/A-18C	Mirage 2000	MIG-29B (MIG-29M)	TORNADO	JAS-39	EFA	F-22
Ismételt felszálláshoz előkészítés közepes ideje [perc]	35	27		29	30	32	10	10	15
Üzemeltetési készenlét fok <sup>11</sup> (A <sub>0</sub> x100) [%]	85	88	85	90	90		91	87	90-92
Egy repült óra kiszolgálásához szükséges munkaerő ráfordítás MMH/FH [fő óra/rep. óra]	15	8,2	9,8	11,5	17,6 (11,6)	33	5,2	9	8,7
Egy meghibásodásra eső repült idő MTBF [rep. óra]	2,7	4,1	3,3	6	3	2,4	7,5	9	5
sárkány összüzemideje [rep. óra]	8000	7000			2500		4000	6000	
ismételt felszálláshoz történő előkészítés ideje [perc]		45			20		10	25	

## EREDMÉNYEK, KÖVETKEZTETÉSEK

Ebben a cikkben megvizsgáltam az üzembentartás szintjeit, szervezeti elemeit és a tevékenységet befolyásoló tényezőket.

Ezek eredményeként megállapítom, hogy:

- a repülőtechnika teljes élettartama alatt a készenlét szint és a fenntartási költségek közötti „egyensúlyt” az üzembentartó tevékenység tartja fenn.
- a maximális üzemképesség nem csak a megbízhatóság és az üzembentartási tevékenység, hanem a fenntartási rendszer együttes képességének eredménye.
- a tevékenység során fenntartható üzemképesség mértéke, az egész rendszer hatékonyságának fokmérője, és ezért függ az üzembentartás szervezetétől.
- a korszerű beépített önellenőrző rendszer, és a folyamatos működésfigyelés (repülések során az adatfigyelő és az üzembentartást rögzítő rendszer) minimumra csökkenti a teljes üzembentartási tevékenységet.
- a szoftverek segítségével történő végrehajtási funkciók nagy száma hozzájárul az alacsony meghibásodási ráta eléréséhez.

<sup>11</sup> A MIL-STD-778B szabvány szerint azt fejezi, hogy az adott repülőeszköz valós körülmények között milyen valószínűséggel üzemeltethető meghibásodás nélkül egy meghatározott, időintervallumban [2, 3, 4, 29].

Az üzemeltetéshez szükséges személyi állományt, részben a speciális szak-képzettségi igény, részben a technológiában előírt feladatok norma igénye alapján határozhatjuk meg. Repülőgépeknél a szakterületek az alábbiak:

- sárkányszerelő, vagy mérnök;
- hajtóműszerelő, vagy mérnök;
- elektromos berendezés szerelő, vagy mérnök;
- elektronikus berendezés szerelő, vagy mérnök;
- fegyver berendezés szerelő, vagy mérnök.

A kialakításra kerülő szervezet létszáma legyen képes a repülőtechnika ellenőrzéséhez és javításához szükséges földi berendezések működtetésére, a technológiák normaidő alatti végrehajtására. A szerelők rendelkezzenek a törvényekben előírt szakszolgálati engedélyekkel. A szervezet egészében, minden szakterületen legalább egy mérnöki képzésű szakember szükséges.

Bemutattam az üzemképesség biztosításának összetevőit, rendszereztem és összefoglaltam a két meghibásodás közötti repült idő (MTBF) és a meghibásodások intenzitása függvényében a repülőgép működését jellemző adatsort, melynek segítségével az anyagtervezés megoldható.

Az elvégzett vizsgálatok eredményeként megállapítom, hogy:

- a véletlenszerűen meghibásodó berendezések szükségletének meghatározását, a rendszereken belüli további felbontást, és minden önállóan cserélhető berendezésre a szükséges alkatrész mennyiség meghatározását a tervezett éves repülési idő függvényében a bemutatott módszerrel kell tervezni;
- a fenntartható üzemképességi szint, vagyis a meghibásodási ráta alakulása lehetővé teszi a repülőgép minősítését.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- 1 Airline/Manufacturer Maintenance program development document MSG-3, ATA, revision 2, September 12, 1993.
- 2 **Békési, B.** Követelményrendszer új harcászati repülőgép kiválasztásához Szolnoki Tudományos Közlemények IX. A tudomány napja, Szolnok, 2005. nov. 10. (CD-ROM).
- 3 **Békési, B. – Szilvássy, L. – Szegedi, P.** Új repülőgépek kiválasztásának néhány szempontja. Doktoranduszok I. Jász-Nagykun-Szolnok Megyei Tudományos Konferenciája, ZMNE BJKMFK Repülőműszaki Intézet, Szolnok, 2002. nov. 08. (CD-ROM).
- 4 **Békési, B. – Szilvássy, L. – Szegedi, P.** Harcászati repülőeszközök modernizációjának kritériumai. Bolyai Szemle különszám, ZMNE BJKMFK Budapest, 2002. nov. 04.
- 5 **Békési, B.** Az üzemeltető tevékenység személyi, ergonómiai, munkalélektani összefüggéseinek tanulmányozása. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2001/2. pp. 145-154.
- 6 **Békési, B.** A rendszerbiztonsági-program követelményei. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2000/3. pp. 83-90.
- 7 **Békési, B.** System Safety Program Requirements. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2000/1. pp. 41-50.
- 8 **Csóke, Z. – Pogácsás, I.** Új technológia – új elvek az üzemeltetésben. Repüléstudományi Közlemények különszám, Szolnok, 2006. április 21. (CD-ROM).

- 9 **Dag Hemberg:** Gripen Reliability. Saab Military Aircraft, 1998. 06. 02.
- 10 **Dag Hemberg:** System Safety and Reliability, Saab Military Aircraft, 1998. 06. 02
- 11 **Dag Hemberg:** Gripen System Safety Program, Saab Military Aircraft. 1998. 06. 02
- 12 **Dag Hemberg:** EBS Gripen. Assumptions for Prediction of Mean Time Between Failures, MTBF. Saab Military Aircraft. 1998. 04. 21.
- 13 **GRIPEN VS F-16** A Comparision SAAB gyári kiadvány, 1996.
- 14 Gripen News, The magazine of Saab-BAE Systems Gripen AB, June 2001.
- 15 **Keszthelyi, Gy. – Buzai, L.** Az MH repülőcsapatai logisztikai biztosításának lehetőségei, különös tekintettel a szakember utánpótlás kérdésére. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2000/2. (125–140) o.
- 16 **Knezevic, J.** Systems Maintainability Analysis, Engineering and Management Chapman & Hall, London, 1997. pp. 22-38, 88-95, 151-159, 165-172, 181-193.
- 17 **Kövári, L.** Saab JAS-39 C/D „Super Gripen”, Top Gun magazin, 2001/4. pp. 18-23.
- 18 MSZ IEC 50(191), Megbízhatóság és szolgáltatás minősége, 1992. pp. 37-38.
- 19 **Dr. Óvári, Gy.** A Magyar Honvédség repülőeszközei típusváltásának és üzemeltetésének lehetőségei gazdaságossági-hatékonysági kritériumok, valamint NATO csatlakozásunk figyelembevételével. A légierő fejlesztése tanulmánygyűjtemény, Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1997. (9-117) o.
- 20 **Dr. Óvári, Gy.** Korszerű harcászati repülőgépek műszaki üzemeltetésének sajátosságai és gazdasági-hatékonysági kérdései. A harcászati repülőgépek fejlesztésének szükségessége és lehetősége. Konferencia előadás gyűjtemény, Magyar Hadtudományi Társaság, Budapest, 1998. (33–70) o.
- 21 **Peták, Gy. – Szabó, J.** A Gripen. Petit Real könyvkiadó, Budapest, 2003. pp. 30-45, 67- 72, 76- 85, 88-92.
- 22 **Dr. Peták, Gy.** A repülőtechnika üzemeltetése és javítása. Főiskolai jegyzet. KGYRMF, Szolnok, 1981. pp. 8-12, 35-64, 116-125,
- 23 **Dr. Pokorádi, L.** Karbantartás elmélet. Elektronikus tansegédlet. <http://infosrv.tech.klte.hu/~pokoradi>, pp. 1-2, 5-11, 32-36, 96.
- 24 **Pokorádi, L.** Repülőgépek üzemeltetési folyamatainak markovi modellje, Kandidátusi értekezés, MTA DT., Budapest, 1996. pp. 12-14, 61-71.
- 25 **Rohács, J. – Simon, I.** Repülőgépek és helikopterek üzemeltetési zsebkönyve, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989. pp. 13-18, 21-25, 87-92, 98-110, 345-347.
- 26 SAAB 39 HU Gripen. A new Generation Fighter Aircraft. Proposed logistics and training concept. Saab Military Aircraft. 1996.03.20.
- 27 **Szabó, J.** A magyar légierő és a típusváltás. Hadtudomány, Budapest, 2004/1. pp. 39-52.
- 28 Technical Description Overview, JAS-39 Gripen, Saab AB Gripen and British Aerospace Military Aircraft & Aerostructures, August 1998, JJS071-00-MD:00013 F/ISC
- 29 USA MIL–STD 478/778B/882 szabványgyűjtemények