

Szilágyi Dénes

## SZÁMÍTÓGÉPES TELJESÍTMÉNYANALÍZIS HELIKOPTER ÜZEMELTETÉSHEZ 1. TELJESÍTMÉNY OSZTÁLYBAN

*Felgyorsult és információbőséggel rendelkező világunkban az információk gyors feldolgozási lehetősége kulcsfontosságú. Így van ez a repülések tervezésének területén is. A nagy utasszállító gépek esetén évtizedes múltra tekintenek vissza a navigációs és teljesítmény adatbázist egyben kezelő kitűnő alkalmazások, melyek még a fedélzeten is rendelkezésre állnak (FMCS<sup>1</sup>). A kisebb légijárműveket kisebb darabszámban gyártók általában ezt a lehetőséget nem biztosítják. Különösen így van ez a helikopterek esetén. Ez a cikk egy többhajtóműves helikopter teljesítmény analíziséhez kifejlesztett alkalmazást ismertet, amely jól használható az egyre kitűnőbb felhő alapú navigációs alkalmazások kiegészítéseként.*

**Kulcsszavak:** Teljesítmény analízis, helikopter, 1. teljesítmény osztály, hajtóműhiba, akadálymentesség, emelkedési profil, teljesítmény által korlátozott tömeg.

### BEVEZETÉS

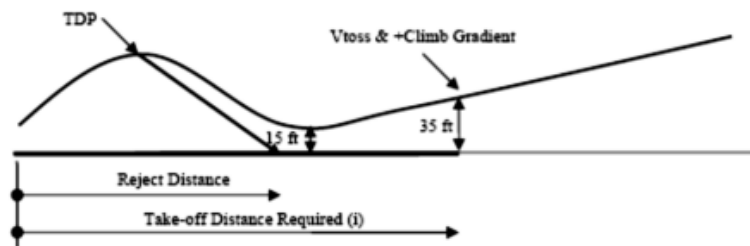
A kereskedelmi műveleteknél az üzemeltetésre vonatkozó uniós szabályozások részletesebben taglalják az alkalmazható/alkalmazandó eljárásokat. Az Európai Unióban és az Amerikai Egyesült Államokban is úgy alakítják ki a légijárművekre vonatkozó típusalkalmassági követelmény-rendszert, hogy az teljes mértékben igazodjon azok üzemeltetésére vonatkozó követelmény rendszerekhez. Így a 965/2012 EK rendelet és a hozzá az EASA<sup>2</sup> által az értelmezést segítő kiadott útmutatók komplex repülés végrehajtási eljárásokat tartalmaznak többek között az 1. teljesítményosztályban üzemelő helikopterekre is. Az 1. teljesítmény osztályban úgy lehet üzemelni, hogy kritikus hajtóműegység meghibásodása esetén a helikopternek képesnek kell lennie a megszakított felszállásra rendelkezésre álló felületen a kényszerleszállás végrehajtására illetve a repülés folytatására, attól függően, hogy a meghibásodás hol és mekkora sebességnél következett be. A rendelkezésre álló és a szükséges teljesítmény különbsége a teljesítmény felesleg. Ha a helikopter hagyományos farokrotoros kivitelű és két hajtóműves (3 hajtóműves gépek elég ritkák), akkor egy hajtómű meghibásodása a rendelkezésre álló teljesítmény legalább felének elvesztését jelenti, főleg akkor, ha az eredeti repülési állapotot fent kell tartani. (Ez utóbbira csak a legújabb előírásoknak megfelelő gépek képesek és rendszerint azok sem a maximális (szerkezeti) felszállótömeggel. A legtöbb géppel súlylédni lehet csak ilyenkor.) Ha például a vontatási teljesítmény és így a főrotor reakciónyomatéka sem csökkenhet számottevően, akkor az annak kiegyensúlyozásához szükséges nyomaték sem. Ebből következik, hogy a farokrotor hajtásra ebben az esetben közel akkora teljesítményt kell fordítani a sokkal kevesebb rendelkezésre álló teljesítményből. Mivel a szükséges teljesítmény a sebességgel jelentősen változik (Pénaud-diagram), ezért ilyen esetben is van kirepülhető sebesség tartomány,

<sup>1</sup> FMCS: Flight Management Computer System – A navigációs és a teljesítmény adatokat egyben kezelő, repüléstervezésre, monitorozásra és a repülés vezérlésére alkalmas rendszer.

<sup>2</sup> EASA: European Aviation Safety Agency – Európai Repülésbiztonsági Ügynökség az EU polgári légiközlekedési hatósága, melynek a nemzeti légiközlekedési hatóságok az alárendeltségébe tartoznak.

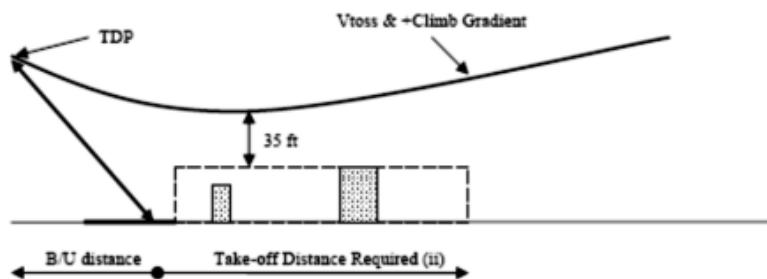
amely azonban távolról sem teszi lehetővé a függeszkedést, illetve a maximális sebesség kirepülését (nagyjából a  $V_{NE}$ <sup>3</sup> 20–30%-ra tehető). Főleg a fel és leszállás teljesítmény igénye a legnagyobb és ekkor a legnagyobb a hajtóművek igénybevétele is. Ebből következik, hogy ezekben az állapotokban fokozott a hajtóműhiba veszélye. Adódik tehát egy sebességtartomány, amelynek az alja zérus a felső határa pedig az ún.  $V_{TOSS}$ <sup>4</sup>. A nagyméretű profílozott függőleges vezérsíkkal rendelkező gépek esetén a  $V_{TOSS}$  kisebb lehet a nem ilyen kialakítású gépekhez viszonyítva, mert a farokrotor teljesítmény igényét ez a kialakítás csökkenti. Ebben a sebességtartományban egy hajtóműhiba esetén csak a kényszerleszállás lehetősége marad. Pontosan ezért is írják elő az üzemeltetési szabályok, hogy vagy olyan eljárást kell követni, amellyel pontosan a felszállás helyére vissza lehet szállni (1. ábra), vagy lenni kell egy viszonylag nagyobb kiterjedésű sík területnek, amely biztosítja a felgyorsulást  $V_{TOSS}$  értékre illetve onnan a lelassítást és a leszállást annak a veszélye nélkül, hogy a légi-jármű súlyosan megsérülne (2. ábra).

Clear Area take – off



1. ábra Felszállás tiszta területről [1]

Helipad take-off



2. ábra Felszállás „helipad”-ról [1]

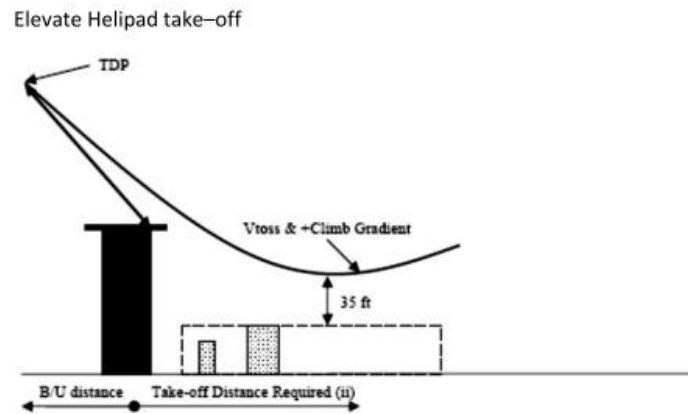
Az ábrákból látható, hogy minden esetben meghatározható egy pont a TDP<sup>5</sup> amely elérése után a helikopternek van annyi helyzeti energiája amelynek egy része teljesítmény csökkenés esetén mozgási energiává alakítható, biztosítva ezzel a  $V_{TOSS}$  elérését és az akadálymentességet. Repülésvégrehajtási és teljesítmény szempontból a „helipad” eljárás a nehezebb – széllal szemben,

<sup>3</sup>  $V_{NE}$ : Never Exceed Speed – Az a műszer szerinti repülési sebesség, melynél nagyobbat nem lehet kirepülni stabilitási és szilárdsági okokból.

<sup>4</sup>  $V_{TOSS}$ : Take-off Safety Speed – Az a műszer szerinti repülési sebesség, melynél a szükséges teljesítmény már akkora, hogy egy hajtómű által biztosított rendelkezésre álló teljesítménnyel a repülés biztonságosan folytatható.

<sup>5</sup> TDP: Take-off Decision Point – Felszállási elhatározási pont. Az a pozíció, amely elérése után a helikopter már képes hajtóműhiba esetén felgyorsulni  $V_{TOSS}$  sebességre. E pont előtt csak a kényszerleszállás lehetséges.

hátra tolatva ( $B/U^6$ ) kell elérni a TDP-t – és általában ez az eljárás azonos körülmények ( $H_p^7$ ,  $OAT^8$ ) esetén csak kisebb felszállótömeggel hajtható végre a tiszta területhez képest. Az eljárás előnye az, hogy a helikoptert ugyan arra az előkészített felületre kell visszavezetni ahonnan felszállt, ellentétben a tiszta terület pl. teherbírás miatti inhomogenitásával. A „helipad” eljárás további előnye a tiszta területtel szemben a nagyságrenddel kisebb helyigény, ami az esetek jó részében csak ezt az eljárást teszi lehetővé, különös tekintettel arra, hogy a helyből le és felszálló képességet alapvetően ilyen helyeken szükséges alkalmazni, nem nagy kiterjedésű sík területeken, netán repülőtereken. A „helipad” eljárás egyik alváltozata a megemelt „helipad” eljárás (3. ábra), amely egy kicsit nagyobb potenciális energia átalakítását teszi lehetővé tekintettel arra, hogy az indulási magasság alá lehet „merülni”. Ezért azonos körülmények között a két előző eljárás által korlátozott felszállótömeg értékek közé eső értékek adódnak. Ennél az eljárásnál komoly kérdés az, hogy a gép mennyivel fogja elkerülni a felszállóhelyet és mennyivel fog a felszállóhely szintje alá süllyedni. Általában ahol ilyen eljárásra van szükség, ott a magas épületek tereptárgyak miatt a szél hatását nehéz előre figyelembe venni. Ezekben a helyeken rendszerint csak előre kidolgozott be és kirepülési útvonalak vannak, amelyek nem feltétlenül felelnek meg az aktuális szél irányának, illetve a magas akadályok számottevő turbulenciát is okoznak.



3. ábra Felszállás megemelt „helipad”-ról [1]

## A RENDELKEZÉSRE ÁLLÓ ADATOK ÉS MÓDSZEREK

A gyártóknak meg kell felelniük a típusalkalmassági előírásoknak (pl. CS-29<sup>9</sup> „A” kategória szükséges az 1. teljesítmény osztályban való üzemeltethetőséghez), ahol a megfelelés igazolására többek között teljesítmény adatokat kell prezentálniuk a gyártóknak ezekhez a repülésvégrehajtási eljárásokhoz. Ezeknek az eljárásoknak az a lényege, hogy az adott körülmények között ( $H_p$ ;  $OAT$ , szél, akadályok) megadják az adott eljáráshoz tartozó teljesítmény által korlátozott felszállótömeget ( $PLTOM^{10}$ ). Természetesen a leszálláshoz is tartoznak eljárások és a hozzájuk

<sup>6</sup> B/U: Back-up – Az emelkedve tolatás során hátrafelé megtett távolság. Feltétlenül meg kell határozni, mert az akadálymentesség szempontjából nagyon lényeges terület, hiszen a pilóta látóteréből kiesik.

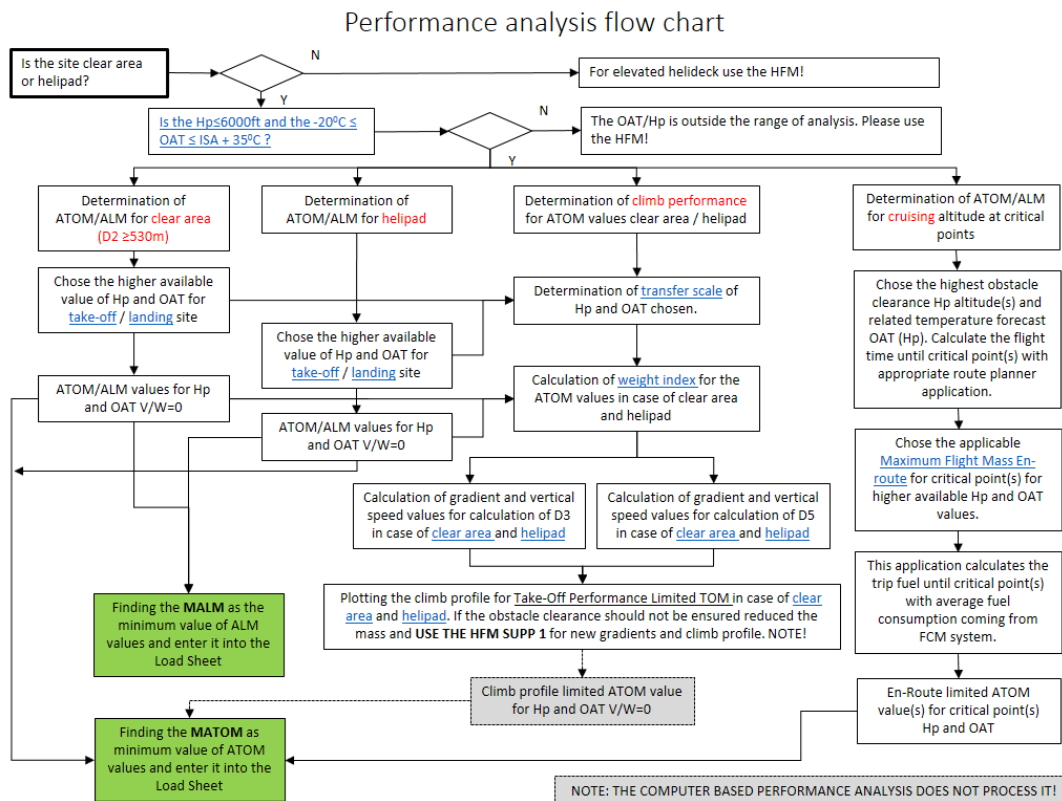
<sup>7</sup>  $H_p$ : Nyomásmagasság. Az adott felszállóhely közepes tengerszintre átszámított magassága.

<sup>8</sup>  $OAT$ : Outside Air Temperature – Külső léghőmérséklet. Az adott felszállóhelyen a levegő hőmérséklete.

<sup>9</sup> CS-29: Certification Specification – Large Rotorcraft. Nagy helikopterekre\* vonatkozó típusalkalmassági előírás. (\*Bármely több hajtóműves és  $MTOM \geq 3175$  kg, és vagy 9 utasüléknél nagyobb befogadó képességű helikopter).

<sup>10</sup>  $PLTOM$ : Performance Limited Take-Off Mass. Teljesítmény által korlátozott felszállótömeg.

tartozó adatok is. Valamennyi eljárásban közös, hogy definiálva van egy pont az LDP<sup>11</sup> de jellemzően a PLLM<sup>12</sup> nagyobb vagy egyenlő, mint a PLTOM azonos körülmények között a kedvezőbb energetikai helyzet miatt. Ugyanis az LDP-nél még van valamennyi potenciális és számottevő mozgási energia, ugyanakkor a teljes felszálló teljesítményre itt még nincs szükség, hiszen süllyednie kell a gépnek. A teljes teljesítményre csak a tengelyirányú átáramlásra átállás után van szükség. Több hajtóműves gépek esetén az egy hajtóművel tartandó utazómagasság által korlátozott tömeg meghatározásához is kell rendelkezni adatokkal és módszerekkel. Ezek az adatok a típusalkalmassági berepülések során végzett nagy mennyiségű mérések eredményein alapuló diagramok formájában állnak rendelkezésre a HFM<sup>13</sup>-ben. A 4. ábra az AS 365N3 típusú helikopter teljesítmény számítási blokkvázlatát mutatja.



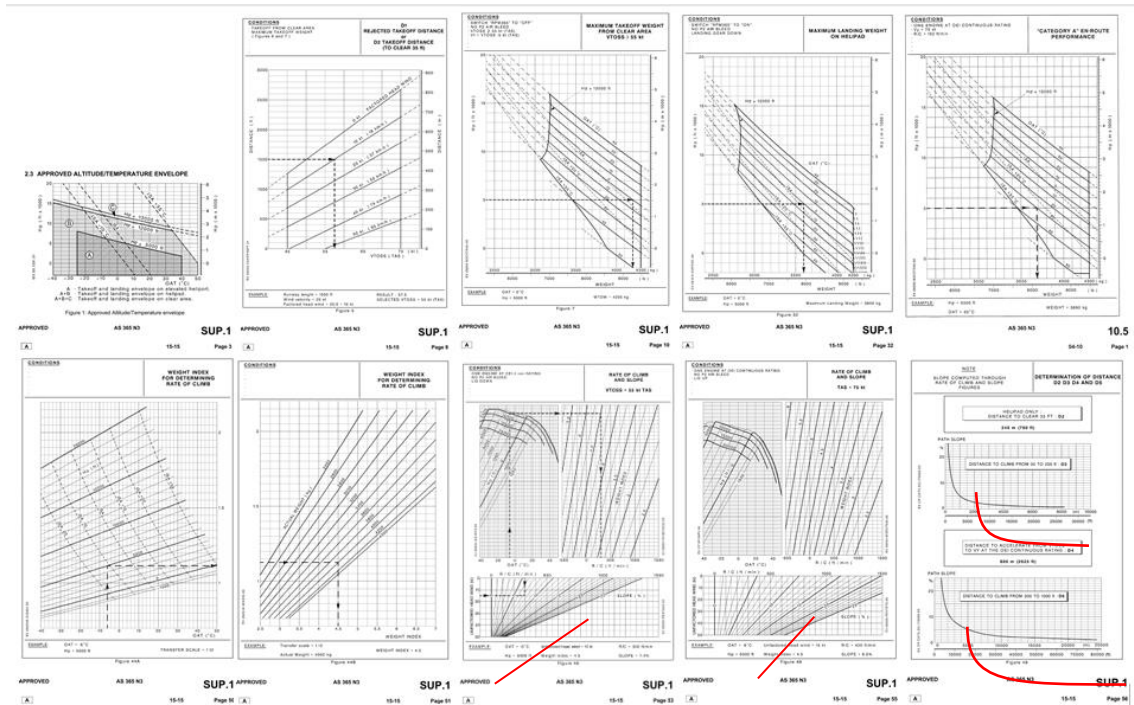
4. ábra Teljesítmény analízis blokkvázlat [2]

Ha például egy tiszta területen való felszállás után szükség van az emelkedési profil ismeretére, majd az útvonali magasságkövetelménynek meg akarunk felelni és végül végrehajtunk egy leszállást „helipad”-ra, akkor nem kevesebb, mint 10 diagramot kell használni és pl. az útvonali diagramot akár többször is.

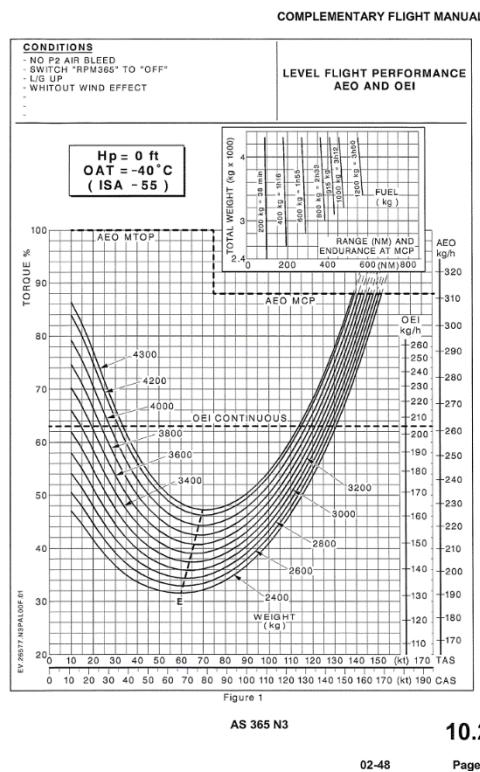
<sup>11</sup> LDP: Landing Decision Point – Leszállási elhatározási pont. E pozícióban a helikopter sebessége  $V_{TOSS}$  adott távolságban és 50 ft magasságban a leszállóhelytől. Itt még lehetséges az ártartolás. E pozícióban túl süllyedve és a leszálláshoz lassítva egy hajtóműhiba esetén a gép már csak befejezni tudja a leszállást.

<sup>12</sup> PLLM: Performance Limited Landing Mass. Teljesítmény által korlátozott leszállótömeg.

<sup>13</sup> HFM: Helicopter Flight Manual. Helikopter repülési kézikönyv.



5. ábra Teljesítménydiagramok PLTOM/PLLM meghatározásához [3]



6. ábra Utazóteljesítmény diagram [3]

A HFM 1. kiegészítése tartalmazza az 1. teljesítményosztályú üzemeltetéshez szükséges eljárásokat és adatokat (22 diagram) mindhárom lehetséges (1–3. ábrák) felszállási formára. A leírás és az adathalmaz teljes, de a mai felgyorsult világunkban ennek a mindennapi használata gyakorlatilag lehetetlen. Nem is beszélve arról, hogy sok esetben hasonló metodikája van az

üzemanyag számításnak is. A 6. ábrán látható diagramtípusból 24 darab áll rendelkezésre különböző OAT és  $H_p$  értékekre. Ráadásul hatótávolság (Range) és légbentartózkodási idő (Endurance) nyerhető ki piros keretben látható görbékből, a gép súlyának és a betankolt üzemanyag mennyiség függvényében. Ami a gyors használatot illeti ez a módszer szintén problémás, különös tekintettel arra, ha a napjainkban már elterjedt navigációs tervező alkalmazásokat használunk a tervezéshez. Oda ugyanis alapvetően egy óránkénti üzemanyagfogyasztás érték szükséges. Felmerül tehát a kérdés, hogy a napjainkban olcsón rendelkezésre álló hordozható számítógépeken remekül futó navigációs alkalmazások kiegészítéseként meg lehetne-e oldani a teljesítmény analízist, és mivel a PLTOM értékek is meghatározásra kerülnek a tömeg és kiengensúlyozási számítás is? Erre a kérdésre próbálok meg választ adni a következő fejezetben.

### AZ ALKALMAZÁS

Az alkalmazással szembeni alapkövetelmény, hogy semmilyen formában nem térhet el a HFM-ben leírt módszertől és adatoktól és a végeredményül kapott értékeknek pontosan meg kell egyezniük a HFM-ből nyerhetőkkal. Gyakori alkalmazás, hogy egyes diagramok helyett táblázatot használnak, mely táblázat az üzemeltetés szempontjából megfelelő finomsággal kiválasztott  $H_p$  és OAT értékekkel és egyszerűsítésekkel (pl. szélcsend feltételezése, meghagyva, hogy minden le és felszállás széllel szemben történjen) kiszerezett eredményeket tartalmaz. Ezek használata már sokkal egyszerűbb és gyorsabb – akár repülés közben is lehetséges. Itt meg kell jegyezni, hogy amennyiben valamelyik bemenő jellemző a rendelkezésre álló értékek közé esik, akkor vagy a magasabb, tehát korlátozóbb érték felé kell eltérni, avagy interpolálni kell, amely azonban újabb számolási tételt jelent. Egy útvonallal kapcsolatos a felszállásra, az útvonalra (itt akár több korlátozó hely is lehet) és a leszállásra is kell használnunk egy-egy táblázatot, amely szintén további hibalehetőséget hordoz magában. Tehát célszerű lenne az egészet egyben kezelni. Ennek az alkalmazásnak a lényege, hogy a különböző repülésvégrehajtási módokhoz és repülési fázisokhoz előre meghatározott értéktáblázatokat egyben kezeli és határozza meg a legalacsonyabb PLTOM értéket a MATOM<sup>14</sup>-ot. Erre a célra a legkézenfekvőbbnek az MS-Excel program kínálkozott, melynek mobil eszközökön futó verziója is van.

#### Az alkalmazás elkészítésének lépései

1. Meg kell határozni az alkalmazás korlátozásait és specifikációit, pl.:
  - 1.1. Az alkalmazás szélcsendet feltételez;
  - 1.2. Csak tiszta területre és „helipad”-ra vonatkozó repülési eljárásokhoz lett kidolgozva;
  - 1.3. Az alkalmazás maximális magassága (6000 ft) és szélső hőmérséklet értékei  $-20-(+50)^\circ\text{C}$ ;
  - 1.4.  $IAS^{15} = TAS^{16}$  feltételezéssel élünk, hogy ne kelljen átszámolni a TAS-ban kifejezett állandó  $V_{TOSS}$  értékét IAS értékre. Ezzel a biztonság felé térünk el és a maximális magasságban is 5 KIAS értékű az eltérés (pl. 40 KIAS<sup>17</sup> helyett 45 KIAS-t kell tartani a pilótának);

---

<sup>14</sup> MATOM: Maximum Allowable Take-Off Mass. Maximálisan megengedhető felszállótömeg.

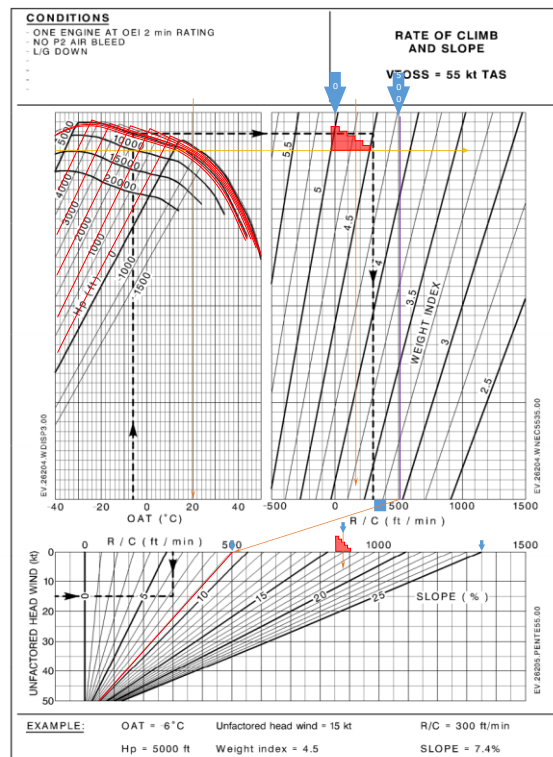
<sup>15</sup> IAS: Indicated Airspeed. Műszer szerinti sebesség.

<sup>16</sup> TAS: True Airspeed. Valós légsebesség.

<sup>17</sup> KIAS: Knots Indicated Airspeed. Csomóban kifejezett műszer szerinti sebesség.

1.5. LDRH<sup>18</sup> kalkuláció nincs külön, mert rövidebb távolság-szükséglet adódik, mint felszálláskor (TODRH<sup>19</sup>) és minden helyről fel is kell szállni.

2. El kell végezni az adattáblák meghatározását:



APPROVED AS 365 N3 SUP.1  
 A 15-15 Page 53

7. ábra Emelkedési teljesítmény diagram [3]

Minden értéket ki kell szerkeszteni a HFM-nek megfelelően. Ez hatalmas munkának bizonyult. Az MS Power Point-ot használtam a szerkesztésekhez, mert az elektronikusan rendelkezésre álló diagramokat ide áthelyezve tetszőlegesen felnagyítva sokkal pontosabb szerkesztések érhetők el (7. ábra) egy A5 formátumú diagram kézi szerkesztéséhez képest. Ezen túl valamennyi eredmény és annak szerkesztése a pontos visszakövethetőség végett szintén belekerült ebbe a ppt dokumentumba. Ott ahol lehetséges volt egyszerű függvénykapcsolatot találni pl. 7. ábrán látható diagram R/C<sup>20</sup> értékei és a  $\gamma$  emelkedési gradiens között ott a szerkesztések helyett természetesen ezt alkalmaztam (1. táblázat)

Gradient calculation with R/C		
R/C (ft/min)	$\gamma$ (%)	Tangent value
225	5	0,022222
450	10	0,022222
1105	25	0,022624

1. táblázat  $\gamma = f(R/C)$  [2]

<sup>18</sup> LDRH: Landing Distance Required Helicopter. A helikopternek 50ft magasságról a teljes megállásig szükséges leszállási távolsága.

<sup>19</sup> TODRH: Take-Off Distance Required Helicopter. A helikopternek szükséges felszállási távolság.

<sup>20</sup> R/C: Rate of Climb. Emelkedési sebesség (varió).

A munka eredményeként 12 db a 2. táblázathoz hasonló adattábla jött létre és 4 függvénykapcsolat (5. ábra pirossal jelölt görbéi).

ATOM Clear area		VTOSS=55 KIAS				V1=50KIAS				Vy=75KIAS				Based of							
RPM365 OFF		RTODAH/TODAH ≥ 530m																			
No P2 air bleed		Wind:0																			
H <sub>p</sub> / °C	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	22	25	27	30	32	35	37	40	42	45		
0	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4230	4150	4060		
200ft	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4270	4190	4120	4020	
500ft	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4270	4220	4140	4080	3980
1000ft	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4260	4190	4140	4070	3990	3900	
1500ft	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4290	4230	4170	4110	4070	3990	3910	3820	
2000ft	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4240	4210	4150	4100	4030	3990	3910	3830	3760	
2500ft	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4270	4220	4170	4130	4070	4020	3960	3900	3830	3770	OAT Limit		
3000ft	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4280	4180	4130	4090	4050	3990	3930	3880	3820	3760	3690	OAT Limit		
3500ft	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4280	4180	4110	4070	4010	3980	3910	3870	3790	3740	3680	3610	OAT Limit	
4000ft	4300	4300	4300	4300	4300	4280	4190	4110	4020	3990	3930	3900	3830	3790	3720	3680	3610	OAT Limit	OAT Limit		
4500ft	4300	4300	4300	4300	4280	4200	4120	4030	3960	3910	3860	3820	3770	3720	3640	3600	3530	OAT Limit	OAT Limit		
5000ft	4300	4300	4300	4290	4280	4200	4120	4030	3960	3880	3830	3780	3740	3690	3640	3580	3530	OAT Limit	OAT Limit	OAT Limit	
5500ft	4300	4300	4290	4210	4120	4040	3970	3880	3800	3770	3710	3670	3620	3570	3500	3460	OAT Limit	OAT Limit	OAT Limit		
6000ft	4300	4290	4210	4120	4040	3970	3880	3810	3720	3680	3630	3610	3540	3490	3430	3390	OAT Limit	OAT Limit	OAT Limit		

2. táblázat ATOM<sup>21</sup> tiszta terület [2]

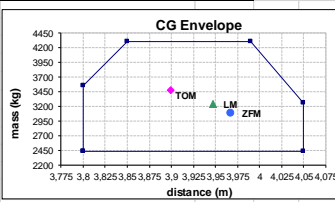
**AS 365 N3 Loadsheet**  
(Revision 0 Edited by TM/GHM; 09.12.2016)

Registration: HA-BGA      SN:6786      Enter loads on their location!

\*CHK the latest Weighing Record Sheet in the HFM Section 6 of W&B Manual!

Enter green fields only!

	mass (kg)	arm (m)	Moment
<b>Basic Empty Mass (EEM as per HFM)*</b>	<b>2897,9</b>	<b>4,092</b>	<b>11858</b>
Pilots (Max: 180 kg)	180	1,97	355
6 seats COMFORT - 3 pax front	0	2,86	0
layout (Max: 720kg) - 3 pax rear	0	4,18	0
Luggage (B3) (Max 200 kg)	0	5,29	0
FUEL A at Take-off (MAX: 573 LITER)	250		558
FUEL B at Take-off (MAX: 585 LITER)	250		771
Trip fuel (LITER: ρ=0,79 kg/L)	300		HFM 6.2
Estimated FUEL A at destination (L)	100		250
Estimated FUEL B at destination (L)	100		310
Take-off mass (TOM) and CG	3473	3,90	13542
Zero fuel mass (ZFM) and CG	3078	3,97	12213
Landing mass (LM) and CG	3236	3,95	12773
Underload (kg) (For LMC decision)	537		



**LIMITATIONS**

MZFM (Structural) (kg)	3998
MTOM/MLM (Structural) (kg)	4300
PLTOM (Performance CM B4)	4010
PLLM (Performance CM B4)	4300
<b>MATOM (Max Allowable TOM)</b>	<b>4010</b>

\*\*Max: 610kg/m<sup>2</sup>

\*\*Max: 295kg/m<sup>2</sup>

\*\*CHK cabin floor and cargo ring limits if used (HFM 6.2)!

Printable, when red warnings are disappeared, and mass indicator dots are within the envelope.

Pilot-In-Command: \_\_\_\_\_

Document made by: \_\_\_\_\_

Flight ID (HFL/No.): **301/1**

Date of flight: **1.17.2017**

Signature of P.I.C. \_\_\_\_\_  
In case of printed version only.

8. ábra Terhelési lap [2]

3. Le kell fektetni az alkalmazás számítási menetét (4. ábra), amelynek szigorúan igazodnia kell a HFM-hez és az üzemeltetési szabályokhoz. Az alkalmazás az alábbi módon működik:

3.1. Meg kell nyitni a pilótának az Excel dokumentumot, amelyben csak a beviteli mezőkbe lehet írni, a teljes dokumentum védett. A dokumentumban 5 munkalap van:

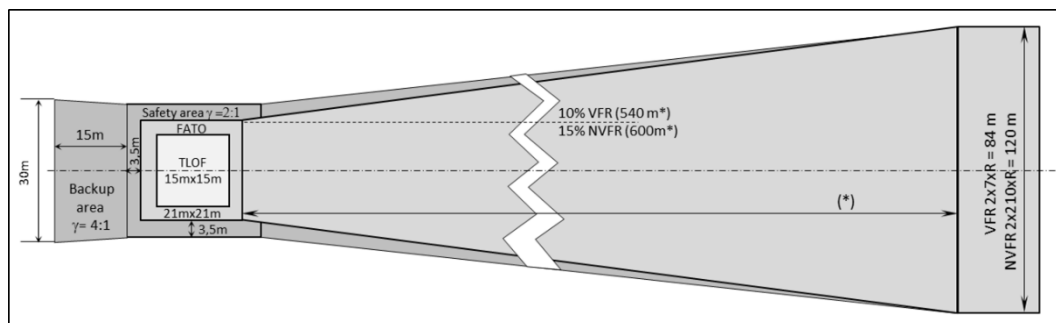
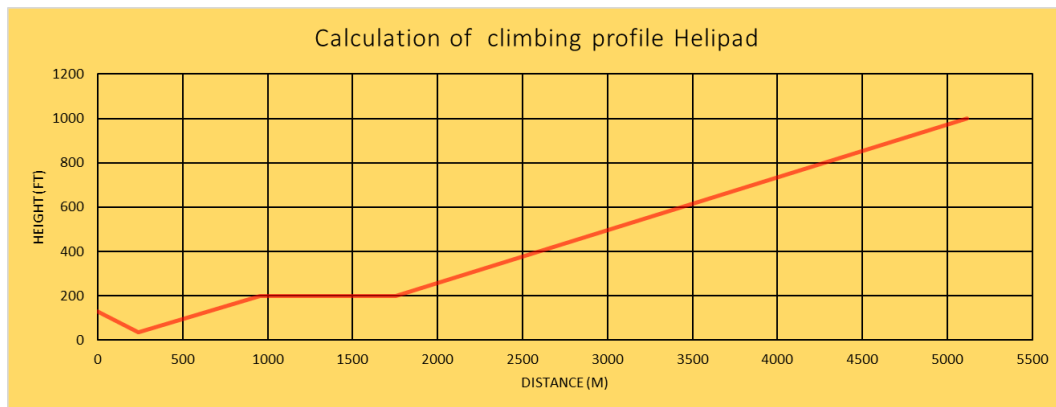
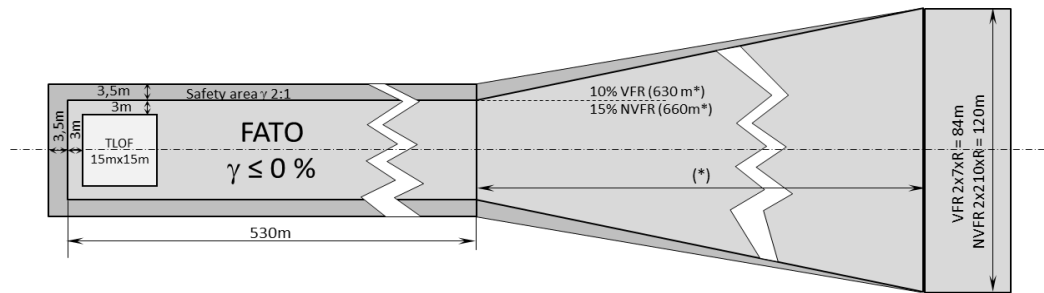
Egy terhelési lap: A feltüntetett adatmennyiség tekintetében megfelel a kereskedelmi légi-szállítás követelményeinek. Valamennyi helyről ide érkeznek az ATOM értékek, itt kerül kiválasztásra közülük a legkisebb érték és a helikopter BEM<sup>22</sup> és a szükséges üzemanyagmennyiség segítségével itt kerül kiszámításra az ATL<sup>23</sup> érték, segítve a pilótát a forgalmi

<sup>21</sup> ATOM: Allowable Take-Off Mass. Megengedhető felszállótömeg, a PLTOM és az MTOM közül a kisebb.

<sup>22</sup> BEM: Basic Empty Mass. Alap üres tömeg (a számítás alapja). A feladatra felszerelt helikopter száraz tömege.

<sup>23</sup> ATL: Allowable Traffic Load. Megengedhető forgalmi terhelés: Utasok, árú, csomag és nem kereskedelmi tételek is.





10. ábra Emelkedési profilok [2]

3.1.5 Egy munkalap van az útvonali teljesítmény analízishez. Itt meg kell határozni azt a magasságot az útvonal kritikus pontjain, amelyet tartani kell tudni egy hajtóművel (pl. 5NM oldaltávolságon belüli legmagasabb akadály fölött és az oda előrejelzett hőmérsékletet alapján). Ez után meg kell adnia a pilótának például egy navigációs tervezési alkalmazás segítségével, hogy mennyi repült időre van az adott hely az indulástól. Ez után az alkalmazás a fogyasztáskövető rendszerből ismert átlagfogyasztás értékkel kiszámolja a kritikus hely eléréséig szükséges üzemanyag mennyiséget, amellyel meghatározza az adott kritikus hely szempontjából korlátozott ATOM értéket (11. ábra). Ebből a lehetőségből 5 db van beépítve, tehát 5 kritikus pont / hely kezelésére képes az alkalmazás. Mint látható drift down<sup>24</sup> számítására nem alkalmas az analízis. Ez után valamennyi ATOM érték közül meghatározásra kerül a legkisebb a terhelési lapon a 3.1.1 pontnak megfelelően.

<sup>24</sup> Drift down: Lesiklás. Annak számítása, hogyan kerül el az akadályokat a légijármű, miközben az utazómagasságról lesüllyed az egy hajtóművel már tartható magasságra.

1 <sup>st</sup> critical point	
H <sub>p</sub> necessary	4000 ft
OAT at H <sub>p</sub>	20 °C
ACM	4020 kg
Flight time	0,5 h, hh
Fuel necessary	143 kg
ATOM1**	4163 kg
*Please enter the green fields only!	
** Choose the ATOM or N/A as necessary!	

11. ábra Útvonali teljesítmény analízis [2]

Ha minden számítás kész az egész munkafüzetet el kell mentenie a pilótának az adott feladat azonosítójával (pl. az adott repülési lap sorainak száma) együtt a modil eszközön illetve fel kell töltenie a szervezet internetes tárhelyére és így az archiválási kötelezettség is könnyen megoldható.

## VALIDÁCIÓ ÉS HASZNÁLATBA VÉTEL

Amennyiben egy ilyen alkalmazást „hivatalosan” is használni akarunk először validálni kell, majd a használatba vétel után gondoskodni kell az időszakonkénti ellenőrzésekről. A validáció a reprezentatív mennyiség hagyományos módszerrel történő meghatározása és az alkalmazás által szolgáltatott értékek összehasonlítása alapján lehetséges. Jelenleg a szakhatóság állásfoglalása alapján eredménymátrixonként minimálisan 10 érték összehasonlítására van szükség (3. táblázat). Amennyiben az eltérések nem haladják meg az 0,5%-ot, akkor a módszer használható. Ellenőrizni kell egy próbaidőszakban az alkalmazás előírt működését, funkcióinak helyességét is (minimumkeresés, figyelmeztető funkciók, védelem stb.).

EN-ROUTE Performance Vy=75Kt; R/C=150"/min			
Hp C°	Value	CHK valeu	Differance%
1500 0	4300	4300	0,00%
1500 35	4230	4230	0,00%
1500 40	3990	3995	0,13%
3500 10	4280	4275	-0,12%
3500 20	4110	4110	0,00%
3500 30	3920	3925	0,13%
3500 40	3690	3690	0,00%
4500 0	4290	4290	0,00%
4500 10	4120	4125	0,12%
4500 20	3960	3970	0,25%
4500 30	3770	3770	0,00%
4500 40	3550	3550	0,00%

2. táblázat Összehasonlító táblázat [4]

A módszer időszakonkénti ellenőrzését indokolja, hogy a kiindulási adatbázis változhat (pl. cserelapozzák a HFM-et), változhatnak az üzemanyag fogyasztás adatok, változhat a BEM és a hozzá tartozó súlyponthelyzet stb. Ezért a teljes ellenőrzést félévente – az FCMS frissítéshez igazítva – tervezzük végrehajtani egy előre kidolgozott 28 kérdést tartalmazó lista alapján. Az ellenőrzések szerves részét képezik az éves minőségügyi felülvizsgálati tervnek. Külön rendelkezés, hogy a rendszer használata során történő rendellenes működéséről a repülésbiztonsági vezetőt is értesíteni kell.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] GM1 CAT.POL.H.205(b)(4) Take-off. Annex to ED Decision 2014/015/R (24.04.2014)
- [2] Dr. Szilágyi Dénes Class 1 Performance analysis HA-BGA AS365 N3 ppt dokumentum 2017.01.25
- [3] Airbus Helicopters AS 365 N3 HFM Supplement 1 2016.12.09
- [4] Pálóczy Béla Validation CHK of Performance analysis application for AS 365N3 S/N 6786. 2017.01.30

---

### COMPUTER BASED PERFORMANCE ANALYSIS FOR HELICOPTER OPERATION IN PERFORMANCE CLASS 1

*In our recent accelerated and information abundance world fast processing of information is a key opportunity. The situation is same in case of flight planning also. Applications managing the navigation and performance databases together have decade of history in case of large aeroplanes and are available on board too (FMCS<sup>25</sup>). Manufacturers of small aircrafts having less production number generally do not supply such solutions. This is particularly the case at the helicopters. This paper describes a performance analysis application developed for multi-engine helicopter which is well usable in addition to the increasingly fine cloud-based navigation applications also.*

**Keywords:** Performance analysis, helicopter, performance class 1, engine failure, obstacle clearance, climbing profile, performance limited mass

---

---

Dr. Szilágyi Dénes (PhD)  
főiskolai docens  
Nyíregyházi Egyetem  
Közlekedéstudományi és Infotechnológiai Tanszék  
szilagyi.denes@nye.hu  
<http://mmfk.nyf.hu/kit/index.htm>  
[orcid.org/0000-0001-6055-0010](http://orcid.org/0000-0001-6055-0010)

---

Dénes Szilágyi (PhD)  
college associate professor  
University of Nyíregyháza  
Department of Transportation and Infotechnology  
szilagyi.denes@nye.hu  
<http://mmfk.nyf.hu/kit/index.htm>  
[orcid.org/0000-0001-6055-0010](http://orcid.org/0000-0001-6055-0010)

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017\\_1/2017-1-09-0367\\_Szilagyi\\_Denes.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_1/2017-1-09-0367_Szilagyi_Denes.pdf)

---

<sup>25</sup> FMCS: Flight Management Computer System