

NYÍREGYHÁZI FŐISKOLA

MŰSZAKI ÉS MEZŐGAZDASÁGI KAR

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI ÉS INFOTECHNOLÓGIAI TANSZÉK

NYÍREGYHÁZA

A fáradtság hatása a pilóta teljesítőképességére

Tudományos Diákköri Dolgozat

Készítették: Janovits Dorottya, közlekedésmérnöki (légi-hajózó) szak, IV. évfolyam

Kovács Gergő, közlekedésmérnöki (légi-hajózó) szak, IV. évfolyam

Témavezetők: Dr. Hardicsay Gábor, hatósági főorvos

Szelestey Gyula, ny. főiskolai docens

2013.

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés.....	1
2. Szakirodalom feldolgozás	3
3. Fáradtság fogalma, értelmezése	5
3.1. Statisztikai elemzések, következtetések	6
3.2. Fáradtság fajtái, befolyásoló tényezők	7
3.3. Éberséget/álmosságot befolyásoló elsődleges tényezők	8
3.3.1. Éberséget/álmosságot befolyásoló egyéb tényezők	10
4. Cirkadián ritmus értelmezése	13
4.1. Jet lag fogalma	14
4.1.1. Jet lag a hosszútávú pilóták körében	15
4.2. Shift lag fogalma	16
4.2.1. Disszonancia a biológiai óra és a környezeti jelzések között.....	16
4.2.2. Átállás éjszakai munkabeosztásra	18
5. Fáradtság elleni stratégiák	19
6. A vizsgálat bemutatása.....	21
6.1. A szimulátoros feladat leírása	22
6.2. A szimulátoros mérés menete	23
7. Cselekvésvizsgáló eredmények értékelése	27
7.1. Első jelölt eredményeinek értékelése	27
7.2. Cselekvésvizsgáló eredmények összefoglalása.....	28
8. Szimulátor eredmények összehasonlítása, értékelése	30
8.1. Első jelölt eredményeinek értékelése	30
8.2. Második jelölt eredményeinek értékelése	31
8.3. Összefoglaló értékelés.....	33
8.4. Statisztikai számítások bemutatása	36
8.4.1. Magasságtól való átlagos eltérések értékelése	37
8.4.2. Iránytól való átlagos eltérések értékelése	39
8.4.3. Vízszintes szakaszokon az átlagos magasságingadozások értékelése.....	42
8.4.4. Emelkedésnél/süllyedésnél az előírt magasságváltozástól való átlagos eltérések értékelése	44
8.4.5. Végeredmények értékelése.....	47

9. Összegzés	50
Irodalomjegyzék.....	51
Ábrajegyzék	53
Mellékletek.....	54

1. Bevezetés

A fáradtság a modern repülés legnagyobb problémája. A média a 2000-es évektől fektet nagy hangsúlyt erre, ugyanis egyre több légi katasztrófa következik be emiatt. Azonban a fáradtság nemcsak most, hanem régebben is nagy problémát jelentett mind a katonai, mind a civil repülésben. Körülbelül 15-20%-ban tényezője a repülési baleseteknek, ezért felismerése rendkívül fontos, ugyanis nincsenek előjelei és objektív módon mérni sem lehet. Nagyon nehéz definiálni a fáradtságot, leggyakrabban négyféleképpen szokták értelmezni. Első értelmezés szerint jelenthet nem megfelelő és kevés pihenést (alváshiány), második értelmezés alapján a fáradtság egy olyan tünet, melyet a biológiai ritmus zavara idéz elő (cirkadián ritmus zavara). Harmadjára értelmezhető rendkívül magas fizikai aktivitás eredményeként (túl erős, vagy túl sok munka esetén), végezetül felfogható erős szellemi munka eredményeként is, amikor a fizikai aktivitás minimális (vizsgára való felkészülés) [5].

Egy fáradt ember elveszítheti a figyelem képességének 80%-át, és a reakció képességének 70%-át, ezért rendkívül veszélyes a repülésre, mivel csökkenti az éberséget és a teljesítőképességet. A pilótáknak pedig gyorsan kell reagálniuk a problémákra, különösen a kritikus repülési helyzetekben (felszálláskor és leszálláskor), ugyanis ez elengedhetetlen eleme az utasok biztonságának. Ezért nagyon fontos, hogy a pilóták kipihent állapotban legyenek a repülés teljes időtartama alatt. A fáradt pilóta gyakran csak egy problémával foglalkozik, ugyanis ezt tartja a legfontosabbnak, és így figyelmen kívül hagyja az igazán fontos problémákat, ez a szituáció pedig végzetes katasztrófához is vezethet. Továbbá az ébersége meglehetősen lecsökken, így figyelmen kívül hagy bizonyos figyelmeztető jeleket, rádióközleményeket, és nem ismeri fel a veszélyes szituációkat sem. Tipikus jellemzője még a fáradtságnak, hogy az ember mindig a kockázatosabb megoldást választja, amiket kipihent állapotban nem tenne, ezért az erős fáradtság hatása összemérhető az alkoholos befolyásoltság hatásával. A fáradt pilóta hajlamos elhanyagolni a műszerek ellenőrzését és az ellenőrző listát is, illetve a csapatmunkát is rontja, mert könnyebben lesz ingerült és dühös. Tehát a fáradt pilótának csökken a fizikai aktivitása, kivonja magát a társalgásból, és elveszíti a megfelelő ítélőképességét a feladatok és problémák felett. Ahogy a kialvatlansági faktor nő, a teljesítmény ezzel egyenes arányban romlik, és a pilóta kevésbé lesz következetes és az ébersége is romlani fog.

A légi katasztrófák leggyakrabban térbeli dezorientáció, fáradtság és vizuális illúziók miatt következnek be, legtöbb esetben a kora reggeli órákban történnek, amikor a fáradtsági faktor a legmagasabb. A bekövetkezett baleseteknél, még ha nem is fő ok a fáradtság, gyakran

beazonosítható, hogy hozzájárult a baleset bekövetkezéséhez, tehát hatással volt a személyzet azon képességére, hogy megfelelően reagáljanak egy különleges helyzetben. 2007. október 28-án az izlandi Keflavik repülőtéren egy Boeing 737-800-as repülőgép leszálláskor nem tudott megállni a futópálya végéig, azon túlfutott. Szerencsére nem történt személyi sérülés. A kivizsgálás megállapította, hogy a fáradtság fontos szerepet játszott a balesetben. Valójában a maximális 16 órás repülési szolgálati időt meghosszabbították 17 óra 20 percre, mivel késve indultak el a törökországi Antalyából, ráadásul a személyzetnek nem állt rendelkezésére megfelelő pihenési lehetőség a két járat között. 2001. november 24-én a zürichi repülőtér megközelítése közben lezuhant a Crossair légitársaság repülőgépe. A fedélzeten tartózkodó 33 személyből 24-en haltak meg. A kivizsgálás szerint az egyik ok az volt, hogy a kapitány koncentráció- és döntéshozó képességét jelentősen befolyásolta a fáradtsága. A fáradtságnak tulajdonítható az MK Airlines 2004. október 14-én Halifaxban bekövetkezett légi katasztrófája felszállás közben, ahol 7 ember halt meg. Az egyik fontos tényező, amit a kivizsgálás kiemelt, az emberi hiba volt, amit a személyzet fáradtsága idézett elő. Ez csak néhány a bekövetkezett balesetek közül, ettől sokkal több esemény történt a fáradtság miatt [9].

Ezen katasztrófákból következik, hogy a pilóta fáradtsága veszélyt jelent a repülésre, különösen akkor, amikor a pilóta alváshiányban szenved a cirkadián zavarok miatt (délelőtti munkavégzés, miközben a test „aludna” az időeltolódás miatt), az éjszakai repülés következtében, vagy a hosszú munkaidő miatt.

A dolgozatunk célja tehát, hogy megvizsgáljuk, hogyan hat a fáradtság a pilóták cselekvőképességére, és mit lehet tenni ellene. A vizsgálat során pilóta jelöltek cselekvőképességét fogjuk megvizsgálni kipihent és fáradt állapotban, szimulátor és cselekvésvizsgáló berendezés segítségével. Az így kapott eredmények összehasonlításából és értékeléséből pedig következtetéseket fogunk levonni a fáradtság veszélyességét illetően.

2. Szakirodalom feldolgozás

Ahhoz, hogy egy átfogó, pontos képet kapjunk a fáradtságról és a hatásairól, sok irodalmat kellett elolvasnunk, ugyanis dolgozatunk viszonylag nagy témát ölel fel, amellyel napjainkban is nemzetközi szinten foglalkoznak a szakemberek. A közelmúltban megjelent publikációk, tanulmányok és könyvek csak angol nyelven elérhetőek, ez is bizonyítja a terület fontosságát. Sok internetes weboldal (szintén angol nyelvűek) is foglalkozik a fáradtsággal és megpróbálja felhívni rá a pilóták figyelmét. Mindezek mellett éves szinten konferenciákat is tartanak a fáradtságról, a 2005-ben tartott konferencia anyagát szerencsére sikerült megszereznünk, így ezt is fel tudtuk használni a témánk bemutatása során.

Dolgozatunk alapjának tekinthető *Caldwell A. J. & Caldwell L. J. (2003): Fatigue in Aviation* című könyve, amely részletesen foglalkozik mind a fáradtsággal, mind az alváshiánnyal, és ezek hatásaival a repülésre.

Érdekes, hogy ahány szakirodalom, annyiféleképpen értelmezik a fáradtság fogalmát, ugyanis a *dead-tired.eu* honlapján szerepel az ICAO fáradtságra vonatkozó definíciója, ami sokkal részletesebb, mint *Caldwell (2003)* vagy *Hawkins (1993)* megfogalmazása. Mi mégis *Caldwell (2003)* megfogalmazását találtuk a legprecízebbnek és a legpontosabbnak, mert az ő definíciója pilótaszemléletű, és a pilóták szemszögéből világít rá a problémára. A többi definíció csak általánosságban definiálja a fáradtságot, ezért nem tekinthetőek annyira szakszerű és precíz megfogalmazásoknak.

A legtudományosabb szakirodalom ebben a témában *Nicholson N. A. (2011): The Neurosciences and the Practice of Aviation Medicine* című könyve, ezért ebből csak a szemléltető ábrákat használtuk fel a dolgozatunkban, mert túlságosan tudományos oldalról közelíti meg a dolgokat, és mi hétköznapiabb oldalról közelítjük meg a problémát, csak olyan mélységig belemenne a dolgokba, mint amennyire *Caldwell (2003)*, *Hawkins (1993)* és *Campbell – Bagshaw (1999)* tették ezt. Természetesen felhasználtuk az ATPL könyv (*Oxford Aviation Academy: Human Performance and Limitations - 2008*) fáradtságra vonatkozó fejezeteit is a dolgozatunkban, de ennek az anyaga nem lett volna elég a téma feldolgozásához, mert csak felületesen ismerteti a problémát, mindazonáltal szilárd alapokat ad a téma jobb megértéséhez.

A 2005-ben tartott konferencia anyagát (*Caldwell A. J. and Caldwell L. J.: Air Crew Fatigue: Causes, Consequences, and Countermeasures, 76th Annual Scientific Meeting of the Aerospace Medical Association*) powerpoint-os bemutató formájában kaptuk meg a konzulensunktől, tulajdonképpen ez a bemutató kiegészíti ugyanezen szerzőpáros *Fatigue in*

Aviation (2003) című könyvét, amelyben nem szerepelnek az itt bemutatott kiegészítő diagramok, felsorolások. Ezt a bemutatót használtuk fel nagyrészt a statisztikai elemzésekhez, mert azokat részletesen elemzi. Érdekes, hogy a többi szakirodalom nem tér ki statisztikákra, pedig úgy gondoljuk, hogy ebben a témában nagyon fontosak az ilyen jellegű elemzések, a *dead-tired.eu* honlapon is mindig kiadnak újabb és újabb statisztikai elemzéseket országokra lebontva a pilóták fáradtságát illetően.

Általánosságban elmondható, hogy mindegyik szakirodalom említ 1-2 repülős balesetet, ami a fáradtság miatt következett be, de a legszemléletesebben *Caldwell: Fatigue in Aviation* (2003) című könyve írja le ezeket (legtöbbször bevezetésekben). Ezzel ellentétben *Nicholson* (2011) művében nem találtunk egy ilyen leíró részt sem balesetekről, valószínű ez abból adódik, hogy ez a könyv az orvostudomány szemszögéből közelíti meg a dolgokat (például: a biológiai óránkat molekuláris óraként mutatja be, és a molekulák/enzimek segítségével magyarázza ennek működését), ezért ebből a könyvből főleg szakemberek (orvosok) tudnak dolgozni.

A fent említett könyvek mellett bővebb információkhoz és a legfrissebb tanulmányokhoz az Interneten jutottunk hozzá, innen is a *dead-tired.eu* és az *esam.aero* oldalakat tekintve, mert ezeket folyamatosan frissítik, bővítik, ebben a témakörben (a legfrissebb tudományos munkák, elemzések itt megtalálhatóak).

3. Fáradtság fogalma, értelmezése

Mivel a dolgozatunkban a fáradtsággal foglalkozunk, ezért nagyon fontos ennek a szónak az értelmezése. Sokféle definíciót találunk rá, ha különböző szakirodalmakat megnézünk. Az ICAO (Annex 6, Part I.) definíciója a következő [10]: „Egy élettani állapot, csökkent mentális és fizikai teljesítménnyel, ami alváshiányból vagy hosszú ébrenlétből és/vagy fizikai aktivitásból származik, és ez rontja a személyzet tagjainak éberségét és azon képességeiket, hogy biztonságosan tudjanak üzemeltetni egy repülőgépet, és biztonságosan hajtsák végre a feladataikat.” A legprecízebb és legjobb megfogalmazás viszont ez lehetne: „A fáradtság a kimerültség egyik állapota, amit előidézhethet a hosszú munkaidő, az alvás nélküli meghosszabbított időszakok vagy azok a munkával töltött időszakok, amelyek nincsenek összhangban a test biológiai (cirkadián) ritmusával [1]”. Ezzel a megfogalmazással gyakran vitatkoznak szoktak, mert a fáradtságot előidézhetheti még a szellemi munka, az erős fizikai munka vagy az unalom is, de a pilóták esetében csak azokat az eseteket kell figyelembe venni, amelyek az alváshiánnyal és a cirkadián zavarokkal állnak kapcsolatban. Ennek oka a következő: majdnem minden pilóta érintett a hosszú munkaidővel, a fárasztó menetrendekkel és az elnyújtott szolgálati idővel kapcsolatban, de a szellemi terhelés és az erős fizikai munka mégis kevésbé gyakori náluk a modern pilótafülke felépítése miatt, és a hosszú távú járatokon sem az unalom jelenti a legnagyobb problémát, hanem a kognitív alulterhelés (a pilótáknak csak a műszereket és a robotpilótát kell ellenőrizniük meghatározott időközönként).

Láthatjuk, hogy mennyire nehéz definiálni a fáradtságot, azonban ami ennél is nehezebb, az a mérése, számszerűsítése. Honnan tudhatjuk, hogy ki mennyire fáradt? Egyes mérések kimutatták, hogy a fáradtság a lassabb agyműködés eredménye, amely a szemmozgatásban és a pupilla alkalmazkodási képességében nyilvánul meg, mindkettő tevékenység lelassul. Mindazonáltal a fáradtság több mint egy lelassult agyműködési állapot. Sajnos a mérése nem egy egyszerű feladat, mert nincsenek biokémiai jelei, amiket mérni lehetne, tehát a fáradt embereket nem lehet megszondáztatni, mint az alkohol befolyásoltsága alatt álló embereket, és éppen emiatt nagyon nehéz megmondani, hogy ki az, aki túl fáradt a repüléshez, és nem tudná a feladatait emiatt megfelelően ellátni.

A fáradtság meglehetősen rontja a mentális képességeket és a teljesítőképességet is, akárcsak a pszichológiai jóllétet. Ez a lista a fáradtság ismert hatásait tartalmazza [1]:

- pontatlanság előtérbe kerül, ezáltal az időzítések lelassulnak
- alacsonyabb, hanyatló teljesítmény jellemzi a pilótát
- figyelem megosztása nehezzé válik

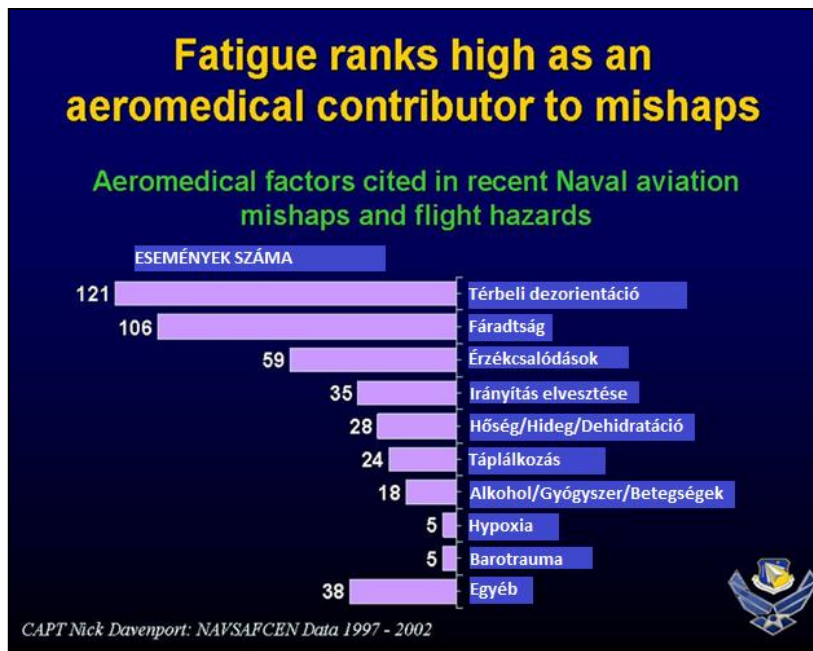
- értékes információk figyelmen kívül hagyása, ezáltal elvesztése
- cselekvések nehezebb végrehajtása
- teljesítmények fokozatos változása
- társadalmi interakciók hanyatlása
- hozzáállás és hangulat romlása
- logikus ítélőképesség hiánya
- a képesség, hogy tisztán lássanak egy fontos szituációt, lecsökken
- elégtelen, hiányos figyelem
- álomba szenderülés esélye megnő

3.1. Statisztikai elemzések, következtetések

Caldwell (2005) elmélete szerint [2] képzeljük el, hogy a fáradtság egy jéghegyhez hasonlítható! A jéghegy egynegyede a vízfelszín felett van, és jól látható, háromnegyede pedig víz alatt van, és egyáltalán nem látható. A fáradtsággal kapcsolatos, hivatalos, statisztikai elemzések csak a jéghegy csúcsát jelentik (1/4), ugyanis ezekről az esetekről tudunk, viszont ami a víz alatt maradt rész (3/4), az igazán veszélyes a repülésre nézve, mert ezekről nem tudunk még semmit, de ebből is látszik, hogy a probléma nagyobb, mint amennyire jelenleg ismerjük. Néhány érdekes következtetés a fáradtsággal kapcsolatban *Caldwell (2003)* alapján:

- 95%-a származik elégtelen mennyiségű alvásból
- vérvételből nem lehet kimutatni, hogy az egyén mennyire fáradt, de a hatása bizonyos szituációkból egyértelműen kiderül
- nemcsak légi, hanem földi baleseteket is előidézhet, a fáradtság játszott közre a csernobili katasztrófa esetében is
- a fáradt pilóták akaratlanul is elbóbiskolnak a pilótafülkében
- erőteljesen csökkenti a személyzet kommunikációját, együttműködését
- a kereskedelmi pilóták háromnegyede, a katonai pilóták 72%-a érezte már magát fáradtnak munkavégzés közben
- meglepően sok kereskedelmi és katonai pilóta ismerte már be, hogy elbóbiskolt repülőgép vezetés közben

Ahogy az 1. ábrán is látható, az 1997-2002-ig terjedő időszak statisztikai mutatói alapján, a fáradtság (106 esemény a vizsgált időszakban) a második helyen szerepel a balesetek okozása terén, első helyen a tájékozódási zavar (121 esemény a vizsgált időszakban) szerepel.



1. ábra. 1997-2002. időszak statisztikai mutatói [2]

3.2. Fáradtság fajtái, befolyásoló tényezői

Két fő típusa van a fáradtságnak: rövid távú és hosszú távú (krónikus) fáradtság. A **rövid távú fáradtság** nagyon hasonlít a kimerültséghez, általában az alváshiány, az erős fizikai munka, a megterhelő szellemi munka, a személyzet beosztása, a hosszú szolgálati idő, az időeltolódások vagy az éhség okozza. Ezt a fajta fáradtságot könnyű észrevenni magunkon, és orvosolni is tudjuk gyorsan, azáltal hogy nem repülünk, és megfelelő mennyiségű időt pihenéssel töltünk. A **hosszú távú (krónikus) fáradtságot** sokkal nehezebb észrevennünk és orvosolnunk. Ezt a fajta fáradtságot különböző források okozzák, és tartalmazza a testi és lelki kimerültségünket egyaránt, előidézhetheti akár egy rossz házassági viszony, munkahelyi problémák, pénzügyi aggodalmak vagy a nagy munkaterhelés is. Egyénenként változó, hogy ki meddig tudja tolerálni a hosszú távú fáradtságot, van, aki sokkal tovább bírja, mint mások, de a végén csak egy megoldás marad ennek az orvosolására, mégpedig az, hogy egy kis időre abba kell hagyni a repülést és újra fel kell tölteni mind testileg, mind lelkileg. [7]

Láthatjuk, hogy a fáradtságot több tényező is előidézhetheti, azonban számos olyan tényező létezik ezeken kívül, amelyek hozzájárulnak a szubjektív fáradtság érzetünkhöz, és felerősítik azt. Az egyik ilyen tényező az **alacsony relatív páratartalom**. Egy átlagos szobában, az elfogadható relatív páratartalom 40-60% között van, ebben érzi jól magát az ember, de a hosszú távú járatokon a kabin relatív páratartalma nem haladja meg a 3%-ot. Ez a kis százalék abból adódik, hogy alacsony a légkör víztartalma azokon a magasságokon, ahol a sugárhajtású repülőgépek gazdaságosan repülnek. Ez kellemetlen érzést fog kelteni a

légutakban, orrban és torokban egyaránt, és megnő a fertőzés esélye. Ennek kiküszöbölésére párásítókat szoktak elhelyezni a kabinokban, de ez annyira még nem elterjedt megoldás. A másik tényező, ami felerősíti a fáradtságot, az a **zaj**. Ha a pilóta nagy zajterhelésnek van kitéve, akkor a teljesítménye csökkenni fog, és fáradtabbnak érzi magát.

A fáradtságot előidéző tényezőkön kívül léteznek még fárasztó eljárások is, amelyek szintén fáradtsághoz vezethetnek. A pilóták szemszögéből ilyenek a repülés előtti előkészületek, a késések, és a repülés végén tartandó megbeszélések.

3.3. Éberséget/álmosságot befolyásoló elsődleges tényezők

A kettő mechanizmus, amelyek elsődlegesen befolyásolják az éberséget/álmosságot a következők:

- homeosztatikus mechanizmus
- cirkadián mechanizmus

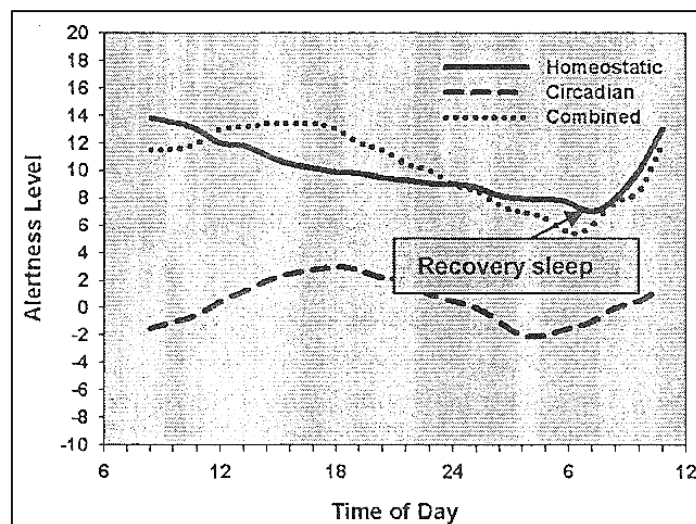
A hatása ennek a kettő mechanizmusnak nagyon fontos, ugyanis mindenkinek meg kell küzdeni egy egész életen át a hatásaikkal. A homeosztatikus mechanizmus az utolsó alvás óta eltelt időt jelenti, a cirkadián pedig a test biológiai órája szerinti napszakot jelenti. Ezek a tényezők határozzák meg, hogy mennyi álmosság van jelen az egyénnél a napszak egy adott időszakában. Ezek mellett vannak még befolyásoló tényezők, például az alvás minősége, a munkavégzés folytonossága, szóval a dolog összetettebb, mint gondolnánk [1].

A **homeosztatikus mechanizmus** alapvetően a folyamatos ébrenlét hosszát határozza meg. Ennek a rendszernek az aktivitása ébredés után a legalacsonyabb, mert amikor felébredünk, az alvási igényünk ki lett elégítve. Ahogy telik a nap, az alvási igényünk értelemszerűen növekedni fog, és a rendszer is egyre aktívabban fog működni. Ha a folyamatos ébrenlét állapota meghaladja a 16 órát egy nap alatt, akkor ennek a rendszernek a szerepe megnő, ugyanis egyre nehezebb lenne nélküle ébren maradni. Természetesen vannak más tényezők is, amik befolyásolják az álmosságot, ilyen például, hogy milyen jól aludt az egyén éjszaka (alvás minősége), a napi aktivitás mennyisége, a környezet komfortossága vagy akár a fényviszonyok.

A **cirkadián mechanizmus** (részletesebben foglalkozok vele a 4. fejezetben) szorosabb kapcsolatban áll a napszakkal, mint a folyamatos ébrenlét hosszával. Minden éjszakai munkát végző ember tanúsítani tudja, hogy a legnehezebb ébernek maradni hajnali 3 és 5 óra között, annak ellenére, hogy a korábbi alvási periódus már 5-6 órával korábban befejeződött. A cirkadián rendszer felelős a kora délutáni álmosságérzetért is, amit „ebéd utáni sziesztának”

szoktunk nevezni. Sokan azt hiszik, hogy ez a jelenség abból adódik, hogy milyen ételeket fogyasztottak ebédre, pedig semmi köze sincs az elfogyasztott ételekhez.

Normál körülmények között a homeosztatikus és a cirkadián mechanizmus **együttműködik egymással**, ezzel is segítve az éberséget, egy nap folyamán, viszonylag állandó értéken tartani.



2. ábra. A homeosztatikus és a cirkadián mechanizmus kapcsolata (vízszintes tengelyen az órák száma, függőleges tengelyen az éberségi fokozat) [1]

Ahogy a 2. ábrán is látható, a cirkadián rendszerénél az éberség nem éri el a maximumát a kora reggeli órákban (6-7 óra), ezért a homeosztatikus rendszer kompenzálja ezt, és maximuma lesz már kora reggel, mert az előző éjszakai alvás feltöltötte az alváshiányt és nagyobb éberséget okoz ezáltal. Ahogy telik a nap, az előző éjszakai alvás hatása fokozatosan kezd kimerülni (homeosztatikusnál látszik) és ez az éberség folyamatos csökkenéséhez vezet. Viszont késő délután, 18-19 óra tájékán, a cirkadián rendszer meglehetősen kedvező hatással van az éberségre, ebből adódóan nem engedi, hogy a homeosztatikus rendszer hatása teljesen kimerüljön. Ha csak a homeosztatikus mechanizmus lenne az egyetlen tényező, ami befolyásolná az éberségünket, akkor az emberek már kora este elaludnának. Ha csak a cirkadián mechanizmus lenne az egyetlen tényező az éberség fenntartásában, akkor az emberek már kora délután (ebéd után) elaludnának. Ezért fontos, hogy a kettő mechanizmus egymással összhangban működjön az egész nap folyamán. Összegezve tehát: a homeosztatikus tényező miatt az éberség meglehetősen magas a kora reggeli órákban, a cirkadián tényező miatt pedig este 21-22 óráig magas marad az éberség. Nagyon nehéz lenne egy pihent állapotban lévő embernek elaludni este 21 óra körül, mert annak ellenére, hogy a homeosztatikus rendszer alvásra késztené, a cirkadián rendszer ennek ellent mondana.

Természetesen kétféle embertípus létezik, azok, akik reggel aktívak („pacsirták”) és azok, akik inkább este aktívak („éjjeli baglyok”). Az idő, amikor általában felkelünk, és amikortól álmosnak érezzük magunkat és aludni megyünk, az egyén cirkadián ritmusától függ. Amikor a homeosztatis és a cirkadián rendszer egyszerre kezd el elérni a minimumát a késő esti órákban és a hajnal előtti órákban, az éberség veszélyesen lecsökken. Ebben az állapotban az alvás szinte elkerülhetetlenné válik, ezért a legnehezebb helyzetben azok a pilóták vannak, akik ezekben az időpontokban dolgoznak, ugyanis őket mindkét rendszer alvásra fogja készíteni, és ennek súlyos következményei lehetnek: csökken az éberség, a teljesítmény és ennek következményeként a biztonság veszélybe kerül.

3.3.1. Éberséget/álmoságot befolyásoló egyéb tényezők

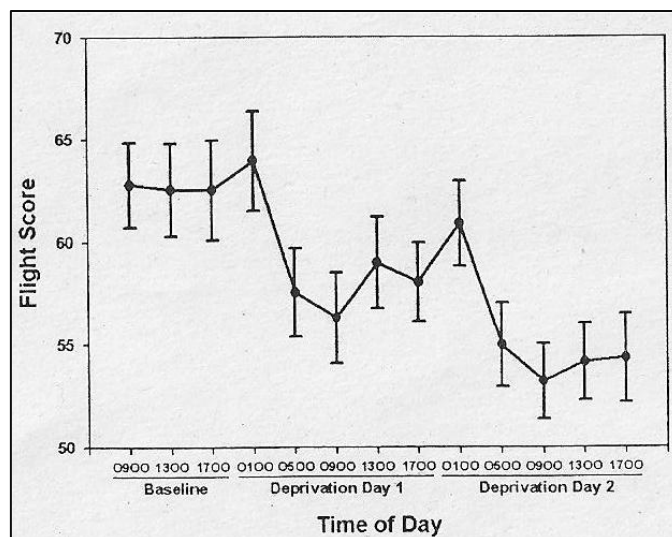
Az éberséget/álmoságot egyéb tényezők is befolyásolják [1]:

- kumulatív fáradtság
- rossz minőségű alvás
- túl korai kelés

A **kumulatív fáradtság** több, egymást követő munkanap után jelentkezik. Elsősorban az elmúlt 24 órában felhalmozódott alváshiány idézi elő, másodsorban pedig a már meglévő alváshiány okozza, ami az elmúlt napok alatt halmozódott fel. A felépülés ebből az állapotból több napot is igénybe vesz.

A **rossz minőségű alvás** környezeti tényezők, cirkadián hatásokból, alvási rendellenességekből vagy pszichológiai stresszből eredhet. A rossz alvási minőség a pilóták körében abból adódik, hogy rendszertelenül, a cirkadián rendszernek nem megfelelő időpontban alszanak.

A harmadik egyéb tényező a **túl korai kelés**. Ha a repülőgép reggel 5 órakor indul, akkor a pilótának már hajnali 3 órakor fel kell kelni, és ez nagyon megerőltető mind a homeosztatis, mind a cirkadián rendszer számára. A legtöbb embernek pedig nehezebb esik 2 órával hamarabb elmenni lefeküdni, ugyanis nem álmosak, és hiába tudják hogy hajnalban kelniük kell, ettől még nem tudnak elaludni. Ebből az következik, hogy a későbbiekben meg fog nőni a homeosztatis rendszer alvási igénye.



3. ábra. A teljesítmények romlása 64 órás ébrenlét után (vízszintes tengelyen az eltelt napok száma órákra lebontva, függőleges tengelyen az elért pontszám) [1]

A 3. ábra olyan adatokat ábrázol, amiket olyan önkéntes pilótáktól gyűjtöttek be, akik egy speciális műszerekkel ellátott szimulátorban repültek 64 órás ébrenlét után (3 nap és 2 éjszaka alvás nélkül). Először is megállapítható az, hogy a repülési pontosság lecsökkent az időszak elejétől a végéig, tulajdonképpen ez az eredmény volt várható a homeosztatisztikus rendszer miatt. Másodsorban megállapítható, hogy az átlagos teljesítmény is csökkent, ezzel tovább bonyolódott a minták ciklikussága és az így kapott eredmények egybeesnek a cirkadián hatásokkal. Megfigyelhető, hogy a legtöbb időszakban a teljesítmény gyorsan leromlott, míg más szakaszokon kiegyenlítődött, de előfordultak olyan szakaszok is, ahol a teljesítmény átmenetileg javult. Ez a hullámzó jellegzetesség észrevehető volt a pilóták repülési teljesítményein kívül a hangulatukban és a készenléti állapotukban is. Mivel a fáradtsággal összefüggésbe hozható teljesítményromlások nem lineárisak, ezért nagyon nehéz megjósolni őket. A diagramról leolvasható, hogy a legelső napon (Baseline), ami előtt még aludtak este a pilóták, reggel 9 órától másnap (Deprivation Day 1) hajnali 1 óráig, a teljesítmény viszonylag egyenletes a 18 órás folyamatos ébrenlét ellenére is. Természetesen a pilóták nagyon kipihent állapotban voltak az első napon, és ahogy egyre jobban megismerték a repülési feladatokat, ebből adódóan kompenzálni tudták a fáradtsághoz kötődő kisebb hibákat. Ezért hajnali 1 óra körül sokuk ezt gondolta: „Meg tudom én ezt csinálni, nem kell aggódnom a fáradtság miatt!”. Ezután észrevehetjük, hogy hajnali 1 és 5 óra között (plusz néhány óras alváshiány után) a teljesítménycsökkenés azt a látszatot kelti, mintha az idő lett volna sokkal hosszabb. Majd 5 órától 9 óráig felfedezhető egy másik csökkenés amiatt, hogy sok pilóta elbizta magát a napfelkelte miatt, mondván hogy reggel lett, és biztos jobban fognak ettől teljesíteni. A

későbbiekben a teljesítmény mégis növekedett egészen a második nap (Deprivation Day 2) hajnali 1 órájáig! Ez a cirkadián rendszer által létrehozott pozitív hatás gyakran azt az illúziót kelti a pilótákban, hogy felül tudnak kerekedni a fáradtságon annak ellenére, hogy már 42 órája ébren vannak. De a későbbi adatok igazolják, hogy mennyire veszélyes ebben a hamis illúzióban élni, amikor éppen repülnek egy adott repülőgéppel. Ugyanis hajnali 1 órától reggel 9 óráig, a következő alvás nélküli ciklusban, az önkéntes pilóták nemcsak a tendencia javulást nem tudták fenntartani, hanem a teljesítményük is lecsökkent kétszer olyan rossz értékre, mint az előző napon. Ebből a tesztből levonható egyértelmű következtetés tehát az, hogy az éberség és a teljesítmény a pilótafülkében (és természetesen máshol is) erőteljesen függ a homeosztatikus és a cirkadián folyamatoktól.

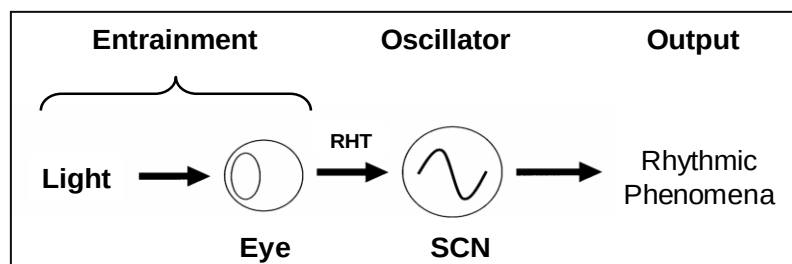
Az éberséget/álmossgot befolyásoló tényezőkből levonható következtetések:

- az elsődleges tényező, ami a fáradtsági szintünket meghatározza, az utolsó alvásunk óta eltelt idő, vagyis amióta ébren vagyunk
- a második tényező, ami szintén közrejátszik a fáradtságban, az egyének biológiai órája, vagyis hogy milyen napszak van a belső óránk szerint
- a harmadik fontos tényező pedig, hogy mennyire vagyunk fáadtak/álmosak ébredéskor
- az előbb felsorolt tényezőket a homeosztatikus és a cirkadián rendszer működésének köszönhetjük
- minden nap folyamán a homeosztatikus és cirkadián tényezők segítenek viszonylag állandó értéken tartani az éberséget
- éjszakai munkavégzés során, a cirkadián rendszerből adódóan, a fáradtságnak hajnali 3 és 5 óra között a legvalószínűbb a bekövetkezése
- néhány, alvással teli nap megoldást jelent a kumulatív fáradtságra
- az alvászavarok rontják az éberségi szintet, és kevésbé leszünk kipihentek miattuk
- a fáradtság pontos hatásait megjósolni nagyon nehéz, mert percről percre romlanak miattuk a mentális képességeink

4. Cirkadián ritmus értelmezése

Az életünket az idő határozza meg és arra használjuk az időt, hogy megmondja, mit kell csinálnunk. De az ébresztőóra, ami reggel kelt bennünket vagy a karóra, ami megmondja, hogy mikor van ebédidő, természetellenes órák. Ugyanis mindenkinek van egy belső, természetes órája, amit biológiai órának nevezünk. Ez befolyásolja a biológiai és pszichológiai folyamatokat, melyek egy nap alatt (24 óra) folyamatosan változnak. Ezt a „belső órát” cirkadián ritmusnak nevezzük, ami a latin *circa* (jelentése: kör) és *dias* (jelentése: nap) szavakból származik [1]. Tehát a cirkadián ritmus egy olyan rendszer, ami egy 24 órás ciklust jár be. Néhány példa az általa kontrollált folyamatokra: testhőmérséklet, hormonkiválasztás és éberség. Sok olyan jelzés van a környezetünkben, amiket „zeitgebers”-nek nevezünk (jelentése: „idő-adó”, szinkronizáló), melyek segítik szinkronban tartani a folyamatokat egymással, és ha minden megfelelően működik, akkor nagyon jól érezzük magunkat. A fény az elsődleges ilyen „zeitgeber” számunkra, mert közel állandó értéken tartja a cirkadián ritmust, de vannak másfajta „zeitgeber”-ek is, például a szociális tényezők (táplálkozási minták, társas interakciók).

Miért alkalmazkodik nehezen a biológiai óránk a változásokhoz? A válasz az emberi aggyal hozható összefüggésbe, ugyanis az agy úgy van kódolva, hogy alvásra készíti az embert, amikor a Nap lement (sötét van), és ébrenlétre ösztönöz, amikor a Nap felkelt (világos van). A Föld 24 órás forgása következtében a nappalok és az éjszakák határozzák meg az emberek napi ritmusát. Ennek fő oka a fény, amit a szemünk érzékel a retina által, és az érzékelt jelet elküldi az agyunk biológiai órájának, ami a szuprakiazmatikus magban található (rövidítése: SCN). Az SCN a hipotalamusz előtt helyezkedik el és a fényhatásokat a látóidegen keresztül kapja, illetve több idegszállal is kapcsolódik az agy számos más területéhez, ezáltal szabályozza a viselkedést (ezt szemlélteti az 4. ábra). A fényhatásokkal összehangolva az SCN biztosítja, hogy a test biológiai órája összhangban legyen a 24 órás ciklussal.



4. ábra. Fényérzékelés folyamata (Bemenetek: fény, szem; Átalakító: SCN; Kimenet: ritmikus jelenségek)

[6]

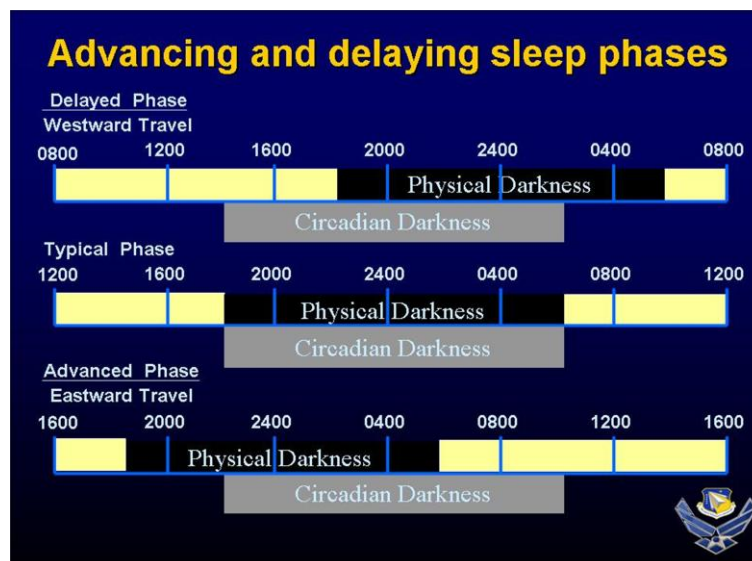
Amikor minden megfelelően működik, az emberi test „ritmusai” együtt, harmóniában működnek egymással, ugyanis többféle ritmus játszódik le a testben (például a növekedési hormon adagolása, a testhőmérséklet változása, a vizeletmennyiség szabályozása vagy a nőknél ilyen a menstruációs ciklus is). A nap bármely percében egyes ritmusok fentebb, mások pedig lentebb működnek, viszont a pillanatról pillanatra történő változások harmonikusan mennek végbe, összhangban egymással. De ha valami megzavarja a test napirendjét, akkor problémák fognak fellépni a ritmusokat illetően. Az egyik ilyen betegség a cirkadián ritmuszavar, ami fáradtságot, álmoságot, rossz közérzetet, álmatlanságot, koncentrációhiányt, fejfájást, teljesítménycsökkenést és emésztési panaszokat okoz. Ez a sok tünet abból adódik, hogy ellentmondás van a környezet és a test biológiai ritmusa között, ami manapság leggyakrabban az időeltolódások (jet lag) és a váltott műszakban végzett munka (shift lag) miatt alakul ki.

4.1. Jet lag fogalma

Az egyik leggyakoribb formája a cirkadián zavarnak akkor fordul elő, amikor a pilóták gyorsan átlépnek több időzónát is egyszerre. Amikor egyik időzónából a másikba utazunk, a test biológiai ritmusai és az időjelzések (ezt az új időzóna fogja meghatározni) nem lesznek szinkronban egymással, és az így kialakult szindrómát jet lag-nek nevezzük (magyarul: időzónaváltás szindróma vagy gyors időzóna átlépés). Ez főleg akkor alakul ki, amikor a környezeti jelzések legalább 3 órával eltérnek a test biológiai jelzéseitől. Például New Yorkból Los Angeles-be utazva 3 órás időeltolódás alakul ki, és hiába állítja át az egyén az óráját Los Angeles-i időre, a test New York-i idő szerint fog működni, annak ellenére, hogy a környezeti hatások mást jeleznek neki. Nyilvánvalóan szükség lesz a test újraszinkronizálására, ami meglehetősen hosszú időbe telhet.

Nem mindegy, hogy keleti vagy nyugati irányú az utazásunk, mert az alkalmazkodási képességünket ez nagyban befolyásolja, ezt szemlélteti az 5. ábra. Az ábráról leolvasható, hogy nyugati irányú utazás során a fizikai sötétedés később következik be, mint a cirkadián „sötétedés”, ezért ehhez könnyebben alkalmazkodunk, míg keleti irányú utazás esetén pont fordítva történik mindez. Középen látható a normális fázis (saját időzónában), amikor egybeesik a fizikai és a cirkadián „sötétedés” egymással. Az egyének alkalmazkodási képessége nagyon változó, valaki 2 nap alatt hozzászokik a változáshoz, de egyeseknek 2 hét is kell hozzá. Az általános szabály az, hogy a jet lag elmúlásának ideje keleti irányba átlépett időzónánként 1 nap, míg nyugati irányba átlépett 1,5 időzónánként lesz 1 nap. Ebből is

látszik, hogy a testünk gyorsabban alkalmazkodik a nyugati irányú időzónákhoz, mint a keletiekhez.



5. ábra. Előrehaladt (keleti irányú) és késleltetett (nyugati irányú) alvási fázisok [2]

4.1.1. Jet lag a hosszú távú pilóták körében

Azokat a turistákat, akik vakációznak 1 vagy több hétig egy adott helyen, szintén érinti ez a probléma, de csak pár napig. Viszont azok a pilóták, akik gyakran vezetnek keletre menő járatokat nem túl szerencsések, mert keveset tartózkodnak az új időzónában, ezért megszokni sem tudják azt. És akárcsak a turistáknak, nekik is éberség csökkenésük és alvásvesztésük lesz a cirkadián ritmuszavar következtében. Viszont annyiból szerencsések, hogy kevés időt tartózkodnak ezekben az időzónákban és mire a test alkalmazkodik az új időhöz, már el is repülnek más célállomásokra. Nem meglepő tehát, hogy a menetrend szerint közlekedő, nemzetközi útvonalakon repülő pilóták gyakran szenvednek krónikus jet lag-ben, ami nyilvánvalóan csökkenti az éberségüket, emiatt könnyebben elbóbiskolhatnak a pilótafülkében vezetés közben. Ezt a problémát pedig egy nagymértékben automatizált pilótafülke sem fogja megoldani, sőt csak ronthat a helyzeten, mert kognitív alulterhelést okoz a pilótáknál.

Sok módszer létezik a pilóták körében a jet lag leküzdésére, most nézzünk meg ebből néhányat [5]. Van olyan pilóta, aki egy szimpla konyhai időzítőt használ erre a célra, azt beállítja a következő jelentőpont elérésének idejére (kb. 30 percre), és mivel a robotpilóta vezeti a repülőgépet, hátratulja a székét és elalszik, majd csak akkor kel fel, amikor az időzítő megszólal. Ekkor ellátja a teendőit, majd ismét beállítja az időzítőt újabb 30 percre és megint

álomba szenderül. Egy sokkal ötletesebb megoldás az a német készülék lenne, ami úgy néz ki, mint egy szemüvegkeret. Miután a pilóta felvette, a készülék érzékeli azt, hogy a szem nyitva vagy csukva van, és ha csukott állapotban érzékeli, küld egy riasztó jelet a pilótának. Egy másik megelőző készülék, amit Nagy-Britanniában fejlesztenek, a GSR (Galvanic Skin Response), ami érzékeli az alacsony ébrenlét állapotát. Viszont mindkét készülék még fejlesztés alatt áll, így a leghatásosabb módja az ébren maradásnak a megfelelő mennyiségű kávé elfogyasztása a fedélzeten.

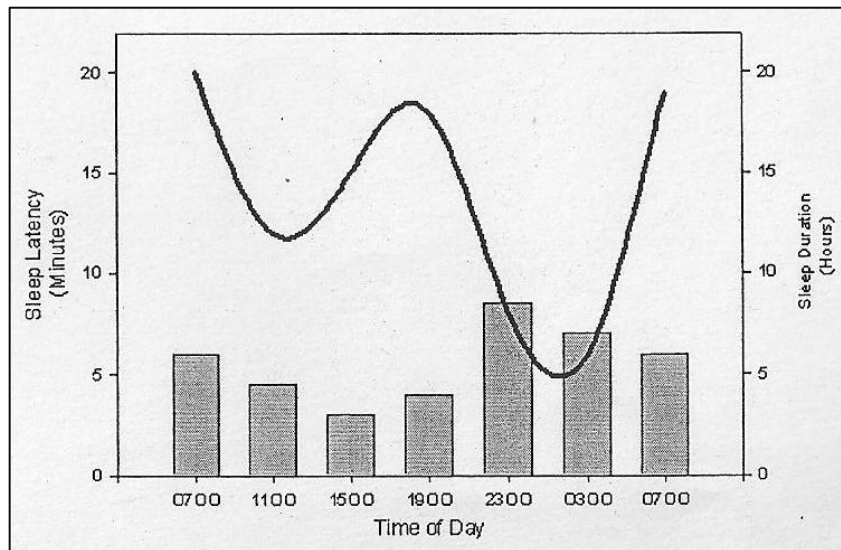
4.2. Shift lag fogalma

A jet lag mellett, ami még cirkadián zavarokhoz vezethet, az a váltott műszakban végzett munka (shift work) vagy az éjszakai munka (night work). Mindenki, aki nem szokásos nappali munkát végez, tudja, hogy a normál alvási ciklusain kívül kell aludnia, és a normál aktivitási ciklusain kívül kell dolgoznia, ez pedig megzavarja a test harmonikus ritmusait. Tehát a testben átmenetileg diszharmónia fog jelentkezni, és ezt a kényelmetlen állapotot shift lag-nek nevezzük [1]. Annak ellenére, hogy a shift lag hasonló tüneteket okoz, mint a jet lag, nagy hátránya, hogy sokkal tovább tart, mert a környezeti hatások mindig ellentmondásban lesznek a test biológiai ritmusaival.

4.2.1. Disszonancia a biológiai óra és a környezeti jelzések között

Nemcsak a szociális igények miatt nehéz alkalmazkodni az éjszakai műszakhoz, hanem vannak olyan fiziológiai tényezők is, amelyek szintén nehezítik az alkalmazkodást. Nagyon nehéz aludni napközben számos ok miatt. Először is, a napfény stimulálja a biológiai óra neuronjait, ezáltal akar ébren tartani minket napközben. A testhőmérséklet megemelkedik, és a hormonszint megváltozik, hogy energiát mozgósítson a testnek és az agynak. Annak ellenére, hogy az alváshiány (egész éjjeli ébrenlétből ered) elősegíti a gyors elalvást az éjszakai műszak végén, a cirkadián tényezők meg fogják zavarni az alvási fázist, amint az alvási nyomás csökken. Körülbelül 3-4 óra alvás után, sok éjszakai munkás felébred, és nagyon nehezen tud újra elaludni és alvó állapotban maradni. Sokuk egy idő után feladja az alvásért folytatott küzdelmet és ébren lesz napközben is, annak ellenére, hogy éjjel munkába fog menni. Hosszútávon ezek az emberek pedig még nehezebben fognak tudni aludni délelőtt, mert a biológiai ritmusuk megszokja, hogy napközben is ébren vannak. Ez az ördögi kör addig tart, amíg a munkás a fáradtságtól összeesik, vagy az éjszakai munka végleg befejeződik és visszatérhet a megszokott nappal munka/este alvás ciklushoz.

A napközbeni alvás attól függ, hogy mikor akar aludni az illető. Általában amikor egy ember megpróbál elaludni a kora reggeli órákban (6 óra előtt), ezt könnyen meg tudja tenni. Viszont a késő reggeli órákban vagy délben elaludni, már sokkal nehezebb. A 6. ábra azt szemlélteti, hogy egy nap folyamán, a különböző időpontokban, mennyire könnyen lehet elaludni (folytonos vonal, skálája a bal oldali függőleges tengelyen). Fontos megemlíteni, hogy ezek átlagos idők és ez egyénenként változhat. Az ábráról az is leolvasható, hogy mennyi az átlagos alvási időtartam (oszlopok, skálája a jobb oldali függőleges tengelyen) az adott időpontokban. Egyértelműen megállapítható tehát: napközben nemcsak nehezebb elaludni, hanem sokkal rövidebb ideig is tart az alvás, mint éjszaka. Ezért nehéz az éjszakai műszakosoknak betartani a 8 órás alvást. Az ábrán látható, hogy aki délelőtt 11 órakor akar elaludni, ezt meg is tudja tenni 10-15 perc alatt (a magas homeosztatisz mőködésből adódóan), de az alvás időtartama kevesebb lesz, mint 5 óra, mert a cirkadián tényezők nem fogják hagyni aludni a testet 17-18 óra körül. Viszont, aki este 23 órakor akar elaludni, az kevesebb, mint 10 perc alatt meg tudja ezt tenni, és az alvási ciklus 8 órás lesz. Mind a homeosztatisz, mind a cirkadián rendszer nyomása az alvásra 23 órakor a legmagasabb, de a cirkadián rendszer nyomása az alvásra délelőtt 11 órakor nagyon gyenge.



6. ábra. Az egyének átlagos elalvási ideje egy nap folyamán [1]

Összefoglalva tehát, akárcsak a napközbeni alvás, az éjszakai ébrenlét is megerőltető az emberek számára. Az éjszakai munkások „zeitgeberei” azt üzenik nekik, hogy pihenni és aludni kell, ugyanakkor a tudatuk azt üzeni, hogy fel kell kelni és dolgozni kell menni. A naplemente után bekövetkező sötétség pedig egy jó indok az alvásra, és ugyanebben az

időpontban a test hormonjai előkészítik az agyat az alvásra és a testhőmérséklet is lecsökken (ez felkészíti a testet az inaktív állapotra). Ezek szellemében kijelenthetjük, hogy megerőltető éjszaka dolgozni, főleg hajnali 2 és 6 óra között.

4.2.2. Átállás éjszakai munkabeosztásra

Az éjszakai munkabeosztásra való átállás olyan rövidtávú problémákat fog okozni, amelyek a jet lag-re is jellemzők. De az emberi szervezet könnyebben alkalmazkodik egy új időzónához, mint egy új (normálistól eltérő) alvás/ébrenlét ciklushoz. Ezért a jet lag-gel ellentétben, a shift lag-nél nem fognak elmúlni a tünetek, mert nincs, ami szinkronizálja a test biológiai ritmusát, ugyanis az új alvás/ébrenlét ciklusok mindig ellentétben lesznek a környezettel. A Nap süt, és mindenki más dolgozik, amíg az éjszakai munkás aludni próbál és ennek az ellentétje is igaz arra az esetre, amikor a munkás dolgozni indul. Az éjszakai munka megtervezése segíthet az alkalmazkodásban, de teljes hozzászokást ez sem fog eredményezni. Egyesek szerint érdemes 2-3 naponta (gyors forgás) műszakot váltani, míg mások szerint 5-7 naponta (lassú forgás) érdemes ezt tenni. A gyors forgás hívei szerint hiába töltünk el több napot az éjszakai műszakban, a testünk úgysem fogja ezt megszokni és emiatt nőne a kialvatlansági faktorunk, így nagyon veszélyes szintre fokozódna a fáradtságunk (2-3 naponta műszakot váltva ez nem fordulhat elő). A lassú forgás hívei szerint pedig 5-7 nap alatt az ember hozzá tud szokni az új műszakhoz, ha megfelelő technikákat alkalmaz. Szerintük a gyors forgásnál problémák adódhatnak, viszont lassú forgás esetén az éberség fokozódni fog azáltal, hogy a cirkadián ritmus elfogadja az új alvás/ébrenlét ciklusokat. Az igazság azonban az, hogy a test felháborítónak tartja, ha a cirkadián ritmusát megzavarják. Hiába vannak módszerek, amelyek segítik az alkalmazkodást az új időzónákhoz és a megváltozott életritmusokhoz, ennek ellenére a cirkadián rendszer törékeny és problémái lesznek, amikor megpróbálja szinkronizálni a testet a külvilággal. A legjobb körülmények között is a szinkronizálás sok időbe telik, és ez hatással van a teljesítményre és a hangulatra egyaránt.

5. Fáradtság elleni stratégiák

Milyen intézkedéseket tehetünk a jet lag-ből és shift lag-ből adódó fáradtság ellen? A következőkben erre vonatkozólag vizsgálunk meg néhány stratégiát. Az éjszakai repülések során az álmoság befolyásolja a tudatot és a motivációt. Ezért fontos, hogy csak a repülésre koncentráljon az ember, és mellőzzön minden egyéb felesleges tevékenységet a pilótafülkében. Éjszaka mindenki fáradtabb a szokásosnál, ezért ne feltételezzük azt, hogy néhány szokatlan döntés vagy elmulasztása néhány rutin eljárásnak, direkt történt. Tehát **ellenőrizzünk mindent kétszer!** Ez egy nagyon egyszerű, de hasznos megoldás lehet az éjszakai repülések folyamán.

Érkezés után, ha nehéz elaludni az új környezetben, néhány egyszerű megoldással ezen is lehet segíteni. Az idegen környezetet máris személyesebbé tehetjük, ha a saját kis párnánkat használjuk, kiteszünk 1-2 képet vagy bármit, ami az otthoni környezetre emlékeztet bennünket. Ezután szánjunk rá pár percet és fedezzük fel a környezetet, mielőtt aludni mennénk (szállodai elszállásolás esetén, nézzünk körbe a szállodában, hogy merre mi található). Végezetül állítsuk be az ébresztőórát és kérjünk a recepción is ébresztést, így biztos hogy nem kell attól félni, hogy másnap elaludnánk. Azáltal, hogy **személyesebbé tesszük az idegen környezetet**, javítani tudjuk az alvás minőségét. Ezen kívül sötétítsünk be, amennyire csak lehet, és bizonyosodjunk meg róla, hogy az ablakok zárva vannak, ezzel is megpróbálni zajmentes környezetet előidézni (a nagy zaj ronthatja az alvási fázisokat, így fáradtan kel fel az illető). A legtöbb szállodában már légkondicionáló berendezés is van, ami nagy segítséget jelent a hőmérséklet beállításában, ezzel is optimális környezetet teremtve az alvásnak.

Több időzóna keresztezése esetén általánosságban elmondható, hogy ha csak 1-3 napot töltünk el az új időzónában, akkor a legjobb megoldás az, ha **nem állunk át az új időzónára**. Ez azt jelenti, hogy enni és aludni a saját időzónánk szerint fogunk és ezzel elkerülhetjük a fáradtságot, és a cirkadián rendszerünknek sem lesz megterhelő így az utazás. Ha több mint 3 napot kell eltölteni az új időzónában, akkor viszont **át kell állni az új időzónára**.

Amikor nappal kellene aludni a pilótáknak, de a napfény miatt nem tudnak elaludni, sokuk altatót vesz be a probléma megoldására. Kettő fő fajtája van az **altatóknak**, lehetnek rövid hatásúak (alkotóelemeik: zolpidem, triazolam, zaleplon) és közepes hatásúak (alkotóelemeik: temazepam). A rövid hatásúak csak 2-4 órán át hatnak és kisebb pihenésekhez javasolt a szedésük, továbbá nem okoznak másnapossághoz hasonló tüneteket ébredés után. Azoknak is célszerű ilyet bevenni, akik hamarabb szeretnének elaludni a szokásos idejükhöz képest (elalvás után az alvást megtartják, tehát nem fog felkelni az illető 1-2 óra múlva). A közepes

hatásúak azoknak javasoltak, akik több időzónát kereszteznek egyszerre vagy éjszakai munkavégzők és muszáj aludniuk napközben. Ezek a típusú altatók 8 órán keresztül is kifejtik hatásukat, és segítenek megelőzni a túl korai ébredést.

Az **élénk fények** használata segít lecsökkenteni azokat a problémákat, amelyek kapcsolatban állnak a test újraszinkronizálásával. Megállapított tény, hogy a fénykezelés nagy hatással van a cirkadián ritmusra. Annak érdekében, hogy lecsökkentsük a shift lag hatásait, amikor a normálistól eltérő ciklusokban dolgozunk, bizonyos időpontokban maximalizálni vagy minimalizálni kell a fényeket. Ez speciális eszközöket igényel, például az éjszakai munkásoknak hordozható elemlámpát kell magukkal hordani, hogy napfény helyett azzal világítsanak, nappalra pedig napszemüveget kell felvenniük, így imitálva a sötétséget. Érdeemes az éjszakai műszakosoknak legalább 2 órát eltölteni mesterséges fényben munkába menetelük előtt, és kerüljék a napfényt hazajövetelkor napszemüveg segítségével.

A **melatonin készítményű gyógyszerek** is megoldást nyújthatnak a biológiai óra helyreállításában shift lag esetén. A melatonin az alvási ciklusunkat irányító hormon és a tobozmirigy termeli (legnagyobb mennyiségben alvás közben termelődik). A készítmény jet lag leküzdésére is alkalmas: azoknak a pilótáknak, akik 6-7 időzónát kereszteznek keleti irányba, ajánlatos bevenni ezt a gyógyszert 16 óra körül helyi idő szerint az indulás napján. Érkezés után a következő adagot pedig este kell bevenniük. A melatonin bevétele attól függ, hogy mennyi időzónát keresztezünk, mert ahány időzónát keresztezünk, annyi órát kell hozzáadni 17 órához, és a kapott eredmény jelenti azt az órát, amikor be kell venni a gyógyszert. Például: ha valaki 6 időzónát lép át egyszerre, akkor $17+6=23$, vagyis az első adagot 23 órakor kell hogy bevegye a megérkezés napján helyi idő szerint. A következő 3-4 éjszaka során mindig 1-2 órával korábban kell bevenni a melatonint, amíg a biológiai óránk meg nem szokja a helyi időt. A tengerentúlra repülő pilóták figyelmét mindig felhívják arra, hogy ne vegyenek be melatonint repülés előtt, mert annak hatása repülés közben fog megjelenni és álmodást, elbóbiskolást fog okozni.

6. A vizsgálat bemutatása

A fáradtságnak és alváshiánynak a repülési teljesítményre, figyelemre és koncentrációra gyakorolt negatív hatásaival számos szakirodalom foglalkozik, dolgozatunkban ezt szeretnénk a saját kísérleti eredményeinkkel is alátámasztani.

Vizsgálatunk kettő részből állt: egy cselekvésvizsgálón végzett tesztből és egy szimulátoron végrehajtott repülésből. 10 önkéntes pilótajelölt vett részt a kísérletben, akik a feladatokat pihenten (megfelelő mennyiségű alvás után) és fáradtan (24 órás ébrenlétet követően) is végigcsinálták. Mindkét alkalommal a tesztekre reggel 8 és 10 óra között került sor.

A cselekvésvizsgálón akusztikus és vizuális jelekre adott reakcióidőket mértünk a szimulátoros repülések előtt és után egyaránt. A pilótajelölteknek 50 egymást követő jelre kellett reagálniuk, felvillanó fények esetén a megfelelő gombot vagy pedált kellett lenyomniuk, magas és mély hangoknál pedig a megfelelő kart kellett meghúzniuk. A végén lejegyeztük a reakcióidőket, illetve azt, hogy 50-ből hányszor hibáztak.

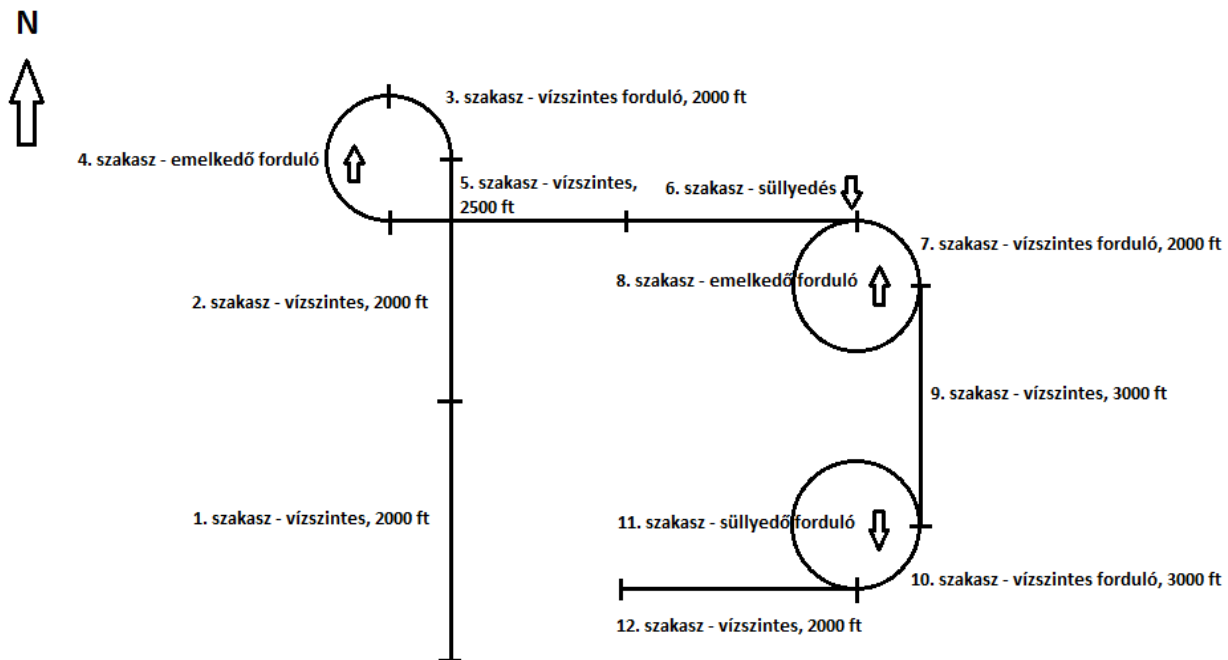
A repülési feladatot a tanszéken található FNPT II. típusú szimulátoron (7. ábra) hajtották végre a vizsgálatban részt vevő alanyok, amely egy kb. 15 perces műszerrepülést foglalt magába. Felszállás után 2000 lábat elérve, a magasságmérőt befagyasztottuk, így a továbbiakban nem kaptak visszajelzést a magasságukról, az előírt értékeket a műhorizont és a variométer segítségével kellett tartaniuk. A repülések alatt figyeltük az iránytartást, a magasságtartást, valamint a fordulók, az emelkedések és süllyedések pontosságát. A feladat 12 szakaszra bontható, amelyet a következőkben részletesen ismertetünk.



7. ábra. FNPT II. eljárásgyakorló berendezés [13]

6.1. A szimulátoros feladat leírása

Először pihent állapotban végeztük el a méréseket. A repülés előtt a pilótajelöltek tanulmányozhatták a feladatot, részletesen elmagyaráztuk nekik a teendőket az egyes szakaszokon, emellett mindenki repülhetett egy gyakorlókört is.



8. ábra. A pilótajelöltek által lerepült feladat

A nyíregyházi repülőteret (LHNY) állítottuk be a szimulátoron, a 36-os pályáról szálltak fel a jelöltek, majd a pályairányt tartva 360°-on 2000 lábig emelkedtek. Ezután befagyasztottuk a magasságmérőt és elkezdődött a mérés. A végrehajtott feladatot a 8. ábra szemlélteti, és most nézzük meg, milyen szakaszokból tevődik össze.

- 1. szakasz: a műhorizontra és a variométerre támaszkodva 2000 lábas magasságot, illetve 360°-os irányt kell tartani 1 percig.
- 2. szakasz: további 1 percig kell folytatni a repülést vízszintesen az adott irányon.
- 3. szakasz: fél perces, bal forduló végrehajtása vízszintesen olyan bedöntéssel, hogy a repülőgép 3°-ot forduljon másodpercenként (Rate One Turn).
- 4. szakasz: a megkezdett bal forduló folytatása 1 percig, de ekkor már 500 láb/perccel kell emelkedni. A megfelelő bedöntés és vario tartása esetén a forduló végén az új repülési magasság 2500 láb, az irány pedig 90° lesz.

- 5. szakasz: 1 percig vízszintes repülés 90° -on, amennyiben az irány a forduló végén ettől eltér, korrigálni kell. A magasságukról a feladat végéig nem kapnak visszajelzést a pilótajelöltek, így ezen a szakaszon az emelkedés pontosságától függően elért magasságot próbálják tartani.
- 6. szakasz: 1 percen keresztül kell süllyedni 500 láb/perccel 90° -os irányon, amennyiben eddig a feladatot pontosan hajtották végre, a magasság újra 2000 láb lesz az 1 perc elteltével.
- 7. szakasz: fél perces, jobb forduló vízszintesen (Rate One Turn).
- 8. szakasz: emelkedő forduló 2 percig, 500 láb/perces vario tartása. 2 perc alatt 1000 lábat kell emelkedni, a szakasz végén az új előírt magasság 3000 láb, az irány 180° .
- 9. szakasz: az emelkedés végén elért magasság tartása 1 percig, vízszintes repülés 180° -on, ha az irány a forduló végén ettől eltér, akkor korrigálni kell.
- 10. szakasz: fél perces, jobb forduló vízszintesen, 3000 lábon (Rate One Turn).
- 11. szakasz: jobb, süllyedő forduló 2 percen keresztül, 500 láb/perces varioval, az eltelt idő alatt a magasság 1000 lábbal csökken megfelelően végzett süllyedés esetén, így az előírt magasság a szakasz végén újra 2000 láb, az irány a forduló befejezése után 270° .
- 12. szakasz: az utolsó 1 percben vízszintes repülés 270° -on.

6.2. A szimulátoros mérés menete

Mivel a méréseket közösen hajtottuk végre, ezért megosztottuk egymás között az elvégzendő feladatokat. Egyikünk a szimulátorban ült a jelölttel és folyamatosan instrukciókat adott neki a feladattal kapcsolatban, továbbá mérte a szakaszok idejét, és mindig szólt a jelöltnek, hogy mikor jár le vagy kezdődik egy új szakaszidő. Másikunk az oktatói számítógépről 10 másodpercenként rögzítette a jelölt magasságát, miután befagyasztotta a magasságmérőjét. Ezenkívül feljegyezte még a vario értékeket az emelkedő/süllyedő szakaszokon szintén 10 másodpercenként, illetve a fordulók befejeztével rögzítette az irányokat is.

A pilótajelöltek a 2000 láb elérésétől kezdve egészen az utolsó szakasz végéig nem kaptak visszajelzést a magasságukról. Így nem tudták, hogy az egyes szakaszokon mennyivel térnek el az éppen előírt magasságértékektől, tehát ha emelkedés/süllyedés után az előírttól eltérő magasságra kerültek, akkor utána már azt a magasságot próbálták megtartani. Ha a jelöltek pontosan 500 láb/perccel emelkedtek/süllyedtek az előírt szakaszokon 1 vagy 2 percig, akkor a szakasz végére a magasságváltozásuk az előírt értéknek megfelelő volt.

Ha a jelöltek optimális bedöntéssel (Rate One Turn) hajtották végre a fordulókat, tehát 3°-ot fordultak másodpercenként, akkor fél perc alatt 90°-ot, 1 perc alatt 180°-ot, 2 perc alatt pedig 360°-ot fordultak, így a kívánt irányokra érkeztek. Ellenkező esetben nem hagyhatták abba hamarabb a fordulót, mint ahogy az idő lejárt és nem is fordulhattak tovább, ha még nem voltak a megfelelő irányon, tehát ilyenkor a vízszintes szakaszokon kellett korrigálniuk a kívánt irányokra.

A mérések végén kapott eredményeket táblázatos formában rögzítettük, majd az általunk felállított pontrendszer alapján értékeltük a pilótajelöltek teljesítményeit. Most nézzünk meg néhány egyszerűsített táblázatot, kevesebb adattal (1., 2., 3., 4. táblázat), amelyen keresztül bemutatjuk a pontok számításának menetét. Ez alapján alakultak ki a végeredmények (elért pontszámok) és a százalékos teljesítmények.

1. táblázat. Magassági adatok

Előírt magasság (ft)	Tartott magasság (ft)	Eltérés (ft)
2000	2011	11
2000	2004	4
2000	2019	19
2000	2027	27
2500	2531	31
2500	2487	-13
2500	2477	-23
2500	2521	21
2000	2006	6
2000	2042	42
2000	2034	34
2000	2060	60
3000	3029	29
3000	3016	16
3000	2978	-22
3000	3012	12
2000	2066	66
2000	2086	86
2000	2057	57
2000	2051	51
		Átlagos: 31,5 ft
	23+86 = 109 ft	

2. táblázat. Irányra fordulás adatai

Előírt irány forduló végén	Tényleges irány forduló végén	Eltérés
270°	275°	5°
90°	93°	3°
180°	185°	5°
180°	190°	10°
270°	275°	5°
270°	265°	-5°

3. táblázat. Magasságváltozások adatai

Előírt magasságváltozás (ft)	Tényleges magasságváltozás (ft)	Eltérés
emelkedés: 500	504	4 ft
süllyedés: 500	515	15 ft
emelkedés: 1000	969	-31 ft
süllyedés: 1000	960	-40 ft

4. táblázat. Ingadozások adatai

2000 ft-en	23 ft ingadozás
2500 ft-en	54 ft ingadozás
2000 ft-en	54 ft ingadozás
3000 ft-en	51 ft ingadozás
2000 ft-en	35 ft ingadozás
Vízszintes szakaszok	Átlagos ingadozás: 43,4 ft

A maximálisan elérhető pontszám 2000 pont volt, ebből a pirossal kiemelt számok abszolút értékét vontuk le. A fenti példa alapján: 2000-31,5-109-5-3-5-10-5-5-4-15-31-40-23-54-54-51-35 = 1519,5 pontos, azaz 76%-os az elért eredmény.

Az 1. táblázatban rögzítettük a tartott magasságot, amelyből kivontuk az egyes szakaszokon előírt magasságokat, így megkaptuk az eltérést. Végül kiszámoltuk az eltérések abszolút értékeinek az átlagát, illetve a legnagyobb két eltérés (pozitív és negatív irányban) összegét. Ezt a két adatot jelöltük pirossal.

A 2. táblázatban rögzítettük a tényleges irányokat a fordulók végén, amelyekből kivontuk az előírt irányokat, így megkaptuk az eltéréseket. Ezeket az adatokat jelöltük piros színnel.

A 3. táblázatban rögzítettük a tényleges magasságváltozásokat, amelyekből kivontuk az előírt magasságváltozásokat, így megkaptuk az eltéréseket. Ezeket az adatokat jelöltük pirossal. A magasságváltozások abból adódtak, hogy a jelöltek mennyire pontosan hajtották végre az emelkedéseket/süllyedéseket. Például a 3. táblázat harmadik sorából kiderül, hogy a

jelölt nem tartotta végig a 2 perces emelkedés során az 500 láb/perces értéket, így az előírt 1000 láb helyett csak 969 lábat emelkedett és ez 31 pont levonásával járt.

A 4. táblázatban rögzítettük a vízszintes szakaszokon a magasságingadozásokat, melyeket piros színnel emeltünk ki. Az ingadozásokat úgy kaptuk meg, hogy az adott vízszintes szakaszon vettük a legnagyobb és a legkisebb tartott magasság különbségét. Például a 4. táblázatban látható, hogy a jelölt az első, 2000 lábas vízszintes szakaszon 23 lábat ingadozott, mert ezen a szakaszon, ahogy az 1. táblázatból leolvasható, a legnagyobb tartott magasság 2027 láb volt, a legkisebb pedig 2004 láb ($2027 - 2004 = 23$ láb). Minél kisebb érték jön ki az ingadozásra, annál pontosabban tartotta az önkéntes az elért magasságot.

7. Cselekvésvizsgáló eredmények értékelése

7.1. Első jelölt eredményeinek értékelése

PIHENT/ELŐTT

Eredmény: 50/49

Reakcióidő: 0-600 ms: 41
600-1000 ms: 8
>1000 ms: -

PIHENT/UTÁN

Eredmény: 50/49

0-600 ms: 36
600-1000 ms: 13
>1000 ms: -

FÁRADT/ELŐTT

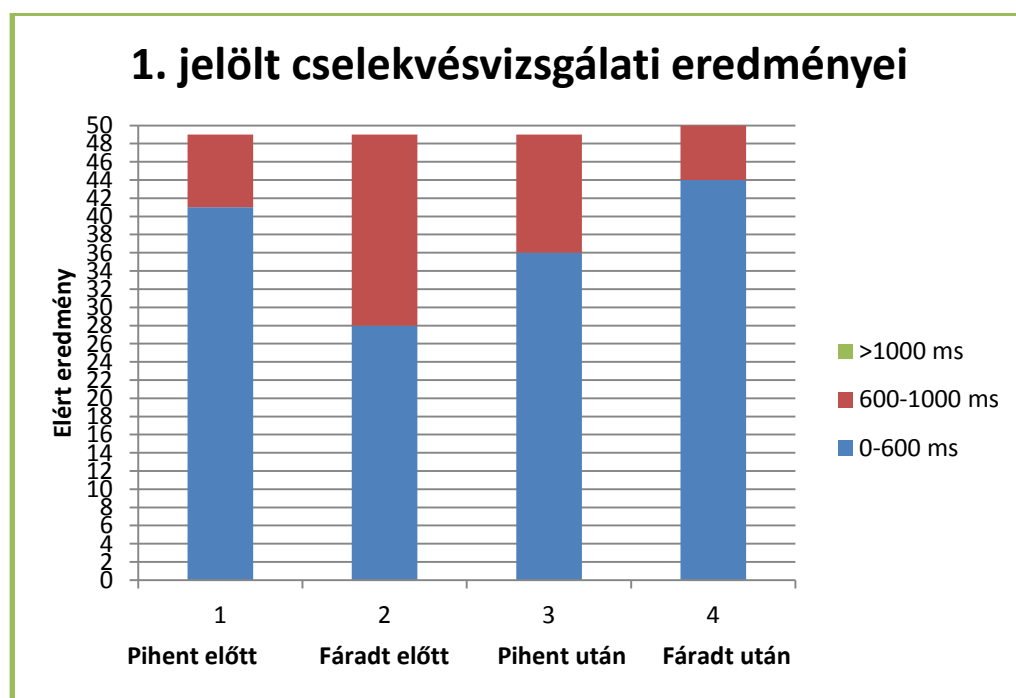
Eredmény: 50/49

Reakcióidő: 0-600 ms: 28
600-1000 ms: 21
>1000 ms: -

FÁRADT/UTÁN

Eredmény: 50/50

0-600 ms: 44
600-1000 ms: 6
>1000 ms: -



9. ábra. Első jelölt eredményei

Látható, hogy az első jelölt fáradtan, szimulátoros repülés előtt teljesített a legrosszabbul, és fáradtan, repülés után a legjobban.

A többi jelölt cselekvésvizsgáló eredménye a mellékletekben (11-19. sz.) megtalálható.

7.2. Cselekvésvizsgáló eredmények összefoglalása

A 10 önkéntes pilótajelölt eredményeiről összegezve elmondható, hogy a cselekvésvizsgálón a legjobban fáradtan, szimulátoros repülés után teljesítettek, és hasonlóan rosszul teljesítettek pihenten, repülés előtt és után egyaránt. Az értékelésünk alapján azért teljesítettek fáradtan, szimulátor után a legjobban, mert ekkor a reakcióidejük felgyorsult, ugyanakkor a gyors reagálások következtében általában több hibát ejtettek, mint pihenten. Pihenten, repülés előtt, pedig sokszor 50-ből 50 elemet hibátlanul teljesítettek, viszont a reakcióidejük sokkal lassabb volt. A legtöbb szakirodalom szerint, amelyekből mi is dolgoztunk, a reakcióidőnek le kell lassulnia fáradt állapotban. Akkor mivel magyarázható a legtöbb jelölt (80%-uk) gyors reakcióideje fáradtan, repülés után, a mi kísérletünkben? Erre három lehetséges magyarázatot találtunk.

Az **első magyarázat** az lehet, hogy nem elég reprezentatív a 10 főből álló minta. Elképzelhető, hogy 50 vagy 100 vizsgált személy esetében már más eredményre jutottunk volna, elvégre a statisztikai hivatalok is több 100 fős mintákat szoktak alkalmazni, amelyekből aztán következtetéseket vonnak le. Sajnos a rendelkezésünkre álló kevés idő miatt nem volt lehetőségünk több önkéntest megvizsgálni.

A **második magyarázat**, az úgynevezett anticipált cél-reakció jelenségében rejlik. Ez a jelenség egy előrevetített célt jelent. *Clark Leonard Hull* szerint [12] a sorozattanulás során az ember/állat már a cél előtt elővételezi a megfelelő választ (megfelelő mozgást) és ilyen módon az előző mozdulat (mint belső inger) lesz a következő mozdulat ingere. Ezzel magyarázható, hogy a legrosszabb teljesítmények (és leglassabb reakcióidők) azért születtek pihenten, repülés előtt, mert ekkor a jelöltek még nem voltak rutinosak a cselekvésvizsgálón elvégzett tesztekben. Viszont amikor fáradtan, repülés után csinálták mindezt, akkor már túl voltak 3 cselekvésvizsgálón végrehajtott teszten, ebből adódóan elővételezték a megfelelő választ, magyarázható, hogy mire számítsanak, és így a reakcióidejük felgyorsult. Azonban a fáradtság beleszólt a gyors reakcióidőkbe, mert annak ellenére, hogy gyorsan reagáltak a jelöltek, mégis 1-2 elemet hibásan találtak el a pihent állapotokhoz képest.

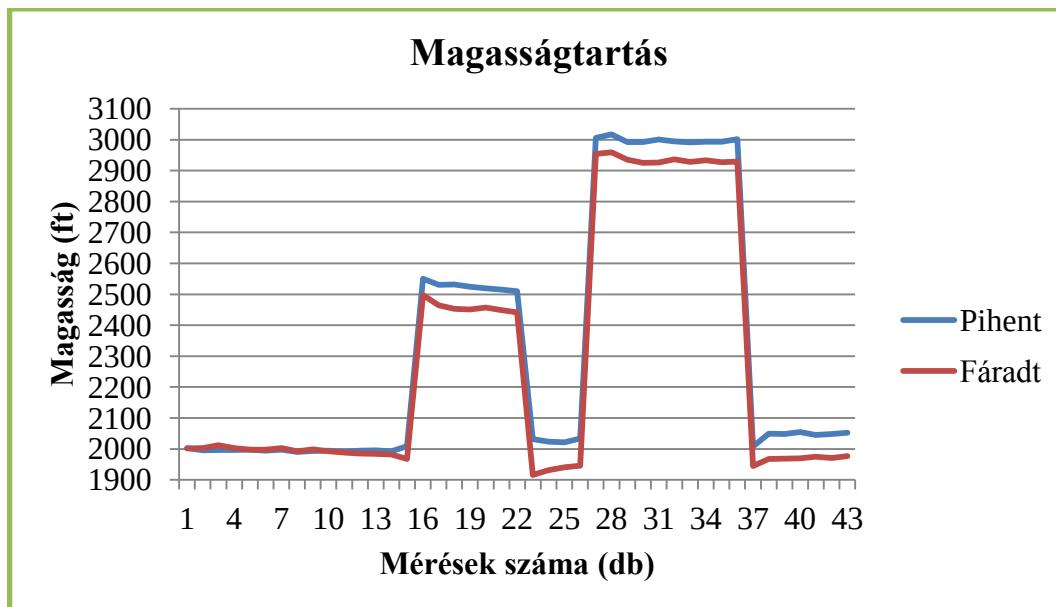
A **harmadik magyarázat** szerint a szimulátoros repülés után átmenetileg éberek lettek a jelöltek, mert 15 percen át erősen összpontosítottak a műszerrepülési feladat sikeres végrehajtására. 24 órás ébrenlétet követően egy ilyen feladat elvégzése sokkal több energiát, figyelmet és koncentrációt igényel. Ennek hatására felfokozott állapotba kerültek az önkéntesek, adrenalin szabadult fel a szervezetükben, ez pedig átmenetileg elnyomta a fáradtság/álmoság negatív tüneteit és növelte a teljesítményt. Ez a növekedés azonban csak

rövid ideig figyelhető meg, mert egy adott idő után újra jelentkeznek a fáradtság/álmosság negatív hatásai, amelyek ekkor már a reakcióidő romlásához vezetnek. Tehát az eredményeink is alátámasztják, hogy a felfokozott állapot kedvezően hat a reakcióidőre, hiszen repülés előtt, kevésbé éber állapotban, a reakcióidejük lényegesen lassabb volt.

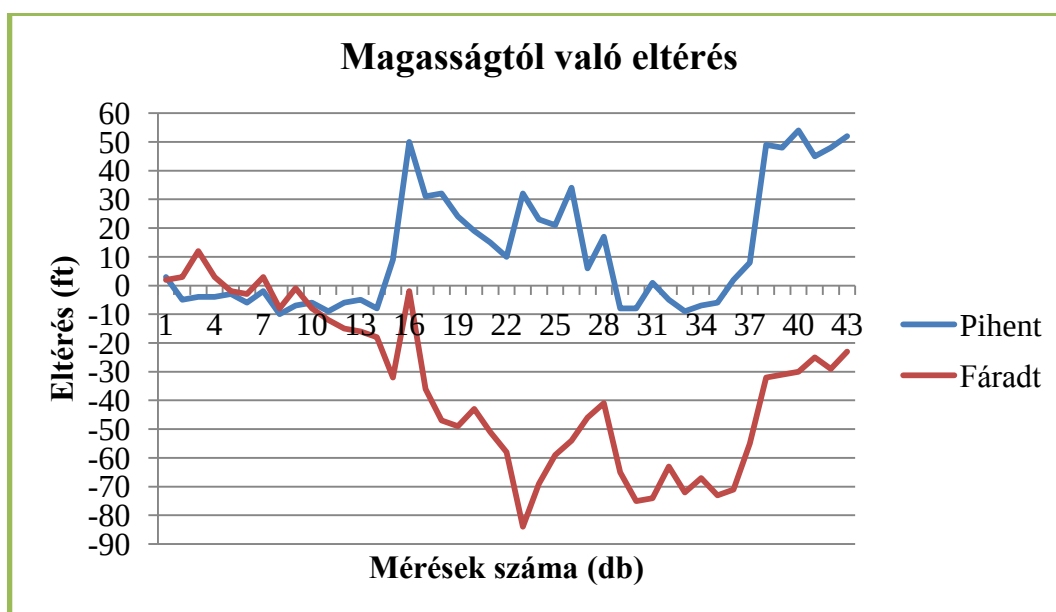
A pilóták teljesítőképességét fáradtan befolyásolja a feladat nehézsége, ugyanis minél összetettebb feladatot kell végrehajtaniuk, annál jobban romlani fog a teljesítményük. Ezt igazolja a kísérletünk is, mert egy egyszerűbb, cselekvésvizsgálón elvégzett teszt nem okozott teljesítményromlást az önkénteseknél. Viszont a bonyolultabb, szimulátoros feladat során már jelentkeztek a fáradtság hatásai. A következő fejezetben részletesen bemutatom a szimulátor eredményeket.

8. Szimulátor eredmények összehasonlítása, értékelése

8.1. Első jelölt eredményeinek értékelése



10. ábra. Első jelölt magasságtartása



11. ábra. Első jelölt magasságtól való eltérése

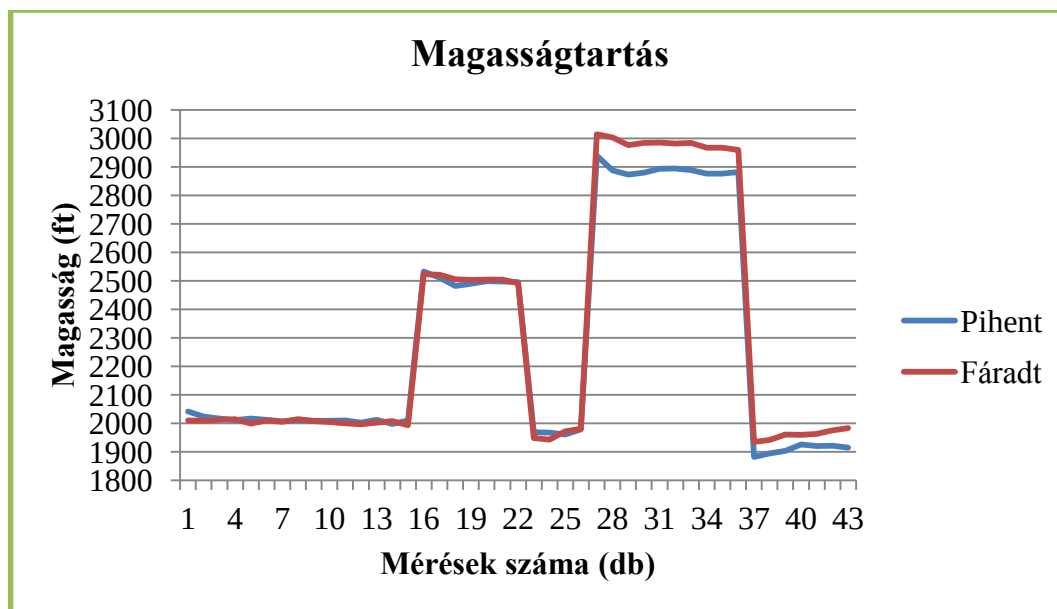
Az első jelölt pihenten 1642,5 pontot (82%), fáradtan pedig 1561,7 pontot (78%) ért el. Látható, hogy a teljesítménye 4%-kal csökkent. A 10. ábra alapján elmondható, hogy a vízszintes szakaszokon az önkéntes pontosabban tartotta pihenten az elért magasságokat (a vízszintes kék színnel jelölt vonalak egyenesebbek), ekkor az ingadozások átlaga 28,8 láb volt. Ezzel szemben fáradtan ez az érték 39,2 lábra nőtt. A 11. ábráról leolvasható, hogy a

vizsgált személy kevésbé tért el az előírt magasságtól pihenten (a kék színnel jelölt vonal jobban közelít a nullához), ekkor az előírt magasságtól való átlagos eltérés 17,5 láb, míg fáradtan ez az érték 36,3 lábra növekedett.

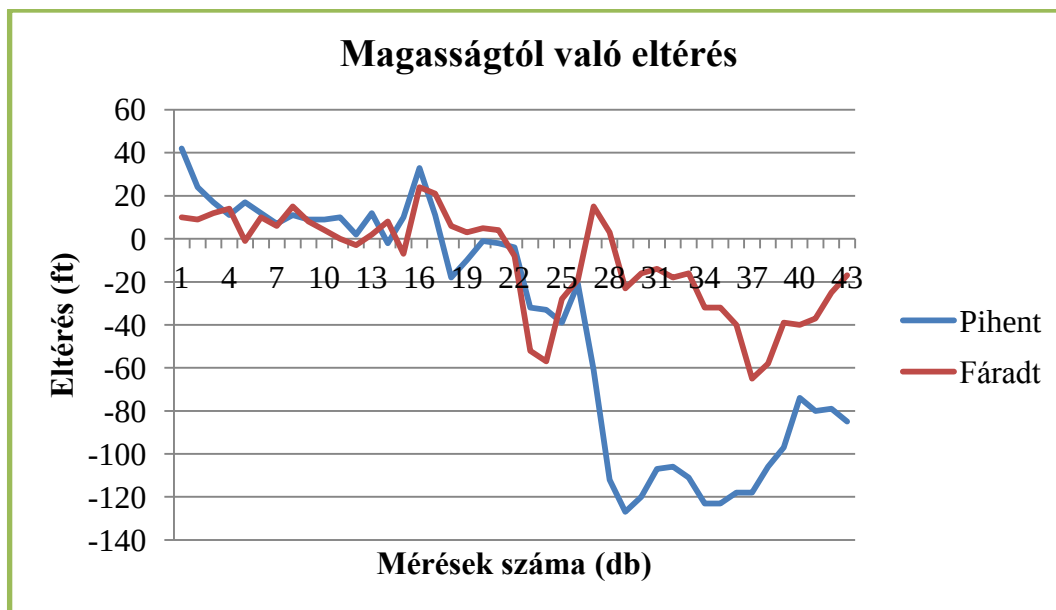
Ezekén kívül megvizsgáltuk még a fordulók végén az irányoktól való eltéréseket, a rögzített adatok alapján megállapítható, hogy az 1. jelölt pihenten átlagosan 5,8°-kal, fáradtan pedig csak 5°-kal tért el az előírt irányoktól. A magasságváltozástól való átlagos eltérések alapján 24,25 lábról 20 lábra javított, vagyis az emelkedéseket/süllyedéseket fáradt állapotban pontosabban hajtotta végre.

Tehát az 1. pilótajelölt látványosan rosszabb értékeket produkált az ingadozások és az előírt magasságtól való eltérések tekintetében fáradtan, ebben az esetben az alváshiány negatív hatása a magasságtartásban mutatkozott meg leginkább. Az iránytól való eltérése és az előírt magasságváltozástól való eltérése pedig pihent állapotban kissé pontatlanabb volt (látható, hogy csekély a különbség a pihent és fáradt értékek között). Összességében kijelenthetjük, hogy fáradt állapotban csökkent a teljesítménye az 1. jelöltnek.

8.2. Második jelölt eredményeinek értékelése



12. ábra. Második jelölt magasságtartása



13. ábra. Második jelölt magasságtól való eltérése

A második jelölt pihenten 1380,1 pontot (69%), fáradtan pedig 1479,8 pontot (74%) ért el. Látható, hogy a teljesítménye 5%-kal javult. A 12. ábra alapján elmondható, hogy a vízszintes szakaszokon az önkéntes pontosabban tartotta fáradtan az elért magasságokat (a vízszintes piros színnel jelölt vonalak egyenesebbek), ekkor az ingadozások átlaga 36,6 láb volt. Ezzel szemben pihenten ez az érték 43,8 láb. A 13. ábráról leolvasható, hogy a vizsgált személy kevésbé tért el az előírt magasságtól fáradtan (a piros színnel jelölt vonal jobban közelít a nullához), ekkor az előírt magasságtól való átlagos eltérés 19,2 láb, míg pihenten ez az érték 49,9 láb.

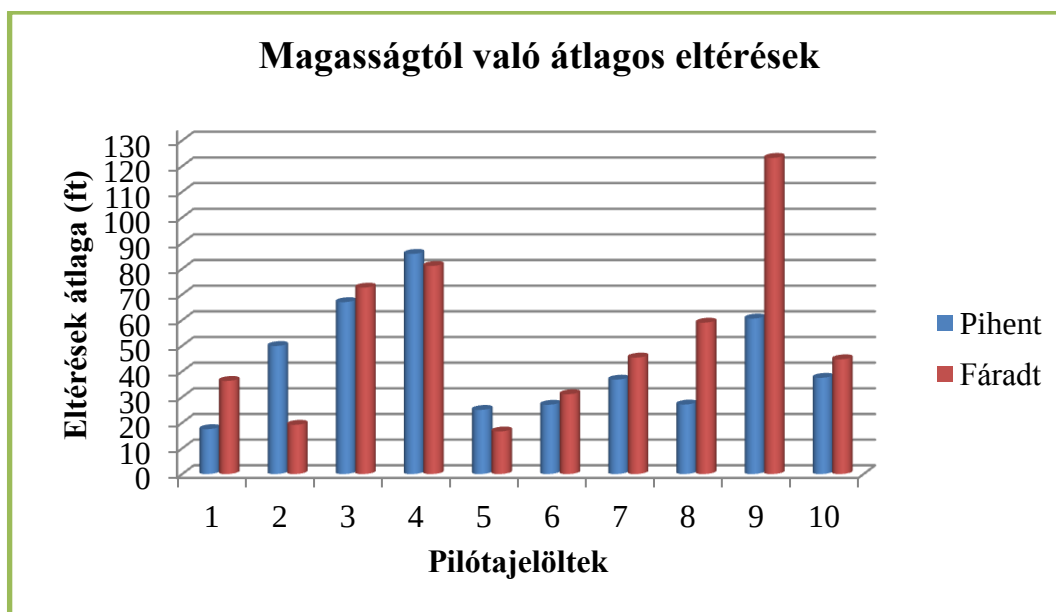
Ezekén kívül megvizsgáltuk még a fordulók végén az irányoktól való eltéréseket, a rögzített adatok alapján megállapítható, hogy az 2. jelölt pihenten átlagosan 16,7°-kal, fáradtan pedig csak 15,8°-kal tért el az előírt irányoktól. A magasságváltozástól való átlagos eltérések alapján 22,75 lábról 33,5 lábra rontott, vagyis az emelkedéseket/süllyedéseket fáradt állapotban pontatlanabban hajtotta végre.

Tehát az 2. pilótajelölt rosszabb értékeket produkált az emelkedések/süllyedések tekintetében fáradtan, ebben az esetben az alváshiány negatív hatása egyedül itt mutatkozott meg. Az iránytól való eltérése, a vízszintes szakaszokon az ingadozása és az előírt magasságtól való eltérése pedig pihent állapotban volt pontatlanabb (látható, hogy nagy a különbség a magasságtól való eltérések és az ingadozások esetében). Összességében kijelenthetjük, hogy fáradt állapotban javult a teljesítménye a 2. jelöltnek. A 10 önkéntes közül csak ő repült fáradtan jobban, ez valószínű azzal magyarázható, hogy éjjeli életmódot folytat. Éjjelente szokott tanulni hajnali 2-3 óráig, ebből kifolyólag az „alvási kapuja”

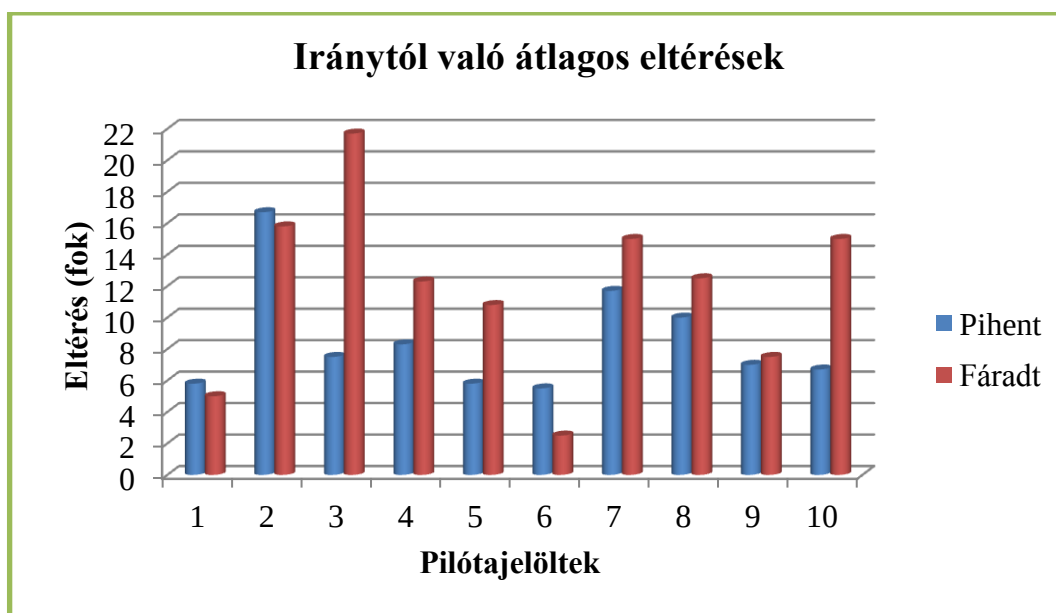
kitolódott, vagyis jobban hozzászokott a kevés éjszakai alváshoz. Így kevésbé viselte meg a szervezetét az alváshiány, amit általában délutánonként 1-2 órás pihenésekkel szokott kompenzálni.

A többi jelölt szimulátor eredményeinek értékelése a mellékletekben (20-27. sz.) megtalálható.

8.3. Összefoglaló értékelés



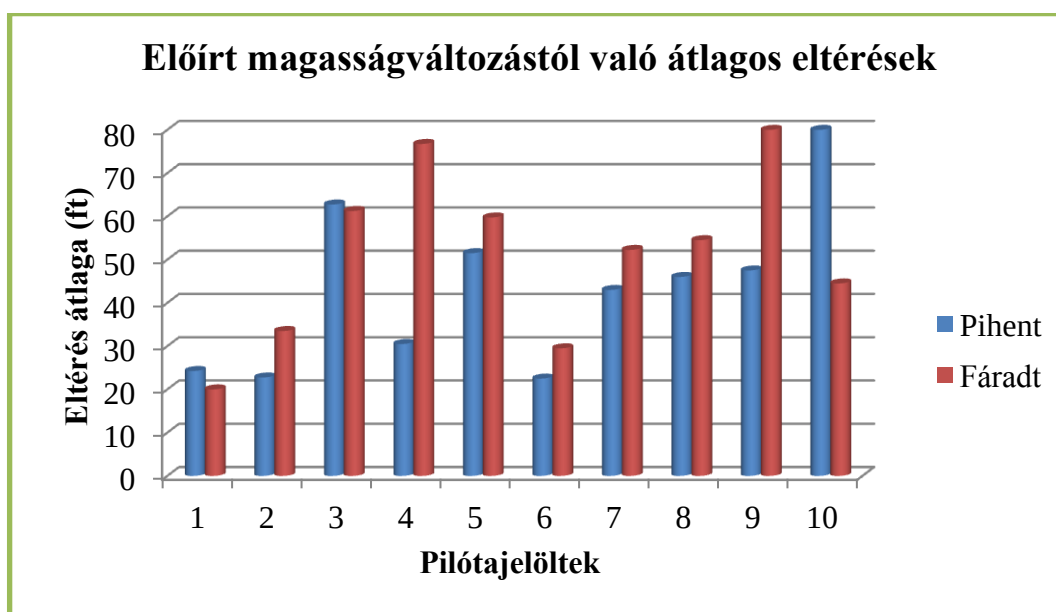
14. ábra. Magasságtól való átlagos eltérések összegzése



15. ábra. Iránytól való átlagos eltérések összegzése

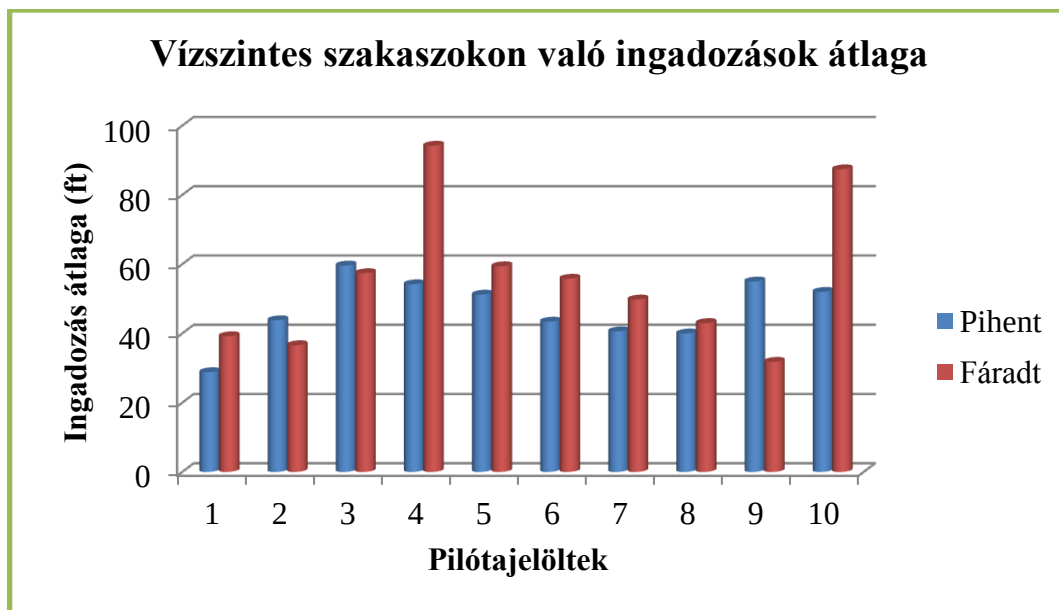
A 14. ábráról leolvasható, hogy 10-ből 3 önkéntes (2,4,5) fáradtan kevésbé tért el az előírt magasságtól. Látványos rontás történt a pihent állapothoz képest az 1-es, 8-as és 9-es jelölnél. A fáradtság negatív hatásai egyértelműen megmutatkoznak, mert az önkéntesek 70%-a nagyobb mértékben tért el az előírt magasságtól.

A 15. ábráról leolvasható, hogy 10-ből 3 önkéntes (1,2,6) fáradtan kevésbé tért el az előírt iránytól. Látványos rontás történt a pihent állapothoz képest a 3-as, 4-es, 5-ös, 7-es és 10-es jelölnél. Tehát fáradt állapotban a vizsgált személyek fele sokkal pontatlanabban hajtották végre a fordulókat és nem figyelt a megfelelő bedöntésre. A fáradtság negatív hatásai egyértelműen megmutatkoznak, mert az önkéntesek 70%-a nagyobb mértékben tért el az előírt iránytól.



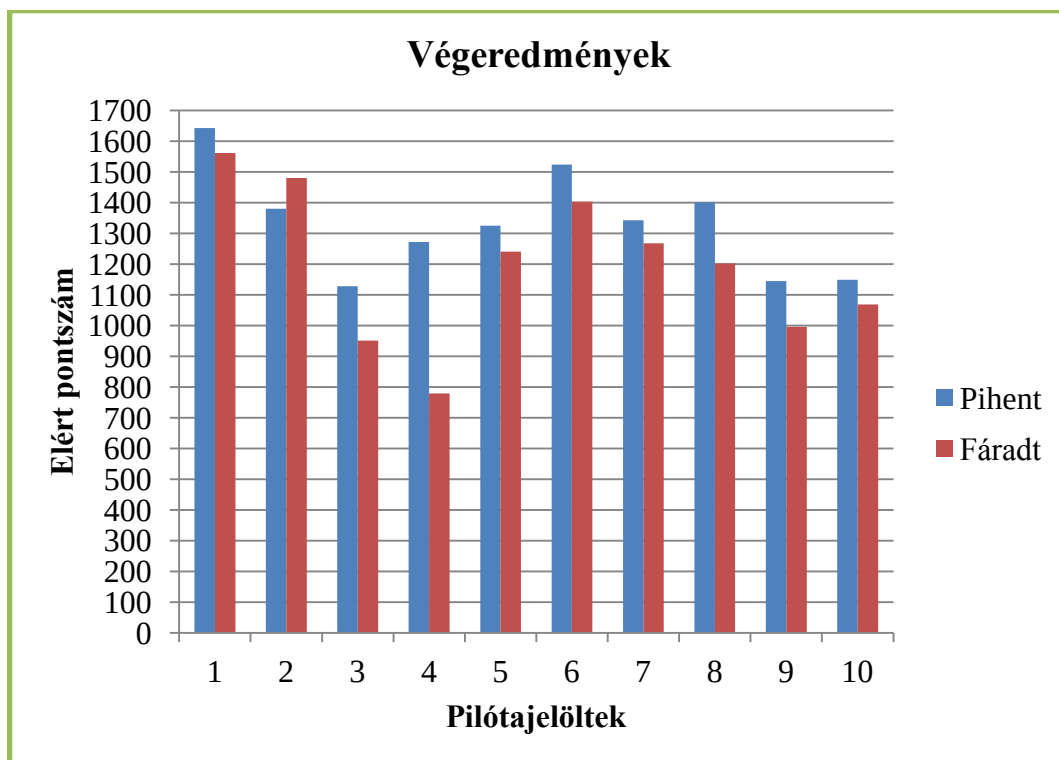
16. ábra. Előírt magasságváltozástól való átlagos eltérések összegzése

A 16. ábráról leolvasható, hogy 10-ből 3 önkéntes (1,3,10) fáradtan kevésbé tért el az előírt magasságváltozástól. Látható, hogy az 1-es és 3-as jelölt esetében csekély a különbség, ezzel szemben a 10-es pilótajelölt kétszer jobban hajtották végre az emelkedéseket/süllyedéseket fáradtan. Látványos rontás történt a pihent állapothoz képest a 4-es és 9-es jelölnél. A fáradtság negatív hatásai egyértelműen megmutatkoznak, mert az önkéntesek 70%-a pontatlanabban emelkedett illetve süllyedt az egyes szakaszokon a 24 órás ébrenlétet követően. Tehát összességében megnöttek az előírt magasságváltozástól való átlagos eltérések.



17. ábra. Vízszintes szakaszokon való ingadozások átlagának összegzése

A 17. ábráról leolvasható, hogy 10-ből 3 önkéntes (2,3,9) fáradtan kevesebbet ingadozott a vízszintes szakaszokon. Látványos rontás történt a pihent állapothoz képest a 4-es és 10-es jelölnél. A fáradtság negatív hatásai egyértelműen megmutatkoznak, mert az önkéntesek 70%-a pontatlanabban tartotta a magasságot a vízszintes szakaszokon.



18. ábra. Végeredmények összegzése

A 18. ábráról leolvasható, hogy 10-ből 1 önkéntes (2) fáradtan több pontot szerzett, vagyis az összteljesítménye 5%-kal javult. A repülési teljesítmény látványosan csökkent a pihent állapothoz képest a 3-as (8,8%-kal), 4-es (24,6%-kal), 6-os (6%-kal), 8-as (10%-kal) és 9-es (7%-kal) jelölteknél, tehát a vizsgált személyek felénél. A maradék 4 embernél kisebb mértékű, 4%-os romlás figyelhető meg. A fáradtság negatív hatásai egyértelműen megmutatkoznak, mert az önkéntesek 90%-a kevesebb pontot ért el.

8.4. Statisztikai számítások bemutatása

Mielőtt rátérnénk az értékelésre, megemlítenénk azokat a statisztikai mutatókat, amelyeket felhasználtunk az értékeléshez.

1. Számtani átlag: olyan számított középérték, amelyet az átlagolandó adatok helyére írva, azok összege nem változik. Kiszámítási módja súlyozott formában:

$$\bar{x}_a = \frac{\sum f_i \cdot x_i}{\sum f_i}$$

2. Szóródás: azonos fajta számszerű értékek különbözősége a szóródás. Az értékek különbözősége az egymástól való különbözőségükben és valamely középértéktől való eltérésben fejeződik ki. Kiszámítási módja súlyozott formában:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f_i \cdot (x_i - \bar{x}_a)^2}{\sum f_i}}$$

3. Relatív szórás: mértékegység nélküli szám, amely megmutatja, hogy a minta értékei mennyire szóródnak átlagértékükhöz képest. Kiszámítási módja:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}_a} \cdot 100$$

4. Módusz: az adatsor legjellemzőbb, legtipikusabb értéke. Kiszámítási módja:

$$M_o = x_{r_o} + \frac{f_r - f_{r-1}}{(f_r - f_{r-1}) + (f_r - f_{r+1})} \cdot i$$

5. Pearson-féle aszimmetrikus mérőszám: megmutatja, hogy az $f_i - x_i$ függvény görbéje szimmetrikus vagy aszimmetrikus. Az aszimmetrikus függvénygörbe azt jelenti, hogy az adatsor módusza valamelyik szélsőértékhez közelebb esik. Ha a végeredmény pozitív, akkor bal oldali aszimmetriáról (a módusz a legalacsonyabb értékhez esik közelebb), ha negatív, akkor pedig jobb oldali aszimmetriáról beszélünk (a módusz a legmagasabb értékhez esik közelebb). A végeredmény 3 csoportba sorolható: 0-0,3 között gyenge; 0,3-0,7 között közepes; 0,7-től felfelé

pedig erős az aszimmetria mértéke (ha pont 0, akkor szimmetrikus). Kiszámítási

$$\text{módja: } A_p = \frac{\bar{x}_a - M_o}{\sigma}$$

6. Koncentráció elemzése: megmutatja, hogy a teljes értékösszeg hogyan oszlik meg a sokaság egységei között. Erős a koncentráció, ha a teljes értékösszeg jelentős része néhány egyedre összpontosul. Kiszámítási módja: $K = 1 - \sum g_i \cdot (z'_i + z'_{i-1})$

Ezen mutatószámok ismeretében, áttérünk a kapott eredmények értékelésére.

8.4.1. Magasságtól való átlagos eltérések értékelése

5. táblázat. Pilótajelöltek magasságtól való eltérésének összehasonlítása pihent állapotban

PIHENT	Magasságtól való átlagos eltérés (ft)	f_i Pilótajelölt (fő)	x_i	$S_i = f_i \cdot x_i$	$f_i \cdot (x_i - \bar{x}_a)^2$	$g_i = f_i / \sum f_i$	$z_i = S_i / \sum S_i$	z_i'	$z_i' + z'_{i-1}$	$g_i \cdot (z_i' + z'_{i-1})$
1.	0,1 - 20,0	1	10	10	1156	0,1	0,023	0,023	0,023	0,0023
2.	20,1 - 40,0	5	30	150	980	0,5	0,341	0,364	0,387	0,1935
3.	40,1 - 60,0	1	50	50	36	0,1	0,113	0,477	0,841	0,0841
4.	60,1 - 80,0	2	70	140	1352	0,2	0,318	0,795	1,272	0,2544
5.	80,1 - 100,0	1	90	90	2116	0,1	0,205	1,00	1,795	0,1795
Σ	-	10	-	440	5640	1,00	1,00	-	-	0,7138

$$\bar{x}_a = \frac{\sum f_i \cdot x_i}{\sum f_i} = \frac{440}{10} = 44 \text{ ft}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f_i \cdot (x_i - \bar{x}_a)^2}{\sum f_i}} = \sqrt{\frac{5640}{10}} = 23,75 \approx 24 \text{ ft}$$

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}_a} \cdot 100 = \frac{23,75}{44} \cdot 100 = 53,98 \approx 54 \%$$

$$M_o = x_{ro} + \frac{f_r - f_{r-1}}{(f_r - f_{r-1}) + (f_r - f_{r+1})} \cdot i = 20,1 + \frac{5-1}{(5-1) + (5-1)} \cdot 20 = 30,1 \approx 30 \text{ ft}$$

$$A_p = \frac{\bar{x}_a - M_o}{\sigma} = \frac{44 - 30,1}{23,75} = 0,58 \rightarrow \text{bal oldali, közepes aszimmetria}$$

$$K = 1 - \sum g_i \cdot (z'_i + z'_{i-1}) = 1 - 0,7138 = 0,2862 \approx 0,29 \rightarrow \text{gyenge koncentráció}$$

Pihent állapotban a jelöltek átlagos magasságtól való eltérése 44 láb volt. Az egyes jelöltek magasságtól való eltérése átlagosan 24 lábbal, azaz 54%-kal tér el az átlagostól. A magasságtól való átlagos eltérések eloszlása közepes, bal oldali aszimmetriát mutat. A jelöltek tipikus magasságtól való eltérése 30 láb volt. Az eredményekre gyenge koncentráció jellemző, vagyis az értéksor nem koncentrálódik meghatározott magasságokra.

6. táblázat. Pilótajelöltek magasságtól való eltéréseinek összehasonlítása fáradt állapotban

FÁRADT	Magasságtól való átlagos eltérés (ft)	f_i Pilótajelölt (fő)	x_i	$S_i =$ $f_i \cdot x_i$	$f_i \cdot (x_i -$ $x_a)^2$	$g_i =$ $f_i / \sum f_i$	$z_i =$ $S_i / \sum S_i$	z_i'	$z_i' +$ z'_{i-1}	$g_i \cdot$ $(z_i' +$ $z'_{i-1})$
1.	0,1 - 20,0	2	10	20	3528	0,2	0,038	0,038	0,038	0,0076
2.	20,1 - 40,0	2	30	60	968	0,2	0,116	0,154	0,192	0,0384
3.	40,1 - 60,0	3	50	150	12	0,3	0,288	0,442	0,596	0,1788
4.	60,1 - 80,0	1	70	70	324	0,1	0,135	0,577	1,019	0,1019
5.	80,1 - 100,0	1	90	90	1444	0,1	0,173	0,750	1,327	0,1327
6.	100,1 - 120,0	0	110	0	0	0	0	0,750	1,500	0
7.	120,1 - 140,0	1	130	130	6084	0,1	0,250	1,00	1,750	0,1750
Σ	-	10	-	520	12360	1,00	1,00	-	-	0,6344

$$\bar{x}_a = \frac{\sum f_i \cdot x_i}{\sum f_i} = \frac{520}{10} = 52 \text{ ft}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f_i \cdot (x_i - \bar{x}_a)^2}{\sum f_i}} = \sqrt{\frac{12360}{10}} = 35,16 \approx 35 \text{ ft}$$

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}_a} \cdot 100 = \frac{35,16}{52} \cdot 100 = 67,62 \approx 68 \%$$

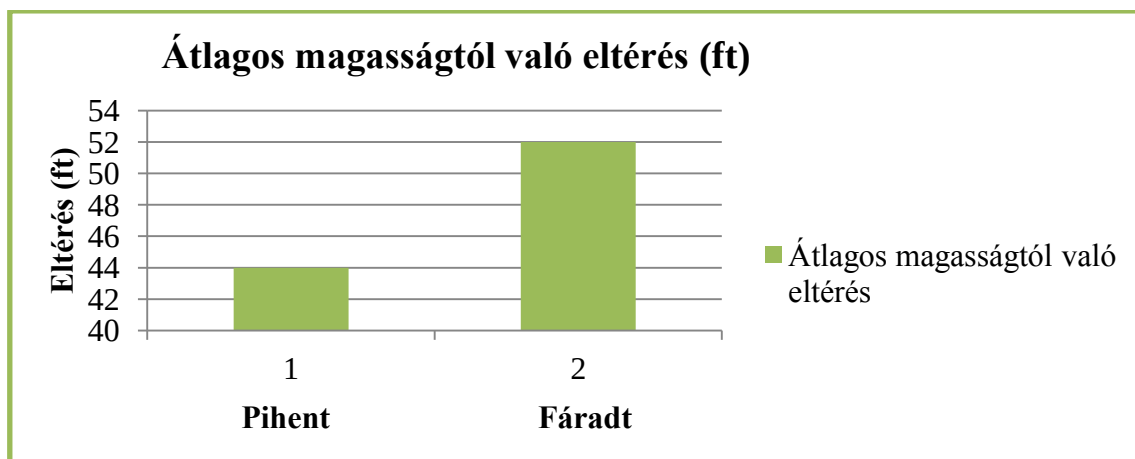
$$M_o = x_{ro} + \frac{f_r - f_{r-1}}{(f_r - f_{r-1}) + (f_r - f_{r+1})} \cdot i = 40,1 + \frac{3-2}{(3-2) + (3-1)} \cdot 20 = 46,77 \approx 47 \text{ ft}$$

$$A_p = \frac{\bar{x}_a - M_o}{\sigma} = \frac{52 - 46,77}{35,16} = 0,15 \rightarrow \text{bal oldali, gyenge aszimmetria}$$

$$K = 1 - \sum g_i \cdot (z'_i + z'_{i-1}) = 1 - 0,6344 = 0,3656 \approx 0,37 \rightarrow \text{közepes koncentráció}$$

Fáradt állapotban a jelöltek átlagos magasságtól való eltérése 52 láb volt. Az egyes jelöltek magasságtól való eltérése átlagosan 35 lábbal, azaz 68%-kal tér el az átlagostól. A

magasságtól való átlagos eltérések eloszlása gyenge, bal oldali aszimmetriát mutat. A jelöltek tipikus magasságtól való eltérése 47 láb volt. Az eredményekre közepes koncentráció jellemző.



19. ábra. Összefoglaló ábra a magasságtól való eltérésről

Ahogy a 19. ábrán is látszik, a jelöltek átlagos magasságtól való eltérése 44 lábról 52 lábra növekedett, azaz fáradtan nagyobb mértékben tértek el az előírt magasságtól.

8.4.2. Iránytól való átlagos eltérések értékelése

7. táblázat. Pilótajelöltek iránytól való eltéréseinek összehasonlítása pihent állapotban

PIHENT	Iránytól való átlagos eltérés (fok)	f_i Pilótajelölt (fő)	x_i	$S_i = f_i \cdot x_i$	$f_i \cdot (x_i - x_a)^2$	$g_i = f_i / \sum f_i$	$z_i = S_i / \sum S_i$	z_i'	$z_i' + z_{i-1}'$	$g_i \cdot (z_i' + z_{i-1}')$
1.	0,1 – 3,0	0	1,55	0	0	0	0	0	0	0
2.	3,1 – 6,0	3	4,55	13,65	38,88	0,3	0,167	0,167	0,167	0,0501
3.	6,1 – 9,0	4	7,55	30,2	1,44	0,4	0,371	0,538	0,705	0,2820
4.	9,1 – 12,0	2	10,55	21,1	11,52	0,2	0,259	0,797	1,335	0,2670
5.	12,1 – 15,0	0	13,55	0	0	0	0	0,797	1,594	0
6.	15,1 – 18,0	1	16,55	16,55	70,56	0,1	0,203	1,00	1,797	0,1797
Σ	-	10	-	81,5	122,4	1,00	1,00	-	-	0,7788

$$\bar{x}_a = \frac{\sum f_i \cdot x_i}{\sum f_i} = \frac{81,5}{10} = 8,15 \approx 8^\circ$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f_i \cdot (x_i - \bar{x}_a)^2}{\sum f_i}} = \sqrt{\frac{122,4}{10}} = 3,5^\circ$$

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}_a} \cdot 100 = \frac{3,5}{8,15} \cdot 100 = 43 \%$$

$$M_o = x_{ro} + \frac{f_r - f_{r-1}}{(f_r - f_{r-1}) + (f_r - f_{r+1})} \cdot i = 6,1 + \frac{4-3}{(4-3) + (4-2)} \cdot 3 = 7,1 \approx 7^\circ$$

$$A_p = \frac{\bar{x}_a - M_o}{\sigma} = \frac{8,15 - 7,1}{3,5} = 0,3 \rightarrow \text{bal oldali, közepes aszimmetria}$$

$$K = 1 - \sum g_i \cdot (z'_i + z'_{i-1}) = 1 - 0,7788 = 0,2212 \approx 0,22 \rightarrow \text{gyenge koncentráció}$$

Pihent állapotban a jelöltek átlagos iránytól való eltérése 8° volt. Az egyes jelöltek iránytól való eltérése átlagosan $3,5^\circ$ -kal, azaz 43%-kal tér el az átlagostól. Az iránytól való átlagos eltérések eloszlása közepes, bal oldali aszimmetriát mutat. A jelöltek tipikus iránytól való eltérése 7° volt. Az eredményekre gyenge koncentráció jellemző, vagyis az értéksor nem koncentrálódik meghatározott irányokra.

8. táblázat. Pilótajelöltek iránytól való eltérésének összehasonlítása fáradt állapotban

FÁRADT	Iránytól való átlagos eltérés (fok)	f_i Pilótajelölt (fő)	x_i	$S_i =$ $f_i \cdot x_i$	$f_i \cdot (x_i -$ $\bar{x}_a)^2$	$g_i =$ $f_i / \sum f_i$	$z_i =$ $S_i / \sum S_i$	z'_i	$z'_i +$ z'_{i-1}	$g_i \cdot (z'_i +$ $z'_{i-1})$
1.	0,1 – 3,0	1	1,55	1,55	104,04	0,1	0,013	0,013	0,013	0,0013
2.	3,1 – 6,0	1	4,55	4,55	51,84	0,1	0,039	0,052	0,065	0,0065
3.	6,1 – 9,0	1	7,55	7,55	17,64	0,1	0,064	0,116	0,168	0,0168
4.	9,1 – 12,0	1	10,55	10,55	1,44	0,1	0,090	0,206	0,322	0,0322
5.	12,1 – 15,0	4	13,55	54,2	12,96	0,4	0,461	0,667	0,873	0,3492
6.	15,1 – 18,0	1	16,55	16,55	4,8	0,1	0,141	0,808	1,475	0,1475
7.	18,1 – 21,0	0	19,55	0	0	0	0	0,808	1,616	0
8.	21,1 – 23,0	1	22,55	22,55	116,64	0,1	0,192	1,00	1,808	0,1808
Σ	-	10	-	117,5	309,36	1,00	1,00	-	-	0,7343

$$\bar{x}_a = \frac{\sum f_i \cdot x_i}{\sum f_i} = \frac{117,5}{10} = 11,75 \approx 12^\circ$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f_i \cdot (x_i - \bar{x}_a)^2}{\sum f_i}} = \sqrt{\frac{309,36}{10}} = 5,6^\circ$$

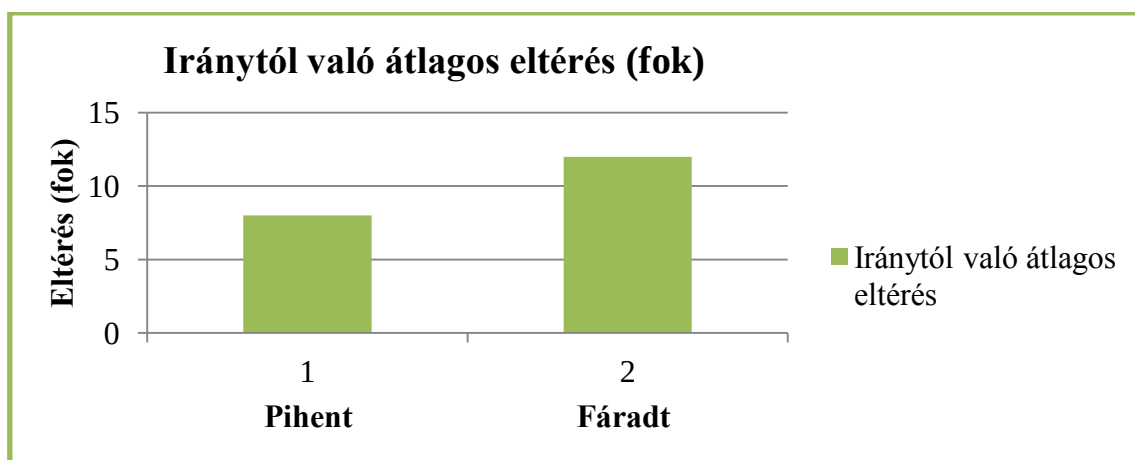
$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}_a} \cdot 100 = \frac{5,6}{11,75} \cdot 100 = 47,65 \approx 48\%$$

$$M_o = x_{ro} + \frac{f_r - f_{r-1}}{(f_r - f_{r-1}) + (f_r - f_{r+1})} \cdot i = 12,1 + \frac{4-1}{(4-1) + (4-1)} \cdot 3 = 13,1 \approx 13^\circ$$

$$A_p = \frac{\bar{x}_a - M_o}{\sigma} = \frac{11,75 - 13,1}{5,6} = -0,24 \rightarrow \text{jobb oldali, gyenge aszimmetria}$$

$$K = 1 - \sum g_i \cdot (z'_i + z'_{i-1}) = 1 - 0,7343 = 0,2657 \approx 0,27 \rightarrow \text{gyenge koncentráció}$$

Fáradt állapotban a jelöltek átlagos iránytól való eltérése 12° volt. Az egyes jelöltek iránytól való eltérése átlagosan $5,6^\circ$ -kal, azaz 48%-kal tér el az átlagostól. Az iránytól való átlagos eltérések eloszlása gyenge, jobb oldali aszimmetriát mutat. A jelöltek tipikus iránytól való eltérése 13° volt. Az eredményekre gyenge koncentráció jellemző, vagyis az értéksor nem koncentrálódik meghatározott irányokra.



20. ábra. Összefoglaló ábra az iránytól való eltérésről

Ahogy a 20. ábráról is leolvasható, a jelöltek átlagos iránytól való eltérése 8 fokról 12 fokra növekedett, azaz fáradtan pontatlanabban hajtották végre a fordulókat, emiatt nagyobb mértékben tértek el az irányoktól a fordulók végén.

8.4.3. Vízszintes szakaszokon az átlagos magasságingadozások értékelése

9. táblázat. Pilótajelöltek magasságingadozásainak összehasonlítása pihent állapotban

PIHENT	Átlagos magasságingadozás (ft)	f_i Pilótajelölt (fő)	x_i	$S_i = f_i \cdot x_i$	$f_i \cdot (x_i - x_a)^2$	$g_i = f_i / \sum f_i$	$z_i = S_i / \sum S_i$	z_i'	$z_i' + z'_{i-1}$	$g_i \cdot (z_i' + z'_{i-1})$
1.	20,1 – 30,0	1	25	25	484	0,1	0,054	0,054	0,054	0,0054
2.	30,1 – 40,0	1	35	35	144	0,1	0,074	0,128	0,182	0,0182
3.	40,1 – 50,0	3	45	135	12	0,3	0,287	0,415	0,543	0,1629
4.	50,1 – 60,0	5	55	275	320	0,5	0,585	1,00	1,415	0,7075
Σ	-	10	-	470	960	1,00	1,00	-	-	0,8940

$$\bar{x}_a = \frac{\sum f_i \cdot x_i}{\sum f_i} = \frac{470}{10} = 47 \text{ ft}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f_i \cdot (x_i - \bar{x}_a)^2}{\sum f_i}} = \sqrt{\frac{960}{10}} = 9,8 \approx 10 \text{ ft}$$

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}_a} \cdot 100 = \frac{9,8}{47} \cdot 100 = 20,85 \approx 21\%$$

$$M_o = x_{ro} + \frac{f_r - f_{r-1}}{(f_r - f_{r-1}) + (f_r - f_{r+1})} \cdot i = 50,1 + \frac{5 - 3}{(5 - 3) + (5 - 0)} \cdot 10 = 53 \text{ ft}$$

$$A_p = \frac{\bar{x}_a - M_o}{\sigma} = \frac{47 - 53}{9,8} = -0,61 \rightarrow \text{jobb oldali, közepes aszimmetria}$$

$$K = 1 - \sum g_i \cdot (z_i' + z'_{i-1}) = 1 - 0,8940 = 0,106 \approx 0,1 \rightarrow \text{gyenge koncentráció}$$

Pihent állapotban a jelöltek átlagos magasságingadozása 47 láb volt. Az egyes jelöltek magasságingadozástól való eltérése átlagosan 10 lábbal, azaz 21%-kal tér el az átlagostól. A magasságingadozástól való átlagos eltérések eloszlása közepes, jobb oldali aszimmetriát mutat. A jelöltek tipikus magasságingadozása 53 láb volt. Az eredményekre gyenge koncentráció jellemző, vagyis az értéksor nem koncentrálódik meghatározott magasságokra.

10. táblázat. Pilótajelöltek magasság ingadozásainak összehasonlítása fáradt állapotban

FÁRADT	Átlagos magasság-ingadozás (ft)	f_i Pilótajelölt (fő)	x_i	$S_i = f_i \cdot x_i$	$f_i \cdot (x_i - \bar{x}_a)^2$	$g_i = f_i / \sum f_i$	$z_i = S_i / \sum S_i$	z_i'	$z_i' + z'_{i-1}$	$g_i \cdot (z_i' + z'_{i-1})$
1.	30,1 – 40,0	3	35	105	1200	0,3	0,191	0,191	0,191	0,0573
2.	40,1 – 50,0	1	45	45	100	0,1	0,082	0,273	0,464	0,0464
3.	50,1 – 60,0	4	55	220	0	0,4	0,400	0,673	0,946	0,3784
4.	60,1 – 70,0	0	65	0	0	0	0	0,673	1,346	0
5.	70,1 – 80,0	0	75	0	0	0	0	0,673	1,346	0
6.	80,1 – 90,0	1	85	85	900	0,1	0,155	0,828	1,501	0,1501
7.	90,1 – 100,0	1	95	95	1600	0,1	0,172	1,00	1,828	0,1828
Σ	-	10	-	550	3800	1,00	1,00	-	-	0,8150

$$\bar{x}_a = \frac{\sum f_i \cdot x_i}{\sum f_i} = \frac{550}{10} = 55 \text{ ft}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f_i \cdot (x_i - \bar{x}_a)^2}{\sum f_i}} = \sqrt{\frac{3800}{10}} = 19,49 \approx 19 \text{ ft}$$

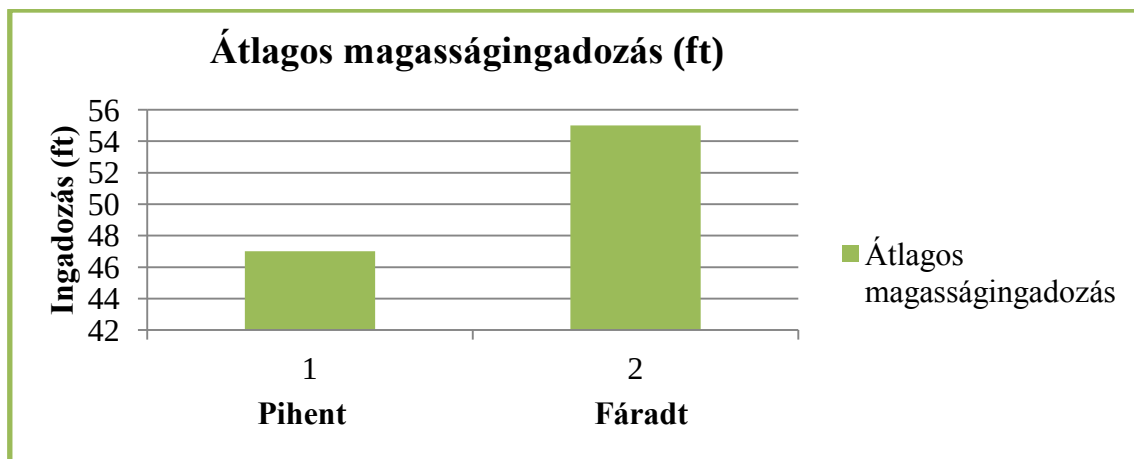
$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}_a} \cdot 100 = \frac{19,49}{55} \cdot 100 = 35,44 \approx 35 \%$$

$$M_o = x_{ro} + \frac{f_r - f_{r-1}}{(f_r - f_{r-1}) + (f_r - f_{r+1})} \cdot i = 50,1 + \frac{4-1}{(4-1) + (4-0)} \cdot 10 = 54,39 \approx 54 \text{ ft}$$

$$A_p = \frac{\bar{x}_a - M_o}{\sigma} = \frac{55 - 54,39}{19,49} = 0,03 \rightarrow \text{bal oldali, gyenge aszimmetria}$$

$$K = 1 - \sum g_i \cdot (z'_i + z'_{i-1}) = 1 - 0,8150 = 0,185 \approx 0,2 \rightarrow \text{gyenge koncentráció}$$

Fáradt állapotban a jelöltek átlagos magasságingadozása 55 láb volt. Az egyes jelöltek magasságingadozástól való eltérése átlagosan 19 lábbal, azaz 35%-kal tér el az átlagostól. A magasságingadozástól való átlagos eltérések eloszlása gyenge, bal oldali aszimmetriát mutat. A jelöltek tipikus magasságingadozása 54 láb volt. Az eredményekre gyenge koncentráció jellemző, vagyis az értéksor nem koncentrálódik meghatározott magasságokra.



21. ábra. Összefoglaló ábra a magasságingadozásról

Ahogy a 21. ábráról is leolvasható, a jelöltek átlagos magasságingadozása 47 lábról 55 lábra növekedett, azaz a vízszintes szakaszokon fáradtan pontatlanabban tartották a magasságukat.

8.4.4. Emelkedésnél/süllyedésnél az előírt magasságváltozástól való átlagos eltérések értékelése

11. táblázat. Pilótajelöltek előírt magasságváltozástól való eltérésének összehasonlítása pihenten

PIHENT	Előírt magasságváltozástól való átlagos eltérés (ft)	f_i Pilótajelölt (fő)	x_i	$S_i = f_i \cdot x_i$	$f_i \cdot (x_i - x_a)^2$	$g_i = f_i / \sum f_i$	$z_i = S_i / \sum S_i$	z_i'	$z_i' + z'_{i-1}$	$g_i \cdot (z_i' + z'_{i-1})$
1.	20,1 – 30,0	2	25	50	882	0,2	0,109	0,109	0,109	0,0218
2.	30,1 – 40,0	2	35	70	242	0,2	0,152	0,261	0,370	0,0740
3.	40,1 – 50,0	3	45	135	3	0,3	0,293	0,554	0,815	0,2445
4.	50,1 – 60,0	1	55	55	81	0,1	0,120	0,674	1,228	0,1228
5.	60,1 – 70,0	1	65	65	361	0,1	0,141	0,815	1,489	0,1489
6.	70,1 – 80,0	0	75	0	0	0	0	0,815	1,630	0
7.	80,1 – 90,0	1	85	85	1521	0,1	0,185	1,00	1,815	0,1815
Σ	-	10	-	460	3090	1,00	1,00	-	-	0,7935

$$\bar{x}_a = \frac{\sum f_i \cdot x_i}{\sum f_i} = \frac{460}{10} = 46 \text{ ft}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f_i \cdot (x_i - \bar{x}_a)^2}{\sum f_i}} = \sqrt{\frac{3090}{10}} = 17,58 \approx 18 \text{ ft}$$

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}_a} \cdot 100 = \frac{17,58}{46} \cdot 100 = 38,2 \approx 38 \%$$

$$M_o = x_{ro} + \frac{f_r - f_{r-1}}{(f_r - f_{r-1}) + (f_r - f_{r+1})} \cdot i = 40,1 + \frac{3-2}{(3-2) + (3-1)} \cdot 10 = 43,43 \approx 43 \text{ ft}$$

$$A_p = \frac{\bar{x}_a - M_o}{\sigma} = \frac{46 - 43,43}{17,58} = 0,146 \rightarrow \text{bal oldali, gyenge aszimmetria}$$

$$K = 1 - \sum g_i \cdot (z'_i + z'_{i-1}) = 1 - 0,7935 = 0,2065 \approx 0,2 \rightarrow \text{gyenge koncentráció}$$

Pihent állapotban a jelöltek átlagos előírt magasságváltozástól való eltérése 46 láb volt. Az egyes jelöltek előírt magasságváltozástól való eltérése átlagosan 18 lábbal, azaz 38%-kal tér el az átlagostól. Az előírt magasságváltozástól való átlagos eltérések eloszlása gyenge, bal oldali aszimmetriát mutat. A jelöltek tipikus magasságváltozástól való eltérése 43 láb volt. Az eredményekre gyenge koncentráció jellemző, vagyis az értéksor nem koncentráلódik meghatározott magasságokra.

12. táblázat. Pilótajelöltek előírt magasságváltozástól való eltérésének összehasonlítása fáradtan

FÁRADT	Előírt magasságváltozástól való átlagos eltérés (ft)	f_i Pilótajelölt (fő)	x_i	$S_i = f_i \cdot x_i$	$f_i \cdot (x_i - \bar{x}_a)^2$	$g_i = f_i / \sum f_i$	$z_i = S_i / \sum S_i$	z'_i	$z'_i + z'_{i-1}$	$g_i \cdot (z'_i + z'_{i-1})$
1.	20,1 – 30,0	2	25	50	1458	0,2	0,096	0,096	0,096	0,0192
2.	30,1 – 40,0	1	35	35	289	0,1	0,067	0,163	0,259	0,0259
3.	40,1 – 50,0	1	45	45	49	0,1	0,087	0,250	0,413	0,0413
4.	50,1 – 60,0	3	55	165	27	0,3	0,317	0,567	0,817	0,2451
5.	60,1 – 70,0	1	65	65	169	0,1	0,125	0,692	1,259	0,1259
6.	70,1 – 80,0	1	75	75	529	0,1	0,144	0,836	1,528	0,1528
7.	80,1 – 90,0	1	85	85	1089	0,1	0,164	1,00	1,836	0,1836
Σ	-	10	-	520	3610	1,00	1,00	-	-	0,7938

$$\bar{x}_a = \frac{\sum f_i \cdot x_i}{\sum f_i} = \frac{520}{10} = 52 \text{ ft}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f_i \cdot (x_i - \bar{x}_a)^2}{\sum f_i}} = \sqrt{\frac{3610}{10}} = 19 \text{ ft}$$

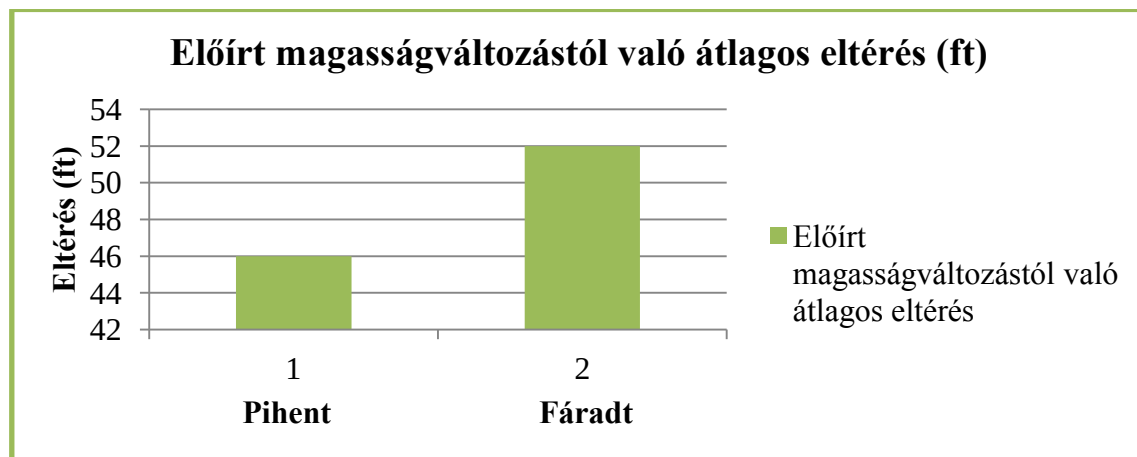
$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}_a} \cdot 100 = \frac{19}{52} \cdot 100 = 36,54 \approx 37 \%$$

$$M_o = x_{ro} + \frac{f_r - f_{r-1}}{(f_r - f_{r-1}) + (f_r - f_{r+1})} \cdot i = 50,1 + \frac{3-1}{(3-1) + (3-1)} \cdot 10 = 55,1 \approx 55 \text{ ft}$$

$$A_p = \frac{\bar{x}_a - M_o}{\sigma} = \frac{52 - 55,1}{19} = -0,16 \rightarrow \text{jobb oldali, gyenge aszimmetria}$$

$$K = 1 - \sum g_i \cdot (z'_i + z'_{i-1}) = 1 - 0,7938 = 0,2062 \approx 0,2 \rightarrow \text{gyenge koncentráció}$$

Fáradt állapotban a jelöltek átlagos előírt magasságváltozástól való eltérése 52 láb volt. Az egyes jelöltek előírt magasságváltozástól való eltérése átlagosan 19 lábbal, azaz 37%-kal tér el az átlagostól. Az előírt magasságváltozástól való átlagos eltérések eloszlása gyenge, jobb oldali aszimmetriát mutat. A jelöltek tipikus magasságváltozástól való eltérése 55 láb volt. Az eredményekre gyenge koncentráció jellemző, vagyis az értéksor nem koncentráلódik meghatározott magasságokra.



22. ábra. Összefoglaló ábra az előírt magasságváltozástól való átlagos eltérésről

Ahogy a 22. ábrán is látható, a jelöltek előírt magasságváltozástól való átlagos eltérése 46 lábról 52 lábra növekedett, vagyis fáradtan pontatlanabban hajtották végre az emelkedéseket/süllyedéseket, így az előírt magasságváltozáshoz képest (500 láb vagy 1000 láb) többet vagy kevesebbet emelkedtek/süllyedtek.

8.4.5. Végeredmények értékelése

13. táblázat. Pilótajelöltek elért pontszámainak összehasonlítása pihent állapotban

PIHENT	Elért pontszám	f_i Pilótajelölt (fő)	x_i	$S_i = f_i \cdot x_i$	$f_i \cdot (x_i - x_a)^2$	$g_i = f_i / \sum f_i$	$z_i = S_i / \sum S_i$	z_i'	$z_i' + z'_{i-1}$	$g_i \cdot (z_i' + z'_{i-1})$
1.	1100,1 - 1200,0	3	1150	3450	97200	0,3	0,259	0,259	0,259	0,0777
2.	1200,1 - 1300,0	1	1250	1250	6400	0,1	0,094	0,353	0,612	0,0612
3.	1300,1 - 1400,0	4	1350	5400	1600	0,4	0,406	0,759	1,112	0,4448
4.	1400,1 - 1500,0	0	1450	0	0	0	0	0,759	1,518	0
5.	1500,1 - 1600,0	1	1550	1550	48400	0,1	0,117	0,876	1,635	0,1635
6.	1600,1 - 1700,0	1	1650	1650	102400	0,1	0,124	1,00	1,876	0,1876
Σ	-	10	-	13300	256000	1,00	1,00	-	-	0,9348

$$\bar{x}_a = \frac{\sum f_i \cdot x_i}{\sum f_i} = \frac{13300}{10} = 1330 \text{ pont}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f_i \cdot (x_i - \bar{x}_a)^2}{\sum f_i}} = \sqrt{\frac{256000}{10}} = 160 \text{ pont}$$

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}_a} \cdot 100 = \frac{160}{1330} \cdot 100 = 12 \%$$

$$M_o = x_{ro} + \frac{f_r - f_{r-1}}{(f_r - f_{r-1}) + (f_r - f_{r+1})} \cdot i = 1300,1 + \frac{4-1}{(4-1) + (4-0)} \cdot 100 = 1342,96 \approx 1343 \text{ pont}$$

$$A_p = \frac{\bar{x}_a - M_o}{\sigma} = \frac{1330 - 1342,96}{160} = -0,081 \rightarrow \text{jobb oldali, gyenge aszimmetria}$$

$$K = 1 - \sum g_i \cdot (z'_i + z'_{i-1}) = 1 - 0,9348 = 0,0652 \approx 0,1 \rightarrow \text{gyenge koncentráció}$$

Pihent állapotban a jelöltek átlagosan elért pontszáma 1330 pont volt. Az egyes jelöltek pontszáma átlagosan 160 ponttal, azaz 12%-kal tér el az átlagostól. Az elért pontszámok eloszlása gyenge, jobb oldali aszimmetriát mutat. A jelöltek tipikusan elért pontszáma 1343 pont volt. Az eredményekre gyenge koncentráció jellemző, vagyis az értéksor nem koncentrálna meghatározott magasságokra.

14. táblázat. Pilótajelöltek elért pontszámainak összehasonlítása fáradt állapotban

FÁRADT	Elért pontszám	f_i Pilótajelölt (fő)	x_i	$S_i = f_i \cdot x_i$	$f_i \cdot (x_i - x_a)^2$	$g_i = f_i / \sum f_i$	$z_i = S_i / \sum S_i$	z_i'	$z_i' + z'_{i-1}$	$g_i \cdot (z_i' + z'_{i-1})$
1.	700,1 – 800,0	1	750	750	193600	0,1	0,063	0,063	0,063	0,0063
2.	800,1 – 900,0	0	850	0	0	0	0	0,063	0,126	0
3.	900,1 – 1000,0	2	950	1900	115200	0,2	0,160	0,223	0,286	0,0572
4.	1000,1 – 1100,0	1	1050	1050	19600	0,1	0,088	0,311	0,534	0,0534
5.	1100,1 – 1200,0	0	1150	0	0	0	0	0,311	0,622	0
6.	1200,1 – 1300,0	3	1250	3750	10800	0,3	0,315	0,626	0,937	0,2811
7.	1300,1 – 1400,0	0	1350	0	0	0	0	0,626	1,252	0
8.	1400,1 – 1500,0	2	1450	2900	135200	0,2	0,244	0,870	1,496	0,2992
9.	1500,1 – 1600,0	1	1550	1550	129600	0,1	0,130	1,00	1,870	0,1870
Σ	-	10	-	11900	604000	1,00	1,00	-	-	0,8842

$$\bar{x}_a = \frac{\sum f_i \cdot x_i}{\sum f_i} = \frac{11900}{10} = 1190 \text{ pont}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f_i \cdot (x_i - \bar{x}_a)^2}{\sum f_i}} = \sqrt{\frac{604000}{10}} = 245,76 \approx 246 \text{ pont}$$

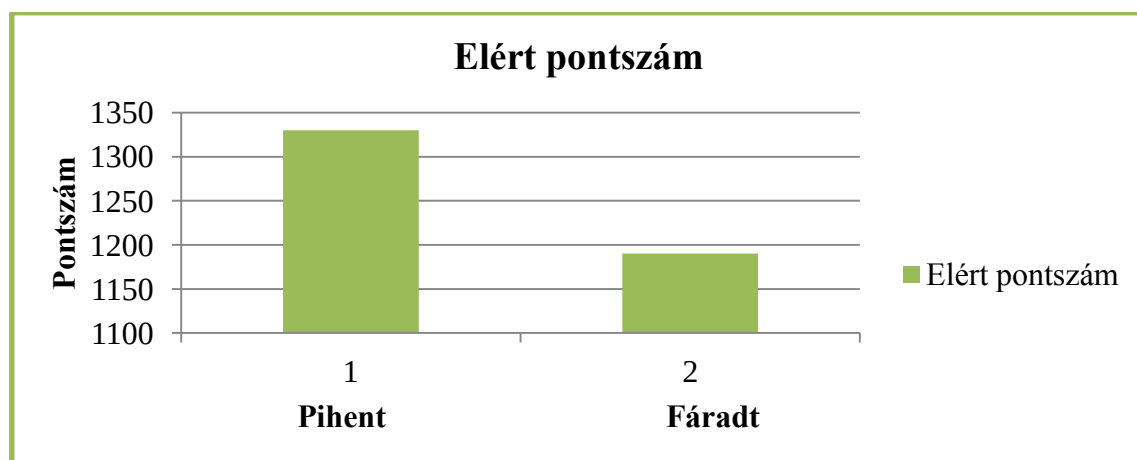
$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}_a} \cdot 100 = \frac{245,76}{1190} \cdot 100 = 20,65 \approx 21\%$$

$$M_o = x_{ro} + \frac{f_r - f_{r-1}}{(f_r - f_{r-1}) + (f_r - f_{r+1})} \cdot i = 1200,1 + \frac{3-0}{(3-0) + (3-0)} \cdot 100 = 1250,1 \approx 1250 \text{ pont}$$

$$A_p = \frac{\bar{x}_a - M_o}{\sigma} = \frac{1190 - 1250,1}{245,76} = -0,245 \rightarrow \text{jobb oldali, gyenge aszimmetria}$$

$$K = 1 - \sum g_i \cdot (z'_i + z'_{i-1}) = 1 - 0,8842 = 0,1158 \approx 0,1 \rightarrow \text{gyenge koncentráció}$$

Fáradt állapotban a jelöltek átlagosan elért pontszáma 1190 pont volt. Az egyes jelöltek pontszáma átlagosan 246 ponttal, azaz 21%-kal tér el az átlagostól. Az elért pontszámok eloszlása gyenge, jobb oldali aszimmetriát mutat. A jelöltek tipikusan elért pontszáma 1250 pont volt. Az eredményekre gyenge koncentráció jellemző, vagyis az értéksor nem koncentrálódik meghatározott magasságokra.



23. ábra. Összefoglaló ábra az elért pontszámokról

Ahogy a 23. ábrán is látható, a jelöltek elért pontszáma 1330 pontról 1190 pontra lecsökkent, azaz fáradtan rosszabbul teljesítettek, ezért a teljesítőképességük romlott.

9. Összegzés

Dolgozatunkban a fáradtsággal és az alváshiánnyal, illetve ezeknek a repülőgép vezetőkre gyakorolt negatív hatásaival foglalkoztunk. A célunk az volt, hogy megvizsgáljuk, hogyan hat a fáradtság a pilóták cselekvőképességére. Ezáltal fel szeretnénk hívni a figyelmet az alvásmenedzselés és a pihenőidők illetve a szolgálati idők betartásának fontosságára, amely nagyban hozzájárulhat a biztonságosabb munkavégzéshez. Napjainkban egyre többet kell dolgozni a pilótáknak és ebből adódóan egyre kevesebb pihenésre van lehetőségük két repülés között. Tehát fontos ezzel a témával foglalkozni, mert manapság sok balesetben/eseményben játszik kulcsszerepet a fáradtság és a kialvatlanság.

A fáradtság következményeit saját kísérletünkkel is alátámasztottuk, melyben 10 önkéntes pilótajelölt vett részt, és a célja az volt, hogy rávilágítson a fáradtság repülési teljesítményre és koncentrációra gyakorolt negatív hatásaira. A vizsgálatunk kettő részből állt: egy szimulátoron végzett repülésből és egy cselekvésvizsgálón végrehajtott tesztből. A cselekvésvizsgálóval vizuális és akusztikus jelekre adott reakcióidőket mértünk pihent és fáradt állapotban, a szimulátoros repülések előtt és után. A tanszéken található szimulátorral a repülési teljesítményt, figyelmet és koordinációt vizsgáltuk. Egy 15 perces műszeres feladat lerepülése közben a magasságtartást, iránytartást, fordulók végrehajtásának és adott magasságra való emelkedésnek/süllyedésnek pontosságát figyeltük úgy, hogy a jelöltek nem kaptak visszajelzést a magasságukról, mert a magasságmérőt befagyasztottuk. Végezetül összehasonlítottuk a pihent (megfelelő mennyiségű alvás után) és fáradt (24 órás ébrenlét után) állapotban kapott eredményeket a dolgozatunkban.

A kapott eredmények alapján a jelöltek 90%-a rosszabbul repült fáradtan. Az általunk felállított pontrendszer szerint a 10 önkéntes átlagos teljesítménye pihenten 66,5%-os volt, míg fáradtan ez az érték 7%-kal csökkent, 59,5%-ra. Összegezve elmondható, hogy a fáradtság valóban rossz irányban befolyásolja a teljesítőképességet. A pilótajelöltek pontatlanabban tartották a magasságot, hajtották végre a fordulókat, az emelkedéseket/süllyedéseket és a figyelmük beszűkült. Mindemellett megfigyeltük, hogy ingerlékenyebbé váltak és kevesebbet kommunikáltak. Vészhelyzetben pedig kiemelkedően fontos a megfelelő kommunikáció, az együttműködés és a gyors döntéshozatal, viszont fáradtan ezen képességek is csökkennek.

Reméljük, hogy dolgozatunkkal sikerült felhívni a figyelmet arra, hogy milyen veszélyek rejlenek a pilóták fáradt munkavégzésében. Továbbá bízunk abban, hogy a légitársaságok egyre nagyobb gondot fognak fordítani a munkaidők/pihenőidők szabályozására.

Irodalomjegyzék

1. CALDWELL A. J. – CALDWELL L. J. (2003): Fatigue in Aviation, Ashgate, England
2. CALDWELL A. J. - CALDWELL L. J. (2005): Air Crew Fatigue: Causes, Consequences, and Countermeasures, 76th Annual Scientific Meeting of the Aerospace Medical Association, England
3. CAMPBELL R. D. - BAGSHAW M. (1999): Human Performance and Limitations in Aviation, Second edition, Blackwell Science, England
4. CURDT-CHRISTIANSEN C. – DRAEGER J. - KRIEBEL J. (2009): Principles and Practice of Aviation Medicine, World Scientific, London
5. HAWKINS H. F. (1993): Human Factors in Flight, Second edition, Avebury Technical, Netherlands
6. NICHOLSON N. A. (2011): The Neurosciences and the Practice of Aviation Medicine, Ashgate, England
7. OXFORD AVIATION ACADEMY (2008): Human Performance and Limitations, Fourth edition, England
8. RAINFORD J. D. - GRADWELL P. D. (2006): Ernsting's Aviation Medicine, Fourth edition, Hodder Arnold, England

9. <http://www.hunalpa.hu/joomla/images/stories/eca/baleset.pdf>, 2012.11.21.

10. <http://dead-tired.eu/>, 2012.11.21.

11. <http://www.esam.aero/>, 2012.11.21.

12. <http://depszicho.uw.hu/.../Tetelek/Neobehaviorizmus.doc>, 2012.11.21.

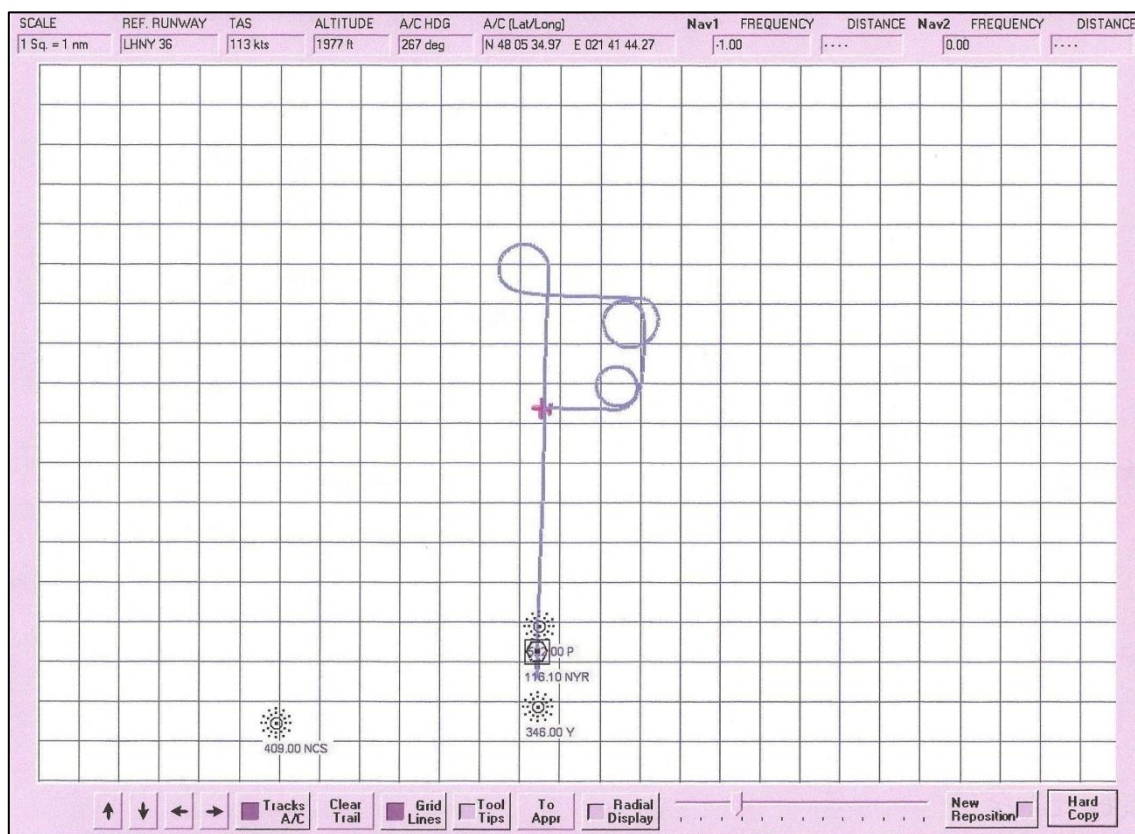
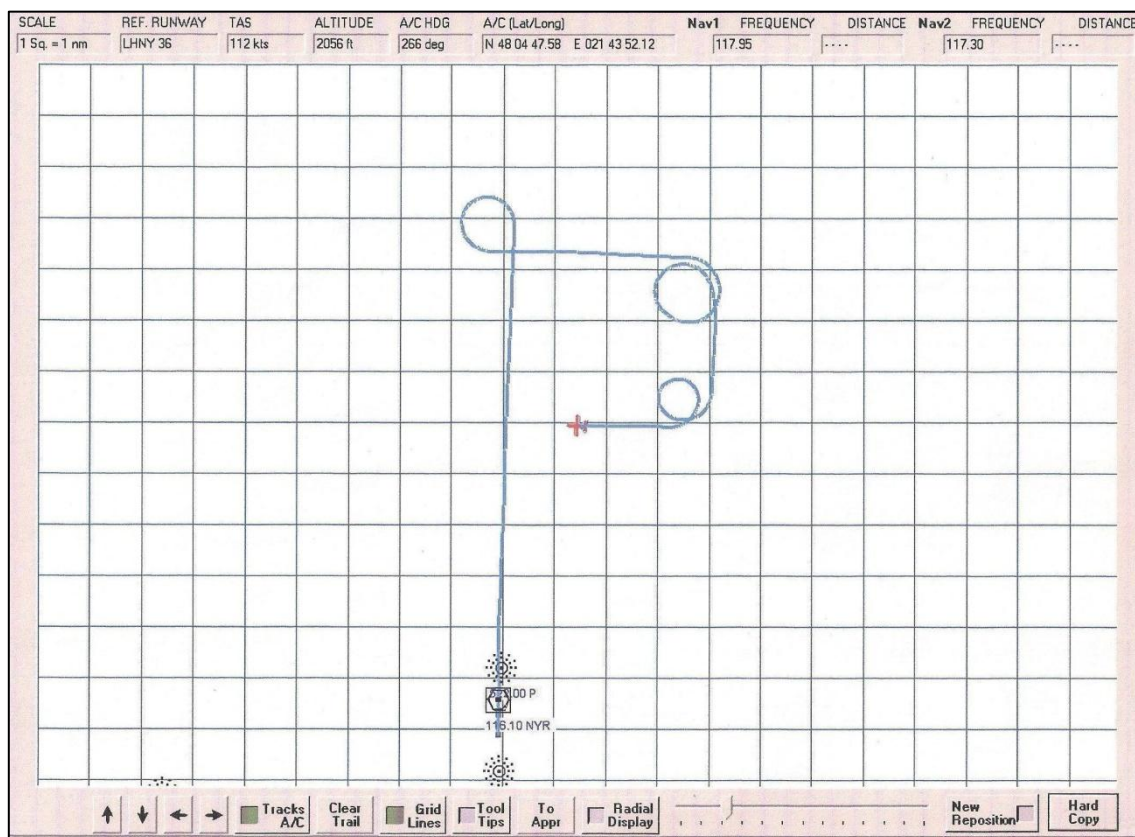
13. <http://www.trenerkft.hu>, 2012.11.21.

Ábrajegyzék

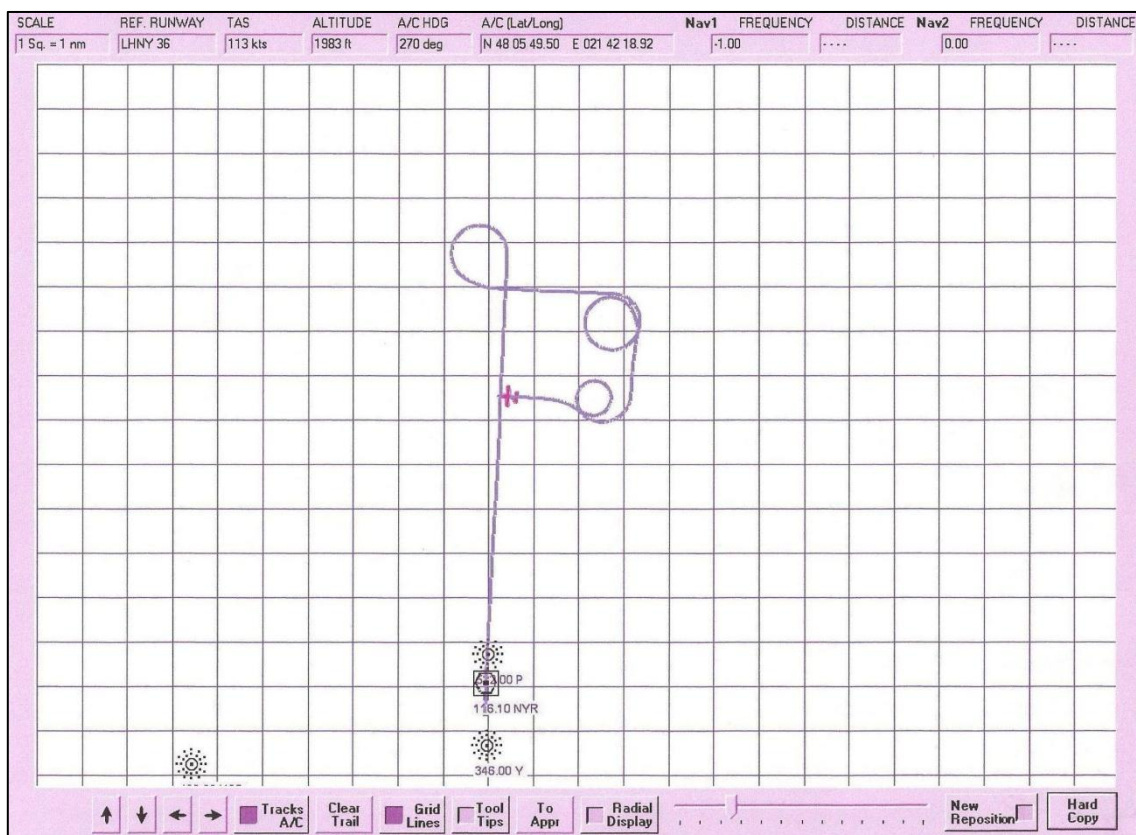
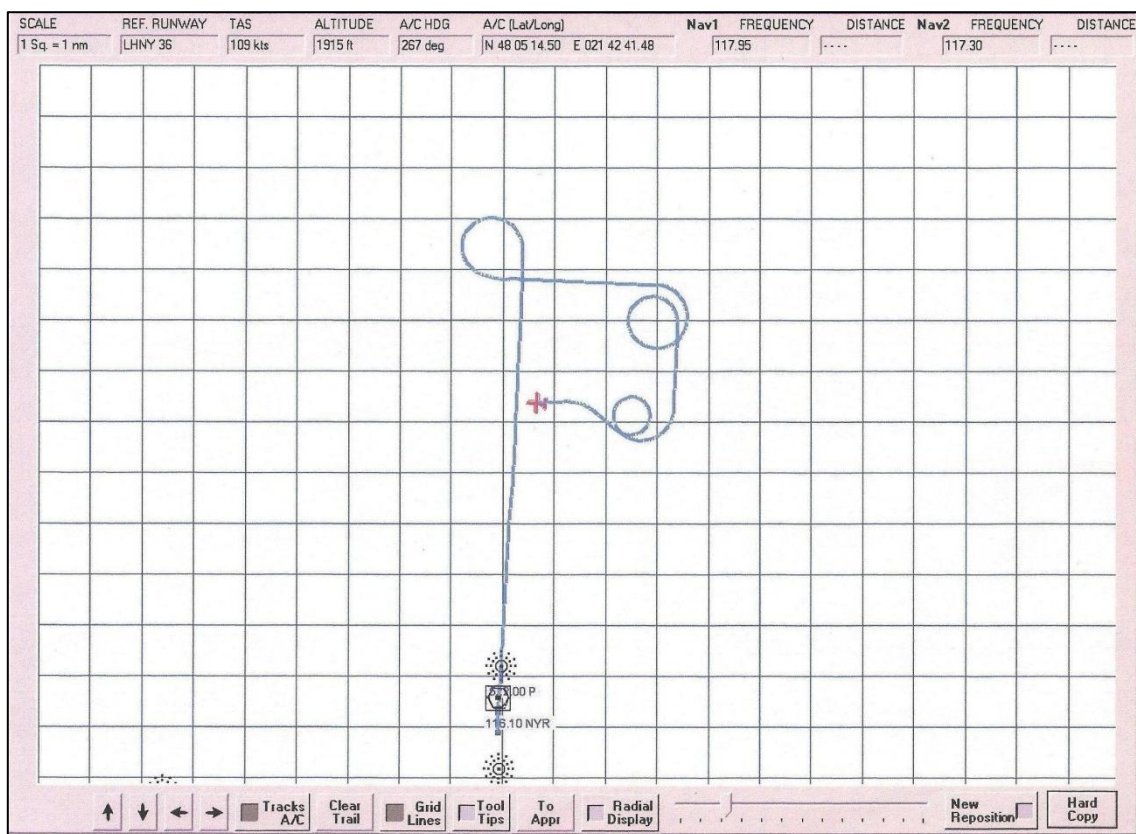
1. ábra. 1997-2002. időszak statisztikai mutatói [2]
2. ábra. A homeosztatis és a cirkadián mechanizmus kapcsolata [1, 41.old.]
3. ábra. A teljesítmények romlása 64 órás ébrenlét után [1, 44.old.]
4. ábra. Fényérzékelés folyamata [6, 2. fejezet, 8.old.]
5. ábra. Előrehaladt (keleti irányú) és késleltetett (nyugati irányú) alvási fázisok [2]
6. ábra. Az egyének átlagos elalvási ideje egy nap folyamán [1, 55.old.]
7. ábra. FNPT II. eljárásgyakorló berendezés [13]
8. ábra. A pilótajelöltek által lerepült feladat [saját ábra]
9. ábra. Első jelölt eredményei [saját ábra]
10. ábra. Első jelölt magasságtartása [saját ábra]
11. ábra. Első jelölt magasságtól való eltérése [saját ábra]
12. ábra. Második jelölt magasságtartása [saját ábra]
13. ábra. Második jelölt magasságtól való eltérése [saját ábra]
14. ábra. Magasságtól való átlagos eltérések összegzése [saját ábra]
15. ábra. Iránytól való átlagos eltérések összegzése [saját ábra]
16. ábra. Előírt magasságváltozástól való átlagos eltérések összegzése [saját ábra]
17. ábra. Vízszintes szakaszokon való ingadozások átlagának összegzése [saját ábra]
18. ábra. Végeredmények összegzése [saját ábra]
19. ábra. Összefoglaló ábra a magasságtól való eltérésről [saját ábra]
20. ábra. Összefoglaló ábra az iránytól való eltérésről [saját ábra]
21. ábra. Összefoglaló ábra a magasságingadozásról [saját ábra]
22. ábra. Összefoglaló ábra az előírt magasságváltozástól való átlagos eltérésről [saját ábra]
23. ábra. Összefoglaló ábra az elért pontszámokról [saját ábra]

Mellékletek

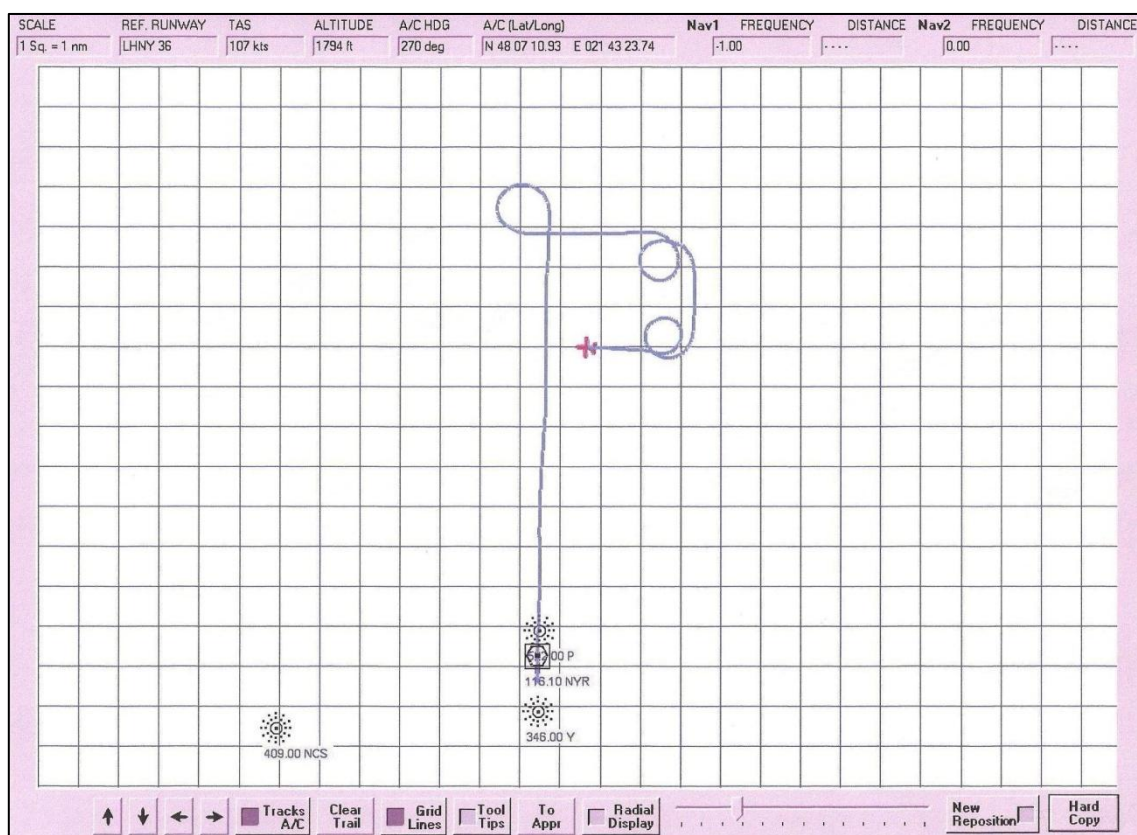
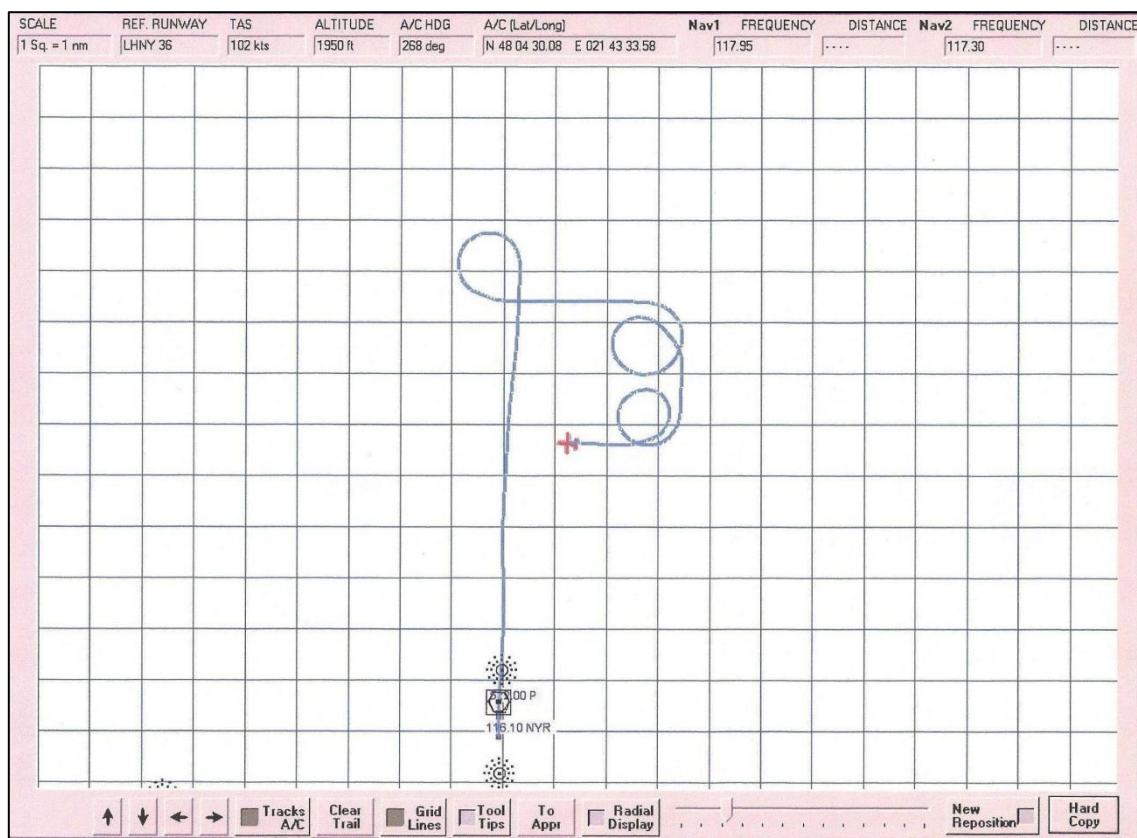
1. sz. melléklet: 1. jelölt pihent és fáradt repülése



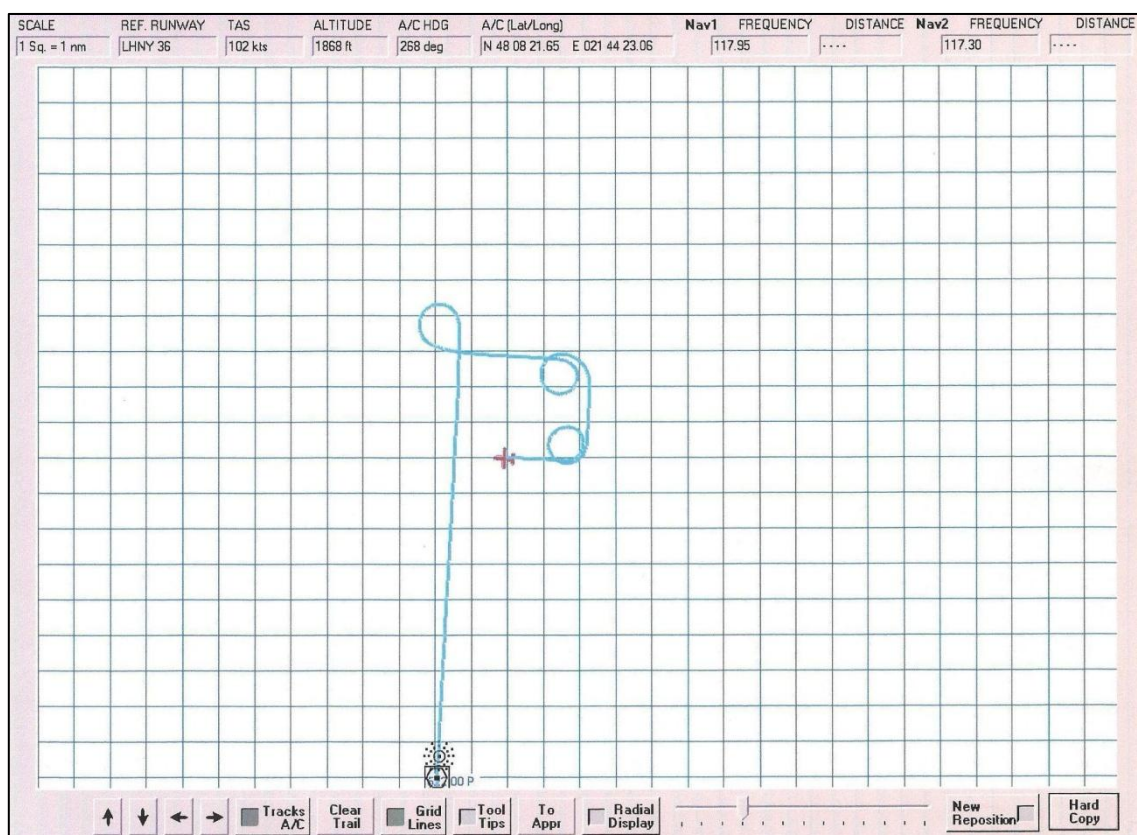
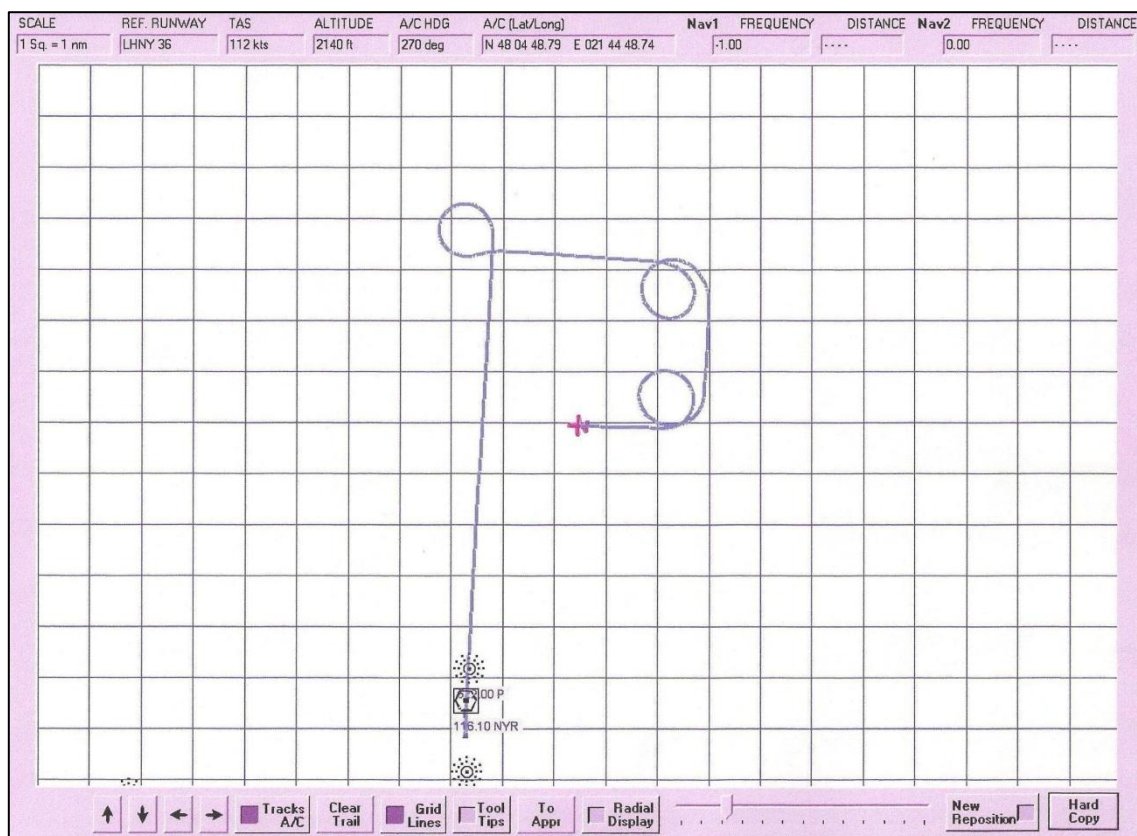
2. sz. melléklet: 2. jelölt pihent és fáradt repülése



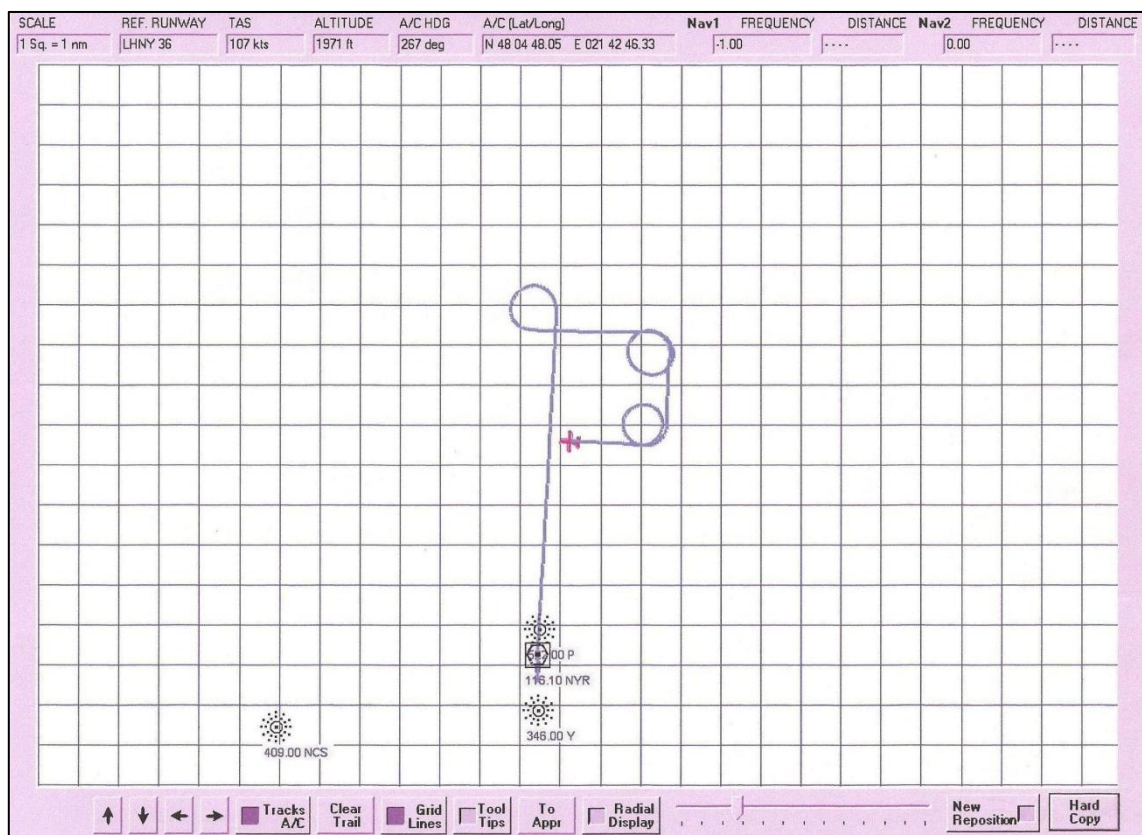
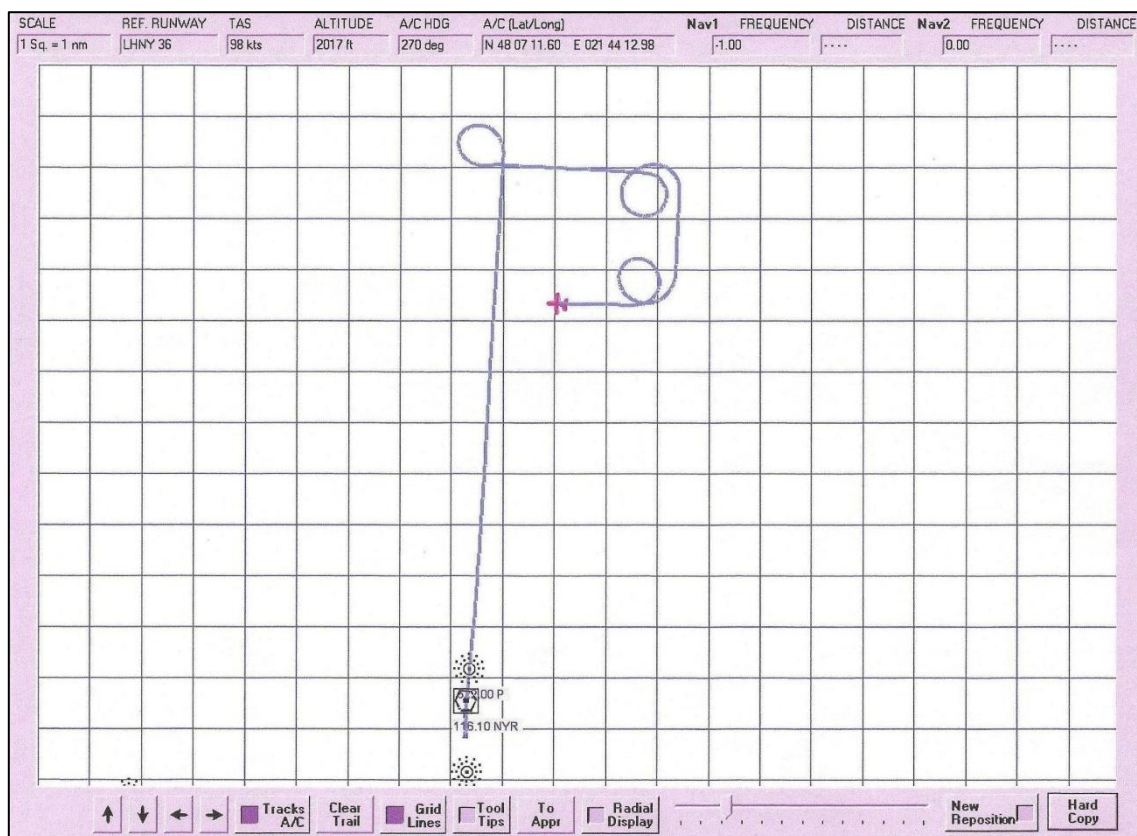
3. sz. melléklet: 3. jelölt pihent és fáradt repülése



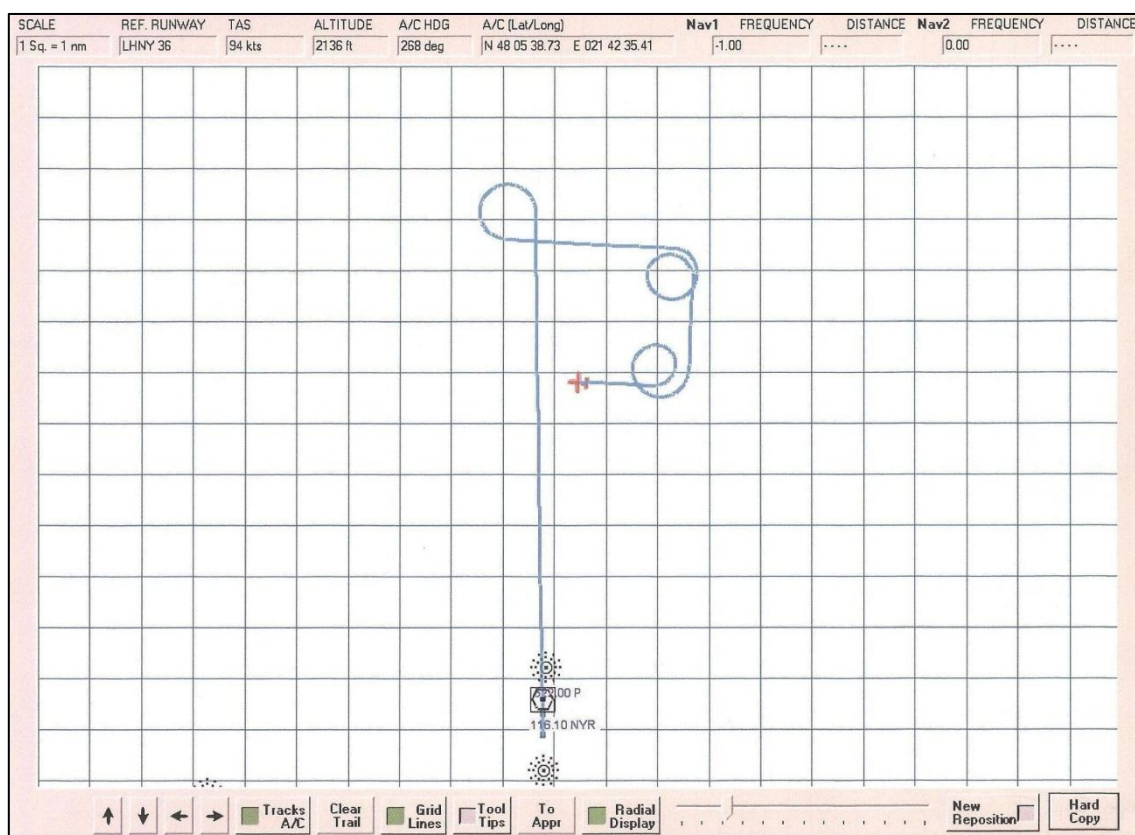
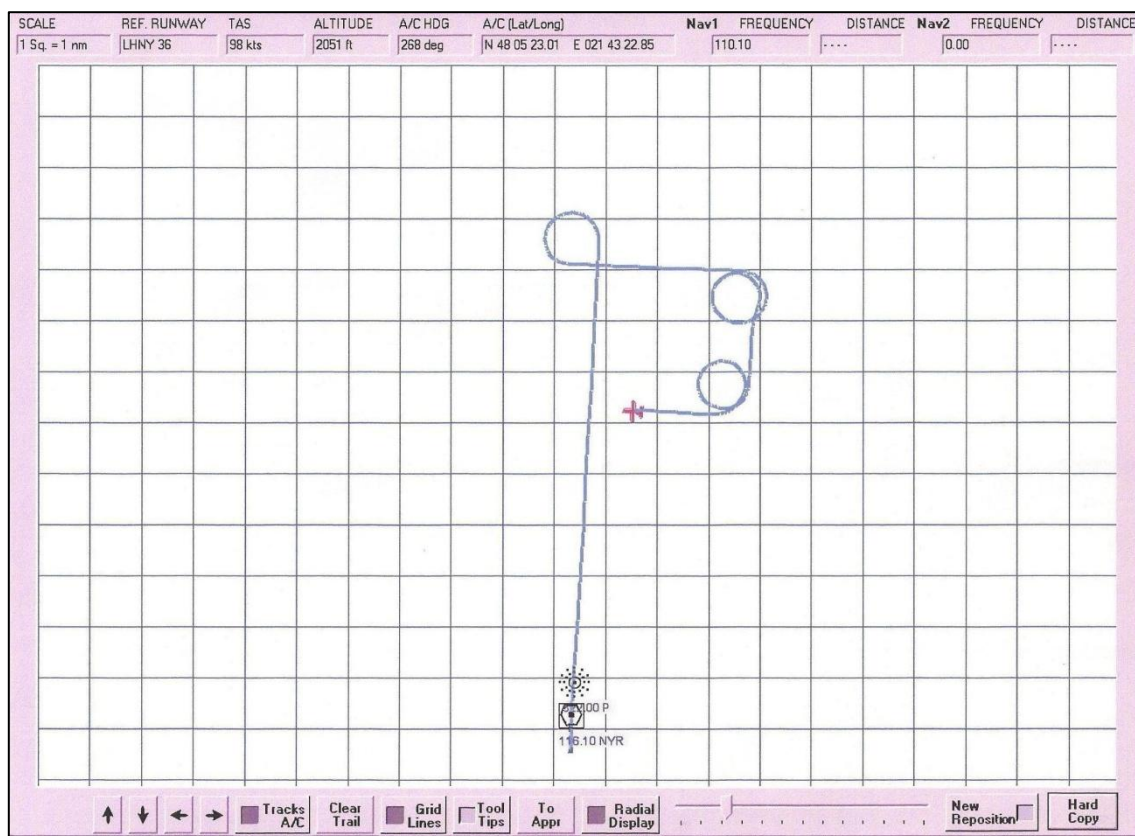
4. sz. melléklet: 4. jelölt pihent és fáradt repülése



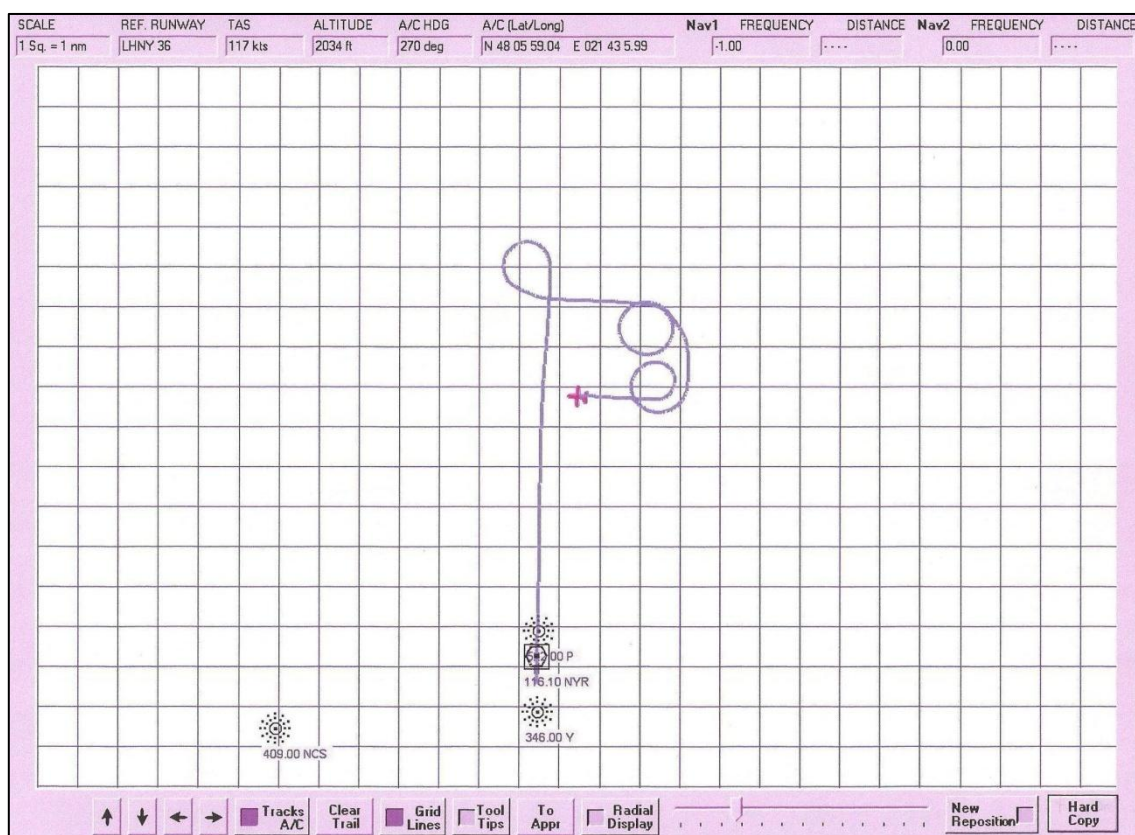
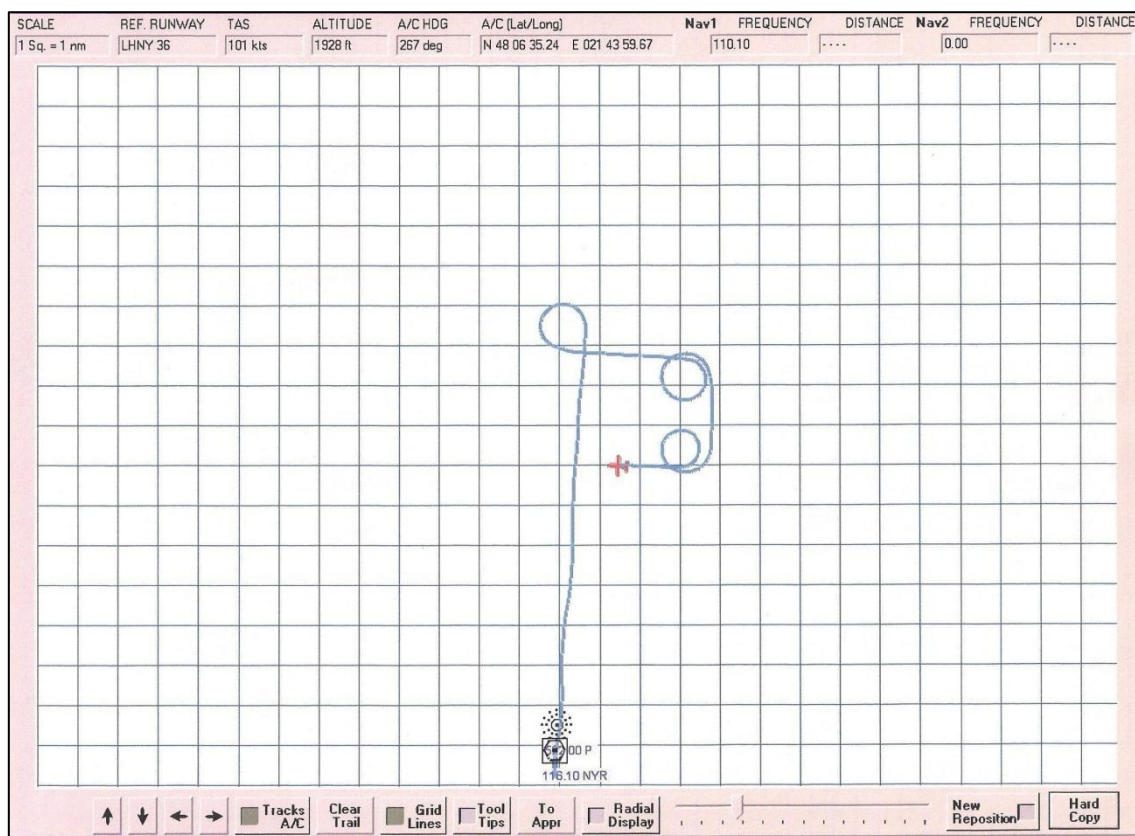
5. sz. melléklet: 5. jelölt pihent és fáradt repülése



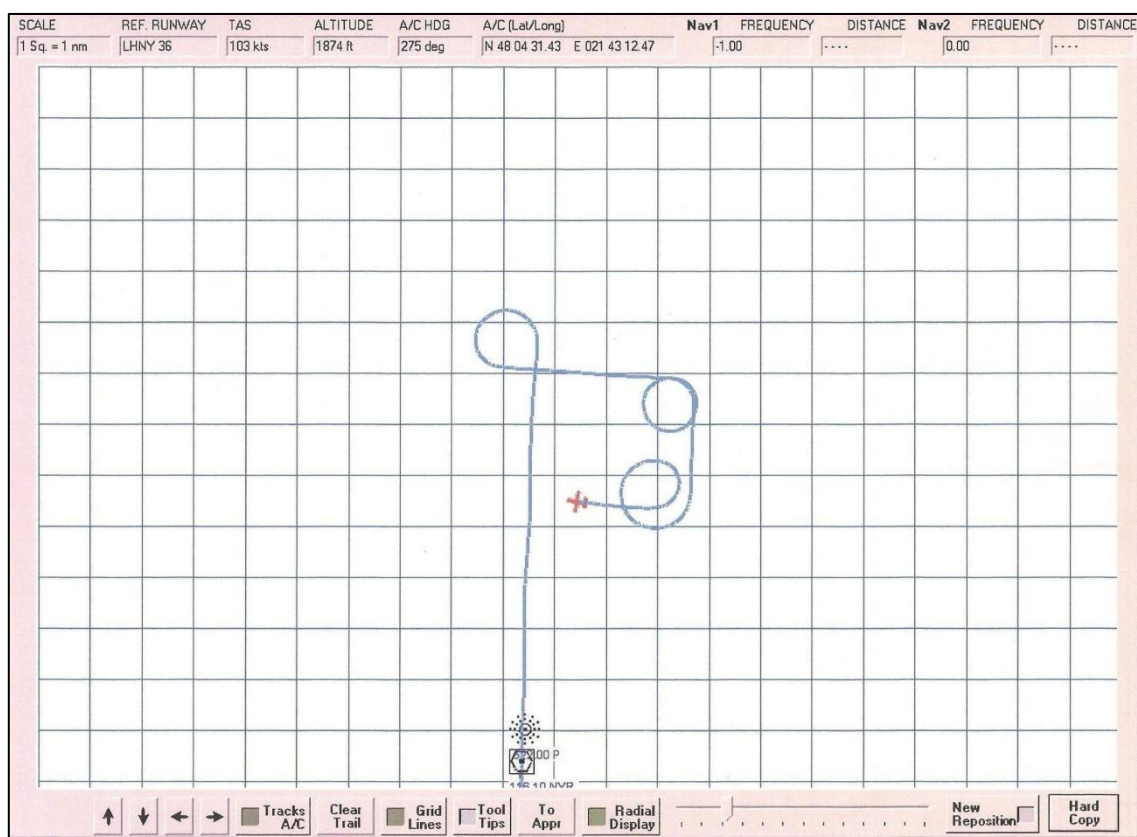
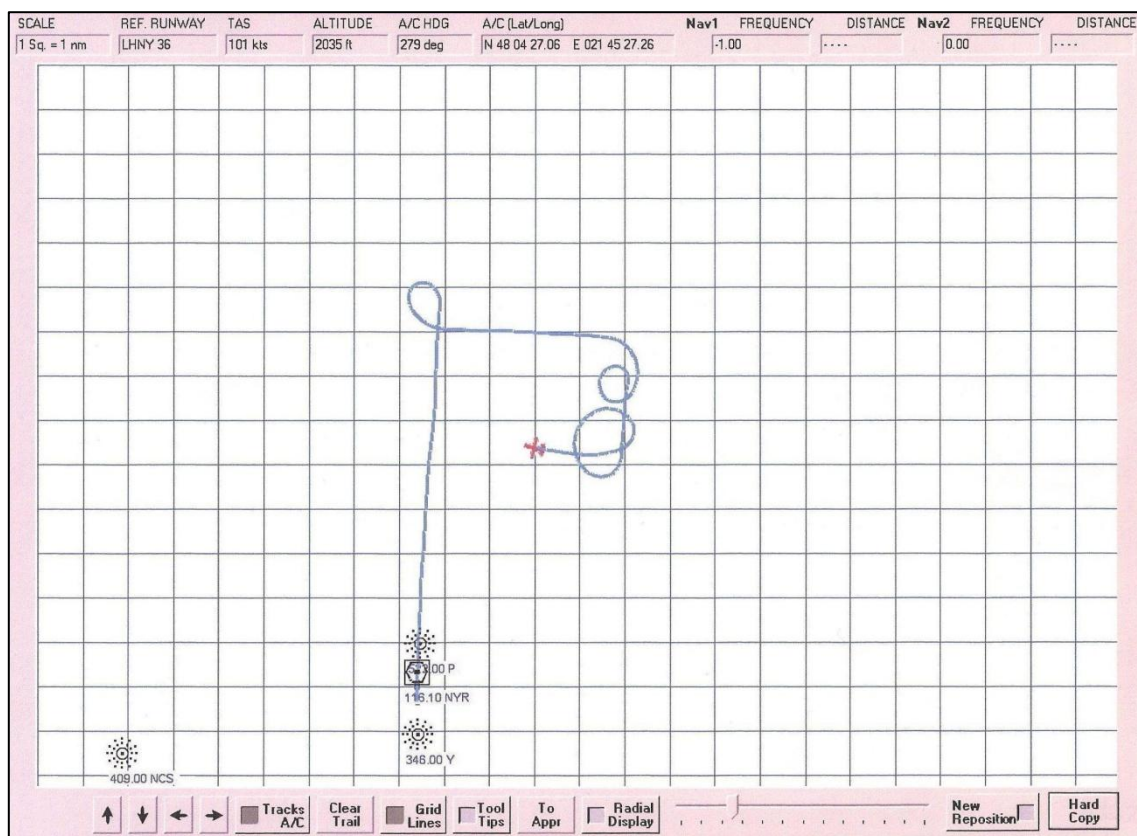
6. sz. melléklet: 6. jelölt pihent és fáradt repülése



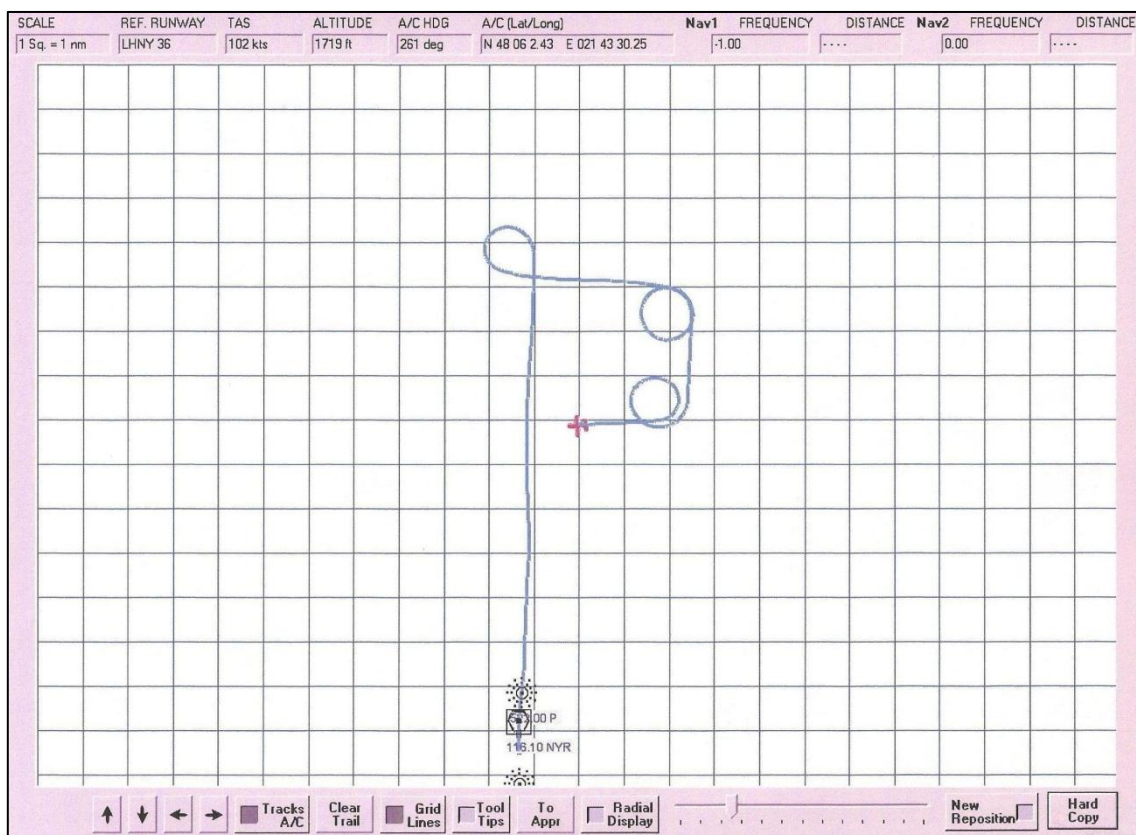
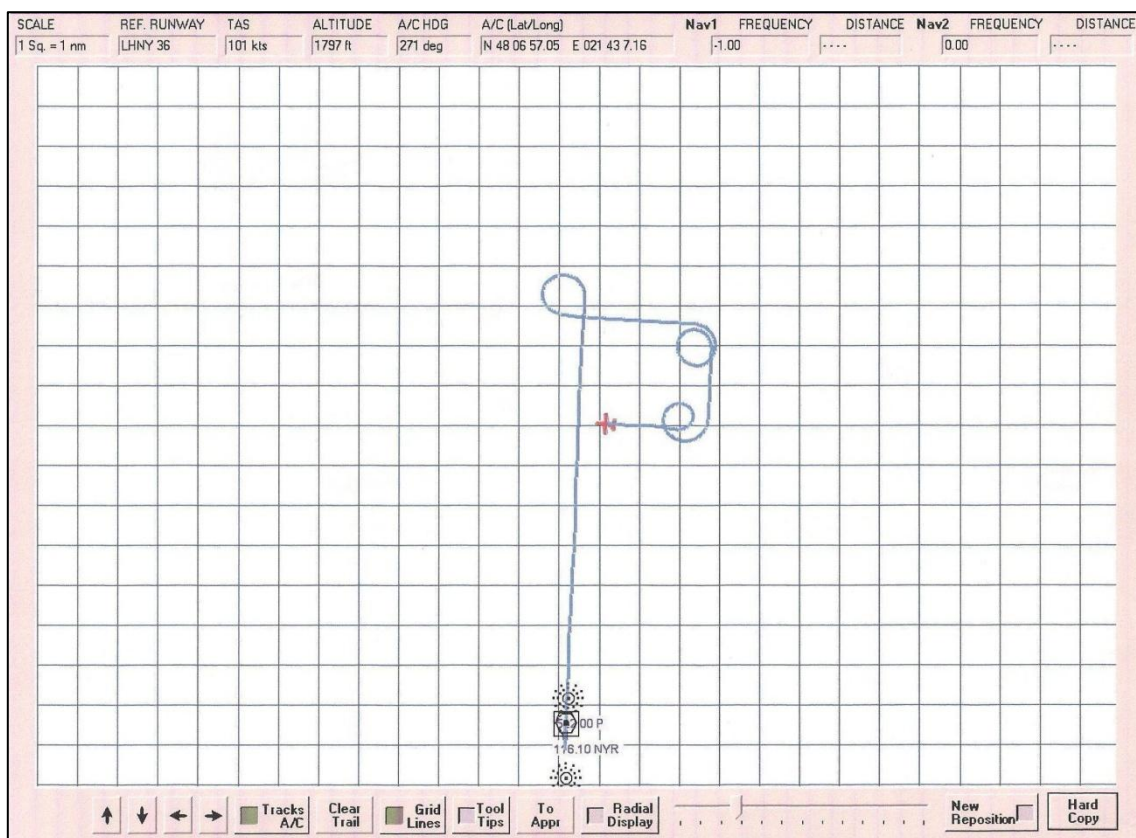
7. sz. melléklet: 7. jelölt pihent és fáradt repülése



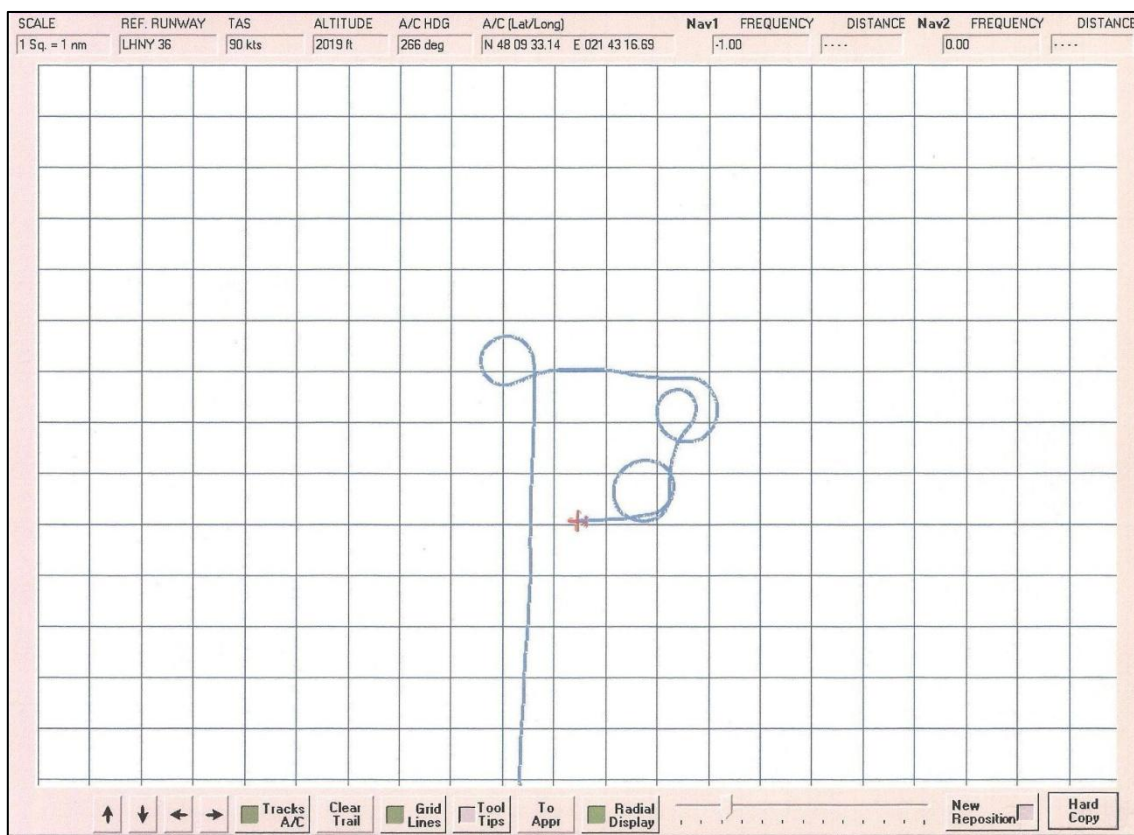
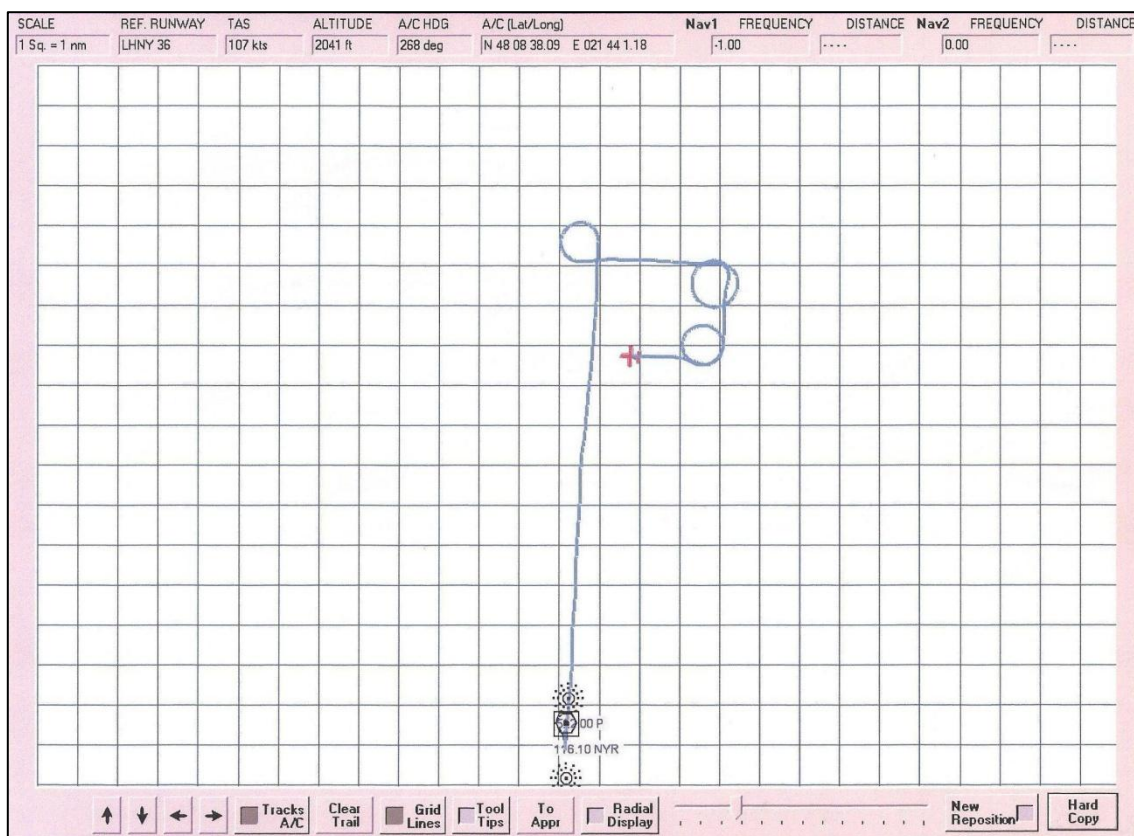
8. sz. melléklet: 8. jelölt pihent és fáradt repülése



9. sz. melléklet: 9. jelölt pihent és fáradt repülése



10. sz. melléklet: 10. jelölt pihent és fáradt repülése



11. sz. melléklet: 2. jelölt cselekvésvizsgáló eredménye

PIHENT/ELŐTT

Eredmény: 50/50

Reakcióidő: 0-600 ms: 7
600-1000 ms: 41
>1000 ms: 2

PIHENT/UTÁN

Eredmény: 50/50

0-600 ms: 13
600-1000 ms: 36
>1000 ms: 1

FÁRADT/ELŐTT

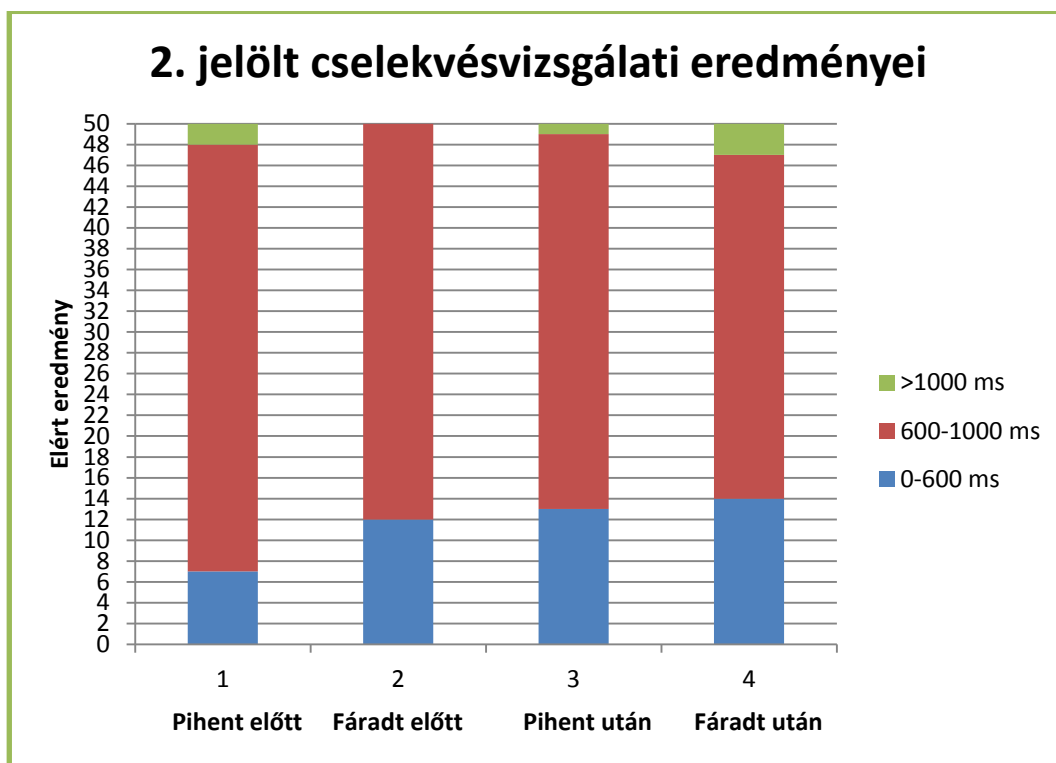
Eredmény: 50/50

Reakcióidő: 0-600 ms: 12
600-1000 ms: 38
>1000 ms: -

FÁRADT/UTÁN

Eredmény: 50/50

0-600 ms: 14
600-1000 ms: 33
>1000 ms: 3



Látható, hogy a második jelölt pihenten, szimulátoros repülés előtt teljesített a legrosszabbul, és pihenten, repülés után a legjobban.

12. sz. melléklet: 3. jelölt cselekvésvizsgáló eredménye

PIHENT/ELŐTT

Eredmény: 50/50

Reakcióidő: 0-600 ms: 8
600-1000 ms: 42
>1000 ms: -

PIHENT/UTÁN

Eredmény: 50/49

0-600 ms: 11
600-1000 ms: 35
>1000 ms: 3

FÁRADT/ELŐTT

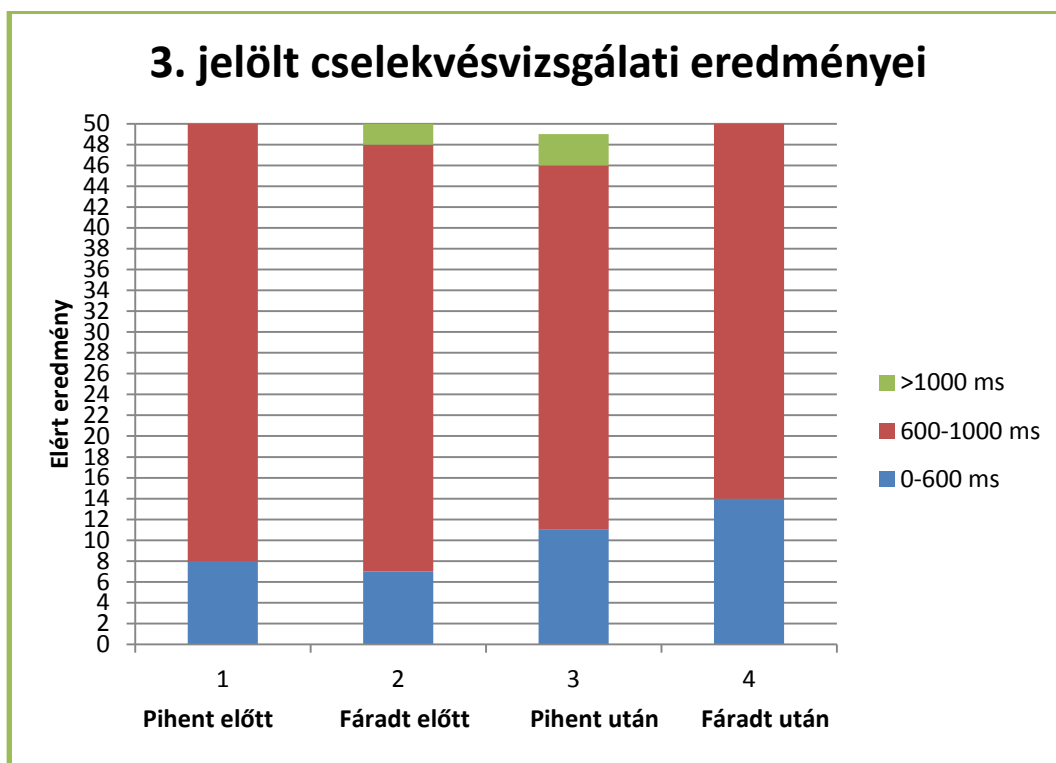
Eredmény: 50/50

Reakcióidő: 0-600 ms: 7
600-1000 ms: 41
>1000 ms: 2

FÁRADT/UTÁN

Eredmény: 50/50

0-600 ms: 14
600-1000 ms: 36
>1000 ms: -



Látható, hogy a harmadik jelölt fáradtan, szimulátoros repülés előtt teljesített a legrosszabbul, és fáradtan, repülés után a legjobban.

13. sz. melléklet: 4. jelölt cselekvésvizsgáló eredménye

PIHENT/ELŐTT

Eredmény: 50/50

Reakcióidő: 0-600 ms: 8
600-1000 ms: 39
>1000 ms: 3

PIHENT/UTÁN

Eredmény: 50/49

0-600 ms: 7
600-1000 ms: 41
>1000 ms: 1

FÁRADT/ELŐTT

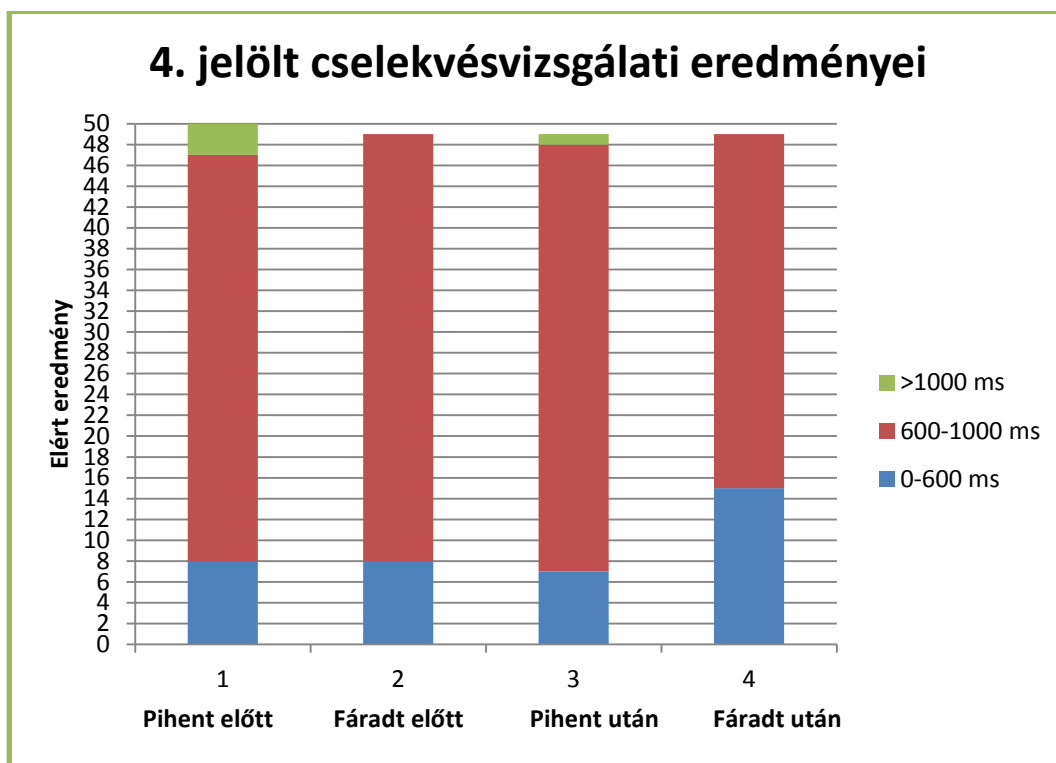
Eredmény: 50/49

Reakcióidő: 0-600 ms: 8
600-1000 ms: 41
>1000 ms: -

FÁRADT/UTÁN

Eredmény: 50/49

0-600 ms: 15
600-1000 ms: 34
>1000 ms: -



Látható, hogy a negyedik jelölt pihenten, szimulátoros repülés után teljesített a legrosszabbul, és fáradtan, repülés után a legjobban.

14. sz. melléklet: 5. jelölt cselekvésvizsgáló eredménye

PIHENT/ELŐTT

Eredmény: 50/49

Reakcióidő: 0-600 ms: 17
600-1000 ms: 32
>1000 ms: -

PIHENT/UTÁN

Eredmény: 50/50

0-600 ms: 19
600-1000 ms: 31
>1000 ms: -

FÁRADT/ELŐTT

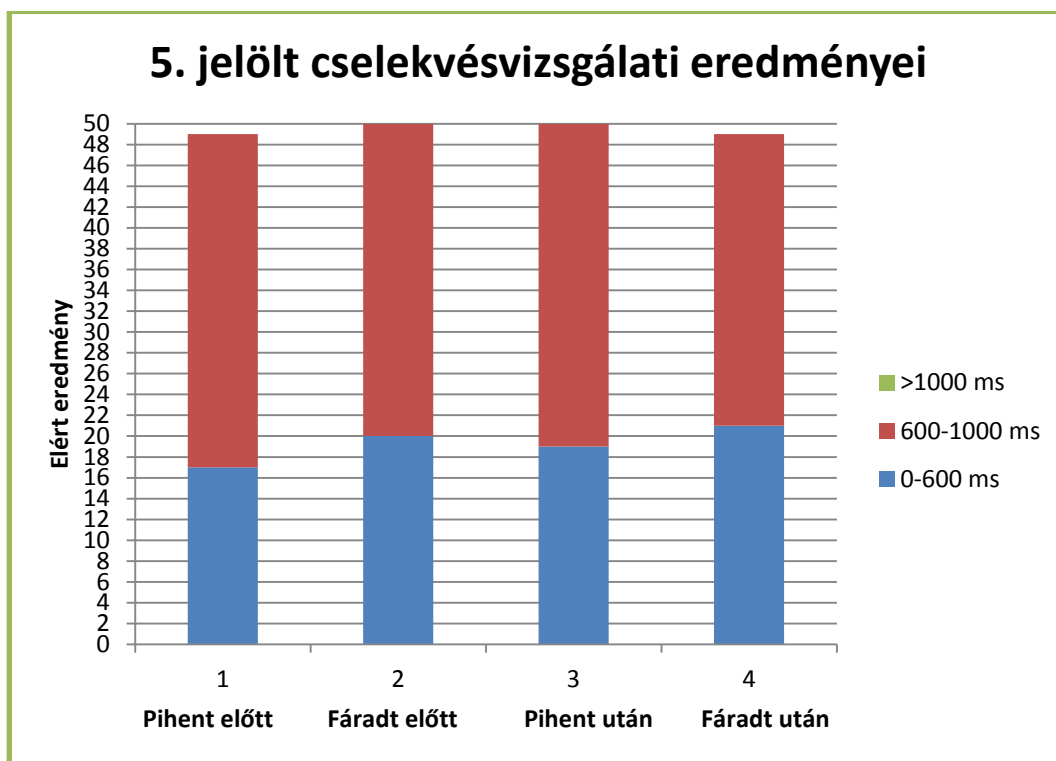
Eredmény: 50/50

Reakcióidő: 0-600 ms: 20
600-1000 ms: 30
>1000 ms: -

FÁRADT/UTÁN

Eredmény: 50/49

0-600 ms: 21
600-1000 ms: 28
>1000 ms: -



Látható, hogy az ötödik jelölt pihenten, szimulátoros repülés előtt teljesített a legrosszabbul, és fáradtan, repülés előtt és után is hasonlóan jól teljesített.

15. sz. melléklet: 6. jelölt cselekvésvizsgáló eredménye

PIHENT/ELŐTT

Eredmény: 50/49

Reakcióidő: 0-600 ms: 13
600-1000 ms: 36
>1000 ms: -

PIHENT/UTÁN

Eredmény: 50/49

0-600 ms: 10
600-1000 ms: 38
>1000 ms: 1

FÁRADT/ELŐTT

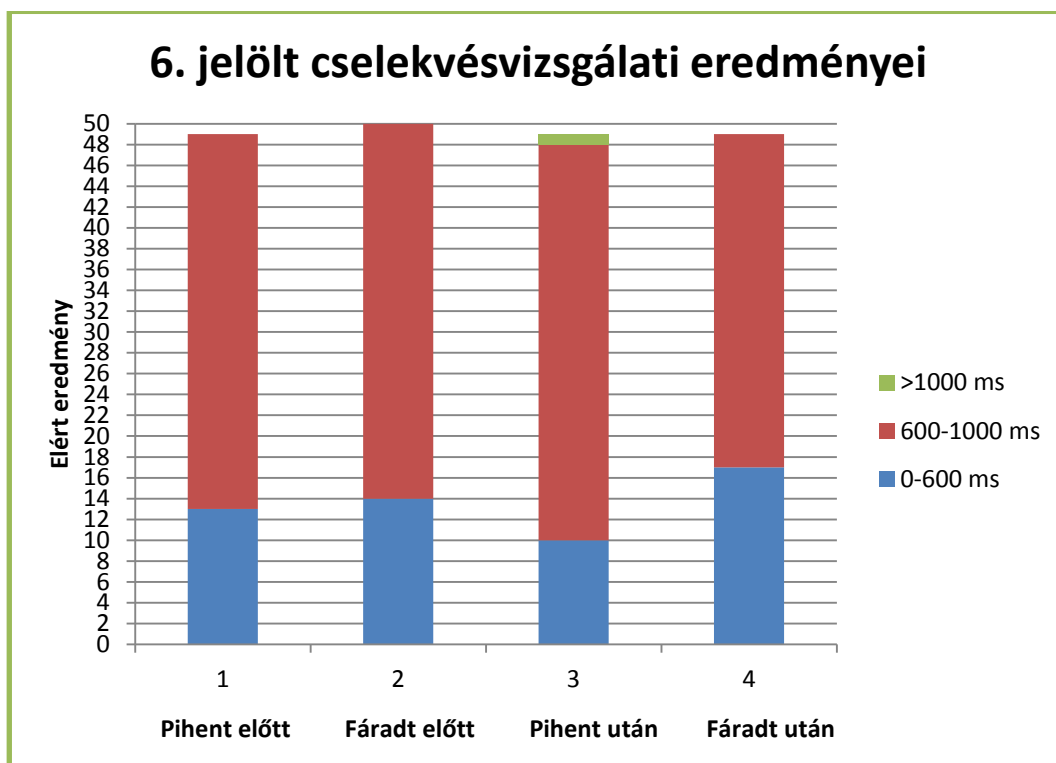
Eredmény: 50/50

Reakcióidő: 0-600 ms: 14
600-1000 ms: 36
>1000 ms: -

FÁRADT/UTÁN

Eredmény: 50/49

0-600 ms: 17
600-1000 ms: 32
>1000 ms: -



Látható, hogy a hatodik jelölt pihenten, szimulátoros repülés után teljesített a legrosszabbul, és fáradtan, repülés után a legjobban.

16. sz. melléklet: 7. jelölt cselekvésvizsgáló eredménye

PIHENT/ELŐTT

Eredmény: 50/50

Reakcióidő: 0-600 ms: 18
600-1000 ms: 32
>1000 ms: -

PIHENT/UTÁN

Eredmény: 50/49

0-600 ms: 14
600-1000 ms: 33
>1000 ms: 2

FÁRADT/ELŐTT

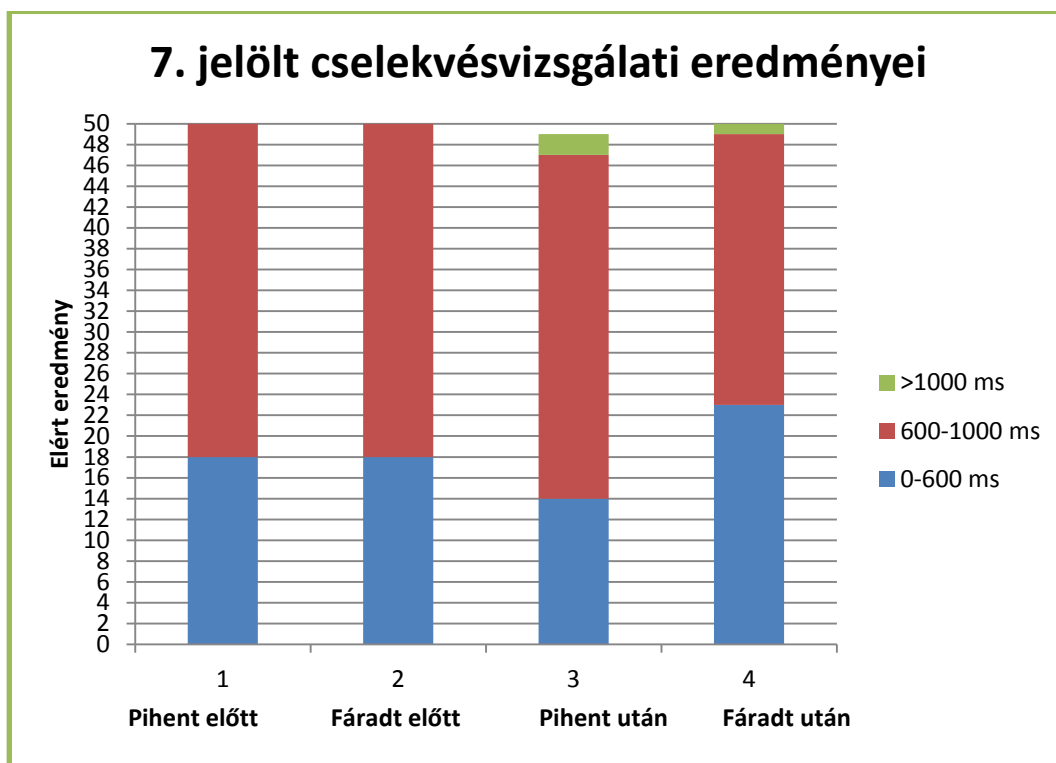
Eredmény: 50/50

Reakcióidő: 0-600 ms: 18
600-1000 ms: 32
>1000 ms: -

FÁRADT/UTÁN

Eredmény: 50/50

0-600 ms: 23
600-1000 ms: 26
>1000 ms: 1



Látható, hogy a hetedik jelölt pihenten, szimulátoros repülés után teljesített a legrosszabbul, és fáradtan, repülés után a legjobban.

17. sz. melléklet: 8. jelölt cselekvésvizsgáló eredménye

PIHENT/ELŐTT

Eredmény: 50/50

Reakcióidő: 0-600 ms: 18
600-1000 ms: 31
>1000 ms: 1

PIHENT/UTÁN

Eredmény: 50/50

0-600 ms: 11
600-1000 ms: 38
>1000 ms: 1

FÁRADT/ELŐTT

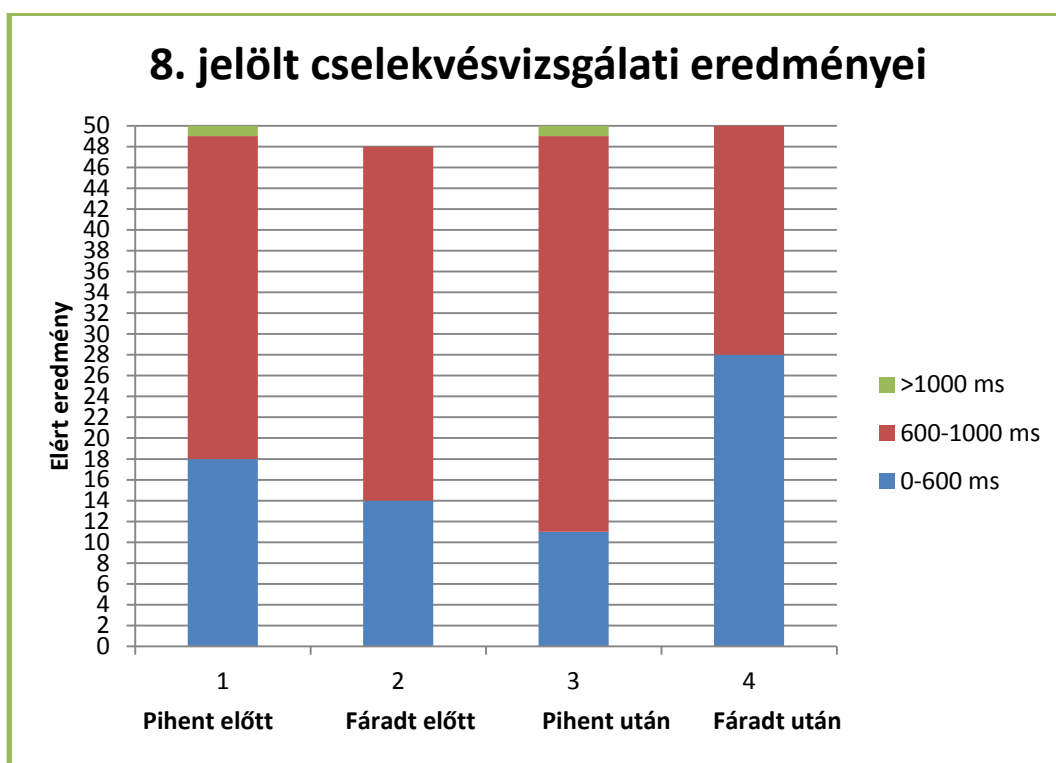
Eredmény: 50/48

Reakcióidő: 0-600 ms: 14
600-1000 ms: 34
>1000 ms: -

FÁRADT/UTÁN

Eredmény: 50/50

0-600 ms: 28
600-1000 ms: 22
>1000 ms: -



Látható, hogy a nyolcadik jelölt hasonlóan rosszul teljesített fáradt előtt és pihent után (fáradtan a reakcióideje jobb volt, de többet hibázott), és fáradtan, repülés után teljesített a legjobban.

18. sz. melléklet: 9. jelölt cselekvésvizsgáló eredménye

PIHENT/ELŐTT

Eredmény: 50/50

Reakcióidő: 0-600 ms: 4
600-1000 ms: 45
>1000 ms: 1

PIHENT/UTÁN

Eredmény: 50/47

0-600 ms: 9
600-1000 ms: 38
>1000 ms: -

FÁRADT/ELŐTT

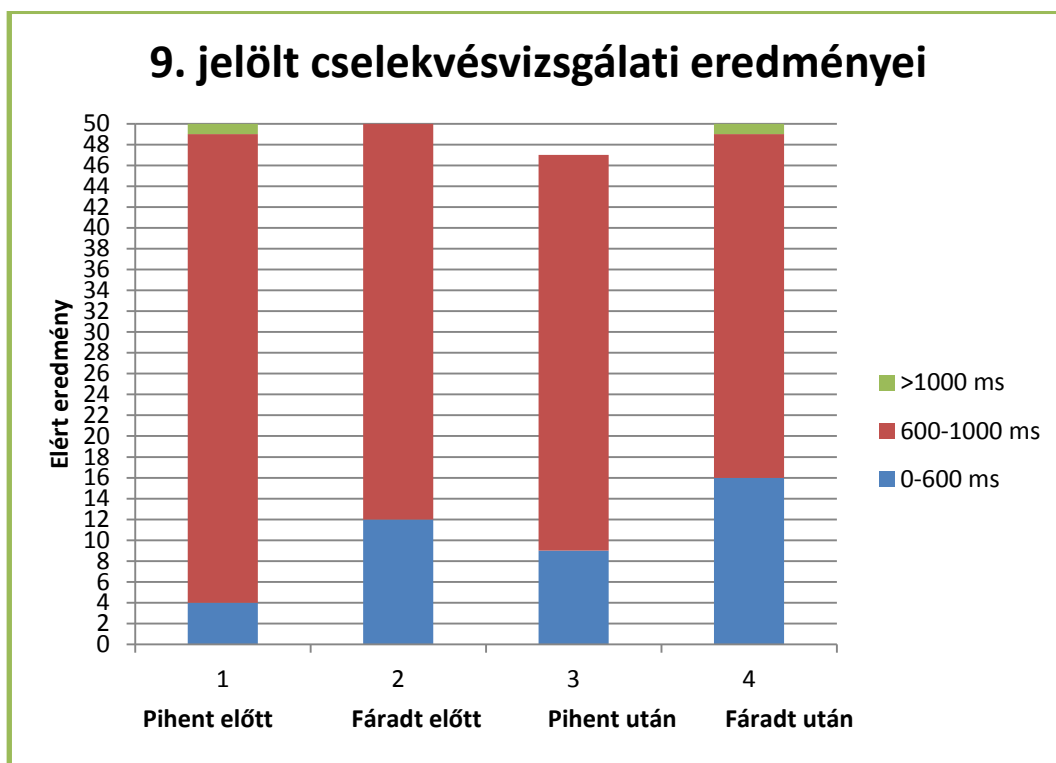
Eredmény: 50/50

Reakcióidő: 0-600 ms: 12
600-1000 ms: 38
>1000 ms: -

FÁRADT/UTÁN

Eredmény: 50/50

0-600 ms: 16
600-1000 ms: 33
>1000 ms: 1



Látható, hogy a kilencedik jelölt hasonlóan rosszul teljesített pihent előtt és pihent után (pihent után a reakcióideje jobb volt, de többet hibázott), és fáradtan, repülés után teljesített a legjobban.

19. sz. melléklet: 10. jelölt cselekvésvizsgáló eredménye

PIHENT/ELŐTT

Eredmény: 50/50

Reakcióidő: 0-600 ms: 7
600-1000 ms: 40
>1000 ms: 3

PIHENT/UTÁN

Eredmény: 50/48

0-600 ms: 13
600-1000 ms: 32
>1000 ms: 3

FÁRADT/ELŐTT

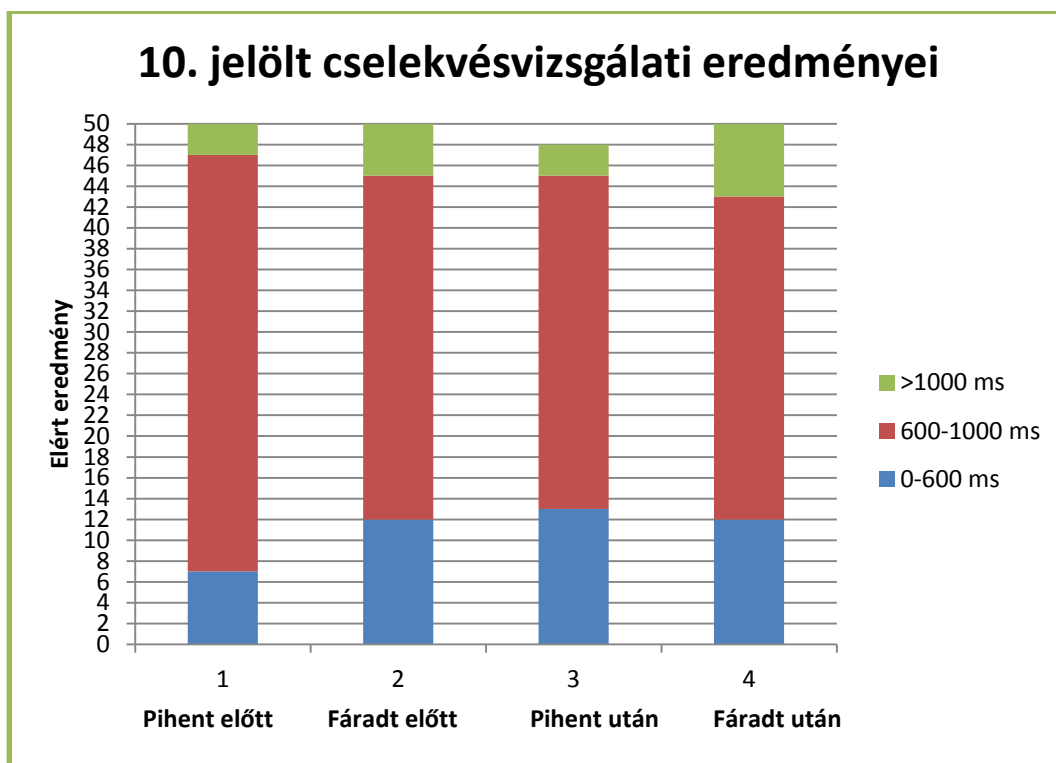
Eredmény: 50/50

Reakcióidő: 0-600 ms: 12
600-1000 ms: 33
>1000 ms: 5

FÁRADT/UTÁN

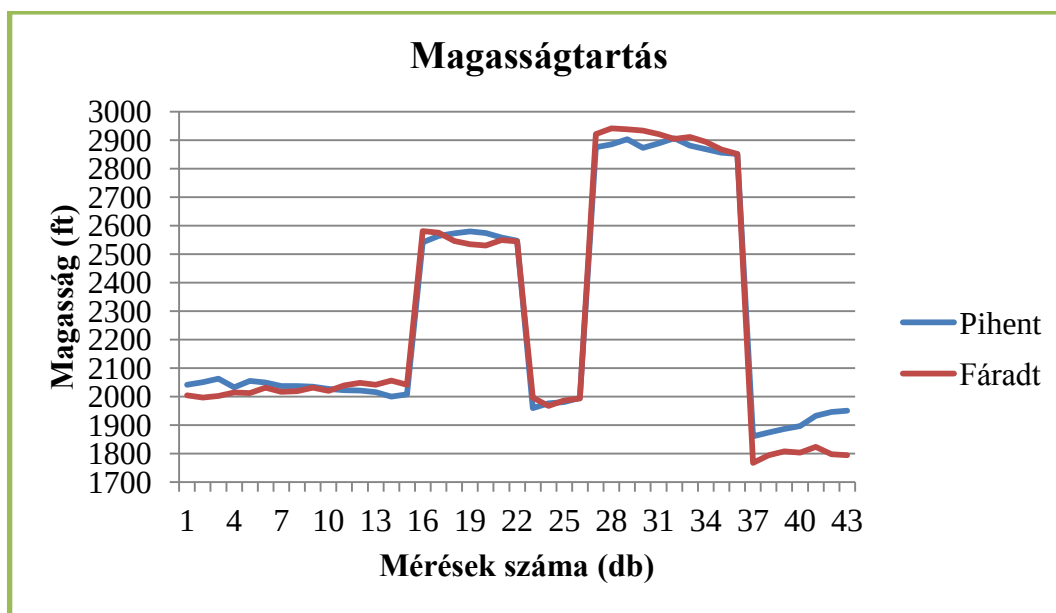
Eredmény: 50/50

0-600 ms: 12
600-1000 ms: 31
>1000 ms: 7

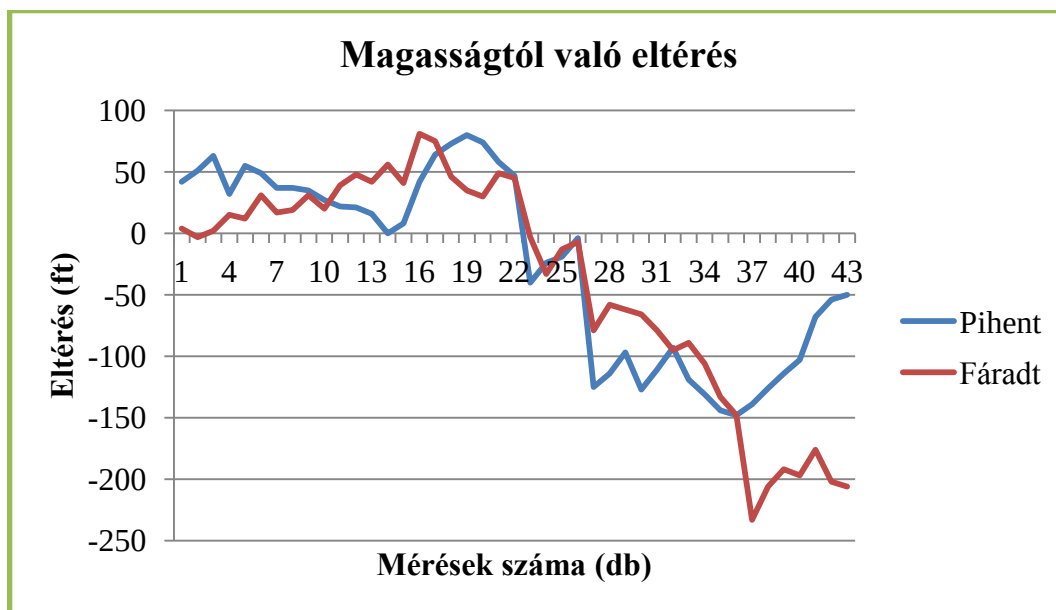


Látható, hogy a tizedik jelöltnek a reakcióideje pihent után volt a legjobb, ennek ellenére ekkor hibázott a legtöbbet, és pihenten, repülés előtt teljesített a legrosszabbul az átlagos reakcióideje alapján.

20. sz. melléklet: 3. jelölt szimulátor eredménye



A. ábra. Harmadik jelölt magasságtartása



B. ábra. Harmadik jelölt magasságtól való eltérése

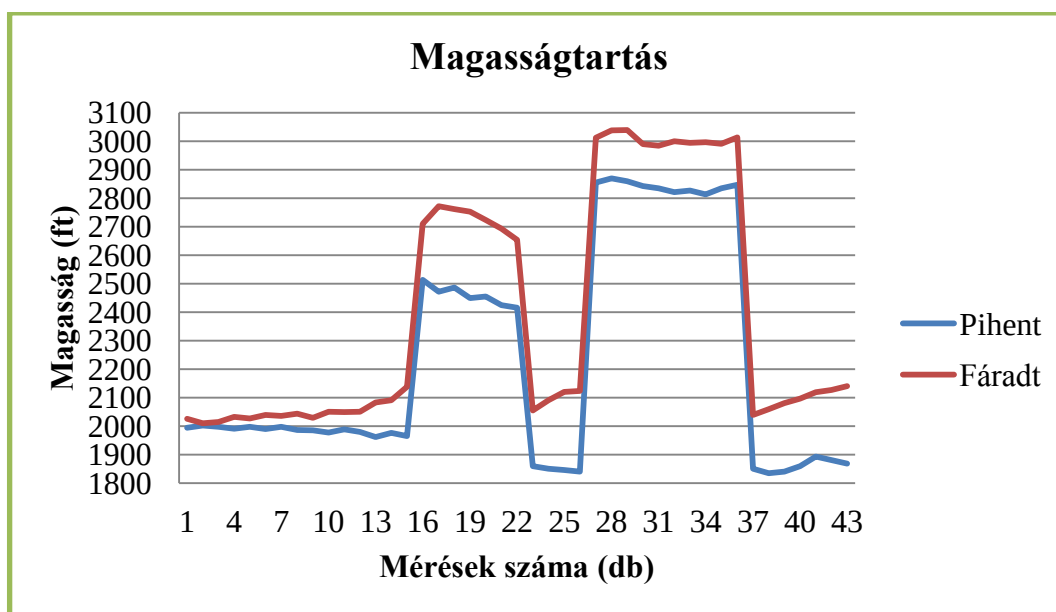
A harmadik jelölt pihenten 1128 pontot (56,4%), fáradtan pedig 951,35 pontot (47,6%) ért el. Látható, hogy a teljesítménye 8,8%-kal csökkent. Az „A” ábra alapján elmondható, hogy a vízszintes szakaszokon az önkéntes hasonlóan tartotta pihenten és fáradtan is az elért magasságokat. Pihenten az ingadozások átlaga 59,6 láb volt. Ezzel szemben fáradtan ez az érték 57,4 lábra csökkent. A „B” ábráról leolvasható, hogy a vizsgált személy kevésbé tért el

az előírt magasságtól pihenten (a kék színnel jelölt vonal jobban közelít a nullához), ekkor az előírt magasságtól való átlagos eltérés 67 láb, míg fáradtan ez az érték 72,65 lábra növekedett.

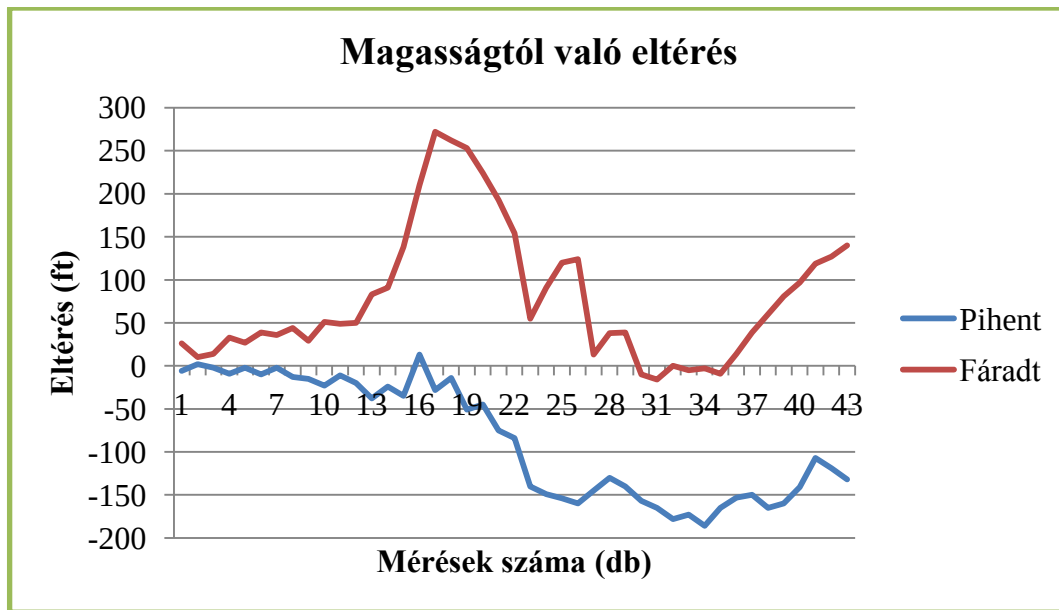
Ezekén kívül megvizsgáltuk még a fordulók végén az irányoktól való eltéréseket, a rögzített adatok alapján megállapítható, hogy a 3. jelölt pihenten átlagosan 7,5°-kal, fáradtan pedig 21,7°-kal tért el az előírt irányoktól. A magasságváltozástól való átlagos eltérések alapján 62,75 lábról 61,25 lábra javított, vagyis az emelkedéseket/süllyedéseket fáradt állapotban pontosabban hajtotta végre.

Tehát a 3. pilótajelölt látványosan rosszabb értékeket produkált az iránytól való eltérések tekintetében fáradtan, ebben az esetben az alváshiány negatív hatása a fordulók végrehajtásának pontatlanságában mutatkozott meg leginkább. Továbbá rontás tapasztalható még az előírt magasságtól való eltérésnél is fáradtan. Minimális javulás figyelhető meg az ingadozásoknál és az emelkedések/süllyedések végrehajtásánál a pihent állapothoz képest. Összességében kijelenthetjük, hogy fáradt állapotban csökkent a teljesítménye a 3. jelöltnek.

21. sz. melléklet: 4. jelölt szimulátor eredménye



C. ábra. Negyedik jelölt magasságtartása



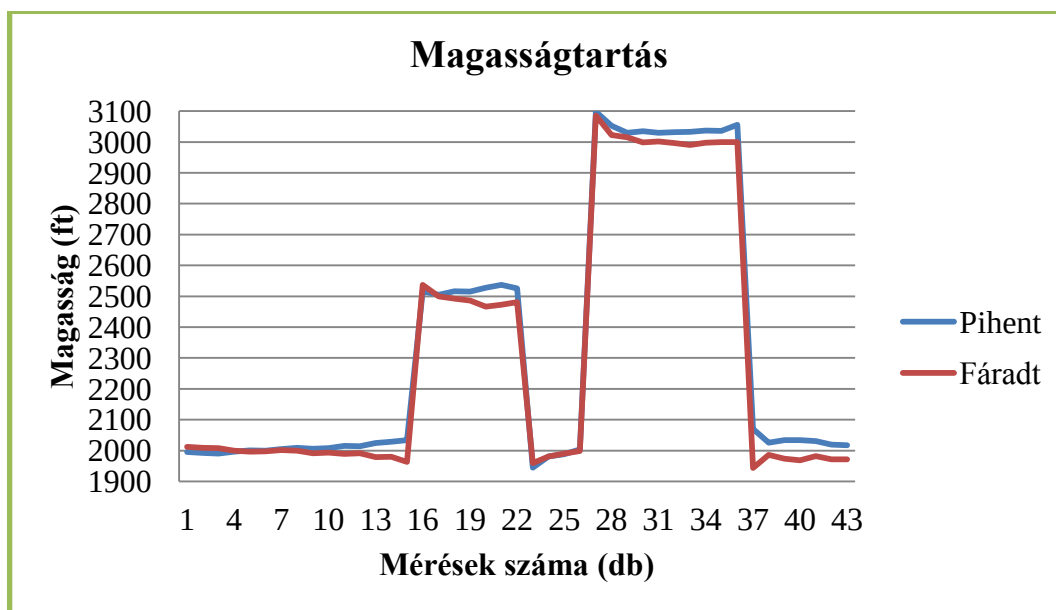
D. ábra. Negyedik jelölt magasságtól való eltérése

A negyedik jelölt pihenten 1272,2 pontot (63,6%), fáradtan pedig 778,9 pontot (39%) ért el. Látható, hogy a teljesítménye 24,6%-kal csökkent. A „C” ábra alapján elmondható, hogy a vízszintes szakaszokon az önkéntes pontosabban tartotta pihenten az elért magasságokat (a vízszintes kék színnel jelölt vonalak egyenesebbek), ekkor az ingadozások átlaga 54,2 láb volt. Ezzel szemben fáradtan ez az érték jelentősen megnőtt 94,2 lábra. A „D” ábráról leolvasható, hogy a vizsgált személy hasonlóan tért el az előírt magasságtól pihenten és fáradtan egyaránt, az átlagos eltérések között csekély a különbség. Pihenten az előírt magasságtól való átlagos eltérés 85,8 láb, míg fáradtan ez az érték 81,1 láb.

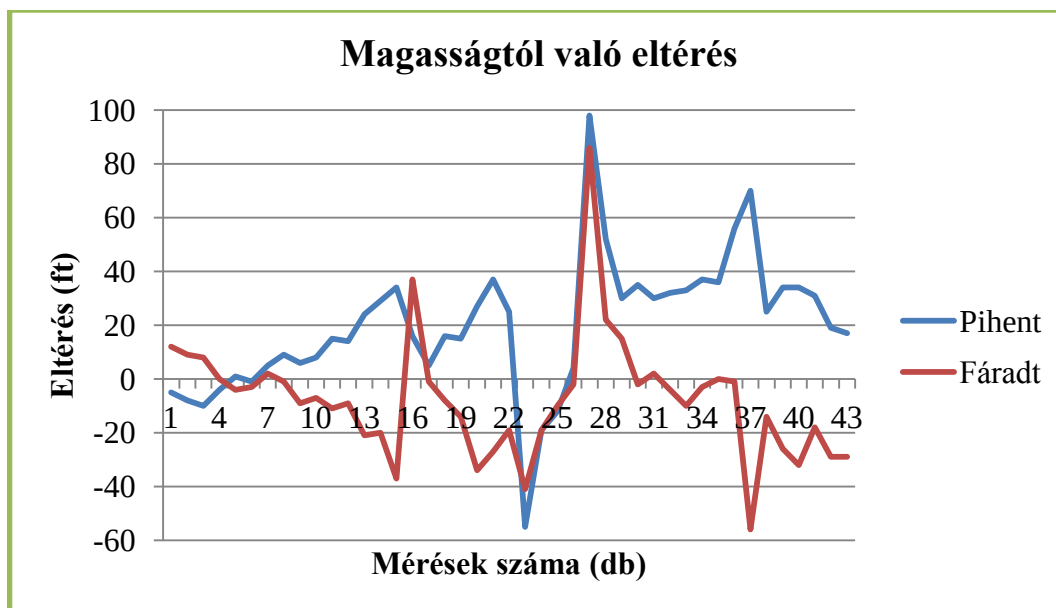
Ezekén kívül megvizsgáltuk még a fordulók végén az irányoktól való eltéréseket, a rögzített adatok alapján megállapítható, hogy a 4. jelölt pihenten átlagosan 8,3°-kal, fáradtan pedig 12,3°-kal tért el az előírt irányoktól. A magasságváltozástól való átlagos eltérések alapján 30,5 lábról 76,75 lábra rontott, vagyis az emelkedéseket/süllyedéseket fáradt állapotban sokkal pontatlanabban hajtotta végre.

Tehát a 4. pilótajelölt látványosan rosszabb értékeket produkált az ingadozások és az előírt magasságváltozástól való eltérések tekintetében fáradtan, ebben az esetben az alváshiány negatív hatása a magasságtartásnál és az emelkedéseknél/süllyedéseknél mutatkozott meg leginkább. Emellett a fordulók végén az irányoktól is többet tért el fáradtan. Kismértékben javulás tapasztalható az előírt magasságtól való eltérések terén a pihent állapothoz képest. Összességében kijelenthetjük, hogy fáradt állapotban csökkent a teljesítménye a 4. jelöltnek.

22. sz. melléklet: 5. jelölt szimulátor eredménye



E. ábra. Ötödik jelölt magasságtartása



F. ábra. Ötödik jelölt magasságtól való eltérése

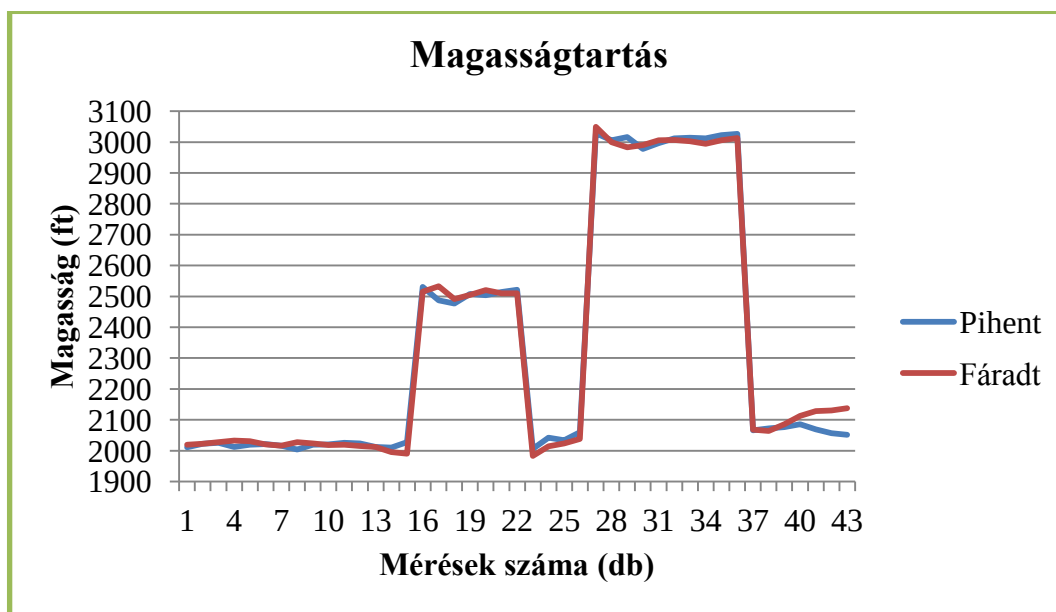
Az ötödik jelölt pihenten 1325 pontot (66%), fáradtan pedig 1240,4 pontot (62%) ért el. Látható, hogy a teljesítménye 4%-kal csökkent. Az „E” ábra alapján elmondható, hogy a vízszintes szakaszokon az önkéntes pontosabban tartotta pihenten az elért magasságokat (a vízszintes kék színnel jelölt vonalak egyenesebbek), ekkor az ingadozások átlaga 51,2 láb volt. Ezzel szemben fáradtan ez az érték megnőtt 59,4 lábra. Az „F” ábráról leolvasható, hogy

a vizsgált személy pihenten nagyobb mértékben tért el az előírt magasságtól, ekkor az előírt magasságtól való átlagos eltérés 25 láb, míg fáradtan ez az érték 16,6 láb.

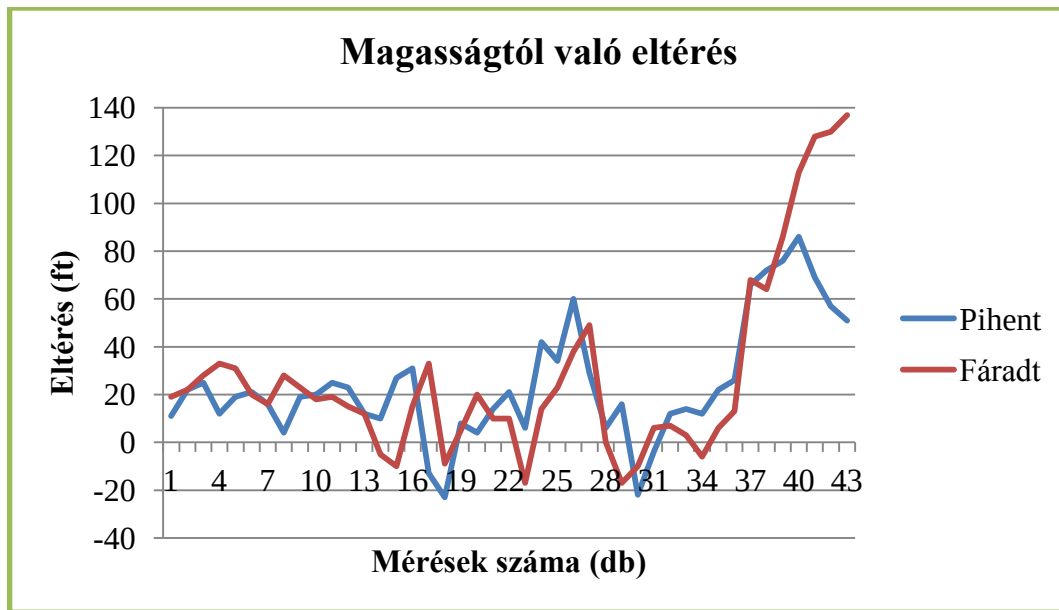
Ezekon kívül megvizsgáltuk még a fordulók végén az irányoktól való eltéréseket, a rögzített adatok alapján megállapítható, hogy az 5. jelölt pihenten átlagosan $5,8^\circ$ -kal, fáradtan pedig $10,8^\circ$ -kal tért el az előírt irányoktól. A magasságváltozástól való átlagos eltérések alapján 51,5 lábról 59,75 lábra rontott, vagyis az emelkedéseket/süllyedéseket fáradt állapotban pontatlanabban hajtotta végre.

Tehát az 5. pilótajelölt látványosan rosszabb értékeket produkált az iránytól való eltérések tekintetében fáradtan, ebben az esetben az alváshiány negatív hatása a fordulók végrehajtásának pontatlanságában mutatkozott meg leginkább. Javulás tapasztalható az előírt magasságtól való eltérésnél a pihent állapothoz képest. Továbbá rontás figyelhető meg az ingadozásoknál és az emelkedések/süllyedések végrehajtásánál fáradtan. Összességében kijelenthetjük, hogy fáradt állapotban csökkent a teljesítménye az 5. jelöltnek.

23. sz. melléklet: 6. jelölt szimulátor eredménye



G. ábra. Hatodik jelölt magasságtartása



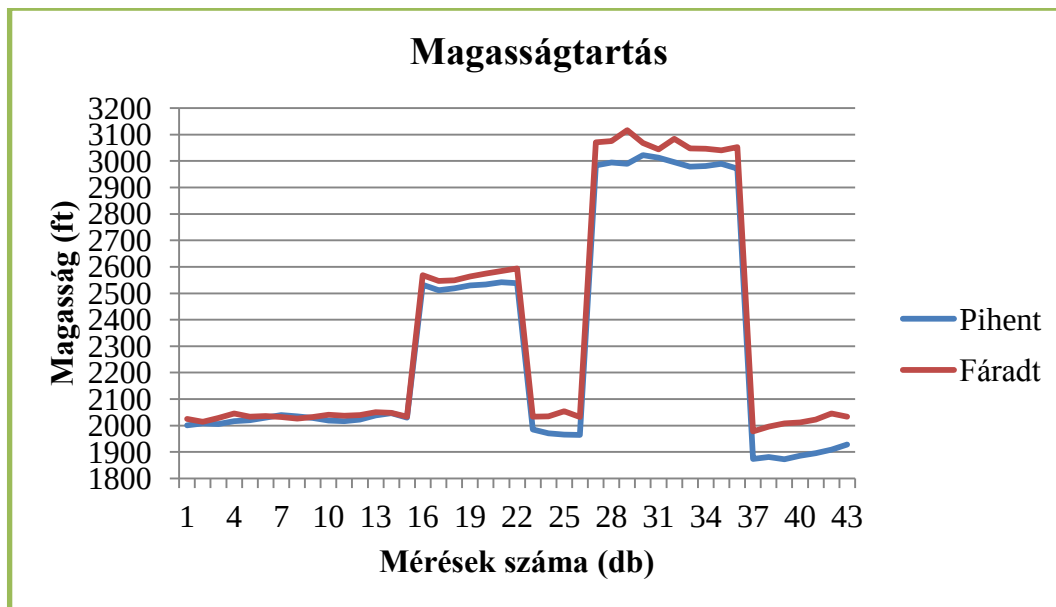
H. ábra. Hatodik jelölt magasságtól való eltérése

A hatodik jelölt pihenten 1524 pontot (76%), fáradtan pedig 1402,9 pontot (70%) ért el. Látható, hogy a teljesítménye 6%-kal csökkent. A „G” ábra alapján elmondható, hogy a vízszintes szakaszokon az önkéntes pontosabban tartotta pihenten az elért magasságokat, ekkor az ingadozások átlaga 43,4 láb volt. Ezzel szemben fáradtan ez az érték megnőtt 55,8 lábra. A „H” ábráról leolvasható, hogy a vizsgált személy fáradtan nagyobb mértékben tért el az előírt magasságtól, ekkor az előírt magasságtól való átlagos eltérés 31,1 láb, míg pihenten ez az érték 27 láb.

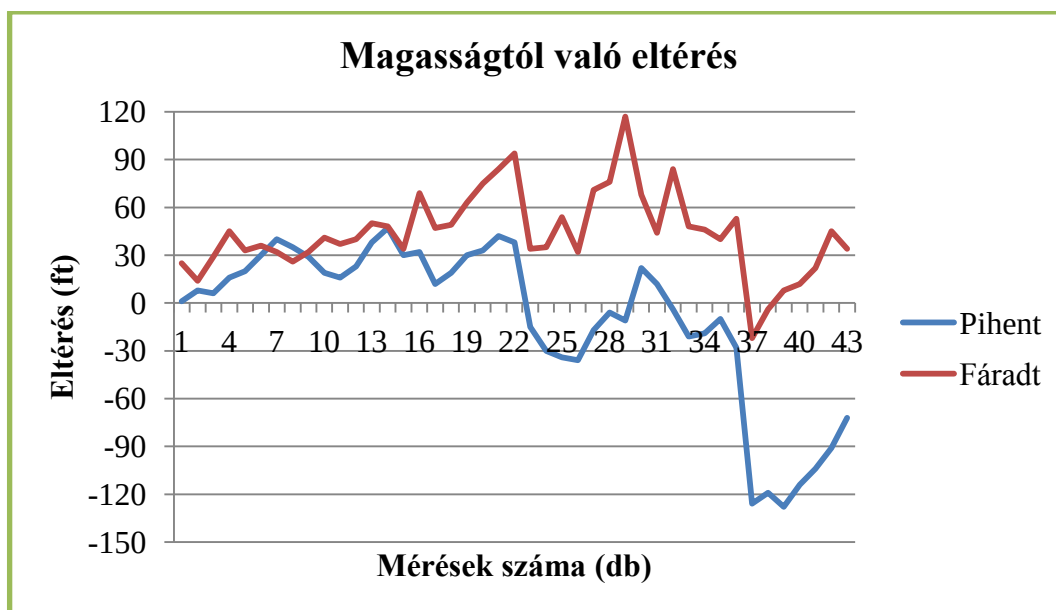
Ezekén kívül megvizsgáltuk még a fordulók végén az irányoktól való eltéréseket, a rögzített adatok alapján megállapítható, hogy a 6. jelölt pihenten átlagosan 5,5°-kal, fáradtan pedig 2,5°-kal tért el az előírt irányoktól. A magasságváltozástól való átlagos eltérések alapján 22,5 lábról 29,5 lábra rontott, vagyis az emelkedéseket/süllyedéseket fáradt állapotban pontatlanabban hajtotta végre.

Tehát a 6. pilótajelölt hasonlóan rossz értékeket produkált az ingadozások, az előírt magasságváltozástól való eltérések és az előírt magasságtól való eltérések tekintetében fáradtan. Kismértékben javulás tapasztalható az irányoktól való eltérések terén a pihent állapothoz képest. Összességében kijelenthetjük, hogy fáradt állapotban csökkent a teljesítménye a 6. jelöltnek.

24. sz. melléklet: 7. jelölt szimulátor eredménye



I. ábra. Hetedik jelölt magasságtartása



J. ábra. Hetedik jelölt magasságtól való eltérése

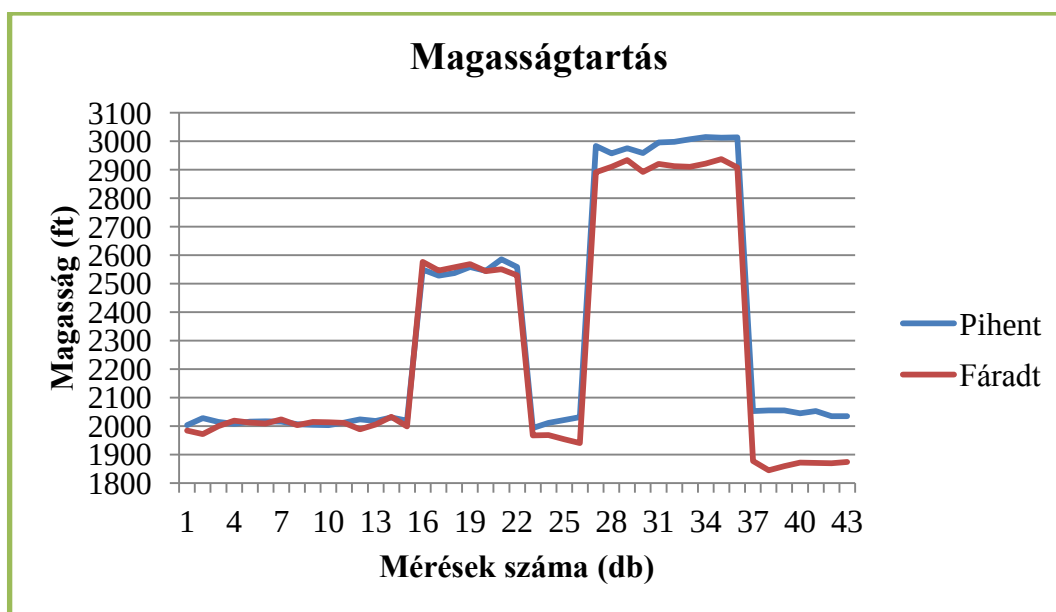
A hetedik jelölt pihenten 1343,2 pontot (67%), fáradtan pedig 1267,6 pontot (63%) ért el. Látható, hogy a teljesítménye 4%-kal csökkent. Az „I” ábra alapján elmondható, hogy a vízszintes szakaszokon az önkéntes pontosabban tartotta pihenten az elért magasságokat, ekkor az ingadozások átlaga 40,6 láb volt. Ezzel szemben fáradtan ez az érték megnőtt 49,8 lábra. A „J” ábráról leolvasható, hogy a vizsgált személy fáradtan nagyobb mértékben tért el

az előírt magasságtól, ekkor az előírt magasságtól való átlagos eltérés 45,4 láb, míg pihenten ez az érték 36,8 láb.

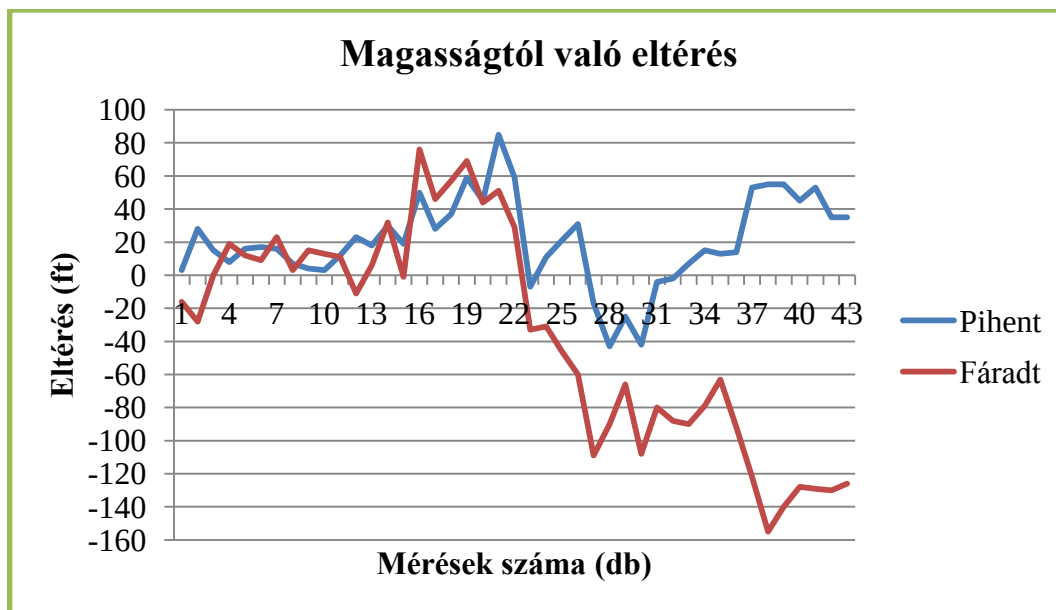
Ezekon kívül megvizsgáltuk még a fordulók végén az irányoktól való eltéréseket, a rögzített adatok alapján megállapítható, hogy a 7. jelölt pihenten átlagosan 11,7°-kal, fáradtan pedig 15°-kal tért el az előírt irányoktól. A magasságváltozástól való átlagos eltérések alapján 43 lábról 52,25 lábra rontott, vagyis az emelkedéseket/süllyedéseket fáradt állapotban pontatlanabban hajtotta végre.

Tehát a 7. pilótajelölt hasonlóan rossz értékeket produkált az ingadozások, az előírt magasságváltozástól, az előírt magasságtól és az irányoktól való eltérések tekintetében is fáradtan. Javulás sehol sem tapasztalható. Összességében kijelenthetjük, hogy fáradt állapotban csökkent a teljesítménye a 7. jelöltnek.

25. sz. melléklet: 8. jelölt szimulátor eredménye



K. ábra. Nyolcadik jelölt magasságtartása



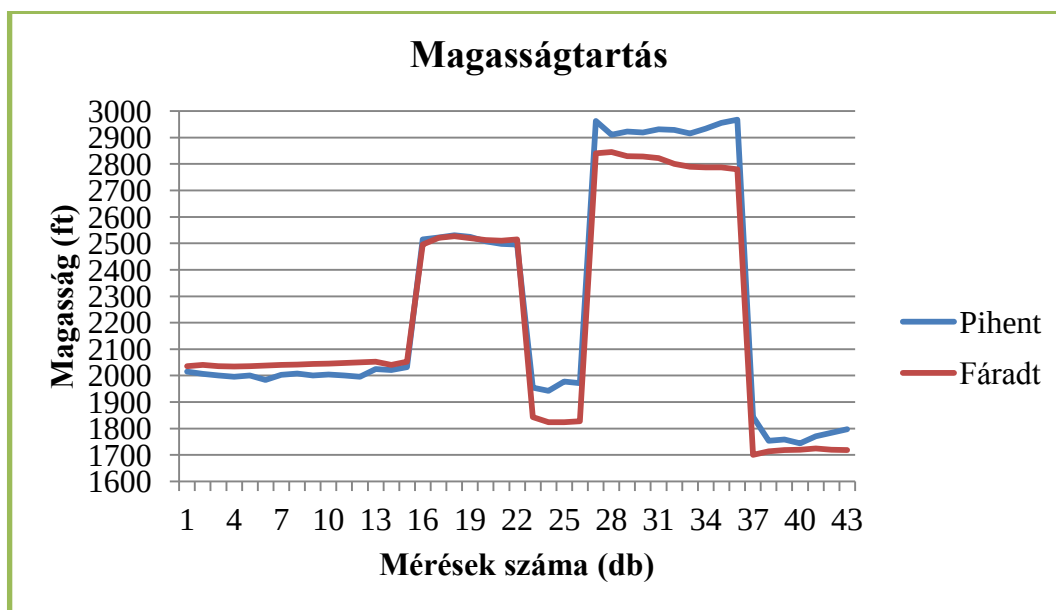
L. ábra. Nyolcadik jelölt magasságtól való eltérése

A nyolcadik jelölt pihenten 1400,9 pontot (70%), fáradtan pedig 1202 pontot (60%) ért el. Látható, hogy a teljesítménye 10%-kal csökkent. A „K” ábra alapján elmondható, hogy a vízszintes szakaszokon az önkéntes pontosabban tartotta pihenten az elért magasságokat, ekkor az ingadozások átlaga 40 láb volt. Ezzel szemben fáradtan ez az érték megnőtt 43 lábra. Az „L” ábráról leolvasható, hogy a vizsgált személy fáradtan nagyobb mértékben tért el az előírt magasságtól, ekkor az előírt magasságtól való átlagos eltérés 59 láb, míg pihenten ez az érték 27,1 láb.

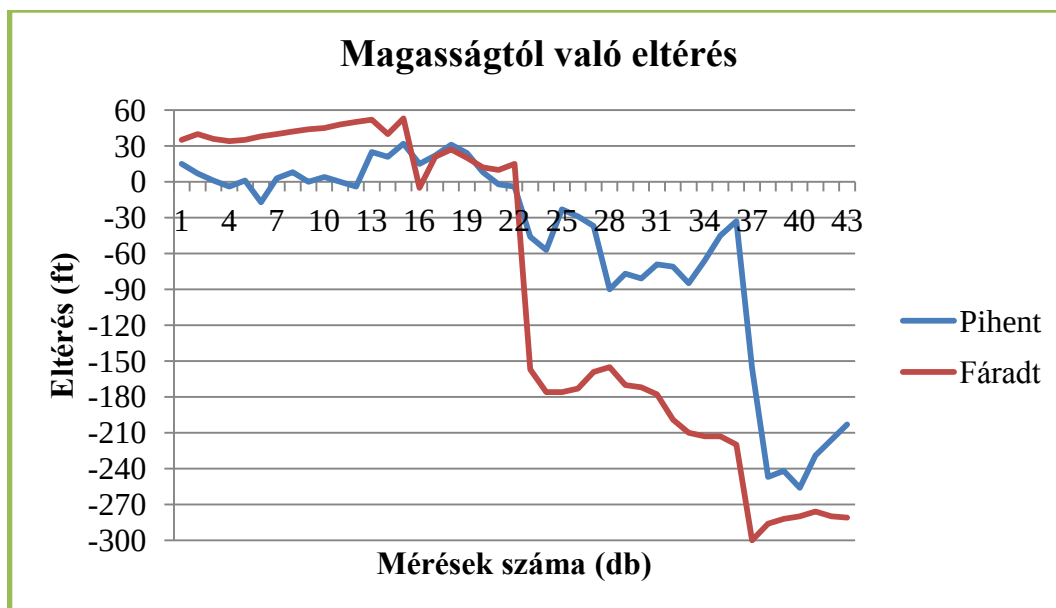
Ezekén kívül megvizsgáltuk még a fordulók végén az irányoktól való eltéréseket, a rögzített adatok alapján megállapítható, hogy a 8. jelölt pihenten átlagosan 10°-kal, fáradtan pedig 12,5°-kal tért el az előírt irányoktól. A magasságváltozástól való átlagos eltérések alapján 46 lábról 54,5 lábra rontott, vagyis az emelkedéseket/süllyedéseket fáradt állapotban pontatlanabban hajtotta végre.

Tehát a 8. pilótajelölt hasonlóan rossz értékeket produkált az ingadozások, az előírt magasságváltozástól, és az irányoktól való eltérések tekintetében fáradtan. Jelentős rontás figyelhető meg az előírt magasságtól való eltéréseknél a pihent állapothoz képest. Javulás sehol sem tapasztalható. Összességében kijelenthetjük, hogy fáradt állapotban csökkent a teljesítménye a 8. jelöltnek.

26. sz. melléklet: 9. jelölt szimulátor eredménye



M. ábra. Kilencedik jelölt magasságtartása



N. ábra. Kilencedik jelölt magasságtól való eltérése

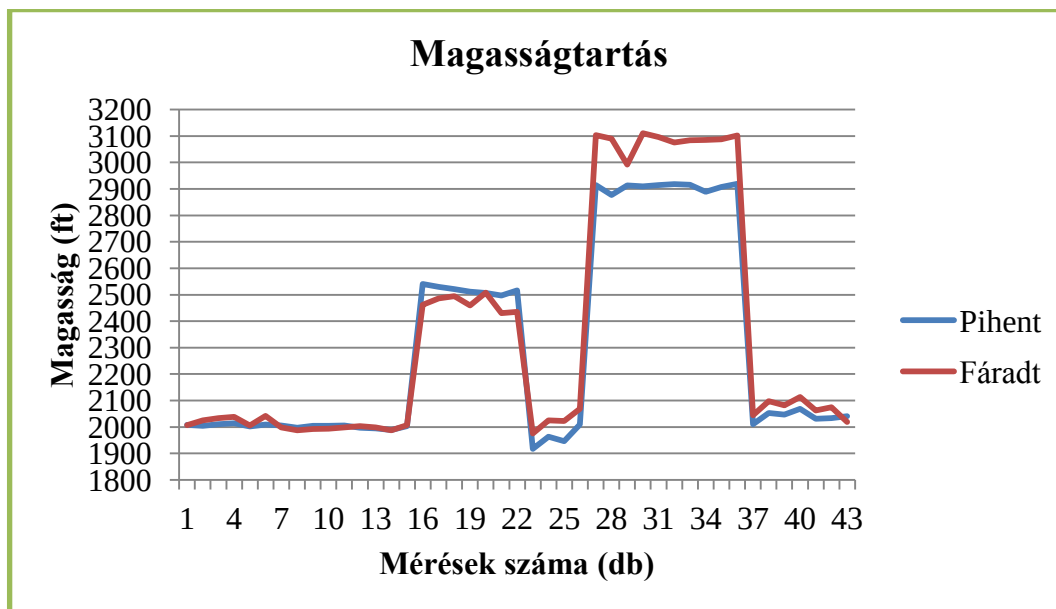
A kilencedik jelölt pihenten 1144,4 pontot (57%), fáradtan pedig 995,79 pontot (50%) ért el. Látható, hogy a teljesítménye 7%-kal csökkent. Az „M” ábra alapján elmondható, hogy a vízszintes szakaszokon az önkéntes pontosabban tartotta fáradtan az elért magasságokat, ekkor az ingadozások átlaga 31,8 láb volt. Ezzel szemben pihenten ez az érték megnőtt 55 lábra. Az „N” ábráról leolvasható, hogy a vizsgált személy fáradtan jelentős mértékben tért el

az előírt magasságtól, ekkor az előírt magasságtól való átlagos eltérés 123,21 láb, míg pihenten ez az érték csak 60,6 láb.

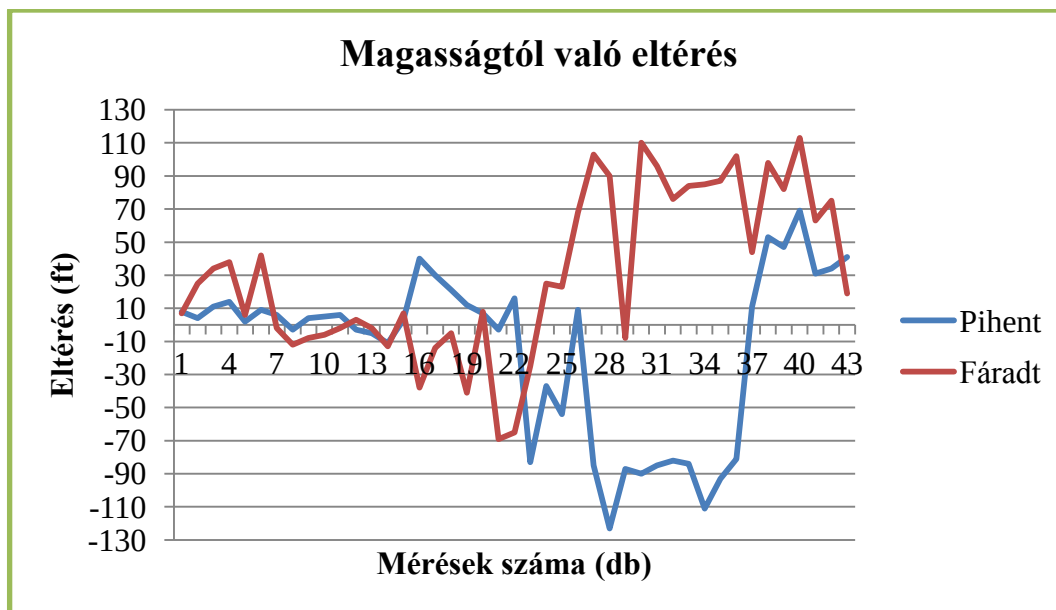
Ezekén kívül megvizsgáltuk még a fordulók végén az irányoktól való eltéréseket, a rögzített adatok alapján megállapítható, hogy a 9. jelölt pihenten átlagosan 7°-kal, fáradtan pedig 7,5°-kal tért el az előírt irányoktól. A magasságváltozástól való átlagos eltérések alapján 47,5 lábról 81 lábra rontott, vagyis az emelkedéseket/süllyedéseket fáradt állapotban sokkal pontatlanabban hajtotta végre.

Tehát a 9. pilótajelölt látványosan rosszabb értékeket produkált az előírt magasságtól való eltérések és az előírt magasságváltozástól való eltérések tekintetében fáradtan, ebben az esetben az alváshiány hatása legjobban az emelkedéseknél/süllyedéseknél mutatkozott meg. Jelentős javulás tapasztalható a magasságtartásban a pihent állapothoz képest, mert kevesebbet ingadozott fáradtan a vízszintes szakaszokon. Emellett elhanyagolható rontás figyelhető meg az iránytól való eltéréseknél fáradtan. Összességében kijelenthetjük, hogy fáradt állapotban csökkent a teljesítménye a 9. jelöltnek.

27. sz. melléklet: 10. jelölt szimulátor eredménye



O. ábra. Tizedik jelölt magasságtartása



P. ábra. Tizedik jelölt magasságtól való eltérése

A tizedik jelölt pihenten 1148,5 pontot (57,4%), fáradtan pedig 1068,28 pontot (53,4%) ért el. Látható, hogy a teljesítménye 4%-kal csökkent. Az „O” ábra alapján elmondható, hogy a vízszintes szakaszokon az önkéntes pontosabban tartotta pihenten az elért magasságokat, ekkor az ingadozások átlaga 52 láb volt. Ezzel szemben fáradtan ez az érték megnőtt 87,4 lábra. A „P” ábráról leolvasható, hogy a vizsgált személy fáradtan nagyobb mértékben tért el az előírt magasságtól, ekkor az előírt magasságtól való átlagos eltérés 44,72 láb, míg pihenten ez az érték 37,5 láb.

Ezekén kívül megvizsgáltuk még a fordulók végén az irányoktól való eltéréseket, a rögzített adatok alapján megállapítható, hogy a 10. jelölt pihenten átlagosan 6,7°-kal, fáradtan pedig 15°-kal tért el az előírt irányoktól. A magasságváltozástól való átlagos eltérések alapján 80,5 lábról 44,5 lábra javított, vagyis az emelkedéseket/süllyedéseket pihent állapotban sokkal pontatlanabban hajtotta végre.

Tehát a 10. pilótajelölt látványosan rosszabb értékeket produkált az ingadozások és az iránytól való eltérések tekintetében fáradtan, ebben az esetben az alváshiány hatása legjobban a magasságtartásnál és a fordulók végrehajtásánál mutatkozott meg. Jelentős javulás tapasztalható az emelkedéseknél/süllyedéseknél a pihent állapothoz képest, mert kevésbé tért el az előírt magasságváltozásoktól. Kismértékű rontás figyelhető meg az előírt magasságtól való eltéréseknél fáradtan. Összességében kijelenthetjük, hogy fáradt állapotban csökkent a teljesítménye a 10. jelöltnek.