

Optimizacija procesa uravnoteženja i opterećenja zrakoplova

Bošnjak, Antonio

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:953000>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-24**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PRIMETNIH ZNANOSTI

Antonio Bošnjak

**OPTIMIZACIJA PROCESA URAVNOTEŽENJA I
OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 20. ožujka 2019.

Zavod: **Zavod za zračni promet**
Predmet: **Osnove tehnike zračnog prometa**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 5015


Pristupnik: **Antonio Bošnjak (0135240458)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Zračni promet**

Zadatak: **Optimizacija procesa uravnoteženja i opterećenja zrakoplova**

Opis zadatka:

U radu je potrebno definirati ključne parametre koji se koriste kod uravnoteženja i opterećenja zrakoplova te dokumentaciju koja je potrebna da se kvalitetni izračun uravnoteženja i opterećenja zrakoplova realizira. Nadalje, potrebno je analizirati procese koji se odvijaju tijekom uravnoteženja i opterećenja zrakoplova s ciljem optimizacije istih kako bi se povećala sigurnosti tijekom izračuna mase zrakoplova i pozicije centra težišta.

Mentor:



doc. dr. sc. Igor Štimac

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PRMETNIH ZNANOSTI

ZAVRŠNI RAD

**OPTIMIZACIJA PROCESA URAVNOTEŽENJA I
OPTEREĆENJA ZRAKOPLOVA**

**OPTIMIZATION OF AIRCRAFT WEIGHT AND
BALANCE PROCESS**

Mentor: Doc. dr. sc. Igor Štimac

Student: Antonio Bošnjak

JMBAG: 0135240458

Zagreb, rujan 2019.

SAŽETAK

U ovom završnom radu koji obuhvaća sve ključne elemente vezane za proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova, obrađeni su i objašnjeni isti kako bi se što bolje približila problematika procesa uravnoteženja i opterećenja na Zračnoj luci Franjo Tuđman. Nakon uvoda u završni rad ukratko su objašnjeni osnovni parametri za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova, gdje su spomenute mase bitne za opterećenje zrakoplova kao i centar težišta tj. gravitacije. U nastavku je opisan vremenski tijek distribucije podataka te i sami podaci odnosno dokumenti, poslani od strane osoblja koje radi na zračnoj luci, a koji su potrebni osoblju za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova da bi mogli izraditi listu opterećenja i uravnoteženja zrakoplova. Na kraju rada, uz prethodni prikaz postojećeg stanja procesa na Zračnoj luci Franjo Tuđman, iznijet je prijedlog optimizacije u svrhu poboljšanja procesa.

Ključne riječi: proces uravnoteženja i opterećenja, osnovni parametri, postojeće stanje, prijedlog optimizacije

SUMMARY

In this final work, which covers all the key elements related to the balancing process and the aircraft load, they are processed and explained the same in order to get closer to balancing and load balancing problems at the Franjo Tuđman Airport. After the introduction to the final work, the basic parameters for balancing and loading of the aircraft are briefly explained, where these masses are important for aircraft load as well as center of gravity. Below is a description of the timing of the data distribution as well as the data or documents sent by staff working at the airport that are required by the aircraft balancing and load crew to produce a list of airborne loading and balancing. At the end of the work, with a preview of the current state of the process at Franjo Tuđman airport, there is a proposal of optimization for the purpose of improving the process.

Key words: Balancing and Load Balancing Process, Basic Parameters, Existing state of Balance, Optimization Proposal

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Osnovni parametri za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova	2
2.1 Sile i momenti koji djeluju na zrakoplov.....	2
2.2 Centar težišta zrakoplova.....	4
2.3 Mase zrakoplova	6
2.3.1 Konstrukcijske (maksimalne) mase	7
2.3.2 Stvarne mase zrakoplova	8
2.3.3 Operativne mase zrakoplova	9
2.3.4 Maksimalno dopuštene reducirane mase zrakoplova.....	9
3. Dokumentacija potrebna za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova	11
3.1 Putnički manifest.....	12
3.2 Robni manifest	13
3.3 Teretni list.....	14
3.4 NOTOC - Notification to Captain.....	17
3.5 Uputa za ukrcaj tereta i robe	18
3.6 Lista uravnoteženja i opterećenja	20
3.7 Izvještaj o prtljazi iz sortirnice.....	27
3.8 Dokument o potrebnom gorivu	28
4. Prikaz postojećeg procesa uravnoteženja i opterećenja zrakoplova na zračnoj luci Franjo Tuđman	29
5. Optimizacija procesa uravnoteženja i opterećenja zrakoplova	36
5.1 Prijedlozi za optimizaciju procesa uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.....	37
5.2 Raspodjela posla	41
5.3 Ostali sustavi za uravnoteženje i opterećenje	41
6. Zaključak	42
LITERATURA	44
POPIS SLIKA	46
POPIS TABLICA	47
POPIS KRATICA	48

1. Uvod

Zračni promet je sam po sebi globalan, ima složenu interakciju između država, proizvođača, operatora, procedura i tehničkih sustava, te kao takav mora zadovoljavati međunarodne standarde. Razvoj zračnog prometa je dugoročan proces, s obzirom na složene postupke usuglašavanja uvjeta i interesa, duge rokove realizacije, velika financijska ulaganja u infrastrukturu i prijevozne kapacitete te trajnost učinaka realiziranih pothvata.

Uravnoteženje i opterećenje zrakoplova najvažniji je čimbenik u održavanju sigurnog odvijanja zračnog prometa. Zračni promet najmlađa je grana prometa, koja se počela naglo razvijati pedesetih godina prošlog stoljeća, te se iz godine u godinu potražnja za istim znatno povećava zbog čega dolazi do zagušenja na zračnim putovima.

Uz upoznavanje sa dokumentima i raznim informacijama potrebnim za sigurnu izradu liste uravnoteženja i opterećenja, svrha ovog završnog rada je optimizirati i poboljšati proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.

Zbog važnosti izrade plana utovara i liste uravnoteženja i opterećenja, ovaj posao vrši pritisak zaposlenicima koji ga obavljaju. Ne samo da je važno izraditi listu točno i precizno, već brzo i efikasno, kako ne bi došlo do kašnjenja procesa prihvata i otpreme zrakoplova.

Svaka kompanija teži poboljšanju radne okoline, tako i zračne luke. Optimizacija nekog sustava ili uređaja olakšava rad zaposlenicima, a samim time i povećava njegovu sigurnost. Tako uredi za uravnoteženje i opterećenje trebaju unaprijediti svoje sustave i procese kako bi korisnici mogli što bolje iskoristiti njihove mogućnosti. Cilj je da sustav radi što brže, sigurnije i efikasnije uz minimalne napore radnika. Na Zračnoj luci Franjo Tuđman to nije slučaj. Zaposlenici koriste preveliki broj računalnih programa, gube vrijeme na otvaranje sučelja svakog od njih, prebacivanje radnih naredba iz jednog u drugi program, a sve to bi se moglo zamijeniti jednim programom.

2. Osnovni parametri za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova

Kretanje zrakoplova u prostoru može se opisati na razne načine. Ukoliko zrakoplov treba učiniti zaokret, što znači promijeniti pravac brzine u toj ravnini, oni to ostvaruju vektorskom razlikom sile uzgona i težine, odnosno jedan dio sile uzgona služi za kompenzaciju težine, a drugi za promjenu pravca vektora brzine.

Ravnoteža tijekom leta ostvaruje se na način da su momenti koji djeluju oko središta mase letjelice u ravnoteži, tj. da im je rezultirajući moment jednak nuli.

Zbog sila i momenata koji djeluju na konstrukciju zrakoplova, uzrokujući mu napone i deformacije strukturalnih dijelova, dolazi do opterećenja zrakoplova zbog čega može doći do oštećenja i lomova konstrukcije.¹

2.1 Sile i momenti koji djeluju na zrakoplov

Na zrakoplov u horizontalnom letu djeluju sljedeće četiri sile:

1. sila uzgona,
2. sila otpora,
3. potisna ili vučna sila
4. gravitacijska sila tj. sila mase zrakoplova.

Sila uzgona nastaje pomoću krila, zato se i kaže da su krila nosiva površina. Čestice zraka putuju brže na gornjoj površini krila nego na donjoj, te time stvaraju razliku u tlakovima. Ti tlakovi se pokušavaju izjednačiti, čime se stvara sila uzgona koja nastoji krilo pomaknuti prema gore. Silom uzgona poništava se težina zrakoplova.

Ono što zrakoplov vuče prema dolje je njegova vlastita težina koja predstavlja ukupnu masu zrakoplova te odgovara gravitacijskoj sili zemljine teže. Suprotno od težine zrakoplova je sila uzgona.

Sila otpora nastaje strujanjem viskoznih fluida oko trupa zrakoplova. Postoje dvije vrste otpora: otpor trenja i otpor oblika. Zajedno ta dva otpora tvore otpor profila.

Pogonska sila zrakoplova, klipni motor s elisom ili mlazni motor, stvaraju vučne, odnosno potisne sile koje svladavaju silu otpora zrakoplova.²

¹ https://www.fsb.unizg.hr/aero/images/books/07_Ravnoteznilet.pdf

² Vidović, A. : Nastavni materijali, Kolegij „Osnove tehnike u zračnom prometu“, Fakultet prometnih znanosti u Zagrebu, Zagreb, 2018.



Slika 1. Djelovanje aerodinamičkih sila na zrakoplov

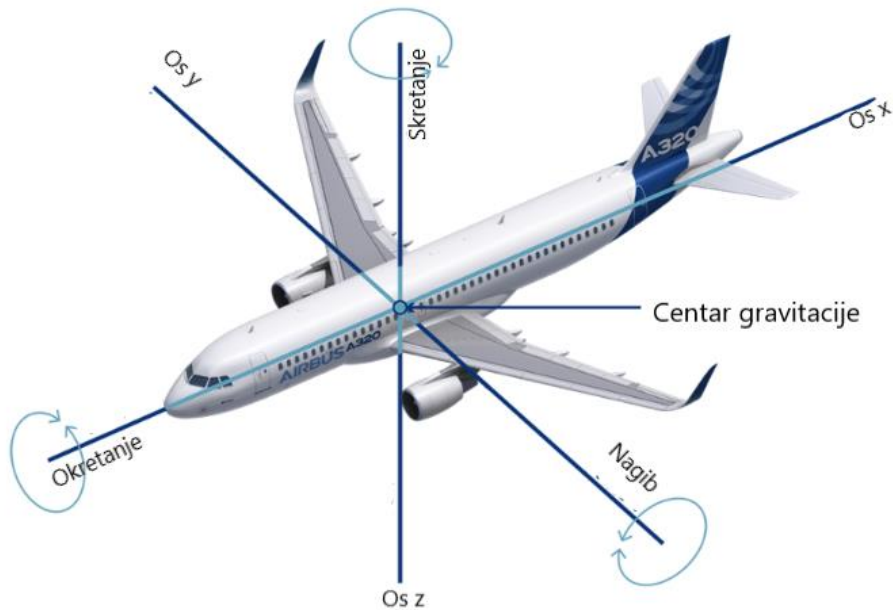
Izvor: [8]

Ovisno oko koje osi se stvara sila, na zrakoplov mogu djelovati nekoliko momenata. Moment je sprega sile i kraka koji se obično izražavaju u funtama-inča (lb-in) i mogu biti pozitivni ili negativni. Zamisljena linija koja prolazi uzduž zrakoplova, od nosa do repa, naziva se os X. Os Y je zamisljena linija koja prolazi duž raspona krila, od jednog vrha krila do drugog. Dok os Z prolazi okomito kroz zrakoplov. Momenti i osi zrakoplova su prikazani na slici br.2.

Gledajući smjer kretanja kazaljke na satu, pozitivan moment je onaj koji djeluje u smjeru kazaljke na satu, odnosno takozvani moment podizanja. Moment poniranja je negativan moment zbog toga što djeluje u suprotnom smjeru od onog u kojem se kreće kazaljka na satu. Kako bi zrakoplov bio u ravnoteži i siguran za let, zbroj svih momenata, pozitivnih i negativnih, trebao bi biti jednak nuli.

Problemi težine i ravnoteže temelje se na fizičkom zakonu poluge. Ovaj zakon navodi da je poluga uravnotežena kada je težina s jedne strane osi (točka okretanja poluge) pomnožen s rukom jednak je težini na suprotnoj strani strana umnožena rukom. Drugim riječima, poluga je uravnotežena kada je zbroj momenata oko osi jednak nuli. To je stanje u kojem pozitivni momenti (oni koji pokušavaju zakrenuti ručicu u smjeru kazaljke na satu) su jednaki negativnim momentima (onima koji pokušavaju rotirati u suprotnom smjeru). Kod zrakoplova, točka ravnoteže naziva se centrom gravitacije (CG).³

³ U.S. Department of Transportation : Aircraft Weight and Balance Handbook, 2016



Slika 2. Momenti oko osi zrakoplova

Izvor: [9]

2.2 Centar težišta zrakoplova

Kontrola balansa odnosi se na lokaciju centra gravitacije (CG) zrakoplova. To je od primarne važnosti za stabilnost zrakoplova, što je glavni faktor u sigurnosti leta. Zrakoplovu se tijekom eksploatacije kontinuirano mijenja položaj težišta, kako u letu tako i na zemlji. U letu je to uglavnom zbog potrošnje goriva i kretanja posade i putnika. Kako se mijenja masa pojedine komponente, tako se i mijenja položaj centra težišta. Zrakoplovom u letu može upravljati pilot pomoću aerodinamičkih upravljačkih površina: zakrilca, pretkrilca, horizontalnih i vertikalnih stabilizatora. Kako kontrolne površine mijenjaju silu koju svaka površina stvara, zrakoplov se vrti oko točke koja se zove središte gravitacije. Težište je prosječno mjesto težine zrakoplova. Težina se zapravo raspoređuje po cijelom zrakoplovu, a za neke je probleme važno znati raspodjelu. No, za ukupno manevriranje zrakoplova, potrebno se brinuti samo o ukupnoj težini i položaju središta gravitacije.

Zrakoplov je kombinacija mnogih dijelova; krila, motori, trup i rep, plus teret i gorivo. Prema [14] svaki dio ima težinu povezanu s njom koju inženjer može procijeniti ili izračunati pomoću Newtonove jednadžbe težine (1):

$$W = m * g \quad (1)$$

gdje oznake imaju sljedeće značenje:

- w - težina
- m - masa
- g - gravitacijska konstanta

Prema [14] za određivanje težišta CG, odabiremo referentnu lokaciju ili referentnu liniju. CG se određuje u odnosu na ovu referentnu lokaciju. Ukupna težina zrakoplova je jednostavno zbroj svih pojedinačnih težina komponenti. Budući da je težište prosječno mjesto težine, možemo reći da je težina cijelog zrakoplova W pomnoženo sa mjestom CG gravitacijskog središta jednako zbroju težine w svake komponente koja je pomnožena sa udaljenosti d od komponenta s referentne lokacije, prema formuli (2):⁴

$$W * CG = [w * d] (\text{trup}) + [w * d] (\text{krilo}) + [w * d] (\text{motori}) + \dots \quad (2)$$

Gdje oznake imaju sljedeća značenja:

- w – težina
- CG – centar gravitacije
- d - udaljenost

Težište je težinski prosjek komponenti. Težište sustava određuje se u koordinatnom sustavu, u kojem se iskazuju položaji pojedinih težišta mase te materijalnih točaka za svaku težinu pojedinačno.⁵



Slika 3. Položaj centra gravitacije

Izvor: [8]

⁴ <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/acg.html>

⁵ <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/acg.html>

2.3 Mase zrakoplova

Postoji niz faktora koji vode do učinkovitog i sigurnog rada zrakoplova. Jedan od glavnih čimbenika za izradu točne liste uravnoteženja i opterećenja su i mase zrakoplova. Mase zrakoplova, sa kojima se susreće osoblje za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova, su podijeljene u tri skupine, a to su: konstrukcijske ili maksimalne mase, operativne i stvarne mase. Zbog pravilnog opterećenja i uravnoteženja, a i same sigurnosti, moraju se poštovati ograničenja koja su uvjetovana navedenim masama. Preopterećenje zrakoplova može stvoriti niz problema:

- Zrakoplovu je potrebna veća brzina polijetanja, što rezultira dužem uzlijetanju
- Brzina krstarenja je smanjena
- Smanjuju se brzina i kut uspona
- Prekomjerno opterećenje se postavlja na konstrukciju, osobito stajnog trapa.

To su samo neki od problema koji se mogu javiti kod preopterećenog zrakoplova, zato je važno provjeriti da li je zrakoplov „napunjen“ tako da može sigurno izvršiti let.

Prije nego li se zrakoplov pusti u korištenje, određuje se njegova masa, što znači da se mora vagati. Dvije osnovne vrste vaga koje se koriste za vaganje zrakoplova su platforma i ćelija opterećenja. Vaganjem zrakoplova određuje se nekoliko različitih masa zrakoplova bitnih za njegovu stabilnost i upravljivost. Kod balansiranja, jedna od važnijih masa je operativna masa praznog zrakoplova. Način vaganja zrakoplova prikazan je na slici br.4.⁶



Slika 4. Vaganje zrakoplova

Izvor: [10]

⁶ Vidović, A. : Nastavni materijali, Kolegij „Osnove tehnike u zračnom prometu“, Fakultet prometnih znanosti u Zagrebu, Zagreb, 2018.

2.3.1 Konstrukcijske (maksimalne) mase

Konstrukcijske mase zrakoplova određene su tj. definirane pri samom projektiranju zrakoplova. One su uvjetovane strukturalnom čvrstoćom u pojedinim fazama leta korištenja zrakoplova te sili uzgona koju krila ili rotor mogu proizvesti u uvjetima za kakve je zrakoplov namijenjen. Bez odobrenja konstruktora i nadležnih zrakoplovnih vlasti, bez obzira na ugradnju novih dijelova, iste se ne mogu mijenjati prema višim vrijednostima. U konstrukcijske mase ubrajaju se:

- **Maksimalna konstrukcijska masa zrakoplova na stajanci (Maximum Design Ramp Mass - MDRM)** najveća je moguća masa potpuno opterećenog zrakoplova. Zbog strukturalnih ograničenja ona se ne smije prekoračiti. To je masa prije paljenja motora sa kojom se zrakoplov ne smije kretati, kako snagom vlastitih motora tako ni sa bilo kojim zemaljskim sredstvima.
- **Maksimalna konstrukcijska masa za vožnju po zemlji (Maximum Design Taxi Mass - MDTM)** najveća je masa pri kretanju. To je najveća konstrukcijska masa zrakoplova koja je umanjena za masu goriva potrebnog za pokretanje motora.
- **Maksimalna konstrukcijska masa zrakoplova pri polijetanju (Maximum Design Take-off Mass - MTOM)** najveća je masa zrakoplova pri kretanju, koja je umanjena za masu goriva koje je služilo za kretanje po voznim stazama. Predstavlja najveću masu koju zrakoplov smije imati u trenutku polijetanja. Ta masa se ponekad naziva i maksimalna masa u momentu puštanja kočnica, kada se zrakoplov nalazi uzletno-sletnoj stazi s koje treba poletjeti poravnan s osi uzletno-sletne staze.
- **Maksimalna konstrukcijska masa zrakoplova bez goriva (Maximum Zero Fuel Mass - MZFM)** najveća je masa koju zrakoplov može imati tijekom leta. Odnosno masa do koje se zrakoplov smije opteretiti ukupnim teretom ukrcanim u trup zrakoplova.
- **Maksimalna konstrukcijska masa slijetanja (Maximum Design Landing Mass - MDLM)** najveća je masa zrakoplova pri kojoj isti može sigurno sletjeti. Ako je ta masa prekoračena u slijetanju, moguće je javljanje strukturalnog opterećenja stajnog trapa, spojeva krila i trupa zrakoplova. Ona predstavlja razliku između mase u polijetanju koja je umanjena za iznos potrošenog goriva za put.⁷

⁷ Vidović, A. : Nastavni materijali, Kolegij „Osnove tehnike u zračnom prometu“, Fakultet prometnih znanosti u Zagrebu, Zagreb, 2018.

2.3.2 Stvarne mase zrakoplova

Na listi opterećenja izračunavaju se stvarne mase zrakoplova koje predstavljaju mase s kojima se zrakoplov može slobodno kretati po manevarskim površinama, te iste ne smiju biti prekoračene. U stvarne mase zrakoplova ubrajaju se :

- **Tvornička masa praznog zrakoplova (engl. MEM – Manufacturer Empty Mass)** to je proizvođačeva ukupna masa zrakoplova sa svim sastavnim dijelovima, motorima, instalacijama i cijelom potrebnom opremom na temelju koje je zrakoplov dobio potvrdu za let.
- **Osnovna masa praznog zrakoplova (engl. BEM – Basic Empty Mass)** to je masa zrakoplova koja predstavlja tvorničku masu praznog zrakoplova uvećanu za masu opreme kao što su protupožarni aparat, kisik, te tekućina kao što su voda za piće, voda za toalete, maziva i goriva.
- **Osnovna masa zrakoplova (engl. BM – Basic Mass)** jednaka je BEM + DOM (Basic Empty Mass + operativna oprema). U operativnu opremu spadaju priručnici, oprema za hitne slučajeve, motorno ulje, navigacijsku opremu i sl.
- **Stvarna masa zrakoplova bez goriva (engl. AZFM – Actual Zero Fuel Mass)** to je masa zrakoplova koja predstavlja suhu operativnu masu zrakoplova uvećanu za masu plaćenog tereta. Plaćeni teret predstavlja masu putnika, njihove prtljage, tereta i pošte.
- **Stvarna masa zrakoplova pri taksiranju (engl. ATM – Actual taxi Mass)** to je masa zrakoplova koja predstavlja masu zrakoplova bez goriva uvećanu za masu goriva potrebnog za pokretanje motora i taksiranja.
- **Stvarna masa zrakoplova pri uzlijetanju (engl. ATOM - Actual Take Off Mass)** to je masa zrakoplova pri taksiranju uvećana za gorivo potrebno za uzlijetanje, da prevale predviđen let te rezervno gorivo.
- **Stvarna masa zrakoplova pri slijetanju (engl. ALM – Actual Landing Mass)** to je masa zrakoplova pri uzlijetanju umanjena za potrošeno gorivo tijekom puta (putno gorivo).⁸

⁸ Vidović, A. : Nastavni materijali, Kolegij „Osnove tehnike u zračnom prometu“, Fakultet prometnih znanosti u Zagrebu, Zagreb, 2018.

2.3.3 Operativne mase zrakoplova

Operativne mase osim za proračun uravnoteženja i opterećenja, služe za provjeru najvećih dopuštenih masa. Operativne mase dijele se na:

- **Suha operativna masa (engl. DOM - Dry Operating Mass)** to je masa praznog zrakoplova koja je uvećana za masu posade, njihove prtljage, hrane i pića koja se prodaje u zrakoplovu. Mijenja se ovisno o broju članova posade.
- **Operativna masa (engl. OM - Operating Mass)** to je suha operativna masa zrakoplova koja je uvećana za masu goriva.⁹

2.3.4 Maksimalno dopuštene reducirane mase zrakoplova

Maksimalno dopuštene reducirane mase su mase koje u određenim fazama kretanja zrakoplova ne smiju prekoračiti maksimalne konstrukcijske težine zrakoplova zbog ograničenja zračne luke kao što su:

- Temperatura zraka
- Nadmorska visina USS-e
- Dužina USS-e
- Nagib USS-e
- Kontaminati na površinama USS-e (npr, snijeg, led, bljuzgavica ...)
- Vjetar
- Neravnine na manevarskim površinama

Mase zrakoplova i njihov međusobni odnos prikazani su na slici br.5.¹⁰

⁹ https://www.iva.aero/training/documentation/books/SPP_aircraft_weight.pdf

¹⁰ Vidović, A. : Nastavni materijali, Kolegij „Osnove tehnike u zračnom prometu“, Fakultet prometnih znanosti u Zagrebu, Zagreb, 2018.



Slika 5. Mase zrakoplova i njihov međusobni odnos
Izvor: [11]

Kako zrakoplov stari, njegova težina se obično povećava zbog krhotina i sakupljanje prljavštine na teško dostupnim mjestima i vlazi apsorbirana u izolaciji kabine. To povećanje težine je obično malo, ali može se odrediti samo točnim vaganjem zrakoplova. Promjene fiksne opreme mogu imati veliki utjecaj na težinu zrakoplova. Mnogi zrakoplovi su preopterećeni instaliranjem dodatnih radio uređaja ili instrumenata. Srećom, zamjena starije, teške elektroničke opreme novijom, lakši tipovi zrakoplova rezultiraju smanjenjem težine. Ova promjena težine, koliko god bila korisna, može uzrokovati pomak CG koji se mora ponovno izračunati i zabilježiti u tablice¹¹.

¹¹ <https://aviation.stackexchange.com/questions/12956/what-are-different-types-of-weights-of-an-aircraft>

3. Dokumentacija potrebna za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova

Kod utovara zrakoplova, glavna ograničenja sa kojima se zračni prijevoznici susreću su sljedeća:

- Sigurnost mora biti osigurana tijekom cijelog leta bez obzira na što se prevozi.
- Kratko vrijeme utovara, zračni prijevoznici žele da njihovi zrakoplovi provode što manje vremena na zemlji
- Cijela pošiljka mora stići u dobrom stanju na određenu zračnu luku, posebno ako je riječ o posebnoj robi kao što je opasna roba, pokvarljiva roba, žive životinje i sl.

Kako bi se ispunili gore navedeni ciljevi što je i u interesu zbog sigurnosti letenja, zračni prijevoznici moraju uspostaviti organizaciju za učinkovitu kontrolu opterećenja i osigurati visoku razinu stručnosti cijelog osoblja uključenog u rad kontrole opterećenja i uravnoteženja.

Kontrola uravnoteženja i opterećenja je postupak kojim se osigurava da:

- Centar gravitacije zrakoplova ostane unutar granica tijekom cijelog leta
- Nije prekoračeno ograničenje maksimalne mase zrakoplova
- Zrakoplovi se ukrcavaju u skladu s propisom zračnih prijevoznika

Prije nekoliko godina, ti su se izračuni računali ručno. Danas postoje razni računalni sustavi koji su u širokoj upotrebi da bi olakšali izdavanje dokumenata potrebnih za uravnoteženje i opterećenje. Za mogućnost izrade liste uravnoteženja i opterećenja, bilo ručno ili pomoću računala, potrebna je dokumentacija koja je u nastavku detaljno opisana.

3.2 Robni manifest

Službe robnog prometa, koje zaprimaju robu i poštu, daju informacije koliko je tereta i pošte planirano prevesti za pojedini let. Robni manifest, prikazan na slici br.7., je dokument koji sadrži popis tereta koji se šalje na ukrcaj u zrakoplov na određeni let. Podaci vezani uz robu i poštu koji moraju biti navedeni u robnom manifestu su:

- Broj tovarnog lista (Air Waybill-AWB)
- broj koleta (komada pakiranja)
- vrsta robe
- posebne vrste roba – naziv i bruto težina
- krajnja destinacija robe.

Ukoliko na letu nije predviđeni prijevoz robe izdaje se teretni manifest sa svim potrebnim podacima, a kao oznaka količine upisuje se: Cargo/Mail NIL (engl. Nothing In Load - NIL).

Detaljniji podatci o vrsti i količini robe, o pošiljatelju i primatelju robe nalaze se u dokumentu koji se zove zrakoplovni tovarni list (engl. Air Waybill - AWB).

CARGO MANIFEST Type 11							
I.C.A.O. annex 9, appendix 3							
Owner or Operator: Lufthansa Cargo				Flight No:		Date:	
Marks of Nationality/Registration Number:				Point of unloading: Frankfurt, FRANKFURT INTL GERMANY			
Point of loading: Zagreb, ZAGREB, CROATIA							
Driver Name:				Seal:			
Driver ID:							
Truck Reg No:							
Remarks:							
Surface Transportation as per IATA Resolution 507 B							
Plate/ULD No:				For use by owner/operator			
No	Air Waybill and Part No	No Of Pieces	Nature of goods	Gross Weight	ORIGES	SFC	Officiuse
ULD: BULK FRA							
COMMERCIAL CARGO / TRANSIT							
1	020-61551604	3	CONSOLIDATION	1377,0	ZAG/JFK	PER,HEA	X
2	020-61545584	1	SPINDLE PARTS N	100,0	ZAG/ORD		X
3	020-61545573	2	SPARE PARTS	4240,0	ZAG/PVG	HEA	X
4	020-61552492	1	CONSOLIDATION	123,0	ZAG/SFO	HEA	X
5	020-61557716	3	CONSOL	355,0	ZAG/TLS	HEA	C
Total		10		6195,0			
Manifest Totals		10		6195,0			

Slika 7. Robni manifest

Izvor: [25]

3.3 Teretni list

Teretni list (engl. AirWay Bill - AWB) je dokument kojim se potvrđuje ugovorna obveza o prijevozu robe tj. tereta. Koristi se u svim granama prometa, a u zračnom prometu predstavlja temeljnu prijevoznu ispravu, koja neće biti predmetom obrade sve dok pošiljke ne budu u području odgovornosti logističkog operatera. Od posebne je važnosti jer se istim definiraju formalno-pravni, financijski i tehnološki uvjeti realizacije prijevoznog zadatka. Teretni list je prikazan na slici broj 8, te je pojašnjenje polja prikazano na slici br. 9.

Temeljem Varšavske Konvencije donesene 1929. godine, teretni list ima sljedeće funkcije:

- definira uvijete prijevoza koji su sklopljeni između pošiljatelja i prijevoznika;
- služi kao polica osiguranja;
- sadrži potvrde o plaćenim prijevoznim troškovima (računi);
- služi kao carinski i obračunski dokument;
- potvrde o predaji, prijemu i otpremi pošiljke na prijevoz;
- potvrde primitka pošiljke;
- sadrži informacije o rukovanju i otpremi robe¹³

Pošiljatelj mora sastaviti teretni list u tri izvorna primjerka. Jedan original ostaje kod pošiljatelja, drugi ide prijevozniku, a treći primatelju. Teretni list koji je kod prijevoznika, zelene je boje i predstavlja dokaz između prijevoznika i pošiljatelja. Teretni list koji je kod primatelja, roze je boje i prati pošiljku do krajnje destinacije gdje se zatim predaje primatelju. Uz tri originala, moraju biti dostupne još 6 kopije i 3 ekstra kopije. Kopiju žute boje potpisuje primatelj pošiljke i služi kao dokaz o završenom ugovoru o prijevozu pošiljke. Kopija bijele boje ostaje zračnoj luci odredišta. Sljedeće tri kopije pod rednim brojevima šest, sedam i osam koje su također bijele boje ostaju kod prvog, drugog i trećeg prijevoznika. U robno skladište na zračnoj luci polijetanja ostaju dvije ekstra kopije radi ispunjavanja dodatnih informacija, također bijele boje.

Montrealska konvencija određuje da teretni list može biti zamijenjen bilo kojim drugim sredstvom koje sadržava podatke o prijevozu koji treba biti izvršen.¹⁴

¹³https://www.pravo.unizg.hr/_download/repository/Teretni_list_u_kopnenom%2C_____pomorskom_i_zracnom_prijevozu.pdf

¹⁴ <http://old.fly-car.de/medien/dokumente/cargohandling.pdf>

Shipper's Name and Address		Shipper's account Number		Not negotiable Air Waybill issued by			
1				Copies 1, 2 and 3 of this Air Waybill are originals and have the same validity			
Consignee's Name and Address		Consignee's account Number		It is agreed that the goods described herein are accepted in apparent good order and condition (except as noted) for carriage SUBJECT TO THE CONDITIONS OF CONTRACT ON THE REVERSE HEREOF. ALL GOODS MAY BE CARRIED BY ANY OTHER MEANS INCLUDING ROAD OR ANY OTHER CARRIER UNLESS SPECIFIC CONTRARY INSTRUCTIONS ARE GIVEN HEREON BY THE SHIPPER, AND SHIPPER AGREES THAT THE SHIPMENT MAY BE CARRIED VIA INTERMEDIATE STOPPING PLACES WHICH THE CARRIER DEEMS APPROPRIATE. THE SHIPPER'S ATTENTION IS DRAWN TO THE NOTICE CONCERNING CARRIER'S LIMITATION OF LIABILITY. Shipper may increase such limitation of liability by declaring a higher value for carriage and paying a supplemental charge if required.			
2				20 21 22 23			
Issuing Carrier's Agent Name and City		Accounting Information					
		24					
Agent's IATA Code		Account No.					
3		Reference Number		Optional Shipping Information			
Airport of Departure (Addr. of first Carrier) and requested Routing		Declared Value for Carriage		Declared Value for Customs			
4		5		6			
Airport of Destination		Flight/Date		Amount of Insurance			
7				INSURANCE - If carrier offers insurance, and such insurance is requested in accordance with the conditions thereof, indicate amount to be insured in figures in box marked 'amount of insurance'			
Handling Information		RD					
7							
No. of Pieces RCP	Gross Weight	kg	Rate Class Commodity Item No.	Chargeable Weight	Rate Charge	Total	Nature and Quantity of Goods (incl. Dimensions or Volume)
8	9	10		11	12	13	14
Prepaid		Weight Charge		Collect		Other Charges	
Valuation Charge		Tax		Total other Charges Due Agent		Total other Charges Due Carrier	
Total prepaid		Total collect		15			
Signature of Shipper or his Agent							
Currency Conversion Rates		cc charges in Dest. Currency		16		17 18 19	
Executed on (Date)		at (Place)		Signature of issuing Carrier or its Agent			
For Carrier's Use only at Destination		Charges at Destination		Total collect Charges			

Slika 8. Teretni list

Izvor: [13]

Polje	Ispunjava	Opis
1	Customer	Ime i adresa pošiljatelja.
2	Customer	Ime i adresa primatelja.
3	Customer	Troslovni kod izvorne zračne luke.
4	Customer	Troslovni kod odredišne zračne luke.
5	Customer	Deklarirana vrijednost opcije prijevoza.
6	Customer	Vrijednost pošiljke za carinske svrhe.
7	UPS/CFS ili customer	Informacije o rukovanju – posebna uputstva i sl.
8	Customer	Broj komada.
9	Customer	Bruto težina. Ne uključuje težinu paleta i/ili kontejnera.
10	Customer	Kilogrami ili lbs.
11	Customer	Naplativa težina. Stvarna ili dimenzijska težina, što je veće.
12	Customer	Stopa/naplata – samo međunarodna MAWB.
13	Customer	Ukupno – samo međunarodna MAWB.
14	Customer	Vrsta i količina robe, opis tereta. Može uključivati i dimenzije.
15	Customer	Potpis pošiljatelja ili agenta.
16	UPS/CFS	Datum potpisivanja.
17	UPS/CFS	Vrijeme potpisivanja.
18	UPS/CFS	Mjesto potpisivanja – troslovni kod gateway-a.
19	Customer	Potpis prijevoznika koji izdaje ili njegovog zastupnika
20-23	Customer	Potpisi primatelja. Trebaju biti ispunjeni na odredišnom ulazu.
24	Customer	Navod za vrstu robe. Kvarljiva, prioritetna

Slika 9. Opis polja teretnog lista

Izvor: [13]

3.4 NOTOC - Notification to Captain

Kada se specijalna ili opasna roba ukrcava u zrakoplov, obavještava se kapetana zrakoplova o kategoriji i klasi opasnosti te robe, broju paketa, njihovim težinama, položaju utovara. Zahvaljujući ovom obrascu, koji se nalazi na slici br.10, posada je svjesna prisutnosti opasne robe na zrakoplovu. NOTOC se također koristi za označavanje prisutnosti živih životinja ili pokvarljivog tereta koji se prevozi u zrakoplovu.

Važnost obavještavanja kapetana o prisutnosti posebnih vrsta robe je ta što kapetan može regulirati temperaturu i tlak u teretnim odjeljcima u kojima se nalaze npr. žive životinje ili temperaturno osjetljiva roba poput hrane. Isto tako ako dođe do izvanrednih situacija, važno je da zna što se nalazi u zrakoplovu kako bi mogao reagirati po odgovarajućim procedurama.¹⁵

CROATIA AIRLINES				Notification to Captain (NOTOC)									
Station of Loading ZAG		Flight Number OU414		Date 16JAN2010		Aircraft Registration		Distribution: Pink green - Captain Blue - Loading Supervisor Brown - Station Originator					
DANGEROUS GOODS						There is no evidence that any damaged or leaking package containing dangerous goods have been loaded on the aircraft							
Prepared by ZAGFFXHXZNDUVA													
Station of Unloading	Air Waybill Number	Proper Shipping Name	UN or ID Number for Class 1 Goods (See 1)	Subsidiary Risk	Number of Packages	Net Quantity or Transport Index per Package	Hazardous Material Category	UN Packing Group	Code (See Reverse)	CAC 01	Loaded in ULD ID CODE	Loaded in CPT/POS	
FRA	1068 8541	life-saving appliances self-inflating	9	UN2950	1	30.0kgG			RMD				
OTHER SPECIAL CARGO						Prepared by							
Station of Unloading	Air Waybill Number	Contents and Description	Number of Packages	Quantity	Code	Supplementary Information		Temperature Requirements	Loaded in ULD ID CODE	Loaded in CPT/POS			
FRA	1068 5546	PHARMACEUTICALS	30	430.00	PER			+2 - +6					
SPECIAL BAGGAGE						Prepared by							
Station of Unloading	Code	Contents and Description	Number of Packages	Quantity	Supplementary Information		Temperature Requirements	Loaded in ULD ID CODE	Loaded in CPT/POS				
PASSENGER						Prepared by							
DEST	CODE	NAME	AGE	TITLE or DISABILITY	Special Cargo Codes:			Special Baggage Codes:					
					AV - Live Animals			PETC - Animal in Cabin					
					EAT - Foodstuff			AWH - Animal in Hold					
					HEG - Hatching Eggs			Passenger Codes:					
					LRO - Live Reptile/Gnarl			BLRD - Blind Passenger					
					PER - Perishables			LIM - Unaccompanied Minor					
					WAL - Watables			DEAF - Deaf Passenger					
Loaded in show		Information accepted				WCHS - Wheel Chair Ramp			WCHC - Wheel Chair Cabin Seat				
Loading Supervisor's Signature		Captain's Signature				DCPO - Deportee			STCR - Stretcher Passenger				
						MEDA - Medical Case (others)							

Slika 10. Obavijest kapetanu (engl. Notification to Captain)

Izvor: [25]

¹⁵ <http://www.fly-car.de/local/media/formulare/cargohandling.pdf>

Izgled LIR-a može varirati ovisno o tipu zrakoplova ili zračnim prijevoznicima, ali svi moraju sadržavati sljedeće informacije, kao što je navedeno u IATA AHM 515:

- Zaglavlje: Stanica, broj leta, registracija zrakoplova, odredište (a), lokalni datum, naziv planera koji ga je pripremio.
- Broj odjeljka i ograničenja težine: jasno označava ograničenja težine za svaki teretni prostor.
- Dolazak: teret koji se mora iskrcati, jer je jasno označeno odredište svakog tereta na obrascu.
- Uputa za utovar: daje naznake gdje se teret mora spremiti
- Izvješća o utovaru: ispunjava ih osoba koja je zadužena za ukrcaj tereta u zrakoplov, a služi za potvrdu da je zrakoplov utovaren u skladu sa danim uputama.
- Posebne upute: daju sve informacije koje se smatraju važnima ili korisnima kod tereta kao što su žive životinje, opasna roba, teški teret i sl.
- Potpisi: potrebna su dva potpisa, jedan od osobe koja izdaje LIR i od osobe koja je izvršila ukrcaj prema uputama iz LIR-a.

Danas postoje integrirani sustavi kontrole opterećenja koji omogućuju pripremu LIR-a i istovremeno vizualiziraju učinak opterećenja na težište zrakoplova. Kako bi se izbjeglo izvješće na ručnom LIR-u, kompjutoriziranom „Uputom za ukrcaj“ obrazac se može izravno isprintati.

17

¹⁷ http://www.smartcockpit.com/docs/Getting_To_Grips_With_Weight_and_Balance.pdf

3.6 Lista uravnoteženja i opterećenja

Tradicionalna metoda ispunjavanja liste uravnoteženja i opterećenja seže u početke zrakoplovstva kada se ista rješavala i računala ručno na posebnom obrascu za svaki tip zrakoplova. Danas, osoblje uz pomoć tehnologije i računala taj obrazac ispunjava puno jednostavnije.

Lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova mora biti prisutna na svakom letu za komercijalnu namjenu, ispunjena od strane odgovornog osoblja koje je licencirao zračni prijevoznik za svaki model zrakoplova posebno. Ispunjeni dokument se dostavlja kapetanu zrakoplova koji provođenjem nekih jednostavnih provjera provjerava ispravnost liste uravnoteženja i opterećenja. Ako su provjere zadovoljavajuće, kapetan zrakoplova prihvaća listu. Lista uravnoteženja i opterećenja, prikazana na slici br.12., izdaje se u tri primjerka potpisana od strane odgovorne osobe koja je listu izradila i od strane kapetana zrakoplova nakon njegovog uvida. Originalni primjerak ostaje kod kapetana zrakoplova, drugi primjerak ide osoblju na aerodromu dolaska, dok treći primjerak ostaje i pohranjuje se na aerodromu polijetanja.¹⁸

The image shows a complex 'LOAD & TRIM SHEET' for a Croatia Airlines A320-214 aircraft. The form is divided into several functional areas:

- Header:** Includes the Croatia Airlines logo, 'LOAD & TRIM SHEET', and aircraft model 'A320-214'. It also specifies 'OB-PSU-004/1'.
- Flight Information:** Fields for Priority, Address(es), Originator, Recharge/Date/Time, Initials (LDM), Flight (OU), A/C Reg (9A-CT), Version, Crew, and Date.
- Weight and Fuel Calculations:** A grid for calculating Dry Operating Weight, Take-off Fuel, Operating Weight, and Allowed Traffic Load. It includes sub-sections for 'MAXIMUM WEIGHTS FOR ZERO FUEL', 'TAKE-OFF', and 'LANDING'.
- Passenger Distribution:** Tables for 'Number of PAX' (M, F, CH, INF) and 'DISTRIBUTION WEIGHT' (1, 3, 4, 5, 0) across different zones (Tr, B, C, M).
- Cargo Loading:** 'INDEX CORRECTION ZONES' diagram showing cargo placement (CARGO 1, 3, 4, B, DA, DB, OC) and their corresponding weights and indices.
- Trim Chart:** A graph plotting 'INDEX' (20-100) against 'AIRCRAFT WEIGHT (tons)' (35-80). It shows operational limits for different MTOW (Maximum Take-off Weight) values: 7700 kg, 7500 kg, 6500 kg, and 6100 kg.
- Additional Tables:** 'TOTAL PASSANGER WEIGHT', 'TOTAL TRAFFIC LOAD', 'ZERO FUEL WEIGHT', 'TAKE-OFF WEIGHT', and 'LANDING WEIGHT' sections. A 'LAST MINUTE CHANGES' table for destination, specification, weight, and total passengers.
- Signatures:** Fields for 'PREPARED BY: LOAD MASTER' and 'APPROVED BY:'.

Slika 12. Lista uravnoteženja i opterećenja

Izvor: [25]

¹⁸ https://www.skybrary.aero/index.php/Aircraft_Load_and_Trim#Fuel>Loading_and_Distribution

masa ne smije biti prekoračena kako ne bih došlo do strukturalnog oštećenja trupa zrakoplova koja može utjecat na sigurnost zrakoplova i putnika u njemu.

Sljedeća rubrika koja se ispunjava je vezana za podatke o putnicima i teretu na letu i teretnim odjeljcima, slika br. 15.:

DEST	Number of PAX				TOTAL	DISTRIBUTION WEIGHT					REMARKS - PAX					
	M	F	CH	INF		1	3	4	5	0	C	M				
—					Tr											
					B											
					C							PAX/	/	/		
					M											
		/	/	/	.T	.1/	.3/	.4/	.5/	.0/						
—					Tr											
					B											
					C							PAX/	/	/		
					M											
		/	/	/	.T	.1/	.3/	.4/	.5/	.0/						

Slika 15. Dio liste uravnoteženja i opterećenja vezan za broj putnika i težine tereta ovisno o teretnim odjeljcima

Izvor: [25]

Podaci koji se upisuju u te rubrike su sljedeći:

- odredišna zračna luka IATA tro slovnom kraticom,
- ukupan broj muških putnika na letu,
- ukupan broj ženskih putnika na letu,
- ukupan broj djece na letu,
- ukupan broj infant-a na letu,
- ukupne težine tereta, robe, pošte i prtljage na letu (engl. Transit, Baggage, Cargo, Mail),
- raspored masa prtljage, tereta i pošte po teretnim odjeljcima
- broj putnika ovisno o klasi prijevoza bez infant-a, poslovna klasa (engl. C - Business class) i ekonomska klasa (engl. M - Economic class).²⁰

Nakon što su upisani svi podatci koji su bili dostupni, te se izračunali svi ostali koji su se mogli izračunati, slijedi izračunavanje težina zrakoplova:

²⁰ Međunarodna zračna luka Zagreb, Zagreb.

TOTAL PASSENGER WEIGHT	+	1	2	3	5	16	Si	4
TOTAL TRAFFIC LOAD	=		6			17		20
DRY OPERATING WEIGHT	+		7			18	NOTES	
ZERO FUEL WEIGHT	LMC		11					21
MAX. TAKE-OFF FUEL	±	8	12					
TAKE-OFF WEIGHT	LMC		13			19		
MAX. TRIP FUEL	±	9	14					
LANDING WEIGHT	LMC		15					
MAX. LANDING WEIGHT	±	10						
						LMC TOTAL +/-		

DEST. SPECIF. C/M/PT ± WEIGHT
 CHECK LMC TOTAL WITH UNDERLOAD
 TOTAL PASSENGERS: 22
 PREPARED BY: LOAD MASTER:
 APPROVED BY: 23

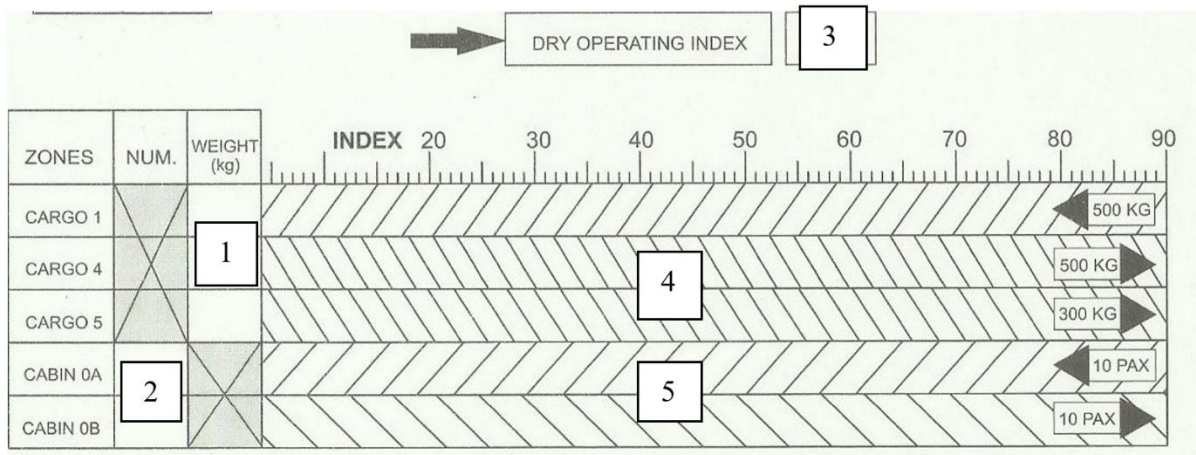
Slika 16. Dio liste uravnoteženja i opterećenja vezan za izračun težine zrakoplova

Izvor: [25]

U polje označeno brojem 1 upisuje se ukupan broj putnika ovisno o njihovom uzrastu i spolu. U polje označeno brojem 2 upisuje se ukupna masa tereta. U polje označeno brojem 3 upisuju se ukupne mase prethodno raspoređenih masa po teretnim odjeljcima. U polje označeno brojem 4 upisuje se ukupan broj putnika ovisno o klasi prijevoza bez infant-a. U polje označeno brojem 5 upisuje se zbroj masa putnika ovisno o njihovom broju, uzrastu i spolu. U polje označeno brojem 6 upisuje se zbroj ukupne mase putnika i svog tereta čime se dobiva ukupna masa tereta ukrcanog u zrakoplov koja ne smije prekoračiti dozvoljenu masu plaćenog tereta na tom letu. U polje označeno brojem 7 upisuje se suha operativna masa. U polje označeno brojem 8 upisuje se maksimalna masa zrakoplova bez goriva. U polje označeno brojem 9 upisuje se maksimalna masa zrakoplova pri polijetanju. U polje označeno brojem 10 upisuje se maksimalna masa zrakoplova pri slijetanju. U polje označeno brojem 11 upisuje se zbroj masa ukupnog plaćenog tereta i suhe operativne mase, ta masa ne smije prekoračiti maksimalnu vrijednost zrakoplova bez goriva. U polje označeno brojem 12 upisuje se masa goriva potrebno za polijetanju. U polje označeno brojem 13 upisuje se zbroj mase zrakoplova bez goriva i mase potrebnog goriva za polijetanje. U polje označeno brojem 14 upisuje se masa potrebnog putnog goriva za taj let. U polje označeno brojem 15 upisuje se razliku mase zrakoplova pri polijetanju i mase potrebnog putnog goriva te se dobiva masa zrakoplova pri slijetanju. U polje označeno brojem 16 upisuje se dozvoljena težina tereta koja se može ukrcati u zrakoplov. U polje označeno brojem 17 upisuje se masa ukupnog ukrcanog tereta u zrakoplov. U polje označeno brojem 18 upisuje se razlika prethodnih dviju masa koja pokazuje koliko se još tereta može ukrcati u zrakoplov. U polje označeno brojem 19 upisuju se sve pošiljke koje su pristigle na let u posljednjem trenutku ovisno o odredištu, vrsti, statusu i masi. Ako se radi o pošiljkama mase do 300 kg, upisuje se u rubrike ali se ništa ne prepravljaju. Za pošiljke mase između 300 i 900 kilograma, upisuju se u rubriku te se težine prepravljaju u rubrikama, dok za pošiljke većih masa od 900 kg mora se izraditi nova lista opterećenja i uravnoteženja. U polje označeno brojem 20 upisuju se posebne napomene. U polje označeno brojem 21 upisuju se posebne bilješke. U

polje označeno brojem 22 upisuje se ukupan broj putnika. U polje označeno brojem 23 potpisuje se osoba koja je pripremila i izradila listu opterećenja i uravnoteženja.²¹

Nakon što su se izračunale sve mase koje se nalaze u zrakoplovu, prelazi se na grafički dio koji će odrediti gdje se nalazi centar težišta zrakoplova, slika br. 17.:

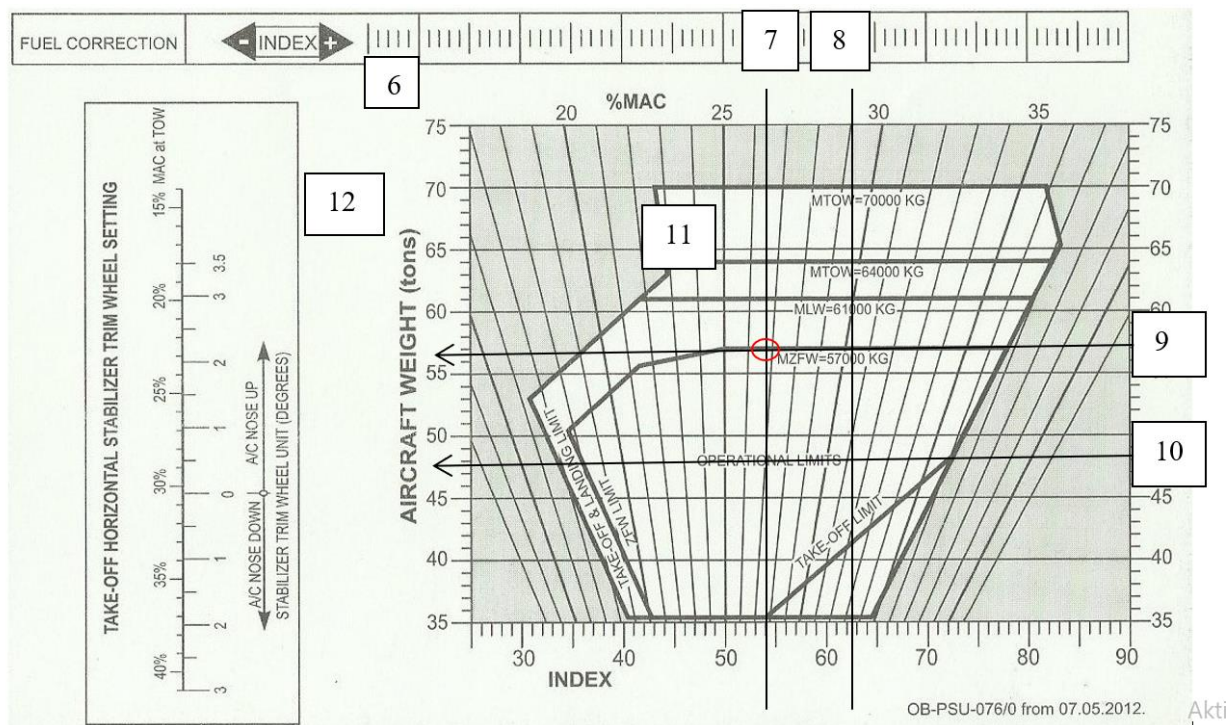


Slika 17. Grafička podjela težina po teretnim odjeljcima

Izvor: [25]

U polje označeno brojem 1 upisuju se mase tereta po teretnim odjeljcima gdje je planiran utovar. U polje označeno brojem 2 upisuje se broj putnika ovisno o poziciji u kabini zrakoplova. U polje označeno brojem 3 upisuje se vrijednost suhog operativnog indeksa koja se zatim nanosi na indeksnu skalu sa brojevima. U polja 4 i 5 se ništa ne upisuje već se spušta okomita linija do točke gdje siječe dijagonalnu i pomiče se ulijevo ili udesno ovisno o masi teretnog odjeljka i tako za svaki teretni odjeljak. Nakon teretnih odjeljaka, linija se pomiče ulijevo ili udesno ovisno o broju putnika u putničkom dijelu kabine. Nakon što smo liniju spustili do kraja tog dijela ona se spušta skroz na sljedeći dio liste uravnoteženja i opterećenja koji je prikazan na sljedećoj slici.

²¹ Međunarodna zračna luka Zagreb, Zagreb.



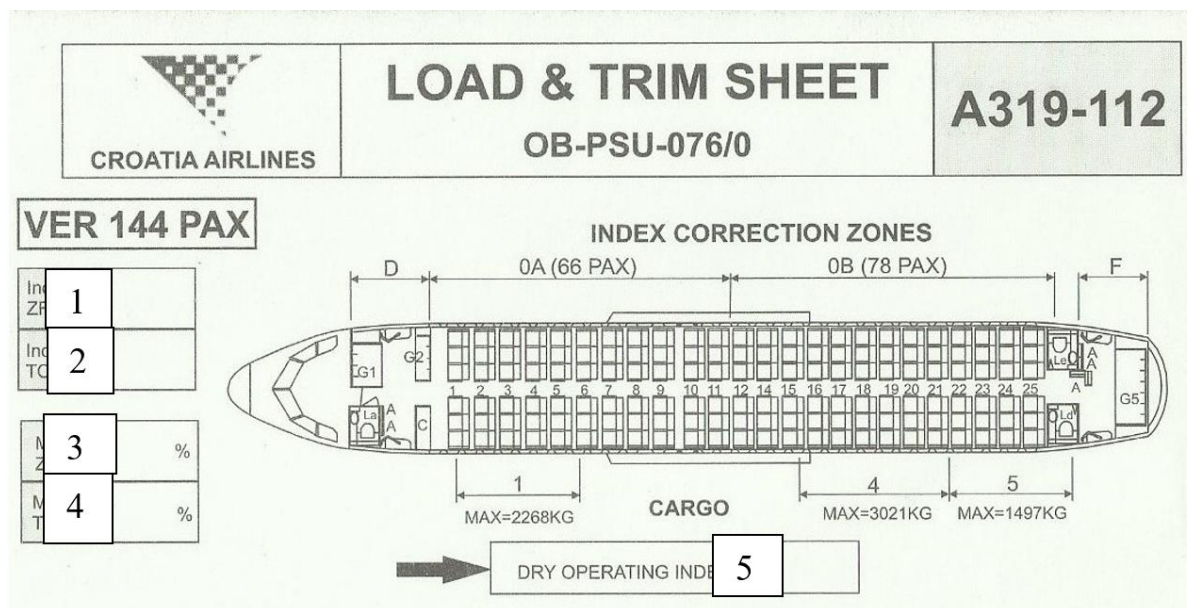
Slika 18. Skala uravnoteženja zrakoplova

Izvor: [25]

U polje označeno brojem 6 upisuje se korekcija goriva koja pomiče drugu skalu ulijevo ili udesno. Kroz polje označeno brojem 7 spušta se okomita linija dobivena u prethodnom dijagramu. Kroz polje označeno brojem 8 linija se pomiče ulijevo ili udesno ovisno o iznosu korekcije goriva te se povlači još jedna linija koja je paralelna sa prethodnom linijom. Kroz polje označeno brojem 9. uzima se vrijednost stvarne mase zrakoplova pri polijetanju te se nanosi na desnu skalu te se povlači horizontalna linija. Kroz polje označeno brojem 10 povlači se linija koja je dobivena tako da se uzima vrijednost stvarne mase zrakoplova bez goriva te se nanosi na desnu skalu te se povlači druga horizontalna linija. Očitava se dobivena vrijednost na gornjoj skali koja siječe lijevu okomitu liniju prikazano poljem brojem 11. Na kraju na vertikalnu skalu označenu brojem 12 ucrtava se vrijednost postotka srednje aerodinamične tetive koja je dobivena križanjem okomitih i horizontalnih linija.

Podatci dobiveni iz grafičkog dijela upisuju se u dio liste uravnoteženja i opterećenja vezan za zone indeksne korekcije, prikazano sljedećom slikom.²²

²² Međunarodna zračna luka Zagreb, Zagreb.



Slika 19. Zone indeksne korekcije

Izvor: [25]

U polje broj 1 upisuje se indeks pri masi zrakoplova bez goriva. U polje broj 2 upisuje se indeks pri masi zrakoplova kod polijetanja. U polje broj 3 upisuje se položaj srednje aerodinamične tetive pri masi zrakoplova bez goriva izražen u postotcima. U polje broj 4 upisuje se položaj srednje aerodinamične tetive pri masi zrakoplova kod polijetanja izražen u postotcima. U polje broj 5 upisuje se suhi operativni indeks.

Za cijeli taj postupak, ako se obavlja ručno, osoblje zaduženo za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova ima 10-ak minuta ukoliko žele da se proces prihvata i otpreme zrakoplova obavlja bez zakašnjenja.²³

²³ Međunarodna zračna luka Zagreb, Zagreb.

3.7 Izvještaj o prtljazi iz sortirnice

Predaja prtljage koja ide u sortirnicu obavlja se na šalteru za registraciju putnika i prtljage. Prije nego li putnik dobije svoju kartu, predaje prtljagu osoblju koje prvo važe prtljagu te na nju stavlja prtljažni privjesak. Uz pomoć sustava pokretnih traka, prtljaga koja je prošla registraciju odlazi u sortirnicu gdje ju radnici sortiraju po letovima. Svaki komad prtljage koji se ukrcava u zrakoplov se skenira u sortirnici. Podatci dobiveni od sortirnice nalaze se u dokumentu koji se zove „Izvještaj o prtljazi iz sortirnice“, prikazan na slici broj 20, i sadrži sljedeće podatke:

- Ime
- Destinaciju
- Tip
- Vrstu prtljage
- Broj prtljage
- Klasu
- Vrijeme ukrcaja prve i zadnje prtljage
- Datum
- Poziciju
- Narudžbu

Flight OU 380 of 28/02/2019 - All

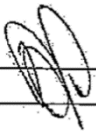
Name	Destination	Type	Bag Type	Nbr bags	Class	First Bag	Last Bag	Hold date	Hold position	Order
HFB	---	Hold	Mixed (M)	0					HFB	0
HMB	---	Hold	Mixed (M)	0					HMB	0
HRB	---	Hold	Mixed (M)	0					HRB	0
KOL0001OU	---	Trolley	BY (BY)	0						0
KOL0002OU	---	Trolley	BT (BT)	4		12:41	13:13			0
KOL0003OU	---	Trolley	BF (BF)	1		13:12	13:12			0
KOL0004OU	FCO	Trolley	Mixed (M)	17		12:41	13:46			0
KOL0005OU	---	Trolley	D (D)	0						0


RUSH SPY 2X

Slika 20. Izvještaj o prtljazi iz sortirnice

Izvor: [25]

3.8 Dokument o potrebnom gorivu

CROATIA AIRLINES				OB-PSU-042/2 from 11.04.2011			
LOADSHEET INFORMATION							
DAY	MTH	YR	FLT. NUMBER	DEP	DEST		
28	02	19	OU 380	ZAG	SPU		
A/C REG		VERSION		CREW			
9A CQE				2/2			
DOW	% DOI	MTOW	MLW				
18715	454	29257	28009				
BLOCK FUEL	TAXI FUEL	T/O FUEL	TRIP FUEL				
2500	150	2360	680				
PLANNED FLIGHT TIME: 0544							
FUEL AT NEXT STATION REQUIRED <input checked="" type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO							
Remarks:							
Crew Signature: 							

CROATIA AIRLINES				OB-PSU-041/1 from 11.04.2011			
FUEL ORDER							
FLT. NUM.	OU-	DATE					
A/C TYPE		FUEL SUPPL.					
A/C REG.		FUEL GRADE	JET A-1 / other				
REQUIRED BLOCK FUEL		KGS					
START OF FUEL UPLIFT		UTC					
FUEL BEFORE UPLIFT		KGS					
FUEL AFTER UPLIFT		KGS					
Remarks:							
Signature: 							

Slika 21. Dokument o potrebnom gorivu

Izvor: [25]

Dokument o potrebnom gorivu izdaje se kada zrakoplov treba opskrbiti gorivom potrebnim za predvideni put. U dokumentu se nalaze sve potrebne informacije koje treba znati osoba zadužena za opskrbu zrakoplova. Od broja leta, tipa zrakoplova, registracije zrakoplova do datuma leta, ocijene goriva i dobavljača goriva. Svi su ti podatci bitni kako bi se zrakoplov sigurno opskrbio gorivom. Nakon što je završen proces izlaska putnika iz zrakoplova, prtljage i tereta, kapetan zrakoplova ispunjava dokument „Fuel order“ koji predaje kontroloru opsluživanja. Kontrolor opsluživanja javlja uredu za uravnoteženje i opterećenje podatke o gorivu.

4. Prikaz postojećeg procesa uravnoteženja i opterećenja zrakoplova na zračnoj luci Franjo Tuđman

Tijek informacija prije određenog leta započinje registracijom putnika na šalteru za registraciju. Ovisno o tome kakav je let, da li je to prekontinentalni, međunarodni ili domaći let, započinje registracija putnika. Svaki putnik sa sobom mora imati važeće dokumente kao što su putovnica, osobna karta, viza, elektroničke karte da bi mu osoblje za šalterom moglo izdati odgovarajuću ukrcajnu kartu (engl. Boarding pass). Ukrcajna karta predstavlja dokument kojim putnik dokazuje da je prijavljen na let u skladu sa odgovarajućim postupkom, te potvrđuje svoj ulazak u zrakoplov. Na ukrcajnoj karti nalaze se informacije o putniku (njegovo ime i prezime), podatke o prijevozniku, datum i broj leta, odredište, dodijeljeni broj sjedala u putničkoj kabini kao i odgovarajuću klasu u istoj, te broj izlaza za ukrcaj u zrakoplov. Sljedeće što sadrži ukrcajna karta je planirano vrijeme ukrcaja u zrakoplov, planirano vrijeme polijetanja, broj elektronske karte, broj komada prtljage, njezinu masu i sigurnosni broj.

Prtljagu dijelimo u dvije osnovne skupine: ručna i predana. Ručnu prtljagu putnici nose sa sobom u putničku kabinu koja može težiti do 8kg. Ako ručna prtljaga ne odgovara dimenzijama do 115cm (55x40x20) ili težini do 8kg, neće biti prihvaćena kao ručna prtljaga već će biti prevezena kao predana prtljaga. Masa predane prtljage ovisi o destinaciji na koju putnik putuje, te o kupljenoj ukrcajnoj karti. Na svim letovima ograničenje težine predane prtljage je 23 kg, osim ako zakonom zrakoplovnog prijevoznika nije drugačije definirano. Vrste predane prtljage koje se mogu pojaviti na letu su: lokalna, transferna, tranzitna, žurna (RUSH), priority i short connection prtljaga. Nakon što je osoblje izvagalo prtljagu, na nju lijepi odgovarajuću naljepnicu, te ju šalje prema sortirnici.²⁴

Osnovne težine putnika koje su uzimaju kao mjera prikazane su u sljedećoj tablici:

Tablica 1. Osnovne težine putnika

Kategorija putnika	Težina za redoviti let	Težina za izvanredni let
Muškarci	88 kg	83 kg
Žene	70 kg	69 kg
Djeda (2-12 godina)	35 kg	35 kg
Bebe (0-2 godine)	0 kg	0 kg

Izvor : [27]

Osoblje za registraciju putnika i prtljage susreće se sa različitim kategorijama putnika. Putnici se mogu podijeliti u 8 specijalnih kategorija:

- **Česti putnici** (FF – engl. Frequent Flyer)– putnici koji zbog poslovnog života često putuju i koriste usluge zračnog prijevoznika. Oni ostvaruju različite pogodnosti, a jedna od njih je i ukrcavanje u zrakoplov prije ostalih putnika.

²⁴ Tomas, M.: Diplomski rad, „Usporedna analiza programa za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova“, Zagreb, 2018.

- **Buduće majke** – putnice koje su trudne manje od 28 tjedana mogu se slobodno prihvatiti na let ako su normalnog zdravlja i nemaju komplikacija u trudnoći. One koje su trudne više od 28 tjedana, na let se prihvaćaju samo uz liječničku potvrdu.
- **Grupa djece** – pod grupom djece smatra se skupina od 10 ili više djece koje se ukrcavaju u zrakoplov. Oni imaju prednost pri ukrcanju i moraju imati pratnju.
- **Nepraćena djeca** – djeca u dobi od 5 do 12 godina spadaju u kategoriju nepraćene djece, koja putuju sama bez roditelja ili skrbnika. Na zahtjev roditelja, djeca od dobi 2 do 5²⁵ godina mogu putovati uz posebno plaćenu domaćinu zrakoplova ako to odobri prijevoznik.
- **Nepoželjni putnici** – u nepoželjne putnike spadaju osobe koje ne posjeduju valjanu putovnicu ili vizu, te im se zbog toga ili drugih razloga zabranjuje ulazak u zemlju u koju putuju. U nepoželjne putnike još spadaju deportirani (DEPA/DEPU) i osobe pod nadzorom. Deportirani su osobe kojima su službene vlasti naredile da napuste zemlju jer su postale nepoželjne, iz bilo kojeg razloga, u zemlji u kojoj žive. Pod osobama pod nadzorom smatramo zatvorenike ili svjedoke. Nepoželjni putnici se ukrcavaju prvi i to u zadnje redove zrakoplova.
- **Starije osobe** – putnike koje smatramo starijim osobama jesu osobe starije od 80 godina. Ovisno o njihovom fizičkom stanju mogu zatražiti asistenciju pri ulasku odnosno izlasku iz zrakoplova.
- **Transferni putnici** – putnici koji je na temelju kupnje jedne karte za prijevoz u zračnu luku doputuju zrakoplovom na odgovarajućem broju leta i drugim ili istim zrakoplovom putovanje nastavlja na letu s drugim brojem leta u roku od najviše 24h.
- **Tranzitni putnici** – putnici koji je na temelju kupnje jedne karte za prijevoz u zračnu luku doputuju zrakoplovom na odgovarajućem broju leta i istim (ili zamjenskim) zrakoplovom putovanje nastavlja na letu s istim brojem leta u roku od najviše 24h.²⁶
- **Važni putnici** – u kategoriju važnih putnika spadaju osobe iz javnog života. Od glumaca, sportaša i pjevača do političara i znanstvenika naše ili strane države. Za neke od njih postoje posebni protokoli. Tako imamo predsjednički protokol, državnički, diplomatski i opći protokol.
- **Putnici sa smanjenom pokretljivošću** – to su putnici kojima je mobilnost smanjena zbog fizičkog, mentalnog ili psihičkog zdravlja, te kao takvi nisu u stanju samostalno obaviti proces ulaska/izlaska u/iz zrakoplova. Postoji 15 kategorija putnika sa smanjenom pokretljivošću:
 - BLND – putnici kojima je osjet vida oslabljen ili potpuno oštećen .
 - DEAF – putnici kojima je osjet sluha oslabljen ili potpuno oštećen.
 - DEAF/MUTE – putnici kojima je oslabljen ili potpuno oštećen osjet sluha i govora.
 - DEAF/BLND – putnici kojima je oslabljen ili potpuno oštećen osjet sluha i vida.
 - LEGL – putnici sa imobiliziranom lijevom nogom.

²⁵ Pavlin, S. : Tehnologija prihvata i otpreme zrakoplova, Zagreb, 2017.

²⁶ http://www.zagreb-airport.hr/UserDocsImages/dokumenti/Cjenik-aerodromskih-usluga_28112018.pdf

- LEGR – putnici sa imobiliziranom desnom nogom.
- LEGB – putnici sa imobiliziranim nogama.
- MAAS – ostali putnici kojima je potrebna pomoć pri ulasku/izlasku u/iz zrakoplova.
- MEDA – putnici koji imaju dijagnozu ili medicinsku dokumentaciju, te kojima je potrebno odobrenje od liječnika odobrenog od strane prijevoznika za putovanje.
- OXYG – putnici kojima je potreban kisik tijekom leta.
- STCR – putnici na nosilima, koji obavezno moraju imati medicinsku pratnju.
- WCHR – putnici kojima su potrebna kolica ili drugo pomagalo za kretanje između putničke zgrade i zrakoplova. Mogu se kretati po stepenicama, prolazima i mogu samostalno sjesti.
- WCHS - putnici kojima su potrebna kolica ili drugo pomagalo za kretanje između putničke zgrade i zrakoplova. Ne mogu se kretati po stepenicama, ali mogu prolaziti samostalno prolazima i mogu samostalno sjesti.
- WCHC – putnici koji su potpuno nepokretni i treba im asistencija od putničke zgrade skroz do sjedala u zrakoplovu. Moraju imati pratnju na letu zbog izvanrednih situacija.
- WCHP – putnici sa ograničenom mogućnošću kretanja. Potrebna mu je asistencija od putničke zgrade do sjedala u zrakoplovu, ali uz pomoć posebnih kolica može se samostalno kretati po zrakoplovu, te mu nije potrebna pratnja tijekom leta.

Nakon što su putnici dobili svoje ukrcajne karte i nakon što se zatvorio šalter za registraciju putnika i prtljage, ukrcavanje u zrakoplov može početi čim se otvori gate. Paralelna radnja koja se događa sa ukrcajem putnika je utovar prtljage u zrakoplov. Prtljaga dolazi iz sortirnice, te je razvrstana prema destinaciji. Prtljaga se prevozi u kolicima do zrakoplova koja imaju oznaku na kojoj piše vrsta i broj prtljage. Uredu za uravnoteženje i opterećenje šalju se informacije vezane za broj i vrstu prtljage, te broju i kategoriji putnika. Prtljaga se može utovariti u zrakoplov komadno ili u ULD-u.

Prtljaga se dijeli u 6 kategorija:

- **Lokalna prtljaga** – prtljaga koja je prijavljena samo do iduće destinacije, i najčešće se utovaruje prva.
- **Transferna prtljaga** – prtljaga koja je prijavljena na više destinacija i ide do krajnje destinacije, a putnik u međuvremenu može promijeniti liniju leta.
- **Tranzitna prtljaga** – prtljaga koja je prijavljena na više destinacija i ide do krajnje destinacije, a putnik u međuvremenu ne mijenja liniju ali može promijeniti zrakoplov (broj leta ostaje isti).
- **Žurna (RUSH) prtljaga** – izgubljena prtljaga ili prtljaga koja nije utovarena u zrakoplov radi problema sa težinom i volumenom prtljažnika, te ima prednost kod utovara na sljedećem letu za istu destinaciju.

- **Priority prtljaga** – prtljaga putnika koji putuju u poslovnoj klasi, prtljaga od VIP putnika, PRM putnika ili UM putnika. Utovaruje se među zadnjima kako bi se prva predala putniku.
- **Short connection prtljaga** – prtljaga koja se također utovaruje među zadnjima zbog putnika koji ima malo vremena od dolaska zrakoplova do polijetanja sljedećeg na koji mora stići.

Osim prtljage, u zrakoplov se može ukrcati i teret ako ga ima. Informacije o teretu šalje robno skladište. Ukupna težina tereta i broj komada jedne su od glavnih stavki potrebne osoblju za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova za izračun balansa. Veliku ulogu igra i volumen tereta kako bi se pravilno smjestio u prtljažnik. Ukoliko se prevozi opasna roba, uz cargo manifest i Airway Bill, kapetanu se šalje NOTOC sa potrebnim specifikacijama o opasnoj robi.²⁷

Opasna roba dijeli su po klasama kojih ima 9:

- 1. Klasa: Eksplozivi – sve vrste eksploziva, od razne tvari i predmeti koji mogu prouzročiti masovnu eksploziju do onih manjih koji ne predstavljaju veliku opasnost od eksplozija već zapaljenja kao naprimjer vatromet ili signalne rakete.
- 2. Klasa: Plinovi – sve vrste plinova; zapaljivi, nezapaljivi, otrovni ili neotrovni.
- 3. Klasa: Zapaljive tekućine – tekućine kao što su benzin, razrjeđivač, razni lakovi i sl.
- 4. Klasa: Zapaljive krutine – u ovu skupinu spadaju tvari koje u kontaktu s vodom tvore zapaljive plinove (npr. ugljen, metalni prah i dr.).
- 5. Klasa: Oksidirajuće tvari i organski peroksidi.
- 6. Klasa: Otrovnost i zarazne tvari.
- 7. Klasa: Radioaktivne tvari – tvari koje služe za medicinske ili istraživačke namjere, ali se znaju pojaviti u predmetima kao što su srčani pacemaker ili detektor dima.
- 8. Klasa: Korozivne tvari koje predstavljaju opasnost za ljudsko tkivo i samu strukturu zrakoplova.
- 9. Klasa: Razne opasne tvari i predmeti, uključujući tvari opasne za okoliš.²⁸

Kako ne bi došlo do negativnih reakcija pri utovaru opasnih roba, IATA je u svojem Pravilniku za prijevoz opasnih roba (Dangerous Goods Regulations, DGR) sastavila tablicu, koja se nalazi na slici br.22, koje se opasne robe smiju stavljati u isti prtljažnik, a koje ne.

²⁷ Nastavni materijali, Predmet „Prihvat i otprema tereta i zrakoplova“, Zrakoplovna tehnička škola Rudolfa Perešina, Velika Gorica, 2014.

²⁸ Štimac, I.: Nastavni materijali, Kolegij „Prihvat i otprema tereta i pošte u zračnom prometu“, Fakultet prometnih znanosti u Zagrebu, Zagreb, 2018.

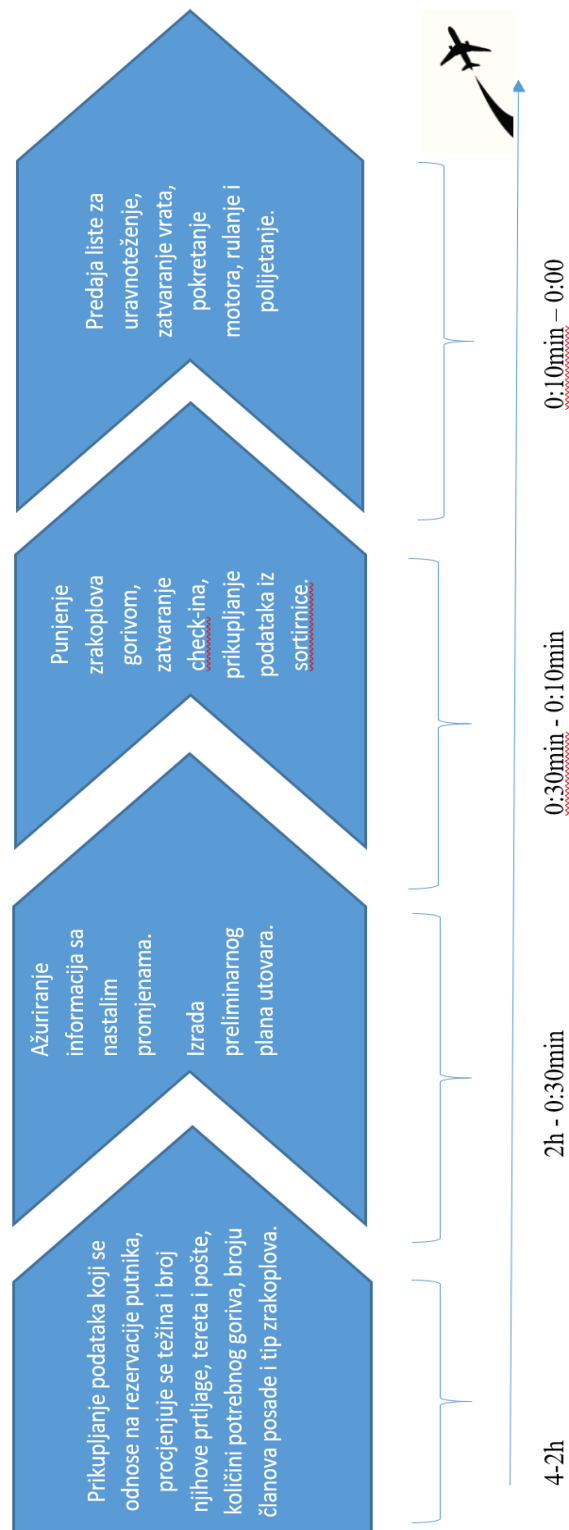
Hazard Class	IATA IMP COD	1.3 C	1.3 G	1.4 B	1.4 C	1.4 D	1.4 E	1.4 G	1.4 S	2	2	2	2	3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	FIL	HUM	EAT	HEG	AVI	LHO
		RCX	RXG	RXB	RXC	RXD	RXE	RXG	RXS	RNG	RFG	RPG	RCL	RFL	RSC	RFW	ROX	ROP	RPB	RIS	RRY	RCM	ICE						
1.3 C	RCX		1	1				1		1	1	1	1		1	1	1	1				1							
1.3 G	RXG	1		1	1	1	1			1	1	1	1		1	1	1	1				1							
1.4 B	RXB	1	1		1	1	1	1		1	1	1	1		1	1	1	1				1							
1.4 C	RXC		1	1				1		1	1	1	1		1	1	1	1				1							
1.4 D	RXD		1	1				1		1	1	1	1		1	1	1	1				1							
1.4 E	RXE		1	1				1		1	1	1	1		1	1	1	1				1							
1.4 G	RXG	1		1	1	1	1			1	1	1	1		1	1	1	1				1							
1.4 S	RXS																						1						
2	RNG	1	1	1	1	1	1	1																					
2	RFG	1	1	1	1	1	1	1																					
2	RPG	1	1	1	1	1	1	1																					
2	RCL	1	1	1	1	1	1	1																			1		
3	RFL	1	1	1	1	1	1	1									1	1											
4	RSC	1	1	1	1	1	1	1									1	1				1							
4	RFW	1	1	1	1	1	1	1									1	1				1							
5	ROX	1	1	1	1	1	1	1														1							
5	ROP	1	1	1	1	1	1	1														1							
6	RPB																												
6	RIS																									2	2	2	
7	RRY																							4		2	2	2	
8	RCM	1	1	1	1	1	1	1							1	1	1	1											
9	ICE																											6	
	FIL																												
	HUM																									2	8	8	
	EAT																									2	8	8	
	HEG																									2	7	5	
	AVI																									2	7	3	
	LHO																									2	7	3	

Slika 22. Prikaz prijevoza kompatibilnih roba

Izvor: [5]

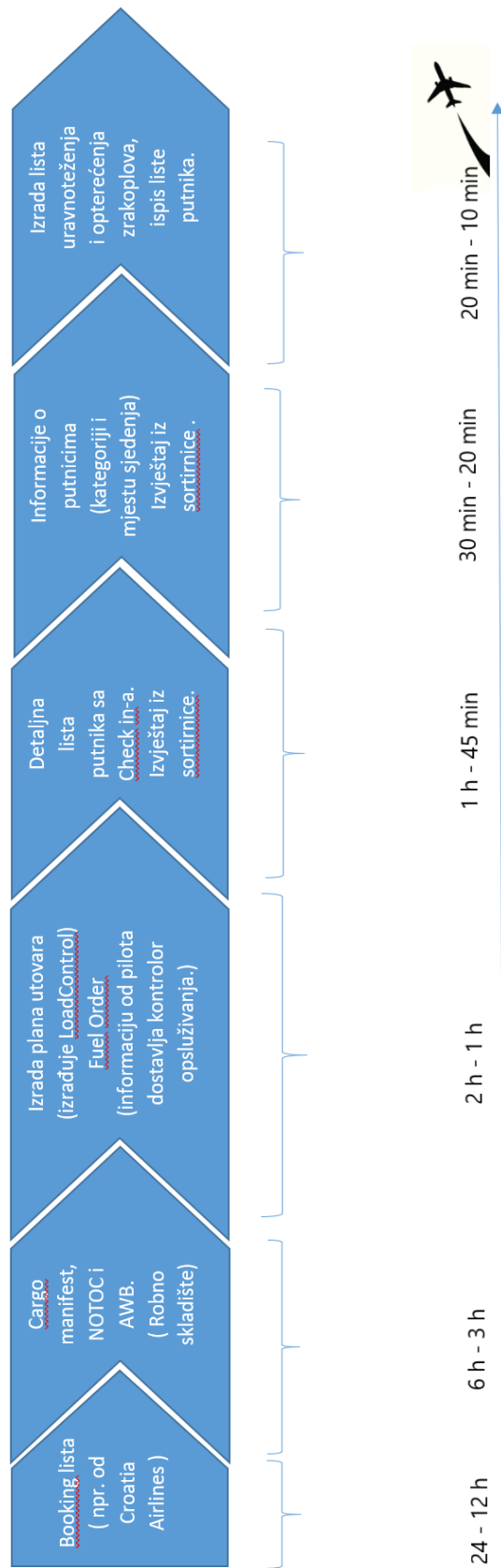
Ukoliko nema dovoljno putnika na letu da se postigne balans, od robnog skladišta se traže balasne vreće koje su napunjene pijeskom kako bi se dobila ravnoteža zrakoplova. Od kapetana zrakoplova dobiva se obavijest o potrebnoj količini goriva.

Kako bi se vremenski bolje razumio proces izrade liste uravnoteženja i opterećenja, te tijekom dokumenata do ureda za balans, na sljedećim je slikama prikazan vremenski tijek događaja.



Slika 23. Vremenski tijek podataka ureda za uravnoteženje i opterećenje

Izvor: [26]



Slika 24. Vremenski tijek dokumenata ureda za uravnoteženje i opterećenje

Izvor: [26]

5. Optimizacija procesa uravnoteženja i opterećenja zrakoplova

U ovom trenutku na Zračnoj luci Franjo Tuđman u Zagrebu koristi se 9 sustava za balansiranje, navedenih u tablici br.2. Svaki od osoblja za uravnoteženje i opterećenja zrakoplova mora znati raditi u svakom od tih programa, što predstavlja veliki problem za njih. Rizik kao neizostavni dio svakog sustava javlja se i kod uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Pad sustava i nestanak električne energije uzrokuje nemogućnost daljnjeg rada osoblja za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova. Preopterećenje sustava također može dovesti do sporijeg rada sustava što uzrokuje kašnjenje izdavanja potrebnih dokumenata za let, čime će doći do smanjenog broja operacija polijetanja i slijetanja zrakoplova.

Tablica 2. Popis sustava za uravnoteženje za pojedine zrakoplovne prijevoznike

<i>Sustavi za uravnoteženje i opterećenje</i>	<i>Zrakoplovni prijevoznici</i>
<i>Altea OU ramp FM (engl. FlightManagement)</i>	Croatia Airlines, Lufthansa, Austrian Airlines, Swiss Airlines, Brussels Airlines, Czech Airlines, LOT Polish Airlines
<i>QR altea ramp FM (engl. Flight Management)</i>	Qatar Airlines
<i>MACS FM (engl. Flight Management)</i>	Emirates
<i>Quick CheckIn – NResa</i>	Turkish Airlines
<i>BRITISH AIRWAYS ramp FM</i>	British Airways
<i>KL ramp FM (VEGA), AF ramp FM (VEGA)</i>	KLM Royal Dutch Airlines, AF – Air France
<i>SN altea ramp FM, CSA altea ramp FM</i>	Lot Polish Airlines, Eurowings, Germanwings
<i>AIR TRANSAT altea</i>	Air Transat

Izvor: [26]

5.1 Prijedlozi za optimizaciju procesa uravnoteženja i opterećenja zrakoplova

Kao rješenje ovom problemu koji se javlja u Zagrebu, Zračna luka Split za sve aktivnosti od prihvata i otpreme putnika, pa do izrade liste uravnoteženja i opterećenja koristi računalni sustav AS (Airport Software) pod nazivom „Niko“. Temelj „Niko“ sustava je centralna baza podataka (Central Database System). Centralna baza podataka sastoji se od brojnih tablica nužnih za druge funkcije. Tablice uključuju rasporede letenja, kodove zračnih luka, oznake zračnih prijevoznika, korisničke informacije, valute u svijetu, plan parkiranja zrakoplova, registraciju zrakoplova, konfiguraciju kabine i težinska ograničenja. Ukoliko dođe do bilo kakvih promjena, CDB se može ažurirati s novim informacijama u bilo koje vrijeme.

Neke od temeljnih karakteristika „Niko“ programa su sljedeće:

- Automatiziran unos podataka:
 - o broju i težini putnika
 - o broju i težini prtljage
 - o utovarenoj robi

što omogućuje izradu liste uravnotežena i opterećenja za različite zrakoplove istovremeno.

- Omogućuje u uvid centra težišta zrakoplova grafičkim prikazom svakog pojedinog tipa zrakoplova
- Ažuriranje i dopunjavanje programa sa novim tipovima zrakoplova
- Ima poseban radni prostor gdje se spremaju i čuvaju svi podaci o svakom pojedinom letu
- ...

Kako bi program funkcionirao u skladu sa zahtjevima, i dobio dozvolu za upotrebu na temelju istih, napravljene su tablice u kojima su smješteni neki od najvažnijih podataka kao što je prikazano u tablici br.3.²⁹

Tablica 3. Podaci potrebni za funkcioniranje „Niko“ programa

<i>Naziv tablice</i>	<i>Podaci pohranjeni u tablici</i>
<i>AC_DATA DBF</i>	Tablica u kojoj se nalaze operativni podaci, podaci o svakoj verziji svakog tipa zrakoplova po kompanijama.
<i>AC_REG DBF</i>	Tablica registracija svih zrakoplova zajedno sa numeričkim podacima koji se odnose na kodove svakog tipa zrakoplova s obzirom na posebnosti svakog prijevoznika.

²⁹Agić, J.: Završni rad, „RAČUNALNI SUSTAVI ZA URAVNOTEŽENJE I OPTEREĆENJE ZRAKOPLOVA“, Zagreb, 2014.

<i>CAB_CNF DBF</i>	Tablica rasporeda putničkih kabina pojedinih tipova zrakoplova za svakog pojedinog prijevoznika posebno.
<i>CARRIER DBF</i>	Tablica kodova svakog pojedinog prijevoznika.
<i>LDM DBF</i>	Tablica kratica i poruka koje se šalju za svakog pojedinog prijevoznika.
<i>LDMCODES DBF</i>	Tablica svih kodova koji su uobičajeni prilikom uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.
<i>LDS_BSYS DBF</i>	Tablica sa svim upisanim bazama i indeksima koja omogućuje povrat baza u slučaju da se izgube.
<i>LDS_CNF DBF</i>	Tablica sa individualnim postavkama radnji parametara svakog pojedinog korisnika.
<i>LT_CNF DBF</i>	Tablica koja sadrži karakteristike grafičkog dijagrama po tipovima zrakoplova pojedinih prijevoznika.
<i>MACH_SET DBF</i>	Tablica karakteristika pojedinih PC računala i priključenih pisača.
<i>MANUFACT DBF</i>	Tablica proizvođača zrakoplova.
<i>MNFCRAFT DBF</i>	Tablica pojedinih tipova zrakoplova s obzirom na proizvođača.
<i>TY_CHART DBF</i>	Tablica .exe datoteka za pojedine tipove zrakoplova.
<i>TY_VERS DBF</i>	Tablica verzija zrakoplova po prijevoznicima
<i>TYPCRAFT DBF</i>	Tablica tipova zrakoplova po prijevoznicima
<i>TYPE_LDM DBF</i>	Tablica različitih formata LDM poruka
<i>TYPEFORM DBF</i>	Tablica modula različitih težina zrakoplova
<i>WV_CNF DBF</i>	Tablica sistemskih varijabli sustava
<i>WB_WARN DBF</i>	Tablica poruka upozorenja
<i>WBTMPSYS DBF</i>	Tablica privremenih baza poruka unutar programa

Izvor: [20]

Prije nego šta se krene sa uravnoteženjem zrakoplova u program moraju biti uneseni podaci iz AHM-a (AHM – Aircraft Handling Manual) kao što su tip zrakoplova, registracijska oznaka, indeks za gorivo, dimenzije i težina praznog ULD-a za svakog zrakoplovnog prijevoznika, propisane mase putnika, kapacitet putničke kabine, nosivost prtljažnog prostora i sl.³⁰

³⁰Agić, J.: Završni rad, „RAČUNALNI SUSTAVI ZA URAVNOTEŽENJE I OPTEREĆENJE ZRAKOPLOVA“, Zagreb, 2014.

Otvaranjem računalnog programa, korisnik vidi osnovno sučelje sa svim letovima. Odabirom odgovarajućeg leta i pritiskom na funkciju „Balance“ koja se nalazi u gornjem desnom kutu, osoblje za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova može početi sa izradom liste uravnoteženja i opterećenja. Prvi korak je otvaranje PNL (engl. Passenger Name List - PNL) liste u kojoj se nalaze imena i prezimena putnika, brojevi karata, klasa prijevoza, finalna destinacija, te posebnih zahtjevi ako ih ima. Klikom na funkciju „File“ otvara se popis raznih kratica na kojem je potrebno odabrati PNL. Na temelju iste osoblje za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova izrađuje plan utovara. U sljedećem koraku osoblje za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova odabire konfiguraciju putničke kabine pomoću funkcije „Seating“. Ta funkcija mu omogućuje određivanje pregrade između klasa u putničkoj kabini. Sustav je također povezan sa BRS (engl. Baggage Reconciliation Systems - BRS) sustavom koji omogućuje osoblju za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova uvid u status prtljage. Prtljaga je označena različitim bojom u ovisnosti u kojoj je fazi. Ako je prtljaga prošla registraciju označena je crvenom bojom. Ako se nalazi u sortirnici prtljaga je označena žutom bojom. Ukoliko je već ukrcana na zrakoplov prtljaga će biti zelene boje. Nakon zatvaranja šaltera za registraciju putnika i prtljage i povlačenje konačnih informacija o putnicima, osoblje za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova posjeduje sve informacije te može krenuti sa izradom liste uravnoteženja i opterećenja.³¹ Glavni nedostatak „Niko“ programa je taj što program nije u potpunosti automatiziran te se podaci o teretu moraju ručno upisati.³²

³¹ https://niko.hr/?page_id=98

³² Agić, J.: Završni rad, „RAČUNALNI SUSTAVI ZA URAVNOTEŽENJE I OPTEREĆENJE ZRAKOPLOVA“, Zagreb, 2014.

5.2 Raspodjela posla

Drugi način optimizacije procesa uravnoteženja i opterećenja zrakoplova je podjela radnika prema korištenju računalskih programa. Učenje programskog jezika dug je proces koji nije nimalo lagan. Na Zračnoj luci Franjo Tuđman ih ima 9. Svaki zaposlenik u uredu za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova mora znati raditi u svih 9 programa koji se koriste i koji imaju 9 različitih programskih jezika. Kako bi se olakšalo djelatnicima, osoblje bi bilo podijeljeno u 3 grupe. Svaka grupa bi radila samo na 3 programa. Tako bi se smanjila količina posla za 2/3 po jednom radniku. Zračna luka ne bi trebala slati sve radnike na obuku za sve sustave, već samo za određene, čime bi se isto uštedjelo jer svaki zaposlenik mora imati licencu da zna koristiti određeni računalni program. Radnici bi imali više vremena za pripremu, te bi se povećala preciznost u izradi liste uravnoteženja i opterećenja. Uvođenjem ovakvog načina rada, podijeljenog u grupe, smanjila bi se opterećenost radnika. Jedina mana ovakvog načina rada je ta što bi se vjerojatno trebalo zaposliti više osoblja čime bi se automatski povećali troškovi zračne luke.

5.3 Ostali sustavi za uravnoteženje i opterećenje

Postoje razni sustavi za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova koji se mogu staviti kao maska na postojeće sustave te olakšati sam proces uravnoteženja i opterećenja. Među novijim sustavima često se spominje sustav implementiran od strane indijske tvrtke pod nazivom „Mindtree“. Mindtree je proizveo vrhunski proizvod za planiranje opterećenja nove generacije koji pruža potpunu funkcionalnost za učinkovito uravnoteženje zrakoplova. Stari sustavi koji su „patili“ od nedostatka automatizacije, nedostatka grafičkog korisničkog sučelja za jednostavnost rada, nedostatka programske podrške, visokih troškova održavanja i visoke naknade za licence zamijenjeni su novijima čime su se smanjili troškovi, vrijeme i rizik isporuke liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Šest zračnih prijevoznika je usvojilo ovaj sustav što je rezultiralo smanjenjem broja kašnjenja zbog poboljšanog planiranja opterećenja, povećanje produktivnosti osoblja, smanjenje potrošnje goriva zbog optimalne raspodjele opterećenja i sl.³³

³³ <https://www.mindtree.com/about/resources/implementing-next-generation-weight-and-balance-system-make-flights-safe>

6. Zaključak

Kao što je već navedeno, uravnoteženje i opterećenje zrakoplova jedan je od značajnijih faktora koji utječu na sigurnost leta. Izazov za avioprijevoznike je da napune zrakoplove sa što više putnika i prtljage (i tereta) što je više moguće, a da ne prelaze ograničenja težine koja mogu biti pogođena ograničenjima za uzlijetanje, kao što su kratke piste. Prilikom planiranja leta potrebno je kvalitetno isplanirati utovar zrakoplova s ciljem postizanja idealnog centra težišta. Loše uravnotežen i opterećen zrakoplov sa prekoračenim dopuštenim masama narušava letne karakteristike zrakoplova i dovodi do nesreće. Takav zrakoplov stvara neželjene efekte poput povećane potrošnje goriva, potencijalna oštećenja trupa zrakoplova, te otežano slijetanje i polijetanje, čime je sigurnost zrakoplova, posade i putnika te okoline ugrožena i dovedena u pitanje.

Glavni cilj istraživanja ove teme je bio kako poboljšati, unaprijediti i olakšati proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova aerodromskom osoblju koji ga koristi. Osim toga važno je i povećati razinu sigurnosti izrade potrebnih dokumenata, te smanjiti stres osoblja. Kako bi se to postiglo, na Zračnoj luci Franjo Tuđman potrebne su velike promijene koje bi se odnosile na računalne programe koji su trenutno aktualni. Uz programe važno je i da sama tehnologija bude u skladu sa najnovijim dostignućima.

Trenutačno se na zračnoj luci koristi 9 računalnih programa kojima se vrši uravnoteženje i opterećenje zrakoplova pojedinih zrakoplovnih prijevoznika. Svaki od tih programa drugačiji je od ostalih. Naredbe koje se koriste u jednom programu nisu valjane u drugom. Tako u vremenu vršnog prometa, od 06:00 do 09:00 i od 12:00 do 16:00, osoblje za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova su primorani bez greške i u što boljem vremenu ispuniti potrebne obrasce kako bi se što više operacija polijetanja izvršilo i kako bi se osigurao nesmetan tok prometa. No tu dolazi do problema. Tijekom radnog dana koncentracija osoblja se smanjuje i dolazi do umora. U takvim uvjetima lako je moguće da se unesu krivi podaci ili da se neki izostave. Moguće je i da se podaci unesu u krivi program. Sve te pogreške treba ispraviti, a za ispravljanje istih potrebno je dodatno vrijeme koje se u zrakoplovstvu skupo plaća.

Jedno od rješenja nalazi se u Splitu. Mlada tvrtka pod nazivom „Niko“ koja se bavi razvojem, projektiranjem, proizvodnjom i marketingom IT sustava, u suradnji sa zračnom lukom Splitu, razvila je računalni program koji omogućuje izradu liste opterećenja i uravnoteženja sa puno manjim vremenom izrade iste, i povećanjem sigurnosti. Iako sustav nije skroz automatiziran, uvelike je pridonio poboljšanju rada djelatnicima. Svakim danom sustav se nadograđuje i poboljšava kako bi se što više pojednostavilo njegovo korištenje. Uz nepotpunu automatizaciju, negativna strana je mogućnost greške na serveru ili pad sustava, koji se i ne događaju tako često.

Drugo rješenje je podjela osoblja. Pod podjelom osoblja misli se na preraspodjelu djelatnika prema programima koji se koriste. Pošto se za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova upotrebljava 9 različitih programa, kako bi se smanjila opterećenost osoblja, djelatnike bi podijelili u 3 grupe. Svaka grupa bi radila na 3 programa, čime se njihov posao smanjuje za 2/3. Prednost takve raspodjele posla je smanjenje mogućnosti upisivanja podataka u krivi sustav te

smanjenje opterećenja poslom i sl. Da bi se takav način rada omogućio, potrebno je zaposliti više ljudi.

Novi terminal Zračne luke Franjo Tuđman je prvo što turisti i ostali putnici ugledaju kada dođu u Zagreb. Izgledom ne zaostaje za svjetskim zračnim lukama, dok po tehnologiji i načinu rada daleko je iza njih. Sigurnost je u ovom poslu prioritet, jedna pogreška može biti presudna za nečiji život. Kako bi se ona osigurala, djelatnicima kao što su osoblje za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova, radno okruženje i sama tehnologija koju koriste mora biti na nivou sa standardima i iznad njih.

LITERATURA

1. Vidović, A.: Nastavni materijali, Kolegij „Osnove tehnike u zračnom prometu“, Fakultet prometnih znanosti u Zagrebu, Zagreb, 2018.
2. Nastavni materijali, Predmet „Prihvata i otprema tereta i zrakoplova“, Zrakoplovna tehnička škola Rudolfa Perešina, Velika Gorica, 2014.
3. Pavlin, S.: Aerodromi I, Zagreb, 2006.
4. Pavlin, S.: Tehnologija prihvata i otpreme zrakoplova, Zagreb, 2017.
5. Štimac, I.: Nastavni materijali, Kolegij „Prihvata i otprema tereta i pošte u zračnom prometu“, Fakultet prometnih znanosti u Zagrebu, Zagreb, 2018.
6. Debeljak Rukavina, S.: Uvjeti i način prijevoza opasne robe zrakom, Zb. Prav. fak. Sveuč. Rijeka, 1991
7. Tomas, M.: Diplomski rad, „USPOREDNA ANALIZA PROGRAMA ZA URAVNOTEŽENJE I OPTEREĆENJE ZRAKOPLOVA“, Zagreb, 2018.
8. Preuzeto sa: <https://www.redbubble.com/people/stevehclark/works/20953602-illustration-of-emirates-airbus-a380-white-version?p=poster> [Pristupljeno: srpanj 2019.].
9. ICAO. Preuzeto sa: <https://www.icao.int/safety/LOCI/AUPRTA/index.html> [Pristupljeno: srpanj 2019.].
10. Aviation. Preuzeto sa: <https://aviation.stackexchange.com/questions/12956/what-are-different-types-of-weights-of-an-aircraft> [Pristupljeno: srpanj 2019.].
11. Preuzeto sa:
<https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A1144/datastream/PDF/view>
[Pristupljeno: srpanj 2019.].
12. Aircraft Weights. Preuzeto sa:
https://www.ivao.aero/training/documentation/books/SPP_aircraft_weight.pdf [Pristupljeno: srpanj 2019.].
13. UPS Air Cargo. Preuzeto sa:
<https://www.ups.com/aircargo/using/services/supplies/airwaybill.html#thirteen> [Pristupljeno: srpanj 2019.].
14. National Aeronautics and Space Administration. Preuzeto sa:
<https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/acg.html> [Pristupljeno: srpanj 2019.].
15. U.S. Department of Transportation : Aircraft Weight and Balance Handbook, 2016
[Pristupljeno: srpanj 2019.].
16. Flight Operations Support and Line Assistance. Preuzeto sa:
http://www.smartcockpit.com/docs/Getting_To_Grips_With_Weight_and_Balance.pdf
[Pristupljeno: lipanj 2019.].

17. Passenger Manifest Verification. Preuzeto sa:
<https://www.aviationemergencyresponseplan.com/wp-content/uploads/2018/01/Information-PMV.pdf> [Pristupljeno: lipanj 2019.].
18. Ground Operations Manual. Preuzeto sa: <http://old.fly-car.de/medien/dokumente/cargohandling.pdf> [Pristupljeno: srpanj 2019.].
19. Civil Aviation Authority. Preuzeto sa:
<http://publicapps.caa.co.uk/modalapplication.aspx?appid=11&mode=detail&id=6066>
[Pristupljeno: srpanj 2019.].
20. Agić, J.: Završni rad, „RAČUNALNI SUSTAVI ZA URAVNOTEŽENJE I OPTEREĆENJE ZRAKOPLOVA“, Zagreb, 2014.
21. NIKO. Preuzeto sa: https://niko.hr/?page_id=98 [Pristupljeno: srpanj 2019.].
22. Cjenik aerodromskih reguliranih naknada. Preuzeto sa: http://www.zagreb-airport.hr/UserDocsImages/dokumenti/Cjenik-aerodromskih-usluga_28112018.pdf
[Pristupljeno: srpanj 2019.].
23. Aircraft Load and Trim. Preuzeto sa:
[https://www.fsb.unizg.hr/aero/images/books/07_Ravnoteznilet.pdf](https://www.skybrary.aero/index.php/Aircraft_Load_and_Trim#Fuel>Loading_and_Distribution [Pristupljeno: srpanj 2019.].24. Ravnotežni let. Preuzeto sa:
<a href=) [Pristupljeno: srpanj 2019.].
25. Teretni list u kopnenom, pomorskom i zračnom prometu. Preuzeto sa:
https://www.pravo.unizg.hr/_download/repository/Teretni_list_u_kopnenom%2C_____pomorskom_i_zracnom_prijevozu.pdf [Pristupljeno: srpanj 2019.].
26. Međunarodna zračna luka Zagreb, Zagreb.
27. Croatia Airlines: „A319-112 AHM 560“, Zagreb.

POPIS SLIKA

Slika 1. Vaganje zrakoplova

Slika 2. Mase zrakoplova i njihov međusobni odnos

Slika 3. Položaj centra gravitacije

Slika 4. Aerodinamične sile koje djeluju na zrakoplov u letu

Slika 5. Momenti oko osi zrakoplova

Slika 6. Lista putnika

Slika 7. Teretni manifest

Slika 8. Teretni list

Slika 9. Opis polja teretnog lista

Slika 10. Obavijest kapetanu (engl. Notification to Captain)

Slika 11. Plan utovara

Slika 12. Lista uravnoteženja i opterećenja

Slika 13. Zaglavlje liste uravnoteženja i opterećenja

Slika 14. Dio liste uravnoteženja i opterećenja sa masama

Slika 15. Dio liste uravnoteženja i opterećenja vezan za broj putnika i težine tereta ovisno o teretnim odjeljcima

Slika 16. Dio liste uravnoteženja i opterećenja vezan za izračun težine zrakoplova

Slika 17. Grafička podjela težina po teretnim odjeljcima

Slika 18. Skala uravnoteženja zrakoplova

Slika 19. Zone indeksne korekcije

Slika 20. Izvještaj o prtljazi iz sortirnice

Slika 21. Dokument o potrebnom gorivu

Slika 22. Prikaz prijevoza kompatibilnih roba

Slika 23. Vremenski tijek podataka ureda za uravnoteženje i opterećenje

Slika 24. Vremenski tijek dokumenata ureda za uravnoteženje i opterećenje

Slika 25. Prikaz „Niko“ programa

POPIS TABLICA

Tablica 1. Osnovne težine putnika

Tablica 2. Popis sustava za uravnoteženje za pojedine zrakoplovne prijevoznike

Tablica 3. Podaci potrebni za funkcioniranje „Niko“ programa

POPIS KRATICA

AHM (Aircraft Ground Manual) - priručnik za opsluživanje zrakoplova

ALM (Actual Landing Mass) - stvarna težina zrakoplova pri slijetanju

AS – Airport Software

ATOM (Actual Take-off Mass) - stvarna težina zrakoplova pri uzlijetanju

ATM (Actual Taxi Mass) – stvarna masa pri taksiranju

AZFM (Actual Zero Fuel Mass) - stvarna težina zrakoplova bez goriva

AWB (Air Waybill) zrakoplovni tovarni list, glavni dokument za prijevoz robe u zračnom prometu

BEM (Basic Empty Mass) - osnovna težina praznog zrakoplova

BLND (Blind) - putnici kojima je vid djelomično ili potpuno oštećen te im je potrebna pomoć pri kretanju

BM (Basic Mass) - osnovna težina zrakoplova

BRS (Baggage Reconciliation System)

CDB (Central Database) – centralna baza podataka

CG (Center of Gravity) – centar težišta

DEAF (Deaf Passengers) – putnici čiji je sluh oštećen

DEAF/MUTE (Deaf Passengers; Mute Passengers) – putnici čiji je sluh djelomično ili potpuno oštećen te im je potrebna pomoć pri kretanju

DEPA (Deportee/Accompanied) – deportirane osobe sa pratnjom

DEPU (Deportee/Unaccompanied) - deportirane osobe bez pratnje

DOM (Dry Operating Mass) - suha operativna težina

DGR (Dangerous Goods) - opasna roba

ETD (Estimated Time of Departure) – predviđeno vrijeme za odlazak

FF (Frequent Flyer) - česti putnici

LEGB (Leg in cast - Both) - putnici sa imobiliziranim nogama (lijeva i desna)

LEGL (Leg in Cast - Left) - putnici sa imobiliziranom lijevom nogom

LEGR (Leg in Cast - Right) - putnici sa imobiliziranom desnom nogom

LIR (Loading Instruction Report) - instrukciju utovara

MAAS (Meet and Assist - Passengers Requesting Special Assistance) - svi ostali putnici kojima je potrebna pomoć kao što su starije osobe

MDLM (Maximum Design Landing Mass) - maksimalna konstruktivna težina zrakoplova prilikom slijetanja

MEM (Manufacturer Empty Mass) - tvornička težina praznog zrakoplova

MDRM (Maximum Design Ramp Mass) - maksimalna konstrukcijska težina zrakoplova na stajanci

MDTM (Maximum Design Taxi Mass) - maksimalna konstruktivna težina zrakoplova prilikom taksiranja

MTOM (Maximum Take Off Mass) - maksimalna konstruktivna težina zrakoplova prilikom polijetanja

MZFM (Maximum Zero Fuel Mass) - maksimalna konstruktivna težina zrakoplova bez goriva

NIL (Nothing in Load)

NOTOC (Notification to Captain) - obavijest kapetanu

OM (Operating Mass) – operativna masa

OXYG – putnici kojima je potreban kisik tijekom leta.

PNL (Passenger Name List) – lista putnika

PRM (Passengers With Reduced Mobility) - putnici s invaliditetom i putnici sa smanjenom pokretljivošću

STCR (Stretcher) - putnici na nosilima te su obavezno u pratnji medicinskog osoblja

ULD (Unit Load Device) - jedinično sredstvo utovara, ukrcajna jedinica

WCHC (Wheelchair – C for Cabin) - potpuno nepokretni putnici

WCHR (Wheelchair - R for Ramp) - putnici sa ograničenom pokretljivošću

WCHS (Wheelchair – S for Steps) - putnici sa ograničeno pokretljivošću



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ završni rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavlenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ završnog rada
pod naslovom OPTIMIZACIJA PROCESA URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA
ZRAKOPLOVA

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 3.9.2019

Student/ica:

Bošnjak
(potpis)