



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar
Közlekedéstechnológiai és Közlekedésgazdasági Tanszék

TDK DOLGOZAT

**Szélestörzsű utasszállító repülőgépek üzemeltetési
költségeinek vizsgálata**

Készítette:

Tóth Janka

Konzulens:

Dr. Kővári Botond

2023

Tartalomjegyzék

Bevezetés	3
1. Irodalmi áttekintés	4
2. Repülőgépek ismertetése	7
2.1 A repülőgéppiac alakulása a 20. század közepétől napjainkig	7
2.2 Repülőgépek szerkezete és tervezése	8
2.3 Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér forgalma	12
3. Menetrend és géptípusok	15
3.1 Menetrend meghatározása	15
3.2 Repülőgépek bemutatása	17
3.2.1 Airbus A330-300	17
3.2.2 Airbus A350-1000	18
3.2.3 Boeing 777-300ER	18
3.2.4 Boeing 787-9	19
4. Üzemeltetési költségek	20
4.1 A repülőgép használata, birtoklása	20
4.2 Üzemanyagköltségek	21
4.3 Személyzeti költségek	22
4.4 Repülőtéri illetékek	24
4.5 Navigációs díjak	27
4.6 Karbantartás	29
4.6.1 Repülőgép vázának karbantartása	30
4.6.2 Repülőgép hajtóművének karbantartása	31
4.7 Költségek összegzése	33
Összefoglalás	40
Ábra- és táblázatjegyzék	41
Irodalomjegyzék	42

Bevezetés

2023-ban már számtalan opció közül választhatunk, ha egy tetszőleges nagyságú útvonalra szeretnénk repülőgépet választani. A keskeny és szélestörzsű repülőgépek változatai különböző konfigurációkkal lehetővé teszik, hogy minden egyes útra megtaláljuk a megfelelőt. A légitársaságok új repülőgépek vásárlásakor, illetve új járatok kialakításakor több szempontot is figyelembe vesznek, mielőtt elköteleződnek egy típus mellett. Dolgozatomban ezeket az összetevőket fogom megvizsgálni, és arra keresem a választ, hogy különböző távolságú járatok rendszeres üzemeltetéséhez melyik repülőgép típus lesz az optimális többek között a személyzeti, karbantartási és üzemanyag-költségek alapján, valamint, hogy ezen költségek hogyan oszlanak el utasonként és hogyan alakítják a fajlagos költségek nagyságát. Számításaimat megelőzően a piacon jelenleg elérhető és legnépszerűbb repülőgéptípusokat fogom röviden bemutatni, majd említést teszek a légitársaságok kiadásairól is. Ezt követően egy fiktív légitársaságként fogok először egy menetrendet készíteni a jelenlegi utasforgalmi adatok felhasználásával, különböző útvonalakkal, amelyeket egy darab repülőgéppel szeretnék majd kiszolgálni. Célom, hogy leegyszerűsített számolások segítségével egy helytálló következtetést és eredményt tudjak felmutatni, amely a mai nemzetközi trendekhez is passzol. Az elemzés során több különböző repülőgéptípust fogok összehasonlítani részben az Association of European Airlines (AEA) 1990-ben kiadott dokumentuma alapján, amely konkrét összefüggéseket fogalmaz meg az egyes költség-összetevők számolását illetően. A beruházás, személyzet vagy például az üzemanyag költségeit pedig egyéb összefüggésekkel, átlagkeresetre és üzemanyagárakra vonatkozó statisztikai adatok segítségével fogom kiszámolni.

A számolások elvégzése után a költségeket egy utasra, illetve utaskilométerre levetítve is meg fogom adni, amivel könnyebben összehasonlíthatóvá válnak a géptípusok, majd a legjobb repülőgép típus kiválasztása a havonta jelentkező üzemeltetési költségek alapján fog megtörténni.

1. Irodalmi áttekintés

Az irodalmi áttekintésben röviden olyan tudományos munkákat, illetve nemzetközi tanulmányokat fogok bemutatni, melyek a repülőgépek üzemeltetésével, valamint a keletkező költségek bemutatásával és elemzésével foglalkoznak. Ezzel fel szeretném tárni a jelenlegi állapotot, kutatási eredményeket, valamint a téma további vizsgálatának fontosságát is.

A 20. század második felében nagy verseny indult meg a világ két legnagyobb repülőgépgyártó cége, az Airbus S.A.S. és a The Boeing Company között a repülőgéppiac uralásáért. Douglas A. Irwin és Nina Pavcnik [1] 2004-ben vizsgálták a két gyártó versenyét, az azt befolyásoló tényezőket, valamint a repülőgéppiacon várható változásokat. Az Airbus európai, a Boeing pedig amerikai hátszéllel és anyagi támogatással működött egészen az 1990-es évekig, amikor is létrejött egy megállapodás, amely korlátozza a repülőgép gyártók számára nyújtható állami támogatások mértékét. A támogatások visszaszorulása a repülőgéparak növekedését eredményezte, amivel a verseny még inkább megélénkült a gyártók között. A tanulmány kitért a Boeing hosszan tartó egyeduralmára a nagy távolságú repüléseket tekintve, hiszen a Boeing 747-es típusának sokáig nem akadt versenytársa a piacon. Az Airbus A380-as típusának megjelenése egyenlítette ki az erőviszonyokat, és ezzel nehezebbé is vált a légitársaságoknak a repülőgépek kiválasztása. A szerzők szerint a legfontosabb szempontok a repülőgéptípusok kiválasztásakor egyrészt a listaárak, másrészt a kihasználhatóság mértéke, amely az üzemeltetési költségek nagyságát is befolyásolja. Konklúzióként levonható, hogy az elérhető nagy választék miatt nagyon nehéz a légitársaságok számára a járatok üzemeltetéséhez a repülőgéptípusok kiválasztása, amelyet a továbbiakban az újonnan megjelenő típusok is nehezíteni fognak, valamint, hogy a kisebb gyártók is növekedni fognak, ezzel tovább növelve a választékot.

Látható tehát, hogy hatalmas a repülőgép piac kínálata, és hogy a légitársaságok több tíz féle repülőgéptípust választhatnak, ha új járatot üzemeltetnének, vagy ha csak egy régebbi gépet szeretnének leváltani, ezért fontosnak tartom annak a kérdésnek a vizsgálatát, hogy a légitársaságok mi alapján hoznak meg egy-egy ilyen döntést. Az ilyen és ehhez hasonló, nagyobb volumenű beruházások egyik legnagyobb befolyásoló tényezője a később keletkező költségek nagysága, ami ebben az esetben a repülőgépek üzemeltetéséhez kapcsolódó költségek. Az ICAO (International Civil Aviation Organization - Nemzetközi Polgári Repülési

Szervezet) 2017-ben amerikai légitársaságok adatainak felhasználásával készített egy tanulmányt a költségtípusok megoszlásáról [2]. Eszerint a légitársaságok költségei funkcionálisan kategorizálhatók, és a repülőgépek üzemeltetési költségei kb. 44%-ot tesznek ki a teljes kiadásokból, ami majdnem a teljes keret fele. Ez magába foglalja a repülőgép tulajdonlását, biztosításokat, karbantartást, utaskiszolgálást, üzemanyaggal és személyzettel kapcsolatos kiadásokat is. A költségek változásában egy folyamatos növekedés figyelhető meg, ami várhatóan tovább folytatódik majd a folyamatos inflációnak és az egyre növekedő áraknak köszönhetően. Minden nagyvállalat, így a légitársaságok számára is fontos a nyereség növelése, amely a kiadások optimalizálásával, csökkentésével érhető el, így az üzemeltetési költségek vizsgálata az eddigieknél is fontosabbá válik majd.

A Minwo Lee és társai által 2019-ben kiadott esettanulmány [3] a piacon legszélesebb körben használt szélestörzsű utasszállító repülőgépek üzemeltetési költségeit vizsgálta Hong Kong bázissal. A vizsgálat alapja itt nem menetrend volt, hanem a repülés távolságát kategóriákba sorolták, és ezekhez egy-egy utat vizsgáltak, melyeknek kiindulópontja mindegyik esetben a hongkongi repülőtér volt, célállomása pedig a térségben elérhető valamelyik nagyobb repülőtér. A vizsgálatot az AEA (Association of European Airlines – Európai Légitársaságok Szövetsége) 1990-ben kiadott 'Long Range Aircraft – AEA Requirements', azaz a nagy hatótávolságú repülőgépekre vonatkozó előírások kézikönyve alapján készítették el. Ez a dokumentum szerkezeti, felszereltségi, teljesítménybeli előírásokat fogalmaz meg a repülőgépekre vonatkozóan, de ezek mellett az üzemeltetési költségek számolására alkalmas összefüggéseket is tartalmazza. Az alkalmazása széleskörben elterjedt volt, hiszen az európai légitársaságok több évtizedig ezt használták az üzemeltetési költségeik előzetes becslésére. A szövetség mára már megszűnt, és ehhez hasonló, átfogó kézikönyv a repülőgépekre és azok üzemeltetési költségeinek számolására azóta sem jött létre. Mivel a kézikönyv 1990-es megjelenésű, nem tartom elég frissnek ahhoz, hogy a számításaimat csak erre támaszkodva hozzam létre. Minwo Lee-ék tanulmánya a kézikönyvben alkalmazottaktól nem használ más módszert, emiatt lehetséges, hogy a kapott eredmények nem feltétlenül pontosak. Bár egyes költség-összetevők számításához továbbra is megfelelő néhány összefüggés, mégis célszerűbb és pontosabb például friss statisztikai adatok felhasználása vagy az újabb módszerek alkalmazása. Eredményül azt kapták, hogy a repülőgépek beruházásából, valamint az üzemanyagból származó kiadások tették ki a legnagyobb részét az üzemeltetési költségeknek,

számításaim során én is ezt az eredményt várom. Egy-egy járat egyszeri üzemeltetését megnézve nem adódnak annyira pontos költségek, ezért én az említett tanulmánytól eltérően menetrend alapján szeretném a költségeket havi szinten számolni. Ez a légitársaságok működését figyelembe véve is reálisabb, hiszen ők sem minden költséget egy-egy repülés után fizetnek ki, hanem havi elszámolás alapján. Mivel az európai piacot és légitársaságokat vizsgáló tanulmányok és kutatások nem elérhetőek részletekbe menően, azért dolgozatommal ezt a hiányt is pótolni szeretném. A menetrendem Budapest központúan lesz létrehozva, és a régióra jellemző statisztikai adatokat fogom felhasználni a számítások során. A 2019-es tanulmány a fajlagos költségek nagyságával is foglalkozik, amelyre számításaim során én is ki fogok majd térni, és elképzeléseimet azzal igazolni vagy cáfolni fogom. Feltételezésem szerint, mivel az üzemeltetési költségek nagysága az elszállított utasok számával is összefügg, a fajlagos költségek nagysága az utasszám növekedésével változni fog, mégpedig úgy, hogy az adatpárokat kirajzolva leolvasható lesz egy szélsőérték, ahol a legalacsonyabb fajlagos üzemeltetési költség jelentkezik. A fajlagos költségek alakulása tehát a feltevésem vizsgálata miatt fontos, valamint a dolgozat végén ezek alapján fogom megállapítani a legalacsonyabb üzemeltetési költségekkel rendelkező repülőgép típust.

Az eredményeket felhasználva támogatni lehet akár a légitársaságok döntését akkor, amikor új repülőgép típust üzemeltetését szeretnék bevezetni, valamint segítséget nyújthat abban, hogy azokat milyen optimális férőhely számmal érdemes kialakítani.

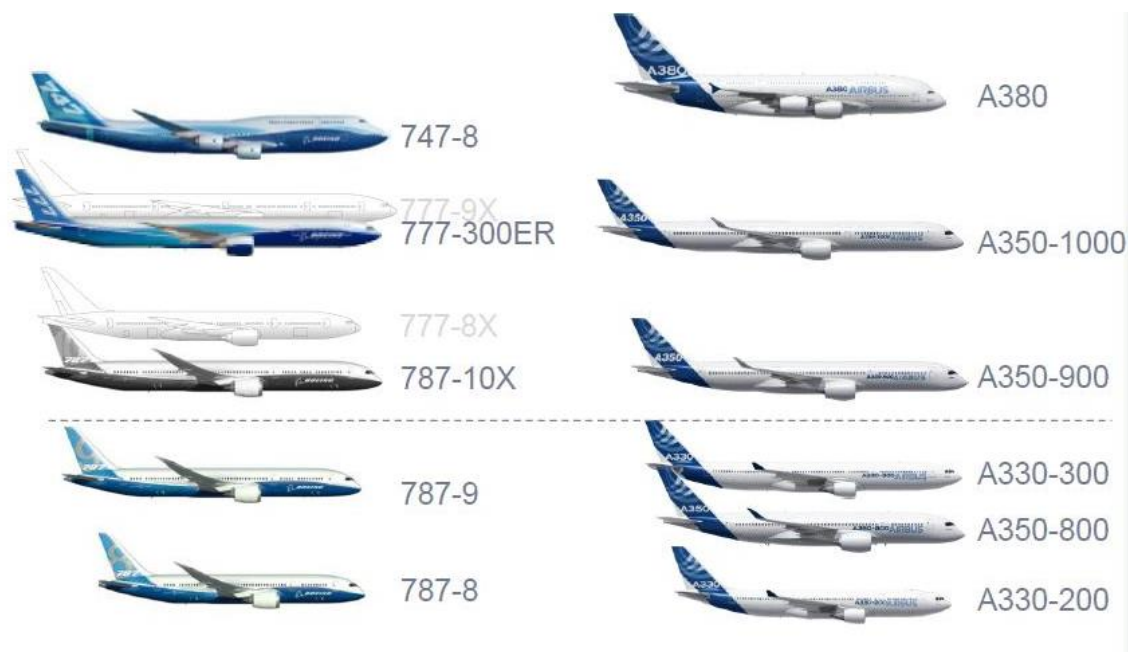
2. Repülőgépek ismertetése

2.1 A repülőgéppiac alakulása a 20. század közepétől napjainkig

A repülőgéppiac két legmeghatározóbb szereplője a már említett amerikai székhelyű Airbus S.A.S. és az amerikai The Boeing Company. A két cég versenye az 1992-es Európai Unió és az Egyesült Államok közötti egyezmény hatására még jobban felélénkült, majd az újonnan megjelenő repülőgép típusok tovább formálták a piac alakulását, a két vállalat részesedését. Az elmúlt időszakban a legyártott repülőgépek számát tekintve az Airbus 53%-ot, a Boeing pedig 47%-ot fedett le a piacon [4] [5]. A Boeing előrejelzése szerint a következő 20 évben a repülőgépeket felvásárló légitársaságoknak további 40 000 új gépre lesz szüksége, melyek nagy része keskenytörzsű repülőgép lesz. A repülőgépgyártók célja az elkövetkezendő évtizedekben ez alapján a még nagyobb részesedés és eladási számok elérése lesz, ami még inkább kiélezi a versenyt közöttük.

A legnépszerűbb közepes hatótávolságú repülőgép a Boeing 737-ese, amelyet 1967 óta gyártanak és forgalmaznak. 2019-ig 10565 leszállított példánnyal ez minden idők legtöbbet megrendelt és legyártott típusa [6]. Az Airbus A320-as gépe konkurenciát állítva a 737-esnek az 1980-as évek végére készült el, és több mint 4400 darabot gyártottak belőle, amivel ez lett napjaink második legnagyobb számban gyártott utasszállító repülőgép típusa [7]. A 320-as sikere után az Airbus előállt az A330 és A340-es repülőgépek terveivel, amelyeket közepes/hosszú távú utazásokhoz fejlesztettek ki. A 330-as egy kéthajtóműves repülőgép, amely átlagosan 335 utas szállítására alkalmas, a 340-es egy négy hajtóműves típus, amely 3 osztályos konfigurációban 295 utas szállítására alkalmas, és hatótávolsága kb. 13-14000 km [8] [9]. A nagyobb hatótávolságú utazásokhoz a Boeing is kínál repülőgép típusokat. 1970-ben állt először szolgálatba a Boeing 747-es repülőgépe, amelyet a világ legismertebb repülőgép típusának tartanak. Egészen 2007-ig a legtöbb utas elszállítására ez a repülőgép volt alkalmas, kialakítástól függően akár 400-500 fő is elfért bennük [10]. Négy hajtóműves, kétszintes kialakítású, utas- és áruszállító változatai is készültek. Gyártása azóta leállt, az utolsó legyártott példányt 2023-ban adták át. Az 1980-as évek elején állt szolgálatba a 767-es típus, amely különböző kialakításokban érkezik, ezáltal legkevesebb 181, maximum 375 utas szállítására alkalmas [11]. Hatótávolsága 9-12000 km között mozog. A 90-es években készült el a Boeing 777-es repülőgépe, amely a világ legnagyobb kéthajtóműves típusa. Szintén többféle

konfigurációval érkeznek, hosszútávú utazásokhoz fejlesztették ki. A 2000-es évek nagy újítását a Boeing 787-es típusa jelentette. Ez a repülőgép 242-335 utas szállítására alkalmas, két hajtóműves, közepes méretű, hosszútávú járatok kiszolgálására alkalmas. Törzse nagyrésze kompozit anyagokból készült, és 20%-kal kevesebb üzemanyagot fogyaszt, mint egy 767-es [12]. A korábban említett Boeing 747-es típust trónjáról a 2007-ben forgalomba álló Airbus A380-as taszította le, amely egy kétszintes, szélestörzsű, négy hajtóműves repülőgép, amelyet hosszútávú utazásokhoz találtak ki. Jelenleg ez a világ legnagyobb utasszállító repülőgépe, amely akár 835 fős kapacitást is elérhet [13]. A felsorolt szélestörzsű repülőgépek fényképei az 1. ábra-n láthatóak.



1. ábra: Repülőgép típusok (forrás: [14])

Ezen kívül rengeteg más típus fut a két gyártó neve alatt, és ezek különböző változatokban, méreteken, kialakításokban érkeznek. Ezek mellett sok más repülőgép gyártó kínál utas- és áruszállító repülőgépeket a légitársaságoknak, illetve magánszemélyeknek, úgyhogy a megfelelő megtalálása már csak a kutatómunka, számítások, egyéni preferenciák, flotta és pénztárca kérdése lehet.

2.2 Repülőgépek szerkezete és tervezése

Azért, hogy érthetőbb legyen a repülőgépek működése, és az ezekkel kapcsolatos költségek keletkezése, az alábbiakban röviden ismertetem azok szerkezeti felépítését, kialakítását.

A mai, korszerű utasszállító repülőgépek a levegőnél nehezebb, hajtóművel rendelkező, merev-szárnyas légijárművek közé tartoznak. Ezek a közlekedési eszközök a felületükön keletkező felhajtóerő segítségével haladnak a levegőben, képesek a magasságuk és irányuk megváltoztatására. Szerkezetüket tekintve ezek mind merevített héjszerkezetűek. A törzs a repülőgép „teste”, ami egy nyomástartó edényként viselkedik, és ehhez vannak rögzítve a szárnyak, a farokrész. A törzs elemei a bordák, hosszmerevítők, burkolat, csatlakozási berendezések a szárnyakhoz, a fülkék és rakterek. A törzs elején található a pilótafülke, orrában pedig a navigációs és irányító berendezések kapnak helyet. A farok részen találhatóak a vezérsíkok, amelyek a gép stabilitását biztosítják, illetve egy segédhajtómű is elhelyezésre kerülhet, amely a fő hajtóművek beindítását segíti elő, valamint biztosítja az áramellátást is a fedélzeten. A szárnyak feladata a repüléshez szükséges felhajtóerő biztosítása, valamint ezekre vannak rögzítve a repülőgép hajtóművei is. Jellemző tulajdonságai a fesztávolság, karcsúság, íveltség, nyilazottság. A szárnyon keletkező felhajtóerőt, illetve a repülőgép irányítását kormányfelületekkel érik el. A repülőgép szárnyai szárnyvégi felületekkel lehetnek ellátva (winglet, zárólap stb.), amelyekkel turbulenciát, légellenállást tudnak csökkenteni repülés közben. A törzs aljában kap helyet a futómű, amely a felszállás előtt és leszállás után lát el fontos feladatokat. Segítségével a repülőgép a talajon is irányíthatóvá válik, valamint leszálláskor elnyeli a dinamikus erőhatásokat is, ezzel védve a gépet. A futómű lehet kerekes, úszótest vagy akár szántalpas is, attól függően, hogy milyen felületen használjuk azt. A repülőgép hajtóműve termeli a felszálláshoz és a repülés fenntartásához szükséges tolóerőt, amely lehet légcsavaros vagy sugárhajtású is [14].

A repülőgépek több százezer alkatrészből álló bonyolult szerkezetek, melyek tervezése időigényes, precíz folyamatokat foglal magába. Szükséges meghatározni a tervezési folyamat lépéseit, használt módszereket, és tisztában kell lenni az érvényben lévő előírásokkal is. A szerkezeti elemek tervezésén és meghatározásán kívül meg kell vizsgálni a tervezés során a repülőgépre ható terheléseket különböző számításokkal. A gyártás és a szerkezet bonyolultsága miatt a repülőgépek nagyon drága járművek. Áruk függ attól, hogy ezeket újonnan, vagy esetleg használtan szerzik be egyes légitársaságok, vagy hogy milyen extrákkal, konfigurációkkal kéri őket, azonban viszonyításképp feltüntettem az 1. táblázatban a legnépszerűbb típusok listaárait és hatótávolságait.

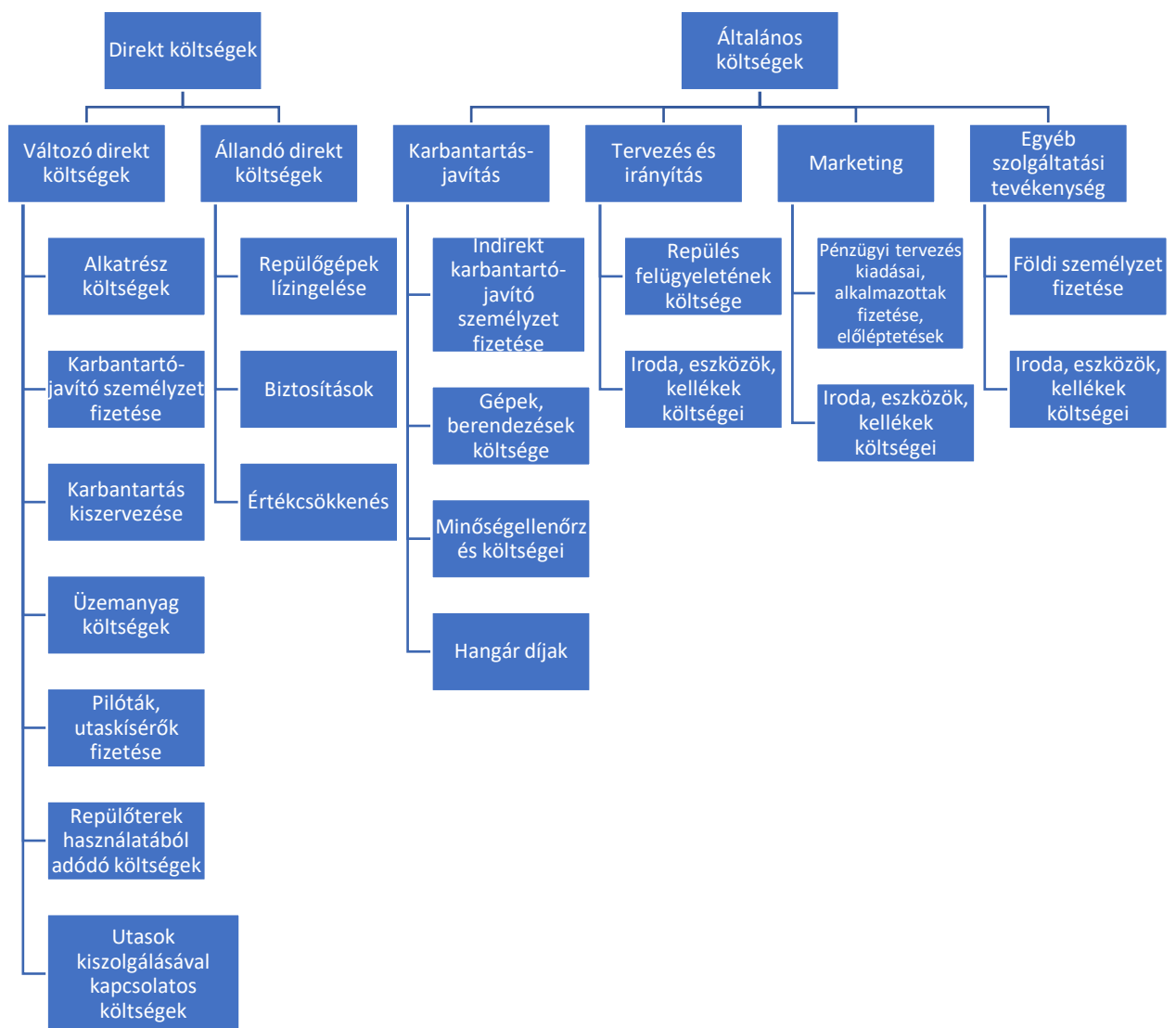
1. táblázat: Repülőgéptípusok listaára és hatótávolsága (forrás: [15] [16])

Típus	Listaár	Hatótáv
Boeing 737-700	89,1 millió \$	6370 km
Boeing 737-800	106,1 millió \$	5745 km
Boeing 747-8	418,4 millió \$	14430 km
Boeing 767-300ER	217,9 millió \$	11070 km
Boeing 777-200ER	306,6 millió \$	14305 km
Boeing 777-300ER	375,5 millió \$	14490 km
Boeing 787-8	248,3 millió \$	14200 km
Boeing 787-9	292,5 millió \$	14140 km
Airbus A320	101 millió \$	6200 km
Airbus A321	118,3 millió \$	5950 km
Airbus A321 NEO	129,5 millió \$	7400 km
Airbus A330-800	259,9 millió \$	15094 km
Airbus A350-800	317,4 millió \$	15372 km
Airbus A380	445,6 millió \$	15200 km

A táblázat adatait a gyártók hivatalos weboldaláról gyűjtöttem össze. A hatótávolságok csak körülbelüli értékek, mivel azok az üzemanyag mennyiségétől, a repülőgép aktuális tömegétől és az időjárási viszonyoktól is jelentősen függenek, de átlagosan ekkora utak megtételére képesek a gépek. A repülőgép beruházásán kívül az üzemeltetés során több egyéb költséggel számolhatunk még.

A légitársaságok költségeivel Wen-Hsien Tsai és Lopin Kuo foglalkozott részletesebben egy 2004-ben megjelent tanulmányukban [17], ennek a vonatkozó részeit leegyszerűsítve szemléltethető az üzemeltetési költségek köre. A légitársaságok repülésekhez és repülőgépekhez kapcsolódó költségeit több részre bonthatjuk, ezek a direkt költségek és az általános költségek. A direkt költségek változó és állandó költségekre oszthatók, attól függően, hogy keletkezésük és mértékük összefügg-e a repülőgépek használatával. A változó direkt költségek közvetlenül kapcsolódnak a költségobjektumokhoz (jelen esetben a repülőgépekhez), és összegük változik a repülőgépek használatának függvényében. Ide tartoznak az alkatrész-költségek, a karbantartó és javító személyzet fizetése, karbantartási költségek kiszervezése, az üzemanyag költségek, pilóták és utaskisérők fizetése, a repülőterek használati díjai, valamint az utasok kiszolgálásához kapcsolódó költségek. Az állandó direkt költségek a repülőgépek lízingelésével, biztosításával és értékcsökkenésével kapcsolatosak, és ezek függetlenek a repülőgépek használatának mértékétől. A költségek másik típusába, az általános költségek közé az egyéb karbantartással és javítással kapcsolatos költségek tartoznak, valamint a repülés-tervezés és irányítás költségei, a marketinghez és egyéb

szolgáltatási tevékenységekhez fűződő költségek. Ezek további összetevőkre bonthatóak, amelyeket az 2. ábra-n tüntettem fel. A légitársaságok a költségeket fajlagosan is számítják, ezeket általában \$/utas/repülés, \$/utaskilométer, \$/árutonnakilométer formákban szokták kifejezni. A már említett költségek mellett a légitársaságoknak érdemes a váratlan kiadásokkal is számolniuk, amelyre célszerű tartalékalapot fenntartani. Ezzel könnyebben finanszírozhatóvá válhat például egy repülőgép nagyobb sérülésének javítása, csomagok/áru sérüléséből adódó plusz kiadások kezelése.



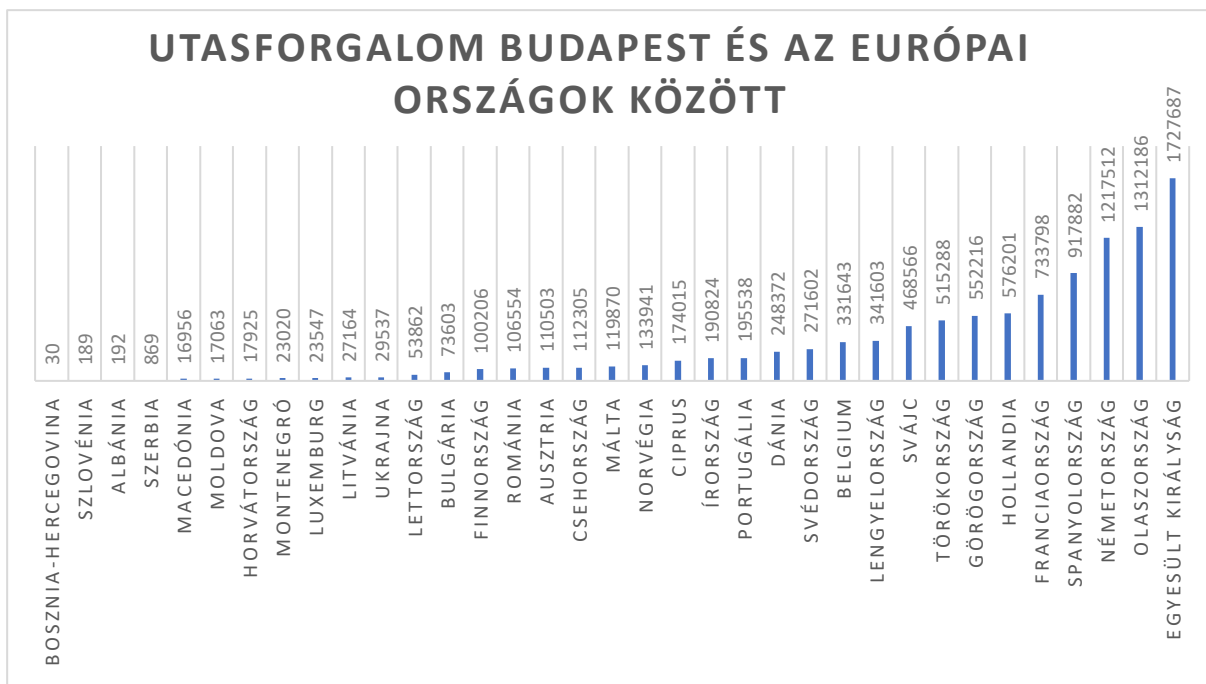
2. ábra: Légitársaságok költségei *(saját szerk.)*

A szélestörzsű repülőgépek direkt költségeinek elemzése fontosabb, mint a többi típusé, mivel bár ezek relatív alacsony számban vannak jelen a légitársaságokban, értékük mégis az összes eladott repülőgép értékének felét teszik ki. Ezek a típusok általában 2 folyosós

elrendezésben érkeznek, 7 ülésel egy sorban. Legjobban a hub-and-spoke rendszerben használhatók ki, melynek lényege, hogy nagyobb, központi reptereket kötünk össze közvetlenül nagyobb repülőgépekkel, majd azokról a kisebb repterekre szállítjuk az utasokat kisebb repülőkkal. Előnye, hogy nem szükséges minden egyes repteret minden másikkal összekötni, és a különböző méretű repülőgépek így nagyobb hatékonysággal üzemelhetnek. A kisebb repülőterekről a járatok rá- és elhordó jelleggel működnek, és a nagyméretű repülőterek általában nagy távolságra találhatóak egymástól. Ezeken az átszállási folyamatok egyszerűbben lebonyolíthatók és alkalmasak a nagyobb repülőgépek kiszolgálására is, és így nem szükséges minden repülőtéren ugyanakkora méretű infrastruktúrát kiépíteni sem. Hátránya, hogy az utasok oldaláról átszállási, áruszállítás esetén pedig átrakási igény keletkezik, amely nagyobb időráfordítást jelent [3].

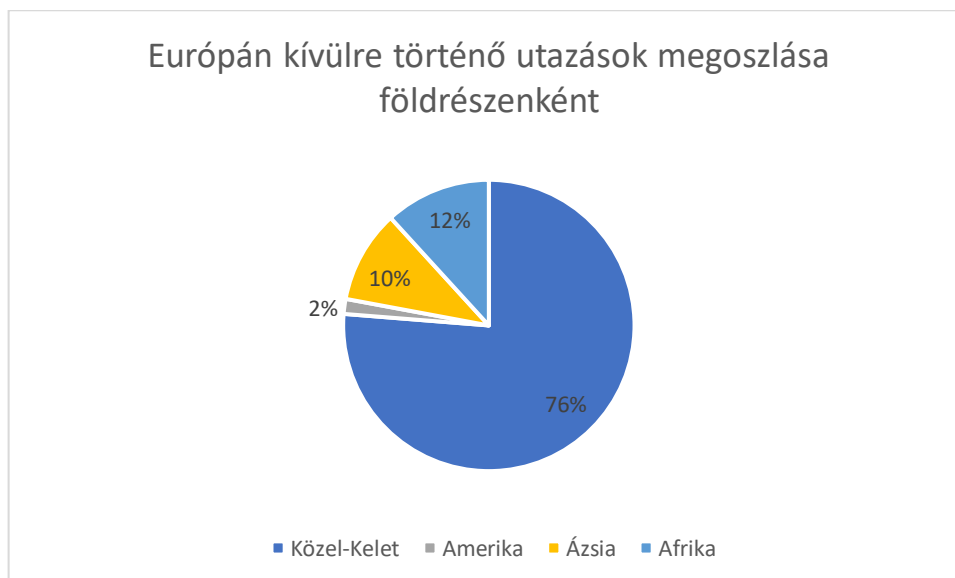
2.3 Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér forgalma

A dolgozatomban a szélestörzsű repülőgépekre vonatkozó üzemeltetési költségeket egy általam elkészített, a jelenlegi utasáramlási adatokat felhasználó menetrend alapján fogom számolni. Megvizsgáltam a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér 2022. évi utasforgalmát, és megnéztem, hogy Budapestről az egyes kontinensekre, illetve Európán belül az egyes országokba mekkora az utasáramlás, mekkora az utazási igény az egyes desztinációkra. A repülőtér teljes utasforgalma 12 147 471 fő volt, ami az érkező és induló utasokat is tartalmazza. A 3. ábra-n az Európai országok és Budapest közötti utasforgalom nagyságát tüntettem fel, növekvő sorrendben, így meghatározhatóak a legnépszerűbb útvonalak, az utasok által legszélesebb körben választott országok. A legtöbb elérhető járat az Egyesült Királyságba, Olaszországba, Németországba és Franciaországba közlekedik, és így oda is utazott a legtöbb utas [18].



3. ábra: Utasforgalom Bp. és az európai országok között *(forrás: [18])*

Az európai úti célokon kívül Ázsiába, Afrikába, Közel-Keletre és az amerikai kontinensre is elérhetőek járatok Budapestről, az egyes kontinensek felé áramló utasok arányát a **4. ábra** mutatja.



4. ábra: Európán kívülre történő utazások megoszlása földrészenként *(forrás: [18])*

Látható, hogy az interkontinentális utazásokat tekintve a Közel-Keletre tartó járatok a legnépszerűbbek, valamint az elérhető útvonalak, járatok száma is abba az irányba a legnagyobb.

Hogy ez számokkal is szemléltetve legyen, a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtér 2022. évi teljes utasforgalma összesen 12 147 471 fő volt, amelynek megoszlása kontinensenként a következő: Európa: 10 779 706 utas; Közel-Kelet: 1 057 623 utas; Afrika: 156 220 utas; Ázsia: 131 926 utas és Amerika: 21 996 utas.

A Hiba! A hivatkozási forrás nem található.. és **4.** ábra alapján fogok egy saját menetrendet készíteni, amelyben közepes és hosszútávú járatokat fogok üzemeltetni, heti rendszerességgel, azokat eltérő gyakorisággal. A járatokat egy darab repülőgéppel szeretném kiszolgálni, és a további számolásaimban azt fogom elemezni, hogy ehhez melyik típus választása lesz a legjobb a havi üzemeltetési költségeiket tekintve. A járatok meghatározásakor figyelembe fogom venni a jelenlegi legnépszerűbb útvonalakat közepes és nagy távolságokon egyaránt, azután pedig kiválasztom a megfelelőket, amellyel egy fiktív légitársaságnak lehetősége lenne betörni a piacra.

3. Menetrend és géptípusok

3.1 Menetrend meghatározása

A 2. fejezetben bemutatásra és részletezésre került mind az európai, mind a tengeren túli utasáramlás nagysága és fő irányai Budapestről, azaz a keletkezett igények nagysága, ezt felhasználva a későbbi számolás során alkalmazott menetrendet fogom most elkészíteni. Mivel a dolgozatomban a szélestörzsű utasszállító repülőgépekkel foglalkozom, amelyek a már korábban említett hub-and-spoke rendszerben használhatóak ki igazán, de legalábbis a közepes és hosszútávú útvonalakon, így a továbbiakban csak az Európán kívüli útvonalakat fogom vizsgálni, mivel Budapestről nem érhetőek el nagy távolságú járatok Európán belül a város földrajzi elhelyezkedése miatt.

Tehát a számításaim során, illetve a menetrendem elkészítése során törekedtem nagyobb távolságra található városok kiválasztására, ennek eredményeképp minden út legalább 3,5-4 óra hosszú, és így az üzemeltetési költségek is jobban közelítenek majd a valósághoz. A jelenlegi piacra egy új légitársaság csak a jelenlegi igényeket felmérve tud betörni, emiatt szükséges az utazási igények figyelembevétele. Az utazási igények realizációja maga az utazás, így mindenképp az aktuális utasszámokat kell megvizsgálnom. Ehhez a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtér 2022. évi utasforgalmát vettem alapul [18], ahol kiválasztottam az Európán kívüli, nagy forgalmat lebonyolító útvonalakat, ezeket sorrendbe raktam az utasszámok alapján, és az így kapott „listából” összeállítottam a menetrendemet. Mivel a menetrendemet hetente ismételve szeretném megvalósítani, ezért minden kiválasztott, menetrendbe illesztett városba hetente legalább egyszer repülne járat, így fontos szempont volt az is, hogy egy minimum utasszámot elérjen az adott útvonal. Egy szélestörzsű utasszállító repülőgéppel átlagosan 300-350, maximum 400 utast tudunk egyszerre elszállítani (természetesen ez kialakítás függvénye is), és ezt az utasmennyiséget is hetente legalább egyszer, oda-vissza szállítanánk el, így kb. $300 \cdot 52 \cdot 2 = 31200$ utas/útvonal/év minimum létszámra szükség volt a menetrend kialakításához városonként. Az Európán kívül eső 15 legforgalmasabb útvonalat, és azok utasforgalmát, valamint a Budapesttől való távolságukat a 2. táblázatban tüntettem fel.

2. táblázat: Európán kívüli legforgalmasabb útvonalak (forrás: [20])

Útvonal	Utasszám	Távolság [km]	Távolság [h]
---------	----------	---------------	--------------

Tel Aviv	507 023	2200	3,25
Dubai	267 099	4020	5,5
Hurghada	90 192	2600	4
Doha	70 642	3760	5
Amman	60 821	2250	3,5
Szöul	51 951	8140	10,5
Moszkva	48 636	1570	2,5
Rejkjavík	40 862	3070	5
Abu Dhabi	40 255	4030	5,5
Baku	28 359	2570	4
Kutaiszi	24 280	1917	3
Monasztir	22 710	1470	2,5
Kairó	21 653	2200	3,25
New York	21 155	7000	9,5
Szentpétervár	12 429	1565	3

Mivel a fent említett okok miatt szükséges egy minimum utasszám elérése minden útvonalon, amelyet használni szeretnék, ezért a fenti táblázatból csak a Tel Aviv – Abu Dhabi szakaszt vettem figyelembe, mert itt érte el az utasforgalom az évi minimum 31 200 utast.

A repülőgépeken végzendő kötelező karbantartási, ellenőrzési munkálatok miatt a napi üzemidő nem érheti el a 24 órát, erre szintén figyeltem a menetrend kialakítása során. Egy átlagos szélestörzsű repülőgép kb. 1,5 óra alatt fordítható meg [19], azaz indítható újra útjára érkezés után, úgyhogy a repülési időkn kívül ezzel az időmennyiséggel is számolnom kellett az egyes járatok között. Ezek alapján elkészítettem a saját menetrendem, amit a 3. táblázat tartalmaz. Feltüntettem benne a napi üzemidő közelítő értékét, valamint az egyes napokon összesen lerepült kilométerek számát.

3. táblázat: Elképzelt menetrend *(saját szerk.)*

	Hétfő	Kedd	Szerda	Csütörtök	Péntek	Szombat	Vasárnap
Repült útvonalak	Dubai-Budapest	Seoul-Budapest	Dubai-Budapest	Budapest-Amman	Budapest-Reykjavik	Doha-Budapest	Budapest-Tel Aviv
	Budapest-Seoul	Budapest-Dubai	Budapest-Abu Dhabi	Amman-Budapest	Reykjavik-Budapest	Budapest-Hurghada	Tel Aviv-Budapest
			Abu Dhabi-Budapest	Budapest-Tel Aviv	Budapest-Doha	Hurghada-Budapest	Budapest-Dubai
				Tel Aviv-Budapest			
Becsült üzemidő	17,5h	17,5h	19,5h	18h	18h	16h	15h

Lerepült távolság	12160 km	12160 km	12080 km	8900 km	9900 km	8960 km	8420 km
-------------------	----------	----------	----------	---------	---------	---------	---------

A menetrendben tehát minden nap teljesült a 24 óránál alacsonyabb üzemidő. Indulási-érkezési időket a fenti táblázat nem tartalmaz, mivel azok a számolás szempontjából nem releváns információk, csak az összes üzemidőre, valamint megtett távra van szükség, amely fontos lesz például a személyzeti költségek vagy a fajlagos költségek meghatározása során is. A hetente megtett távolság nagysága körülbelül $d_{\text{összes}} = \sum d_{\text{napok}} = 12160 + 12160 + 12080 + 8900 + 9900 + 8960 + 8420 = 72580 \text{ km}$ -nek adódik, de ez a gyakorlatban eltérhet például alternatív útvonalak használatakor, vagy különös/váratlan események bekövetkezésekor.

3.2 Repülőgépek bemutatása

A dolgozatomban több különböző repülőgépet fogok összehasonlítani, és a fejezet következő részében ezeket a típusokat fogom bemutatni.

Törekedtem arra, hogy mindkét nagyvállalat, az Airbus és a Boeing egyformán képviselve legyen a számítások során, valamint, hogy hasonló fizikai tulajdonságokkal (pl. méret) rendelkező típusokat válasszak ki. Mellőztem a nagy távolságokon jól alkalmazható óriásgepeket az összehasonlítás során, mert bár ezek nagy utasmennyiség elszállítására alkalmasak, a dolgozatomban vizsgált útvonalak nagyrésze közepes távolságú, ahol alkalmazásuk nem lenne reális. Így választásom az Airbus A330-as és A350-es típusára, valamint a Boeing 777-es és 787-es típusára esett, a következő alfejezetekben ezek rövid bemutatása következik.

3.2.1 Airbus A330-300

Az Airbus A330-as típus a legtöbb másik repülőgéphez hasonlóan több változatban érkezik. Az A330-300 egy rendkívül költséghatékony és jövedelmező repülőgép, amely minden útvonal lefedését lehetővé teszi, a rövidtől egészen a nagytávolságúig. Ez egy kéthajtóműves típus, amely 250-440 utas elszállítására alkalmas kialakítástól függően, így a légitársaságoknak lehetősége van többféle ülés- és osztály-elrendezés kialakítására is. A repülőgép kabinja az egyik legcsendesebb a jelenleg üzemelő repülőgépek között, ami nagy kényelmet jelent az utasoknak. A gyártó folyamatosan fejleszti a típust, céljuk többek között a repülőgép vázának

súlycsökkentése, modern utastér-funkciók bevezetése, vagy például a pilótafülke navigációsrendszereinek fejlesztése [22]. A repülőgép fizikai jellemzőit a 4. táblázat tartalmazza:

4. táblázat: Airbus A330-300 adatai *(forrás: [22])*

Név	Airbus A330-300		
Maximális felszálló tömeg (MTOW)	233 t		
Hossz	64 m		
Hajtóműopciók	CF6-80E1	PW4164/8	Trent 700
Hatótáv	kb. 11300 km		
Ülések száma	250-440		
Átlagos üzemanyag fogyasztás	kb 5700 kg/h		

3.2.2 Airbus A350-1000

Az Airbus A350-1000 szintén egy hatékonyan kihasználható repülőgép, amely bármilyen távolságú utazás során, széleskörűen alkalmazható. Méreteit, főbb jellemzőit a 5. táblázatban tüntettem fel. A repülőgép kabin belseje nagy fejlődésen ment át, csendes, szélesebbek az ülések, és a LED világítás még modernebbé, kényelmesebbé teszi az utazást. Az A350-1000 a 350-es család leghosszabb tagja, nagyobb, hatkerekű futóművel rendelkezik. A repülőgépváz például szénszálerősítésű műanyagot is tartalmaz, és a technológiai fejlesztéseknek köszönhetően jelentős üzemanyagfogyasztás-csökkenést ér el [23].

5. táblázat: Airbus A350-1000 adatai *(forrás: [23])*

Név	Airbus A350-1000		
Maximális felszálló tömeg (MTOW)	319 t		
Hossz	73,8 m		
Hajtóműopciók	Trent XWB-97		
Hatótáv	kb. 16100 km		
Ülések száma	350-410 (max 480)		
Átlagos üzemanyag fogyasztás	kb 5500-5700 kg/h		

3.2.3 Boeing 777-300ER

A Boeing 777-ese a világ legnagyobb két-hajtóműves repülőgépe, amelyet 3D-s szoftverek segítségével terveztek meg az 1990-es évek elején. A 777-300ER-es változat egy osztályos kialakításban 550 fő elszállítására alkalmas, de más konfigurációkban is érkezik. Érdekes, hogy hajtóműve a GE 90-115B (amely a legerősebb repülőgép hajtómű) több,

mint 300 cm átmérőjű, tolóereje 360-510 kN között mozog [24]. Adatait a 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat: Boeing 777-300ER adatai (forrás: [24])

Név	Boeing 777-300ER
Maximális felszálló tömeg (MTOW)	351 t
Hossz	73,9 m
Hajtóműopciók	GE 90-115B
Hatótáv	kb. 13600 km
Ülések száma	365-451 (max 550)
Átlagos üzemanyag fogyasztás	kb 7500 kg/h

3.2.4 Boeing 787-9

A 7. táblázatban bemutatott Boeing 787 Dreamliner a Boeing repülőgépgyártó legújabb utasszállító típusa, amelynek törzse túlnyomórészt kompozit anyagokból készül. A gyártás során felhasznált új technológiáknak köszönhetően jelentős üzemanyagfogyasztás-csökkenést és alacsonyabb károsanyagkibocsátást tudtak elérni. A sorozatgyártását 2007-ben kezdték meg, és az első példányát 2011-ben szállították le [12].

7. táblázat: Boeing 787-9 adatai (forrás: [12])

Név	Boeing 787-9	
Maximális felszálló tömeg (MTOW)	253 t	
Hossz	63 m	
Hajtóműopciók	GENx-1B	Trent 1000
Hatótáv	kb. 14000 km	
Ülések száma	296 (két osztályos kialakítás)	
Átlagos üzemanyag fogyasztás	kb 5600 kg/h	

4. Üzemeltetési költségek

Ebben a fejezetben a 2. fejezetben részletesen bemutatott üzemeltetési költségeket fogom kiszámolni az egyes repülőgéptípusokra, amelyeket a számolás végén összegezni és összehasonlítani fogok. Az elkészített menetrend minden héten ismétlődik, ez alapján fogok havi költségeket számolni. Az üzemeltetési költségek összehasonlításánál nagy szerepe lesz a fajlagos értékeknek is, amelyet 1 utasra és 1 utaskilométerre is ki fogok számolni. Emellett a fajlagos költségek alakulását is vizsgálni fogom az utasszám függvényében, hiszen az üzemeltetési költségek számos eleme szorosan összefügg a repülőgépen utazó utasok számával. A dolgozat elején említett és részletezett feltételezésem szerint, amelyet a számításokat követően igazolni vagy cáfolni fogok, a fajlagos költségek változását tekintve szélsőértékeket találok majd, amely a legalacsonyabb fajlagos költséghez és az ahhoz tartozó optimális utasszámhoz fog tartozni.

4.1 A repülőgép használata, birtoklása

Az üzemeltetés elengedhetetlen kelléke a repülőgép. A repülőgépet a légitársaságok saját maguk is megvásárolhatják, de bérelhetik, azaz lízingelhetik is azt. Az előbbi előnye az, hogy a repülőgép a légitársaság tulajdonává válik, azt olyan módon és célokra használja fel, ahogyan szeretné és egy új, hibátlan állapotú gépet kapnak kézhez. Nincs elszámolási kötelezettsége egy harmadik fél felé, és addig használhatja, ameddig szeretné (de maximum ameddig üzemképes marad). A hátránya, hogy egy-egy repülőgép megvásárlása hatalmas kiadás, sokszor hitel szükséges a finanszírozásra, valamint a megrendelést követően előfordulhat akár több éves várakozási idő is a leszállításig. A repülőgépet vásárolni akkor érdemes, ha nagy tőke áll rendelkezésre, illetve, ha több példányról szól a megrendelés. A lízingelés lényegében egy repülőgép bérletét jelenti egy másik cégtől, amiért a légitársaság havi vagy éves díjat fizet. Előnye, hogy nem kell egyszerre nagy összeget kifizetni ezért nem szükséges kezdetben nagy tőke, és kevesebb a várakozási idő. Hátránya, hogy a lízingelt repülőgépek mind használtan érkeznek az azt éppen használó légitársasághoz, illetve, hogy az üzemeltetés során fokozottan figyelni kell a repülőgép állapotára, hiszen a lízing lejártakor és a repülőgép visszaszolgáltatásakor ugyanazt a minőséget kell biztosítani a tulajdonosnak, mint amilyen a bérlet kezdetén volt [17].

Számításaimban a lízing esetét vizsgáltam meg, mivel abban az esetben sokkal pontosabban megállapíthatók a repülőgép „birtoklásával” kapcsolatos havi/évi költségek. Ehhez 2021.évi statisztikai adatokat használtam fel, amelyből leolvasható, hogy abban az évben világszerte átlagosan mekkorák voltak a havi lízingdíjak az egyes repülőgéptípusok esetén. A díjak új repülőgépekre vonatkoznak, és az összegeket a 8. táblázat tartalmazza.

8. táblázat: Lízingdíjak (forrás: [23])

Típus	Havi lízing díj
A330-300	660 000 \$
A350-1000	1 081 000\$
777-300ER	952 000\$
787-9	887 000\$

4.2 Üzemanyagköltségek

Az üzemeltetés során fellépő költségek közül a repülőgép vásárlás/bérlés mellett az egyik legnagyobb kiadás az üzemanyaghoz köthető. A repülőgépek óránként több tonna kerozint égetnek el, amelyeknek beszerzése drága. Felszállás előtt a pilóták maguk határozzák meg a szükséges üzemanyag mennyiségét, ami függ a repülés távolságától, időjárástól. Mivel a repülőgép maximális felszálló tömege véges, ezért fontos, hogy sose kerüljön túl sok üzemanyag a tartályokba. A repülőgépek üzemanyagfogyasztása nagyban függ a repülőgép össztömegétől (amibe az üzemanyag tömege is beleszámít), ezért fontos optimalizálni a tankolt üzemanyag mennyiségét, hogy így ne fordulhasson elő, hogy a túl sok üzemanyag a fogyasztás növekedését eredményezi.

A repülőgépek üzemanyaga az említett kerozin, amely a benzinhez hasonlóan egy kőolajszármazék. Egységára a gépjárművek üzemanyagához hasonlóan országonként eltérő, melynek oka az eltérő beszerzési árak, illetve a különböző adók és illetékek lehetnek. A nemzetközi átlagára vonatkozó adatokat az IATA (International Air Transport Association – Nemzetközi Légi Szállítási Szövetség) Repülőgép üzemanyag árfigyelőjéből vettem, ez alapján 2023 szeptember első hetére vonatkozó átlagár 0,79 \$/liter. 1 liter kerozin tömege 0,819 kg, ez alapján 1kg kerozin átlagára 0,96\$, ami 960\$/t árat jelent [24].

Ahhoz, hogy megkapjam a havi átlagos üzemanyagköltségeket, összeadtam az összes heti repült órát, ezt megszoroztam a repülőgéptípusokra vonatkozó átlagfogyasztással, majd 52-vel szorozva összegeztem egy évre. Ezt 12-vel osztva megkaptam a havi átlagos

üzemanyagfelhasználást, amire ezután 5%-os tartalékot tettem, és az így kapott eredményeket a 9. táblázatban tüntettem fel. A tartalék üzemanyag többek között tartalmazza a kitérő repülőtérre való eljutáshoz szükséges üzemanyagot, vagy a várópontok feletti körözéshez szükséges üzemanyag mennyiségét. A szélsőséges időjárási viszonyok szintén az üzemanyag fogyasztás növekedését okozzák, valamint például az is, ha a repülőgép nem kapja meg az előzetesen tervezett repülési magasságot.

A menetrendben szereplő útvonalak repülési ideje összegezve:

$$5,5 + 10,5 + 10,5 + 5,5 + 5,5 + 5,5 + 5,5 + 3,5 + 3,5 + 3,25 + 3,25 + 5 + 5 + 5 + 5 + 4 + 4 + 3,25 + 3,25 + 5,5 = 102 \text{ h}$$

9. táblázat: Üzemanyagköltségek (saját szerk.)

Típus	Átlagos üzemanyag-fogyasztás	Heti repült óra	Heti üzemanyag-fogyasztás	Havi átlagos üzemanyag-fogyasztás (5%-os tartalékkal)	Havi átlagos üzemanyag-költség
A330-300	5700 kg/h	102	5700kg*102h=581,4t	$581,4 * \frac{52}{12} * 1,05 = 2645,4 \text{ t}$	$2645,4 \text{ t} * 960 \frac{\$}{\text{t}} = 2,54 \text{ millió } \$$
A350-1000	5600 kg/h		5600kg*102h=571,2t	$571,2 * \frac{52}{12} * 1,05 = 2599 \text{ t}$	$2599 \text{ t} * 960 \frac{\$}{\text{t}} = 2,5 \text{ millió } \$$
777-300ER	7500 kg/h		7500kg*102h=765t	$765 * \frac{52}{12} * 1,05 = 3480,8 \text{ t}$	$3480,8 \text{ t} * 960 \frac{\$}{\text{t}} = 3,34 \text{ millió } \$$
787-9	5600 kg/h		5600kg*102h=571,2t	$571,2 * \frac{52}{12} * 1,05 = 2599 \text{ t}$	$2599 \text{ t} * 960 \frac{\$}{\text{t}} = 2,5 \text{ millió } \$$

Az üzemanyag a kiadások legjelentősebb részét képezi, ezért fontos az üzemanyagfelhasználás optimalizálása, és a pilóták minél magasabb szintű képzése, mellyel képesek lesznek minden esetben az optimális üzemanyagmennyiség meghatározására.

4.3 Személyzeti költségek

Az üzemeltetési költségek személyzethez kapcsolódó részét az üzemeltetéshez feltétlenül szükséges személyzet, a pilóták és a légiutas-kísérők fizetése teszi ki. A költségelemet a bruttó átlagkeresetekről szóló statisztikai adatok alapján fogom kiszámolni, amihez a szükséges személyzet számát is meg fogom határozni.

A pilóták és légiutaskísérők által egy évben maximálisan repülhető óraszám az EASA új szabályozása alapján nem haladhatja meg az 1000 órát [25]. A személyzet éves fizetését 1000 órával leosztva megkapom az átlagos órabért, amellyel már számolható az általam elkészített

menetrendhez tartozó járatok személyzeti költsége. Bár a személyzet nem a ledolgozott órák után kapja a fizetését, valamint nem ugyanaz a csapat repüli végig az összes útvonalat, hanem váltakoznak a személyek, ennek ellenére a járatokhoz közvetlenül kapcsolódó személyzeti költségek így számolhatóak a legpontosabban.

A pilóták fizetése több tényező függvénye, és nagy eltérések lehetnek a fizetések között. Függ a tapasztalatuk mennyiségétől, életkoruktól, a betöltött pozíciótól, valamint a repülőgép típusától is, amellyel repülnek. A repülő kapitánya magasabb fizetést kap, mint az első tiszt, én azonban a dolgozatomban nem teszek különbséget közöttük. A pilóták fizetése ezen felül az őt foglalkoztató légitársaságtól is függ. Nagyobb, hagyományos légitársaságok többet fizetnek alkalmazottjaiknak, mint a fapados légitársaságok, valamint még Európa különböző országaiban is eltérések tapasztalhatóak, melynek okai az egyes országok gazdasági állapota, valamint a megélhetési költségek közötti különbségek lehetnek [26].

Az éves átlagkereset világszinten kb. 203.000\$ volt 2021-ben a kapitányokat és az első tiszteket együtt tekintve, ami 203\$/óra/pilóta költséget jelent, ha az évi 1000 lerepült órával számolok. Mivel a pilótafülke állandó 2 fős személyzetet igényel, ezért a pilótáknak fizetett összeg óránként 406\$. A menetrendet teljesítő repülőgép heti 102 órát tölt repüléssel, amely egy évben $102 * 52 = 5304$ órát jelent. A pilóta-bér egy hónapban így $\frac{5304}{12} * 406 = 179\,452$ \$, amely az összes repülőgép típus esetén megegyezik majd.

A légiutaskísérők bére hasonlóképpen a pilóták béréhez függ a tapasztalatuktól, de legfőképp a légitársaságtól. A hagyományos légitársaságok akár többszörösét fizetik a személyzetnek a fapados légitársaságokkal szemben. Összevetve néhány nagyobb légitársaság bértábláját, egy kezdő légiutaskísérő átlagosan 22.000-49.000\$ közötti összeget kap évente, amiből szintén látszik, hogy mennyire eltérőek is a fizetések [27]. A sáv közepe 35.500 \$/év, és az egyszerűség, illetve egy átlagos érték kiszámítása érdekében ezzel fogok a továbbiakban számolni. 35500\$/év évi 1000 órát repülve 35,5\$/óra-s bért jelent. A légiutaskísérőknek összesen fizetett összeg a legénység létszámától függ, amelyet a repülőgépen tartózkodó utasok száma határoz meg. Minden 50 utasra jutnia kell egy légiutaskísérőnek az előírt biztonsági követelmények és az ICAO szabályzata alapján. Azért, hogy a repülőgépek összehasonlíthatóvá váljanak, mindegyik általam vizsgált típus esetén meghatároztam az utasszámot két osztályos kialakításban, majd pedig az ehhez tartozó légiutaskísérők számát. A

légiutaskísérők számát tekintve, ettől lefelé eltérni nem lehet, előfordulhat azonban, hogy a légitársaságok az utasok kényelmét előtérbe helyezve magasabb létszámmal dolgoznak. A típusokra jellemző személyzeti költségek összegét a 10. táblázat tartalmazza.

10. táblázat: Személyzeti költségek (saját szerk.)

Típus	Utasszám	Minimálisan szükséges személyzeti létszám	Légiutaskísérők bére óránként	Személyzeti költségek légiutaskísérő része havonta	Összes személyzeti költség havonta (pilóták+légiutaskísérők)
A330-300	317	7	$7 \cdot 35,5$ = 248,5 \$	$248,5 \cdot 102 \cdot \frac{52}{12}$ = 109 837\$	$109837 + 179452$ = 289 289\$
A350-1000	369	8	$8 \cdot 35,5$ = 284 \$	$284 \cdot 102 \cdot \frac{52}{12}$ = 125 528\$	$125528 + 179452$ = 304 980\$
B777-300ER	369	8	$8 \cdot 35,5$ = 284 \$	$284 \cdot 102 \cdot \frac{52}{12}$ = 125 528\$	$125528 + 179452$ = 304 980\$
B787-9	296	6	$6 \cdot 35,5$ = 213 \$	$213 \cdot 102 \cdot \frac{52}{12}$ = 94 146\$	$94146 + 179452$ = 273 598\$

A személyzeti költségek legfontosabb és legjelentősebb összetevője a fent tárgyalt bér, ám ezen kívül egyéb költségek is ide tartoznak. A személyzet számára biztosított szállás a bázistól eltérő városba történő érkezés esetén, valamint a tartalék személyzet fenntartása. Erre azért van szükség, mert az esetleges késések vagy a nem várt események során a személyzet elérheti a napi maximális repült óráját – ekkor a tartalék személyzet fog a helyükbe lépni. Légitársaságoként eltérő módon egyéb juttatások is megilletik az alkalmazottakat, ám ezt a dolgozatomban nem részletezem.

4.4 Repülőtéri illetékek

A légitársaságok a repülőtérnek is fizetnek azért, hogy ott járatokat üzemeltethessenek, valamint, hogy megfelelő földi kiszolgálásban részesüljenek. A karbantartási, csomagrakodási munkálatokért általában valamilyen harmadik félnek fizetnek a légitársaságok, de többek között például az állóhelyért, az utasok beszállításáért és biztonsági ellenőrzéséért, világításért, futópálya használatért stb. a repülőtér felé tartoznak elszámolással. A Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér 2022-ben közzétett árlistája és összefüggései alapján fogom a repülőtéri illetékek egy részét kiszámolni a vizsgált repülőgépek

esetén. A repülőterek oldaláról fontos, hogy a díjak a versenytársakkal versenyképesek legyenek, hiszen azok határozzák meg legnagyobb mértékben a repülőtér forgalmát.

Az illetékek közül a leszállási, parkolási, utaskiszolgálási és biztonsági díjat fogom számolni a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér 2022.04.01-től érvényes Díjszabályzatának adatait felhasználva [28]. Bár az egyes repülőterek díjszabása eltérő, a költségek megoszlásának szemléltetésére azonban az is megfelelő, ha minden repülőtéri illetéket egyformának tekintek.

A Díjszabályzat 2.1.1 pontja alapján a leszállási díj mértéke 150 tonnát meghaladó maximális felszállótömeggel rendelkező repülőgép esetén 8.64 Euró/megkezdett tonna. A repülőgép a menetrend alapján heti 20 leszállást végez, azaz éves szinten $52 \cdot 20 = 1040$ leszállást. Ez alapján az egyes típusok leszállási díja alkalmanként, illetve egy hónapra levetítve a 11. táblázatban látható:

11. táblázat: Leszállási díjak (saját szerk.)

Típus	Maximális felszálló tömeg	Leszállási díj alkalmanként	Átlagos leszállási díj havonta
A330-300	233 t	$233 \cdot 8.64 = 2013,12 \text{ €}$	$2013,12 \cdot \frac{1040}{12} = 174\,470 \text{ €}$
A350-1000	319 t	$319 \cdot 8.64 = 2756,16 \text{ €}$	$2756,16 \cdot \frac{1040}{12} = 238\,867,2 \text{ €}$
B777-300ER	351 t	$351 \cdot 8.64 = 3032,64 \text{ €}$	$3032,64 \cdot \frac{1040}{12} = 262\,828,8 \text{ €}$
B787-9	253 t	$253 \cdot 8.64 = 2185,92 \text{ €}$	$2185,92 \cdot \frac{1040}{12} = 189\,446,4 \text{ €}$

A parkolási díj fizetése minden esetben, bármilyen típusú állóhely igénybevételekor kötelező. A díjazás mértéke függ az állóhely típusától, utashíddal rendelkező állóhely esetén a parkolási díjak magasabbak. Utashíddal nem rendelkező állóhelyen minden megkezdett 60 percért 0,24€-t kell fizetni tonnánként, az éjszakai parkolás 22:00-06:00 között pedig ingyenes. Repülőgépünk a korábbi fejezetben említett okok miatt éjszaka nem fog üzemelni, ezért csak az üzemidőn belüli parkolási időket fogom összeszámolni. A dolgozatomban vizsgált szélestörzsű repülőgépek megfordítása átlagosan 1,5 órát vesz igénybe, így mindegyik esetben 2 megkezdett óráért kell a járatok között fizetni. 13 ilyen megfordítás szerepel a menetrendben hetente, ami éves szinten $13 \cdot 52 = 676$ megfordítást jelent. Ez alapján a parkolási díjak a 12. táblázat szerint alakulnak:

12. táblázat: Parkolási díjak (saját szerk.)

Típus	Maximális felszálló tömeg	Parkolási díj alkalmanként	Átlagos parkolási díj havonta
A330-300	233 t	$2 * 0,24 * 233 = 111,84\text{€}$	$111,84 * \frac{676}{12} = 6300\text{€}$
A350-1000	319 t	$2 * 0,24 * 319 = 153,12\text{€}$	$153,12 * \frac{676}{12} = 8625\text{€}$
B777-300ER	351 t	$2 * 0,24 * 351 = 168,48\text{€}$	$168,48 * \frac{676}{12} = 9491\text{€}$
B787-9	253 t	$2 * 0,24 * 253 = 121,44\text{€}$	$121,44 * \frac{676}{12} = 6841,12\text{€}$

A kiterjesztett utaskiszolgálás díja induló utasonként 28,01€, és a menetrend heti 20, azaz évi 1040 járatot tartalmaz. Az IATA statisztikái alapján a légitársaságok átlagosan 80%-os load faktorial üzemelnek, ami azt jelenti, hogy az összes elérhető ülőhelyből átlagosan 80%-ot töltenek csak fel az egyes járatok során, azaz a biztosított férőhelyeknek csak a 80%-a után fizetnek utaskiszolgálási díjat [29]. Ezzel a 80%-os load faktorial, illetve a 4.3 fejezetben már megadott utasszámokkal számolva az utaskiszolgálási díj a 13. táblázatban feltüntetett szerint alakul.

13. táblázat: Utaskiszolgálási díjak (saját szerk.)

Típus	Utasszám	Utaskiszolgálás díja alkalmanként	Utaskiszolgálás díja havonta
A330-300	317	$317 * 0,8 * 28,01 = 7103,3\text{€}$	$7103,3 * \frac{1040}{12} = 615\,619\text{€}$
A350-1000	369	$369 * 0,8 * 28,01 = 8268,6\text{€}$	$8268,6 * \frac{1040}{12} = 716\,612\text{€}$
777-300ER	369	$369 * 0,8 * 28,01 = 8268,6\text{€}$	$8268,6 * \frac{1040}{12} = 716\,612\text{€}$
B787-9	296	$296 * 0,8 * 28,01 = 6632,8\text{€}$	$6632,8 * \frac{1040}{12} = 574\,842\text{€}$

Végül a biztonsági díj számítása következik, melynek eredményét a 14. táblázatba vezettem fel. A repülőtéren fizetendő biztonsági díj mértéke 5€/utas. Ugyanazzal a load faktorial és járatszámmal számolva a biztonsági díj:

14. táblázat: Biztonsági díjak (saját szerk.)

Típus	Utasszám	Biztonsági díj alkalmanként	Biztonsági díj havonta
A330-300	317	$317 * 0,8 * 5 = 1268\text{€}$	$1268 * \frac{1040}{12} = 109\,893\text{€}$
A350-1000	369	$369 * 0,8 * 5 = 1476\text{€}$	$1476 * \frac{1040}{12} = 127\,920\text{€}$

777-300ER	369	$369 * 0,8 * 5 = 1476\text{€}$	$1476 * \frac{1040}{12} = 127\,920\text{€}$
B787-9	296	$296 * 0,8 * 5 = 1184\text{€}$	$1184 * \frac{1040}{12} = 102\,613\text{€}$

Kiszámítottam a repülőtéri illetékek értékét külön-külön, most pedig a 15. táblázatban ezeket fogom összegezni, hogy a további számítások során egyszerűbben tudjak velük számolni, illetve, hogy az adatokat könnyebben tudjam kezelni. Ezen felül egy átváltást is végeztem, hiszen a többi költségelem mind amerikai dollárban van megadva, így szükséges az ebben a fejezetben kapott összegek euróról történő átszámítása. Ezt a 2023. 10. 07-i árfolyamok alapján tettem meg, ami alapján $1\text{€}=1,06\text{\$}$.

15. táblázat: Repülőtéri illetékek összegzése *(saját szerk.)*

Típus	Leszállási díjak	Parkolási díjak	Utaskiszolgálási díjak	Biztonsági díjak	Összes repülőtéri illeték
A330-300	174 470 €	6300 €	615 619 €	109 893 €	906 282 €=960 658 \\$
A350-1000	238 867 €	8625 €	716 612 €	127 920 €	1 092 024 €= 1 157 545 \\$
777-300ER	262 828 €	9491 €	716 619 €	127 920 €	1 116 858 €= 1 183 861 \\$
B787-9	189 446 €	6841 €	574 842 €	102 613 €	873 742 €=926 166\\$

A repülőtéri illetékek, díjak kiszabásakor a légitársaságok különböző kedvezményekben részesülhetnek. A kedvezmények elérhetőek új desztinációra történő utazás esetén, csúcsidőn kívüli üzemeltetés esetén, nagy kapacitáskihasználtság esetén, hatékony fordulóidő esetén, illetve környezetbarát módszerek alkalmazása esetén is [28]. A különböző kedvezmények és intézkedések a légitársaságok ösztönzésére szolgálnak, hogy minél hatékonyabban és gazdaságosabban bonyolítsák le utas- vagy áruszállítási folyamataikat.

4.5 Navigációs díjak

A navigációs díjak azok a költségek, amelyeket a légitársaságok a légiforgalmi irányító szolgáltatást nyújtó vállalatnak fizetnek azért, amiért a légtérrel használják. A magaslégtér használati díja az Eurocontrol országaiban a következő összefüggéssel számolható: $r = t * d * p$, ahol $p = \sqrt{\frac{MTOW}{50}}$ [30]. Ez alapján megállapítható, hogy a légtérhasználat díja függ a repülőgépek maximális felszállótömegétől (MTOW - Maximal Take off weight), a légtérben

megtett távolságtól (d), valamint a légtérre vonatkozó egységártól (t), amely országonként eltérő. A navigációs díjak egyik része tehát a magaslégtérben történő repüléshez tartozó költség, ezen kívül pedig a repülőterek megközelítéséhez és a landoláshoz kapcsolódó költségekkel is számolni kell, amelyek szintén országonként, de akár zónánként/repülőterenként is eltérőek lehetnek. Európában a magaslégtérben történő repülés esetén a zónák az egyes országok felségterülete fölött található légterek, ezeken belül nincs eltérés az egységárban, viszont azok mértéke nagyon eltérő az egyes országokat tekintve. Az Eurocontrol 2022-es adatai alapján Európa országaiiban az egységárak 28 eurótól indultak, de egyes országokban elérte a 120 eurót is. Magyarországon 45,23 eurós egységdíjjal kell számolnia a légitársaságoknak, amely a régióban átlagosnak számít [31].

A Közel-Keleten alkalmazott díjszámítás már nem ennyire egységes, jellemzően országonként eltérően számítják a navigációs díjakat. Alapjaiban hasonlít az Európában is alkalmazott módszerekhez, hiszen ott is a maximális felszállótömeg függvényében képzik az árakat. Az Egyesült Arab Emírátságokban például a maximális felszállótömeget intervallumokra osztva állapítják meg az egyes repülőgéptípusokra fizetendő díjat, míg például Szaúd-Arábiában (Európához hasonlóan) a légtérben repült távolságot is figyelembe veszik a tömeg mellett, amikor a navigációs díjakat szabják ki [32].

A fentiek alapján látszik, hogy egy menetrend, de már egy adott járat üzemeltetése esetén is a navigációs díjak aszerint változnak, hogy a repülőgép milyen útvonalon halad. Bár az útvonalak előzetesen megtervezésre kerülnek, mégis előfordulhat, hogy alternatív útvonalon kell repülni például forgalmi vagy időjárási okok miatt. Emiatt a navigációs díjak pontos számítása rendkívül nehéz, a légitársaságok számára is a tervezés során csak előrebecslés jellegű. A számítást a régióként eltérő tarifák és díjszámítások is nehezítik, emiatt a dolgozatomban során nem fogom a menetrendhez tartozó pontos navigációs költségeket meghatározni a repülőgép típusokhoz, hanem ehelyett az összes üzemeltetési költséghez viszonyítva fogok megadni egy körülbelüli értéket az összegzés végén. Nemzetközi szervezetek, például az IATA tanulmányai alapján a navigációs költségek átlagosan az üzemeltetési költségek kb. 4-5 %-át teszik ki, így a költségelemek összegzése után meghatározható a többi elemhez viszonyítva a navigációs díjak mértéke.

4.6 Karbantartás

A repülőgépek üzemeltetésének elengedhetetlen része a rendszeres karbantartás. Ezzel őrizhető meg a repülőgép légialkalmassága, valamint így növelhető annak élettartama. A nemzetközi szabályozások szintén előírásokat fogalmazznak meg a repülőgépek karbantartását illetően, amelyek kitérnek a karbantartás gyakoriságára, valamint az elvégzendő feladatokra is. A repülőgépek karbantartása két részre oszlik, ezek a forgalmi, valamint a nagy karbantartások. A forgalmi karbantartás színtere a repülőterek forgalmi előtere, és az ehhez kötődő feladatok nagy része az egyes le- és felszállások között végzendő. A forgalmi karbantartás kisebb rutin ellenőrzéseket, javításokat, valamint különböző kenőolajok/gépszírok pótlását foglalja magába, de itt történik a repülés közben történt ad hoc meghibásodások, rendellenességek kezelése is, vagy például a külső borítás épségének ellenőrzése. A nagy karbantartások helyszínei a karbantartó hangárok, amelyek a repülőterek területén kapnak helyet, és alkalmasak akár több nagyobb méretű repülőgép befogadására is. Ezen karbantartások – az elvégzendő munkálatok mérete és mennyisége alapján – különböző csoportokat képeznek: A, B, C és D check. A légitársaságok számára fontos a nagy karbantartások megfelelő, optimális tervezése, hiszen egy-egy ilyen alkalmával a repülőgép hosszabb ideig üzemben kívül van és nem termel a légitársaság számára semmilyen bevételt. Azt, hogy milyen munkálatot mikor szükséges elvégezni, azt a már említett nemzetközi szervezetek, illetve a gyártók határozzák meg. Ezeket repült órákhoz vagy repülési ciklusokhoz igazítják, és az erre vonatkozó információk a repülőgépekhez tartozó karbantartási tervben vannak rögzítve [33].

A légitársaságok a karbantartások során elsősorban a munkálatokhoz tartozó munkaórák után fizetnek a karbantartó cégeknek, erre jönnek rá az egyéb kiadások, mint például a speciális eszközök, anyagok, folyadékok árai. Dolgozatomban a rendelkezésre álló adatok hiányossága miatt az AEA (Association of European Airlines) 1990-ben kiadott dokumentuma alapján fogom a karbantartás költségeit kiszámolni. Erre amiatt van szükség, mert a különböző tanulmányok, statisztikai adatok és elemzések nem térnek ki részletesen a karbantartás költségeire repülőgép típusonként, csupán egy átlagos költségelemet határoznak meg. A dokumentumban fellelhető összefüggéseket alkalmazva, és a repülőgépek valamint a hajtóművek fizikai adottságait figyelembe véve a számolás elvégzésével az egyes gépek karbantartási költségei eltérőnek adódnak majd, így a típusok sokkal pontosabban

összehasonlíthatóak. Az AEA dokumentuma külön tér ki a repülőgép vázához, valamint a hajtóművéhez kapcsolódó költségekre, így a számításaim során én is külön elemzem ezeket a költségelemeket. A szervezet több európai légitársaság üzemeltetés során keletkezett adatainak sokasága alapján állapította meg a dokumentumban szereplő összefüggéseket, amelyeket a karbantartási költségek meghatározásán kívül többek között a biztosítások, értékromlás, navigációs- és landolási díjak meghatározására is használtak [34].

4.6.1 Repülőgép vázának karbantartása

A vázra és a hajtóműre vonatkozó költségekről (az általam alkalmazott módszer alapján) egyaránt elmondható, hogy az alkatrészek, valamint a munkaórák/munkaerő költségeinek összegéből adódik össze.

Ez alapján a repülőgép-váz karbantartása (AMC-Airframe Maintenance Cost) a repülőgép-váz alkatrészeinek (AFM-AirFrame Materials) valamint a munkaerő (AFL-AirFrame Labour) költségeiből tevődik össze. A számításhoz használt összefüggések a következők:

$$AMC = AFM + AFL$$

$$AFM = AFP * (4,2 + 2,2 * tf)$$

$$AFL = \left(0,09 * AFW + 6,7 - \frac{350}{AFW + 75} \right) * (0,8 + 0,68 * tf) * Rlabor$$

ahol AFW (AirFrame Weight) a repülőgép vázának tömege (azaz a repülőgép teljes, üres tömege mínusz a hajtóművek tömege), Rlabor a munkaerő „ára”, ami 66\$ óránként, AFP (AirFrame Price) a repülőgép váz ára millió dollárban megadva, ami a repülőgép listaárának és a hajtóművek árának különbsége, valamint t_f a repülési idő, ami ebben az esetben a havonta összesen lerepült órák száma. A számolást megelőzően szükség van a hajtóművekre, valamint a repülőgépekre vonatkozó adatokra, ezeket a 16. táblázatban tüntettem fel.

16. táblázat: Repülőgépek és hajtóműveik adatai (forrás: [35] [36])

Repülőgép típus	Repülőgép tömege	Repülőgép listaára	Hajtómű típusa, száma	Hajtómű tömege	Hajtómű ára
A330-300	125 t	264.2 millió \$	Trent 700, 2 db	6,1 t	23 millió \$
A350-1000	127 t	366.5 millió \$	Trent XWB-97, 2 db	7,5 t	35 millió \$
B777-300ER	168 t	375,5 millió \$	GE 90-115B, 2 db	8,8 t	24 millió \$

B787-9	129 t	292,5 millió \$	Trent 1000, 2 db	6 t	20 millió \$
--------	-------	-----------------	------------------	-----	--------------

A fent részletezett számítási összefüggések, és a táblázat adatai alapján a repülőgép váz karbantartási költségei az Airbus A330-300 típusú, Trent 700-as hajtóművekkel felszerelt repülőgép esetén a következőképp alakulnak:

$$AFM = AFP * (4,2 + 2,2 * tf) = (264,4 - 2 * 23) * \left(4,2 + 2,2 * \frac{102 * 52}{12}\right) = 213289 \$$$

$$\approx 213290 \$$$

$$AFL = \left(0,09 * AFW + 6,7 - \frac{350}{AFW + 75}\right) * (0,8 + 0,68 * tf) * Rlabor$$

$$= \left(0,09 * (125 - 2 * 6,1) + 6,7 - \frac{350}{(125 - 2 * 6,1) + 75}\right)$$

$$* \left(0,8 + 0,68 * \frac{102 * 52}{12}\right) * 66 = 298113 \$ \approx 298110 \$$$

$$AMC = AFM + AFL = 213290 + 298110 = 511400 \$$$

Ez alapján a vizsgált típusok váz-karbantartási költségeit a 17. táblázat szerint alakulnak.

17. táblázat: Repülőgépváz karbantartási költsége (saját szerk.)

Típus	AFW	AFP	AFM	AFL	AMC
A330-300	125-2*6,1=112,8 t	218,4 millió \$	213 290 \$	298 110 \$	511 400 \$
A350-1000	127-2*7,5=112 t	296,5 millió \$	289 560 \$	296 520 \$	586 080 \$
B777-300ER	168-2*8,8=150,4 t	327,5 millió \$	319 840 \$	371 600 \$	691 440 \$
B787-9	129-2*6=117 t	252,5 millió \$	246 590 \$	306 440 \$	553 030 \$

4.6.2 Repülőgép hajtóművének karbantartása

A hajtóművek karbantartására az előző fejezetben bemutatott összefüggésekhez hasonló számolási módszer alkalmazható, amely külön adja meg először a hajtómű alkatrészeinek költségét (EMM-Engine Maintenance Material), valamint a munkaerő árából (EML-Engine Maintenance Labor) adódó költségeket. Ezeket összegezve kapom meg a hajtóművek karbantartásához kapcsolódó teljes költséget (EMC-Engine Maintenance Cost). Az AEA dokumentumból felhasznált összefüggések a következők:

$$EMC = ne * (EML + EMM) * (tf + 1,3)$$

$$EML = 0,21 * c1 * c3 * (1 + Tsl)^{0,4} * Rlabor$$

$$EMM = 2,56 * (1 + Tsl)^{0,8} * c1 * (c2 + c3)$$

ahol T_{sl} a hajtómű tolóereje tengerszinten, tonnában kifejezve, n_e a hajtóművek száma, c_1 , c_2 és c_3 pedig konstansok, amelyeket az alábbiak szerint lehet meghatározni:

$$c1 = 1,27 - 0,2 * BPR^{0,2}$$

$$c2 = 0,4 * \left(\frac{OPR}{20}\right)^{1,3} + 0,4$$

$$c3 = 0,032 * n_c + 0,57$$

ahol BPR (ByPass Ratio) a kétáramúság foka, OPR (Overall Pressure Ratio) a teljes nyomásviszony, n_c pedig a kompresszorfokozatok száma. A következő táblázatban a hajtóművek adatait, a c_1 , c_2 és c_3 konstansok részeredményeit, valamint a végeredményeket tüntettem fel. A számolás menete az Airbus A330-300, Trent 700 típusú hajtóművel felszerelt repülőgépen a következő:

$$c1 = 1,27 - 0,2 * BPR^{0,2} = 1,27 - 0,2 * 10^{0,2} = 0,953$$

$$c2 = 0,4 * \left(\frac{OPR}{20}\right)^{1,3} + 0,4 = 0,4 * \left(\frac{36}{20}\right)^{1,3} + 0,4 = 1,259$$

$$c3 = 0,032 * n_c + 0,57 = 0,032 * 14 + 0,57 = 1,018$$

Ezeket felhasználva:

$$EML = 0,21 * c1 * c3 * (1 + Tsl)^{0,4} * Rlabor = 0,21 * 0,953 * 1,018 * (1 + 31)^{0,4} * 66 \\ = 53,78$$

$$EMM = 2,56 * (1 + Tsl)^{0,8} * c1 * (c2 + c3) \\ = 2,56 * (1 + 31)^{0,8} * 0,953 * (1,259 + 1,018) = 88,88$$

$$EMC = n_e * (EML + EMM) * (tf + 1,3) = 2 * (53,78 + 88,88) * \left(\frac{102 * 52}{12} + 1,3\right) \\ = 126482 \$$$

Ugyanígy számítva az összes vizsgált típust, a 18. táblázat szerinti eredmények adódnak:

18. táblázat: Repülőgépek hajtóműveinek karbantartási költsége (forrás: [37] [38] [39] [40])

Repülőgép/hajtómű típusa	BPR	OPR	nc	c1	c2	c3	Tsl	EML	EMM	EMC
A330-300/Trent 700	10	36	14	0,953	1,259	1,018	31 t	53,78	88,88	126 482 \$
A350-1000/Trent XWB-97	9,6	50	14	0,955	1,716	1,018	40 t	59,52	130,4	168 383 \$
B777-300ER/GE 90-115B	9	41	14	0,959	1,417	1,018	50 t	65,22	138,87	180 946 \$
B787-9/Trent 1000	10	50	15	0,953	1,716	1,05	31 t	55,48	107,97	144 914 \$

A repülőgépekre vonatkozó havi karbantartási költségek a váz és a hajtóművek karbantartási költségeiből adódnak össze, a továbbiakban ezeket egyben fogom kezelni. A teljes karbantartási költségeket a 19. táblázatban összegeztem:

19. táblázat: Repülőgépek teljes karbantartási költsége (saját szerk.)

Típus	Váz karbantartási költsége	Hajtóművek karbantartási költsége	Összes karbantartási költség
A330-300	511 400 \$	126 482 \$	637 882 \$
A350-1000	586 080 \$	168 383 \$	754 463 \$
B777-300ER	691 440 \$	180 946 \$	872 386 \$
B787-9	553 030 \$	144 914 \$	697 944 \$

4.7 Költségek összegzése

A 3. fejezetben kapott részeredményeket fogom a továbbiakban összegezni, amiből megkapom az egyes repülőgéptípusok havi üzemeltetési költségeit. A 20. táblázatban feltüntettem az említett részeredményeket, és az azokból képzett összeget típusonként. A már korábban említett navigációs díjak ezek után határozhatóak meg. Ha átlagosan 5%-os hányaddal számolok, az azt jelenti, hogy az előzetesen kapott összeg az a teljes üzemeltetési költségnek a 95 %-a. Ebből már könnyen meghatározható a navigációs költségek hozzávetőleges nagysága: $navigation\ díjak = \frac{előzetes\ összeg}{95} * 5$.

20. táblázat: Üzemeltetési költségek - navigációs díjak nélkül (saját szerk.)

Típus	Repülőgép lízingelése	Üzemanyag	Személyzet	Repülőtéri illetékek	Karbantartás	Összesen
-------	-----------------------	-----------	------------	----------------------	--------------	----------

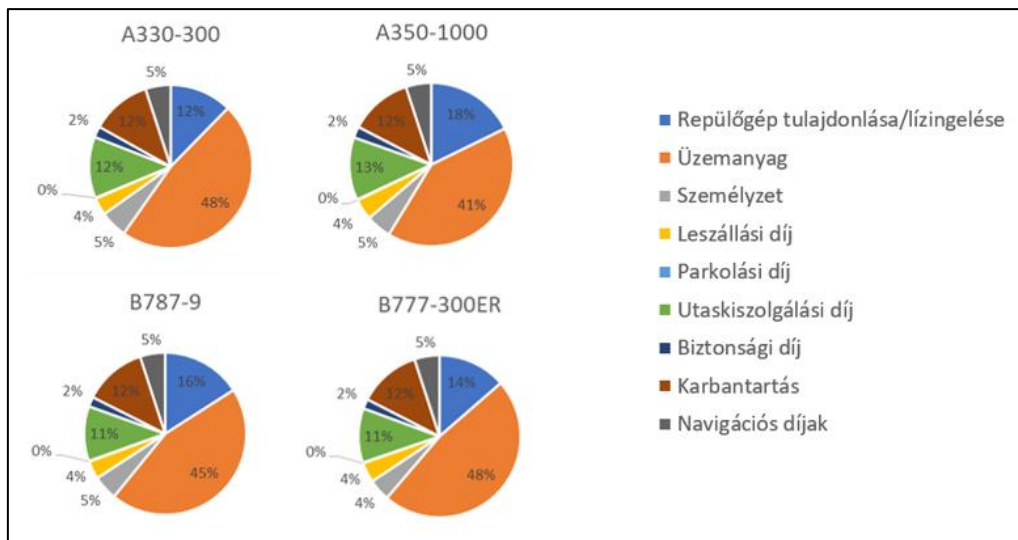
A330-300	660 000 \$	2,54 millió \$	289 289 \$	960 658 \$	637 882 \$	5 087 829 \$
A350-1000	1 081 000\$	2,5 millió \$	304 980 \$	1 157 544 \$	754 463 \$	5 797 987 \$
B777-300ER	952 000\$	3,34 millió \$	304 980 \$	1 183 861 \$	872 386 \$	6 653 227 \$
B787-9	887 000\$	2,5 millió \$	273 598 \$	926 166 \$	697 944 \$	5 284 707 \$

A 20. táblázat **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**ban kapott összegekből kiszámolt navigációs díjakat, majd az ezzel vett összes üzemeltetési költséget a 21. táblázatban tüntettem fel:

21. táblázat: Teljes üzemeltetési költség *(saját szerk.)*

Típus	Előzetes összeg	Navigációs díjak	Összes üzemeltetési költség
A330-300	5 087 829 \$	$\frac{5\,087\,829}{95} * 5 = 267\,780$ \$	5 355 609 \$
A350-1000	5 797 987 \$	$\frac{5\,797\,987}{95} * 5 = 305\,157$ \$	6 103 144 \$
B777-300ER	6 653 227 \$	$\frac{6\,653\,227}{95} * 5 = 350\,169$ \$	7 003 396 \$
B787-9	5 284 707 \$	$\frac{5\,284\,707}{95} * 5 = 278\,142$ \$	5 562 849 \$

Az üzemeltetési költségek megoszlását ezután kördiagramokon ábrázoltam, mert ez jól szemlélteti a részeredmények egymáshoz viszonyított nagyságát. Segítségével könnyen megállapítható, hogy mely költségelem teszi ki az üzemeltetés során keletkező kiadások legnagyobb részét, illetve, hogy az mekkora hányadot foglal el a teljes keretből. Ezeket a diagramokat az **5. ábra**-n tüntettem fel.



5. ábra: Üzemeltetési költségek megoszlása (saját szerk.)

Általánosan az összes típusra elmondható, hogy az üzemeltetés során keletkező legnagyobb direkt költség az üzemanyaghoz köthető, arányait tekintve 40% feletti részét teszi ki az összes vizsgált költségnek. Ezen a területen az Airbus A350-1000 típusa érte el a legjobb eredményt, ebben az esetben a legalacsonyabb az üzemanyagért kifizetett összeg aránya. A repülőgép birtoklásához kapcsolódó kiadások a vártnál alacsonyabbak lettek, amelynek oka az, hogy a havi lízing költségek alacsonyabbak, mint egy repülőgép beruházáshoz tartozó esetleges hitel törlesztő részlet lenne. Költségcsökkentés szempontjából fontos lépés lehet, jelentős csökkenés elérhető a lízingelés választásával, hosszú távon azonban nem növeli a légitársaságok tőkéjét. A repülőtéri illetékeket tekintve (parkolási díj, biztonsági díj, utaskiszolgálási díj, landolási díjak) az utasok kiszolgálásáért fizetett díj adódott a legmagasabbnak, míg a parkolás annyira elenyészőnek adódott, hogy szinte 0%-ot tesz ki a teljes költségkeretnek. A repülőtéri illetékek mértékében eltérés adódhat, ha más repülőterek díjszabását vesszük figyelembe, vagy például már akkor is, ha egy eltérő load-faktorról számolunk az elemek meghatározása során.

Az előzőleg összesített eredmény a konkrét összegekről jól mutatja, hogy nagy eltérések vannak az egyes géptípusok között, azonban ezek az eredmények ebben a formában még nem összehasonlíthatóak megfelelően. Ehhez szükséges valamilyen fajlagos érték megadása minden típusra, ami ebben az esetben az üzemeltetési költség nagysága lesz utasonként, illetve utaskilométerenként. Ezt a korábbi fejezetekben is alkalmazott

utasszámok, load-faktor (amelyet 80%-nak vettem), valamint az összes havi lerepült kilométerek (72 580 km) felhasználásával fogom kiszámolni.

Az egy utasra eső fajlagos költséget a következő összefüggéssel állapítottam meg:

$$k_{utas} = \frac{\text{összes havi költség}}{\text{utasszám} * 0,8 * \text{járatok száma hetente} * \frac{52}{12}}, \text{ amelynek értéke az Airbus A330-300 típus adataival}$$

$$\text{levezetve: } k_{utas, A330} = \frac{5\,355\,609 \$}{317 \text{ utas} * 0,8 * 20 * \frac{52}{12}} = 243,67 \frac{\$}{\text{utas}}. \text{ Ez azt jelenti, hogy egy utas szállítása}$$

átlagosan 243,67 \$-ba került, amely a konkrét utazásokat tekintve van, amikor magasabb, van, amikor alacsonyabb összeg. Ugyanilyen módszer mentén számoltam ki az egy utaskilométerre eső fajlagos költséget is, az előzőleg kapott eredményt a havonta lerepült kilométerek számával osztottam még el:

$$k_{utaskilométer} = \frac{\text{összes havi költség}}{\text{utasszám} * 0,8 * \text{járatok száma hetente} * \frac{52}{12} * \text{lerepült kilométer hetente} * \frac{52}{12}}. \text{ Ez a fajlagos költség}$$

azt mutatja meg, hogy 80%-os load faktorral üzemeltetve a járatokat, a számítás során alkalmazott utasszámokat figyelembe véve, és az általam létrehozott menetrend alapján repülve mennyibe kerül 1 utast 1 kilométeren elszállítani. Ez az összeg az Airbus A330-300 típusú repülőgép adataival a következőképp alakul:

$$k_{utaskilométer} = \frac{5\,355\,609 \$}{317 \text{ utas} * 0,8 * 20 * \frac{52}{12} * 72\,580 \text{ km} * \frac{52}{12}} = 0,000775 \frac{\$}{\text{utaskilométer}}. \text{ Ugyanezzel a módszerrel}$$

számoltam az összes típusra jellemző fajlagos költségeket, amelyet a 22. táblázat tartalmaz.

22. táblázat: Fajlagos üzemeltetési költségek (saját szerk.)

Típus	Utasszám 2 osztály esetén	Összes költség (\$)	Fajlagos költség I.	Fajlagos költség II.
A330-300	317	5 355 609	243,67 \$/utas	0,000775 \$/utaskilométer
A350-1000	369	6 103 144	238,55 \$/utas	0,000758 \$/utaskilométer
B777-300ER	369	7 003 397	273,74 \$/utas	0,00087 \$/utaskilométer
B787-9	296	5 562 849	271,05 \$/utas	0,000862 \$/utaskilométer

A fajlagos üzemeltetési költségeket vizsgálva a típusok már összehasonlíthatóvá válnak. Az eredményekből látszik, hogy a legjobban az Airbus A350-1000 típusú repülőgép szerepelt, amely 2 osztályos kialakításban, 369 férőhely biztosításával a vizsgált típusok közül a legkedvezőbb fajlagos költséget produkálta 238,55 \$/utas értékkel. Ezt követi az Airbus A330-300 típusú gépe, a sort pedig a két Boeing típusú gép, a B777-300ER és a B787-9 gépek

zárják a legmagasabb fajlagos költségekkel. Ebben az esetben a Boeing gépek magasabb költségeinek az oka a B777 esetén a nagy üzemanyagfogyasztás, a B787-9 esetén pedig a magas költségekhez tartozó relatív alacsony utasszám lehet, amelyek a fajlagos költségek magasabb értékét eredményezték. Az eredményeket tekintve a különbségek nem adódnak nagynak (különösen, ha az egy utaskilométerre eső fajlagos költségeket tekintjük meg, ahol az eltérés csupán 1-2 tízezred dollár), viszont ha ezek arányát vizsgáljuk, akkor egy több mint 10 %-os eltérés tapasztalható. Az eltérés mértéke az A350-1000 és B777-300ER típusokat összevetve: $\frac{k_{utaskilométer,B777}}{k_{utaskilométer,A350}} * 100 = \frac{0,00087}{0,000758} * 100 = 114,7 \%$. A légitársaságok működése során már néhány százalékos költségcsökkenéssel rengeteg pénz spórolható meg, így az ebben az esetben kapott 14 %-os eltérés is mérlegelésre adhat okot.

A kiszámolt fajlagos üzemeltetési költségek alapján tehát a repülőgépek most már sorrendbe állíthatóak a gazdaságosságot tekintve, az előzőkben kifejtett indoklás alapján, és a kapott eredményeket a 23. táblázatban összegeztem:

23. táblázat: Repülőgépek rangsorolása üzemeltetési költségeik alapján *(saját szerk.)*

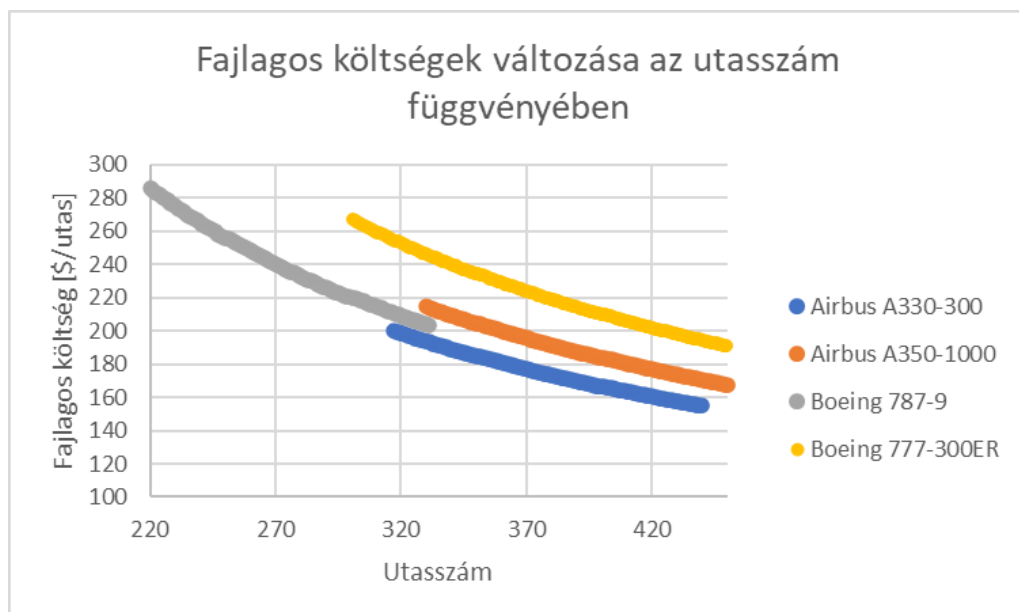
Helyezés	Típus
1.	A350-1000
2.	A330-300
3.	B787-9
4.	B777-300ER

A konkrét üzemeltetési költségek számolását és azok egymással való összehasonlítását ezzel az eredménnyel zártam, a továbbiakban a dolgozatom elején részletezett feltevésemet fogom megvizsgálni.

A 4. fejezetben kiszámolt üzemeltetési költségeknek egy része az utasoktól független költség elem, ilyenek például az üzemanyag költség, a lízing díjak, karbantartási költségek, navigációs díjak, illetve a repülőtéri illetékek közül a parkolási díj és a leszállási díj. A költségelemek másik része pedig a biztosított férőhelyek és az utasok számával szorosan összefügg, ezek a személyzeti költségek (amelyet az összes férőhely száma befolyásol) és az utaskiszolgálási- valamint biztonsági díjak (amelyeket az utasok konkrét száma befolyásol). Ez utóbbi költségek tehát annak függvényében változnak, hogy mennyi utast szállítunk a repülőgépen. Az általam kiszámolt üzemeltetési költségek és az azokból számolt fajlagos költségek egy adott utasszám és load faktor mellett érvényesek csak, amelyet a számolás

elején adtam meg a repülőgépek 2 osztályos kialakítását alapul véve, az utasszám változásával azonban ezek eltérőnek adódnak. Az utasszám növekedése a személyzeti költségek, utaskiszolgálási- és biztonsági díjak növekedését, és ezzel együtt az összköltség növekedését eredményezi, ezzel párhuzamosan azonban a fajlagos költségek meghatározásakor a nevezőben szereplő érték is növekszik. Arra kerestem a választ, hogy az utasszám növekedés hogyan befolyásolja majd a fajlagos költségek alakulását, és azt az eredményt vártam, hogy a kapott görbe lokális szélsőértéke(ke)t tartalmaz majd, amellyel meghatározható egy optimális utasszám és az ahhoz tartozó legalacsonyabb fajlagos költség.

Ehhez a vizsgálathoz először megnéztem, hogy az egyes repülőgép típusok milyen jellemző minimum és maximum férőhely kapacitással kerülnek a piacra, és a kapott intervallum elemeire kiszámoltam először az összes költséget a férőhelyek függvényében, majd ebből a fajlagos értékeket, 100%-os load faktort alkalmazva. Az eredményeket a legjobban grafikonon lehet szemléltetni, melyen a vízszintes tengely a férőhelyek számát, a függőleges tengely pedig a fajlagos üzemeltetési költségeket mutatja utasonként. Az egyes adatként a grafikonon ábrázolva kirajzolódik egy görbe, amelyről (ha vannak) leolvashatóak a szélsőértékek is. Az eredményeket a 6. ábra tartalmazza, melyen egyszerre ábrázoltam a 4 típusra jellemző adatokat.



6. ábra: Fajlagos költségek változása (saját szerk.)

Mindegyik repülőgép típus esetén hasonló tendenciát látunk, szélsőértékek nem keletkeztek, az utasszám növekedésével a fajlagos költségek is csökkentek. Ez azért van, mert a várthoz képest ellentétesen alakultak a költségek, vagyis az utasszám-növekedés által okozott összköltség-növekedés nem volt akkora mértékű a vizsgált intervallumokon, hogy ellensúlyozza azt a csökkenést, amit a megnövekedett utasszámmal történő osztás eredményezett a fajlagos költségek számítása során. Ez alapján nem lehet egy optimális utasszámot megállapítani, csak annyit, hogy minél több utast szállítunk, az fajlagosan annál kevesebb pénzbe fog kerülni a légitársaságnak. Az elszállított utasok mennyisége, a biztosított férőhelyek száma ezután a repülőgép kialakításától fog csak függeni, viszont új repülőgép választásakor (akár vásárlás, akár lízingelés esetén) érdemes a járatokat és a menetrendet figyelembe venni először, és a kívánt férőhelyek számát ahhoz igazítani a keletkező igények alapján. A dolgozatomban a feltevésem nem igazolódott be, az adatok és eredmények megcáfolják azt.

A kapott eredményeket felhasználva lehetőség van tovább vizsgálni például azt, hogy a légitársaságoknak a járatok üzemeltetésekor keletkező költségein kívül az egyéb költségeit is figyelembe véve hogyan változnak az utasokra, illetve utaskilométerekre eső fajlagos költségek. Az utasszám által befolyásolt személyzeti költségek növekedésével a grafikonon megjelenhetnek szélsőértékek a fajlagos költségeket tekintve. Mivel a személyzeti költségek számításának egyik paramétere az órabér, érdemes lehet megvizsgálni azt is, hogy milyen mértékű órabér mellett jelennek meg először szélsőértékek, illetve, hogy az úgy kapott grafikonokról leolvasva melyek azok az optimális utasszámok, amellyel a legjobban megéri a járatok üzemeltetése.

Összefoglalás

Összességében elmondható a kapott eredményekről, hogy bár hasonló fizikai tulajdonságokkal rendelkező repülőgépek kerültek kiválasztásra, üzemeltetési költségeiket tekintve mégis akár 14%-os eltérés tapasztalható közöttük. Legjobban az Airbus A350-1000 típusú repülőgépe szerepelt, mely esetén az üzemeltetési költségek nagysága fajlagosan csupán 0,000758 \$/utaskilóméternek adódott. Az eredmények még nagyobb pontosságát a vizsgált költségösszetevőkről szóló legfrissebb statisztikai adatok felhasználásával lehet elérni, valamint légitársaságokról, repülőterekről szóló bővebb információk bevonásával. A vizsgálat megmutatta, milyen költségösszetevők milyen arányát teszik ki az üzemeltetési költségeknek, amely rávilágít arra, hogy mely területeken érdemes foglalkozni leginkább költségcsökkentő megoldások keresésével. A jelenlegi pénzügyi helyzetet tekintve, az infláció várható további növekedésével az üzemeltetés költségei is növekedni fognak, amely miatt azok vizsgálata egyre fontosabbá válik majd.

Mivel a költségek összehasonlítása fajlagos értékekkel történik, érdemes lehet tovább vizsgálni annak függését egyéb, az utasszámtól eltérő tényezőktől is. Az elemzések minél részletesebb elvégzésével egyre pontosabb értékek adódnak, amellyel jobban közelíthető a fajlagos költségek nagysága, illetve becsülhető lehet az optimális férőhelyek száma is.

A dolgozat eredményeit légitársaságok oldaláról járattervezés esetén egy előzetes költségbecslés céljából használni lehet, valamint az alkalmazott módszerek segítséget adhatnak a megfelelő repülőgéptípus kiválasztásához is. A vizsgálatba bevont repülőgépek számának növelésével pontosabb és nagyobb képet lehet alkotni az üzemeltetési költségek alakulásáról, és ezzel részletesebb összehasonlítás is készíthető.

Ábra- és táblázatjegyzék

1. ábra: Repülőgép típusok <i>(forrás: [14])</i>	8
2. ábra: Légitársaságok költségei <i>(saját szerk.)</i>	11
3. ábra: Utasforgalom Bp. és az európai országok között <i>(forrás: [18])</i>	13
4. ábra: Európán kívülre történő utazások megoszlása földrészenként <i>(forrás: [18])</i>	13
5. ábra: Üzemeltetési költségek megoszlása <i>(saját szerk.)</i>	34
6. ábra: Fajlagos költségek változása <i>(saját szerk.)</i>	38
1. táblázat: Repülőgéptípusok listaára és hatótávolsága <i>(forrás: [15] [16])</i>	9
2. táblázat: Európán kívüli legforgalmasabb útvonalak <i>(forrás: [20])</i>	15
3. táblázat: Elképzelt menetrend <i>(saját szerk.)</i>	16
4. táblázat: Airbus A330-300 adatai <i>(forrás: [22])</i>	18
5. táblázat: Airbus A350-1000 adatai <i>(forrás: [23])</i>	18
6. táblázat: Boeing 777-300ER adatai <i>(forrás: [24])</i>	19
7. táblázat: Boeing 787-9 adatai <i>(forrás: [12])</i>	19
8. táblázat: Lízingsdíjak <i>(forrás: [23])</i>	21
9. táblázat: Üzemanyagköltségek <i>(saját szerk.)</i>	22
10. táblázat: Személyzeti költségek <i>(saját szerk.)</i>	24
11. táblázat: Leszállási díjak <i>(saját szerk.)</i>	25
12. táblázat: Parkolási díjak <i>(saját szerk.)</i>	26
13. táblázat: Utaskiszolgálási díjak <i>(saját szerk.)</i>	26
14. táblázat: Biztonsági díjak <i>(saját szerk.)</i>	26
15. táblázat: Repülőtéri illetékek összegzése <i>(saját szerk.)</i>	27
16. táblázat: Repülőgépek és hajtóműveik adatai <i>(forrás: [35] [36])</i>	30
17. táblázat: Repülőgépváz karbantartási költsége <i>(saját szerk.)</i>	31
18. táblázat: Repülőgépek hajtóműveinek karbantartási költsége <i>(forrás: [37] [38] [39] [40])</i>	33
19. táblázat: Repülőgépek teljes karbantartási költsége <i>(saját szerk.)</i>	33
20. táblázat: Üzemeltetési költségek - navigációs díjak nélkül <i>(saját szerk.)</i>	33
21. táblázat: Teljes üzemeltetési költség <i>(saját szerk.)</i>	34
22. táblázat: Fajlagos üzemeltetési költségek <i>(saját szerk.)</i>	36
23. táblázat: Repülőgépek rangsorolása üzemeltetési költségeik alapján <i>(saját szerk.)</i>	37

Irodalomjegyzék

- [1] D. A. Irwin és N. Pavcnik, „Airbus versus Boeing revisited: international competition in the aircraft market,” *Journal of International Economics*, 64. kötet, pp. 223-245, december 2004.
- [2] ICAO, „Airline Operating Costs and Productivity,” Teherán, 2017.
- [3] M. Lee, „Analysis of direct operating cost of wide-body passenger aircraft: A parametric study based on Hong Kong,” *Chinese Journal of Aeronautics*, pp. 1222-1243, május 2019.
- [4] Airbus S.A.S., „Growing Horizons: Global Market Forecast 2017-2036,” 2017.
- [5] Boeing, „Commercial Market Outlook 2022-2041,” 2022.
- [6] Boeing Commercial Airplanes, „737 Airplane Characteristics for Airport Planning,” 2021. [Online]. Available: <https://www.boeing.com>. [Hozzáférés dátuma: március 2023].
- [7] Airbus S.A.S., „A320 AIRCRAFT CHARACTERISTICS, AIRPORT AND MAINTENANCE PLANNING,” 2017. [Online]. Available: <https://www.airbus.com>. [Hozzáférés dátuma: március 2023].
- [8] Airbus S.A.S., „A330 AIRCRAFT CHARACTERISTICS AIRPORT AND MAINTENANCE PLANNING,” 2017. [Online]. Available: <https://www.airbus.com>.
- [9] Airbus S.A.S., „A340 AIRCRAFT CHARACTERISTICS, AIRPORT AND MAINTENANCE PLANNING,” [Online]. Available: <https://www.airbus.com>. [Hozzáférés dátuma: március 2023].
- [10] Boeing Commercial Airplanes, „747-8 Airplane Characteristics for Airport Planning,” december 2012. [Online]. Available: www.boeing.com.
- [11] Boeing Commercial Airplanes, „767 Airplane Characteristics for Airport Planning,” 2021. [Online]. Available: <https://www.boeing.com>.
- [12] Boeing Commercial Airplanes, „787 Airplane Characteristics for Airport Planning,” 2023. [Online]. Available: <https://www.boeing.com>.
- [13] Airbus S.A.S., „A380 AIRCRAFT CHARACTERISTICS AIRPORT AND MAINTENANCE PLANNING,” 2017. [Online]. Available: <https://www.airbus.com>. [Hozzáférés dátuma: március 2023].
- [14] „Airbus,” [Online]. Available: www.airbus.com.
- [15] B. Gáti és I. Koncz, *Repülőgépek szerkezete*, Budapest: Typotex Kiadó, 2012.
- [16] Airbus, „New Airbus list prices 2018,” 2018. [Online]. [Hozzáférés dátuma: március 2023].
- [17] Boeing, „ABOUT BOEING COMMERCIAL AIRPLANES,” [Online]. Available: <https://www.boeing.com/company/about-bca/>. [Hozzáférés dátuma: március 2023].
- [18] W.-H. Tsai és L. Kuo, „Operating costs and capacity in the airline industry,” *Journal of Air Transport Management*, 10. kötet, 2004.
- [19] „Budapest Airport Forgalmi jelentések,” [Online]. Available: https://www.bud.hu/budapest_airport/letoltheto_dokumentumok/statisztikak/forgalmi_jelentesek. [Hozzáférés dátuma: 26. 06. 2023].
- [20] „Airport Distance Calculator,” [Online]. Available: www.airportdistancecalculator.com. [Hozzáférés dátuma: 2023.09.26.].
- [21] Marco Picchi Scardaoni, Fabio Magnacca, Andrea Massai és Vittorio Cipolla, „Aircraft turnaround time estimation in early design phases: Simulation tools development and application to the case of box-wing architecture,” *Journal of Air Transport Management*, 96. kötet, 2021.
- [22] AIRBUS, „A330 FAMILY: POWERING INTO THE FUTURE,” *Airbus - Facts and figures*, 2022.
- [23] AIRBUS, „A350 FAMILY: SHAPING THE FUTURE OF AIR TRAVEL,” *Airbus - Facts and figures*, 2023.
- [24] B. C. Airplanes, „777-200/-300 Airplane Characteristics for Airport Planning,” 2022. [Online]. Available: www.boeing.com.
- [25] Statista, *Average new aircraft lease rates worldwide in 2021, by aircraft model*, 2021.
- [26] IATA, *Jet Fuel Price Monitor*.
- [27] EASA, *EASA welcomes new flight time limitations rules*, 2013.
- [28] S. P., „Pilot Salary - How Much Do Pilots Make? - 2023,” 2023.

- [29] These Gold Wings, „How Much Do Flight Attendants Really Make?”.
- [30] Budapest Airport Zrt., *Díjszabályzat*, 2022 április.
- [31] IATA, „Strong Air Travel Growth Continues in May as Load Factor Rises to 2019 Levels,” 2023. július 5..
- [32] Enaire, „Guide to air navigation charges 2020,” Madrid, Spanyolország, 2020.
- [33] EUROCONTROL, „One size fits all – A common unit rate for Europe?,” *Think Paper*, 18. szám, 2022 szeptember 6.
- [34] I. - I. F. P. Solutions, *SAUDI ARABIA PERMITS FEES AND AIR NAVIGATION CHARGES*, 2022.
- [35] IATA, „Airline Maintenance Cost Executive Commentary,” 2022.
- [36] A. o. E. Airlines, *Long Range Aircrafts - AEA Requirements*, 1990.
- [37] „GE Aerospace,” [Online]. Available: <https://www.geaerospace.com/>.
- [38] „Rolls-Royce,” [Online]. Available: <https://www.rolls-royce.com/>.
- [39] EASA, *TYPE-CERTIFICATE DATA SHEET for Engine Trent XWB Series*, No. EASA.E.111., 2022.
- [40] EASA, *TYPE-CERTIFICATE DATA SHEET for Engine, RB211 Trent 700 Series Engines*.
- [41] EASA, *TYPE-CERTIFICATE DATA SHEET for GE90 Series Engines*, No. IM.E.002, 2023.
- [42] EASA, *TYPE-CERTIFICATE DATA SHEET for Trent 1000 Series Engines*, 2023.