

Tehničko eksploatacijske značajke aviona u teretnom zračnom prometu

Išerić, Deni

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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:119:638292>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-17**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

DENI IŠERIĆ

**TEHNIČKO EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE AVIONA U
TERETNOM ZRAČNOM PROMETU**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

DENI IŠERIĆ

**TEHNIČKO EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE AVIONA U
TERETNOM ZRAČNOM PROMETU**

**TECHNICAL EXPLOITATION CHARACTERISTICS OF AIRCRAFT
IN FREIGHT AIR TRAFFIC**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Prof. dr. sc. Marijan Rajsman

Student: Deni Išerić

JMBAG: 0246048441

Zagreb, 2022.

Zagreb, 24. veljače 2023.

Zavod: **Zavod za prometno-tehnička vještačenja**
Predmet: **Prijevozna sredstva**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 7049

Pristupnik: **Deni Išerić (0246048441)**
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **TEHNIČKO EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE AVIONA U TERETNOM
ZRAČNOM PROMETU**

Opis zadatka:

Uvodno definirati problem i predmet rada te ukratko navesti njegovu svrhu, cilj i doprinos. U drugom poglavlje iznose se osnovne informacije o općim značajkama teretnog zračnog prometa. Treće poglavlje daje definiciju i značenje tehničko-eksploatacijskih značajki aviona u teretnom zračnom prometu. Četvrto poglavlje iznosi analizu konkretnih tehničko-eksploatacijskih značajki aviona u teretnom zračnom prometu. Peto poglavlje je zaključak u kojemu se iznose najbitnije konstatacije vezane za temu rada.

Mentor:



prof. dr. sc. Marijan Rajsman

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. OPĆE ZNAČAJKE TERETNOG ZRAČNOG PROMETA.....	3
2.1. ZRAKOPLOV.....	6
2.1.1. KONSTRUKCIJA ZRAKOPLOVA	7
2.1.2. POGON ZRAKOPLOVA.....	12
2.1.3. FUNKCIJSKI SUSTAVI.....	13
2.1.4. ZRAKOPLOVNA ELEKTRONIKA	15
2.1.5. VRSTE ZRAKOPLOVA.....	16
2.2. ZRAKOPLOVNE UKRCAJNE JEDINICE.....	18
2.2.1. ZRAKOPLOVNI KONTEJNERI.....	19
2.2.2. ZRAKOPLOVNE PALETE	20
2.2.3. ZRAKOPLOVNI IGLOO.....	21
2.2.4. INTERMODALNI KONTEJNERI	23
3. DEFINICIJA I ZNAČENJE TEHNIČKO-EKSPLOATACIJSKIH ZNAČAJKI AVIONA U TERETNOM ZRAČNOM PROMETU.....	24
3.1. VELIČINA ZRAKOPLOVA.....	25
3.2. VISINA LETA ZRAKOPLOVA.....	30
3.3. DOMET ZRAKOPLOVA.....	32
3.4. TEŽINA ZRAKOPLOVA	35
4. ANALIZA TEHNIČKO-EKSPLOATACIJSKIH ZNAČAJKI AVIONA U TERETNOM ZRAČNOM PROMETU	40
4.1. AIRBUS	40

4.1.1. AIRBUS A330-200F	42
4.1.2. AIRBUS A330P2F	44
4.1.3. AIRBUS A350F	47
4.1.4. AIRBUS BelugaST.....	50
4.1.5. AIRBUS BelugaXL.....	53
4.2. BOEING.....	57
4.2.1. BOEING 747-8 Freighter	58
4.2.2. BOEING 777-8 Freighter	62
4.2.3. BOEING 777 Freighter	64
4.2.4. Boeing 767-300 Freighter.....	66
4.2.5. Boeing 737-800BCF.....	69
4.3. USPOREDBA ZRAKOPLOVA	72
4.3.1. USPOREDBA AIRBUS ZRAKOPLOVA.....	72
4.3.2. USPOREDBA BOEING ZRAKOPLOVA	76
4.3.3. USPOREDBA AIRBUS I BOEING ZRAKOPLOVA	79
5. ZAKLJUČAK.....	83
LITERATURA	85
POPIS TABLICA	90
POPIS SLIKA.....	91
POPIS GRAFIKONA	93

SAŽETAK

U radu su objašnjene opće značajke teretnog zračnog transporta, kao i tehničke i eksploatacijske značajke teretnih aviona, te analizirane iste na primjeru par različitih modela transportnih aviona od dva proizvođača koja slove kao najveći na tržištu. Izvedene karakteristike su kasnije uspoređene kako bi se vidjelo kako se ti avioni, u pogledu izvedenih tehničkih i eksploatacijskih karakteristika nose sa konkurentima na tržištu. U radu se uspoređuju modeli sa onima drugih linija istog proizvođača, kao i s onim srodnim modelima iz konkurentne tvrtke.

KLJUČNE RIJEČI: ukrcajne jedinice, zračni transport, analiza tehničkih i eksploatacijskih značajki, transport

SUMMARY

The paper explains the general characteristics of cargo air transport, as well as technical and operational characteristics of cargo aircraft, and analyses them on the example of a couple of different models of transport aircraft from two manufacturers that are known as two the largest on the market. The derived characteristics were later compared to see how these aircraft, in terms of derived technical and operational characteristics, cope with competitors in the market. The paper compares the models with those of other lines of the same manufacturer, as well as with those related models from a competing company.

KEY WORDS: loading units, air transport, analysis of technical and operational characteristics, transport

1. UVOD

Kao posljedica ekonomskog rasta i globalizacije tržišta u Svijetu javlja se sve veća potreba za transportom tereta. Transport tereta nije samo transport tereta od točke A do točke B, već složeni proces u koji su uključeni razni sudionici kroz razne faze transporta. Velike transportne kompanije, transportni operator, osoblje prijevoznog modula te pošiljatelj samo su neki od sudionika uključeni u ovaj proces.

Zahvaljujući eksponencijalnom razvoju tehnologije zračnog transporta u zadnjem stoljeću, a posebice posljednjih godina, Svijet nikada nije bio blizu i nadohvat ruke kao sada. Zračne luke čine čvorišta sve veće i veće mreže zračnog transporta koja pokriva i povezuje daleke prostore, strane ljude i kulture te naizgled nespojiva mjesta, te je odgovorna za neobična poznanstva i prijateljstva diljem Svijeta, koja bez nje ne bi bila ostvariva.

Sukladno razvoju tehnologije, razvijaju se i potrebe ostvarive zračnim transportom, pa tako i zračne luke nisu više isključivo transportne infrastrukture, već su to mjesta na kojima brojni privatni i poslovni korisnici nalaze svoj interes. Daleko smo od vremena kada su se zrakom prevozili samo putnici i njihova prtljaga. Danas se zračnim putevima prevozi svakakva roba ili teret.

Pošta, novine, dokumenti, hrana, lijekovi, materijal i razne druge vrste tereta do tvornica, dućana i krajnjeg korisnika dolaze upravo putem zračnog teretnog transporta, bez kojeg je gotovo nemoguće zamisliti život u suvremenom dobu.

Naravno poboljšanjem ponude transporta rastu zahtjevi u pogledu brže isporuke, veće količine isporučene robe, raznih dodatnih pogodnosti u pogledu manevriranja s robom (lakši utovar/ istovar, postavljeni uvjeti za određene vrste robe...) pa se svjetski proizvođači bore sa konkurentima kako bi što bolje ispunili rastuće zahtjeve nepredvidivog tržišta izbacivanjem novijih modela teretnih aviona sa poboljšanim tehničkim i eksploatacijskim karakteristikama kako bi transport bilo kakvog tereta bio lakši, brži i efikasniji.

Iako zračni transport nije toliko važan čimbenik u intermodalnom transportnom lancu poput kopnenog ili pomorskog transporta, on će uvijek imati svoju značajnu ulogu u transportu

tereta od velike važnosti i na većim udaljenostima, te posebice u ekspresnim pošiljkama radi svoje brzine.

Sam rad koncentriran je na tim istim tehničkim i eksploatacijskim značajkama teretnih aviona u zračnom transportu robe i analizi istih na primjeru modela dvaju najpoznatijih proizvođača teretnih aviona u Svijetu. Radi se o tvrtkama AirBus i Boeing.

U prvim poglavljima rada detaljnije su objašnjeni osnovni pojmovi u teretnom zračnom prometu u pogledu samog prijevoznika – zrakoplova i ukrcajnih jedinica koje koristimo pri transporta robe.

U kasnijim poglavljima rad se bazira na usporedbi karakteristika raznih modela dvaju proizvođača i daje uvid u bolji izbor ovisno o potrebi potražitelja transportne usluge.

2. OPĆE ZNAČAJKE TERETNOG ZRAČNOG PROMETA

Pod pojmom “teretni zračni promet” podrazumijevamo transport materijala, poluproizvoda ili gotovih proizvoda zračnim putem posebnim, za to namijenjenim transportnim sredstvima. Zračni promet kao takav koristi se u transportu putnika, terete i pošte zračnim letjelicama, a ponekad podrazumijeva i uporabu letjelica u atmosferi u druge svrhe. Radi se o posebnoj prometnoj grani koja u širem smislu, osim transporta putnika i robe, obuhvaća i zračne puteve, aerodrome, kontrolni sustav zračnog prometa i dr.¹

Opća podjela zračnog prometa vrši se na javni i generalni zračni promet. Javni se kao takav još može podijeliti na redoviti i izvanredni. Redoviti ili linijski zračni promet predstavlja komercijalni transport osoba i stvari, koji je dostupan svima pod jednakim uvjetima, a obavlja se na unaprijed utvrđenim linijama, prema ranije postavljenom rasporedu letenja i po ranije definiranim cijenama. Izvanredni, poznatiji kao povremeni, neredoviti i charter zračni promet obavlja se uz posebno ugovorene uvjete. U tu skupinu pripadaju pojedinačni ili serijski čarterski transport, taksi transport, panoramski letovi i dr. Opći ili generalni zračni promet obuhvaća civilnu uporabu zrakoplova i drugih zračnih letjelica izvan redovitog i povremenog prometa, bilo u poslovne, turističke, sportske i druge svrhe. Zračni promet kao gospodarsku djelatnost obavljaju zračni prijevoznici, koji mogu biti u državnom, privatnom ili mješovitom vlasništvu. S obzirom na prostor na kojem djeluje, zračni transport možemo razvrstati na lokalni, regionalni, nacionalni, međunarodni i međukontinentalni zračni promet, dok se prema onome što letjelica prevozi može podijeliti na putnički, teretni, poštanski i mješoviti zračni promet.²

Roba se u teretnom zračnom prometu prevozi različitim vrstama zrakoplova koji se određuju prema vrsti robe, potrebnom kapacitetu tovarnog prostora i sl. Robni promet je, međutim, oduvijek bio manjeg opsega u odnosu na putnički zračni promet, no posljednjih godina bilježi stalan rast radi sve većeg broja zrakoplova koji posjeduju bolje tehničko-eksploatacijske značajke u pogledu povećanja nosivosti, raznih promjena prometne politike zrakoplovnih kompanija, te

¹ Feiss, Uloga špeditera na tržištu prijevoznih kapaciteta, str. 15

² Ibid., str. 22

pojave specijaliziranih prijevoznika za hitan transport pošiljaka u transportnom procesu “od vrata do vrata”.³

Zračni teretni promet pretežito se koristi za transport skupocjenog tereta, kvarljive robe ili ekspresnih pošiljki radi njegove brzine i sigurnosti koje nadmašuju svaku drugu prometnu granu. U slučaju kada nije moguća ili je znatno otežana uporaba transportnih sredstava drugih prometnih grana radi rata, prirodne katastrofe i sl., zračni transport je katkad jedini izbor za opskrbu izoliranih područja. Teretni zračni transport najviše razvijaju zračni prijevoznici, u suradnji s otpremnicima i pošiljateljima. Teret se u tom slučaju, prevozi zrakom uz putnike u putničkom zrakoplovu, takav način obuhvaća više od polovine transportne sposobnosti teretnog zračnog prometa. Drugačija varijanta su namjenski teretni zrakoplovi, no u manjoj količini, što nam govori podatak kako je iza 2007. Godine tek svaki deseti trgovački zrakoplov bio teretni.⁴

Transport tereta zrakom možemo gledati kao rezultat usporednog djelovanja nekoliko ključnih procesa od kojih dva možemo istaknuti kao “dominantna”. Proces industrijskog razvoja visoko vrijednih proizvoda u raznim, vrlo udaljenim krajevima svijeta rezultirao je specifičnim oblikom specifične transportne potražnje za, kako brzim tako i sigurnim transportom uz opravdano više, ali prihvatljive, transportne troškove. Proces tehničko-tehnološkog razvoja u zrakoplovstvu nudi takva tehnološka rješenja u transportu tereta koja su postupno isticala glavnu usporedbenu prednost zračnog prometa u odnosu na druge prometne grane pri zadovoljavanju specifičnosti transportnih potreba.⁵

Prema konfiguraciji, zrakoplovi koji sudjeluju u teretnom zračnom prometu dijele se na teretne zrakoplove (eng. Freighter, allcargo), kombinirane zrakoplove (eng. Combi) i konvertibilne zrakoplove (eng. Convertible). Teretni zrakoplovi (Slika 1) kao takvi prevoze isključivo teret, te imaju neke tehničke modifikacije koje ne nalazimo kod putničkih ili kombiniranih zrakoplova. Obično uz brojčanu oznaku tipa zrakoplova nose i slovo F. Radi lakše manipulacije teretom, teretni zrakoplovi imaju povećana vrata, a nije rijedak slučaj ni posebnih (dodatnih) vrata radi lakšeg ukrcanja i iskrcanja tereta. Radi veće nosivosti krila su modificirana I izabrani su adekvatni

³ Feiss, Uloga špeditera na tržištu prijevoznih kapaciteta, str. 22

⁴ Bichou, Port operations, planning and logistics, str. 29

⁵ Radačić Ž, Škurla Babić R, Suid I. Tehnologija zračnog prometa, str. 34

aerodinamični profili. Time se gubi na brzini, što u teretnom prometu predstavlja zanemariv element radi povećane korisne nosivosti.⁶



Slika 1: Ukrcaj robe na teretni zrakoplov

Izvor: Zurichjettransfer. Cargo aircraft, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

⁶ Radačić Ž, Škurla Babić R, Suid I. Tehnologija zračnog prometa., str 39

2.1. ZRAKOPLOV

Zrakoplov je naziv za zračnu letjelicu težu od zraka (aerodin) s nepomičnim krilima i vlastitim pogonom. U hrvatskom zakonodavstvu i većem dijelu zrakoplovne struke češće se koristi naziv “avion” , dok pod termin “zrakoplov” ubrajamo sve zračne letjelice, bilo da se gibaju pokretane vlastitim pogonom ili su nošene zračnim strujama u Zemljinoj atmosferi (sateliti).⁷

Održavanje u zraku se kod zrakoplova, kao i kod drugih aerodina (hidroplani, helikopteri, jedrilice, zmajevi, ultralake letjelice i sl.) postiže zahvaljujući aerodinamičkom uzgonu. Naime, zbog kretanja zrakoplova tjeranog motorom prema naprijed, zrak opstrujava oko krila zahvaljujući posebnom obliku krila (aeroprofilu). Kao rezultat tog opstrujavanja nastaje i razlika tlakova s gornje i donje strane krila, što rezultira silom uzgona usmjerenom prema gore koja se u svojem djelovanju suprotstavlja vlastitoj težini zrakoplova. Veličina uzgona ovisi o brzini nestrujavanja zraka na krilo zrakoplova, obliku krila i napadnom kutu, referentnoj površini krila, te o gustoći zraka po kojem se letjelica kreće. Zbog gibanja krila kroz zrak, odnosno gore navedene razlike tlakova kao rezultat međusobnog trenja čestica zraka o površinu krila i obrnuto, osim uzgona, javlja se i neželjena sila otpora usmjerena unatrag, koja se suprotstavlja sili potiska, odnosno gibanju zrakoplova (Slika 2) Kako bi odnos uzgona i sile otpora bio povoljan, krila moraju imati vitak presjek, te biti zaobljena na prednjem (napadnom) bridu, a oštra na stražnjem bridu.⁸

⁷ Hrvatska enciklopedija, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

⁸ Ibid., [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]



Slika 2: Sile koje djeluju na zrakoplov

Izvor: Turkish airlines, [Pristupljeno: 12. srpnja2022.]

Upravljanje zrakoplovom izvodi se pomoću upravljačkih površina (ploha) smještenih na krilima i repnom dijelu zrakoplova, odnosno krilaca, kojima se upravlja zakretanjem oko uzdužne osi (moment valjanja), kormila dubine kojim se upravlja zakretanjem oko poprečne osi (moment propinjanja), te kormila smjera ili pravca, kojim se upravlja zakretanjem oko vertikalne osi (moment skretanja). Kod nekih suvremenih zrakoplova moguće je upravljanje pomoću mlaznica smještenih na krajnjim točkama trupa i krila ili zakretanjem izlaznih mlaznica motora⁹

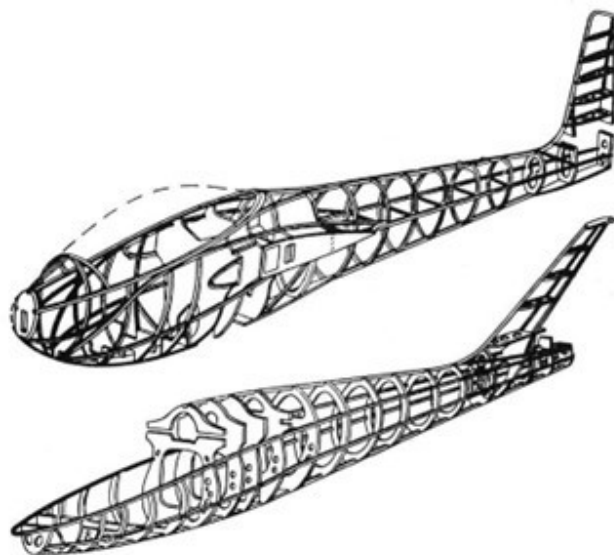
2.1.1.KONSTRUKCIJA ZRAKOPLOVA

Zrakoplov se sastoji od nekoliko osnovnih sklopova, među koje ubrajamo trup, krila, repnu površinu, pogonski sklop, upravljačku površinu, podvozja, te različite funkcijske sustave. Pod osnovnu konstrukciju zrakoplova ubrajamo trup, krila i rep, bez motora te unutarnje opreme, cjevovoda i sl. Tu osnovnu konstrukciju nazivamo “zmaj”. Današnji su zrakoplovi građeni kao ljuskaste konstrukcije ojačane poprječnim elementima poput rebara, prstenova, okvira i pregrada, te uzdužnim elementima poput uzdužnice ili ojačanih uzdužnih nosača. Ljuskicu čini oplata (tanki

⁹ Hrvatska enciklopedija, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

lim) ili pokrov znatno veće debljine koji je često izveden integralno zajedno s uzdužnicama, kojeg koristimo u slučaju znatnijeg opterećenja konstrukcije.¹⁰

Trup zrakoplova (Slika 3) je naziv za konstruktivni element koji povezuje sve ostale glavne elemente zrakoplova. U trupu se nalaze i prostori za smještaj putnika i tereta, a ponekad i motora koji zna biti smješten u prednjem ili stražnjem dijelu trupa. Uz putnike, teret i motor u trupu je često smješteno i gorivo. Trup je ustvari ljuskasta konstrukcija kojoj su poprečni elementi u koje ubrajamo prstenove, okvire i pregrade, povezani uzdužnim elementima, tj. Uzdužnicama ili ojačanim uzdužnim nosačima, te prekriveni oplatom. U trupu se nalaze i različiti otvori za prozore i vrata ili otvor za smještaj pilotske kabine.¹¹



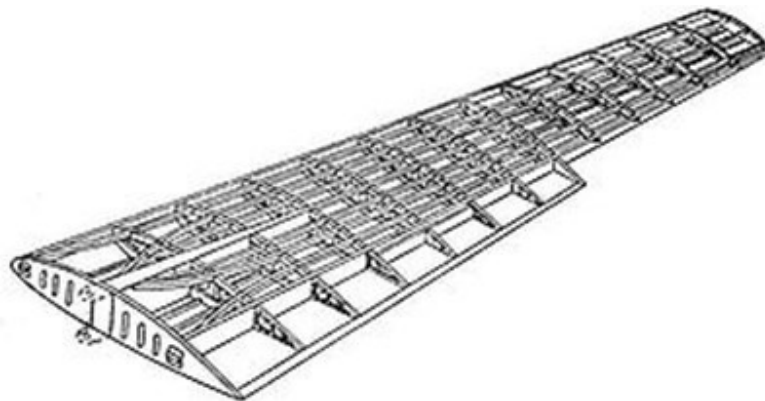
Slika 3: Trup zrakoplova

Izvor: Wikipedia. Trup zrakoplova, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

¹⁰ Hrvatska enciklopedija, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

¹¹ Ibid., [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

Krila zrakoplova (Slika 4) element su koji stvara najviše uzgona i o kojem najviše ovise svojstva leta. Iz tog razloga, osim samog profila, kod njih je od iznimne važnosti i njihov tlocrtni oblik, kojeg nalazimo u različitim izvedbama. Neke od izvedbi s kojima se susrećemo su ona pravokutnog oblika, trapeznog, strjelastog i trokutastog (delta-krila), no postoje i zrakoplovi kod kojih se geometrija krila može mijenjati, čak i tijekom leta. U konstrukcijskom smislu, krila je najčešće sastoje od jedne ili više ramenjača, usporedno s kojima se nalaze i uzdužnice. Ramenjače su nosivi elementi koji se pružaju cijelim rasponom krila, dok uzdužnice definiramo kao gredne nosače znatno manjeg poprečnog presjeka od ramenjača. Poprječno na ramenjaču smještena su rebra, koja se najčešće pružaju u smjeru uzdužne osi zrakoplova, a konstrukciju prekriva oplata ili pokrov, koji krilu daje konačan aerodinamički oblik. Na napadnom (prednjem) rubu krila mogu biti smještena pretkrilca, a na izlaznom zakrilca, koja služe povećanju sile uzgona na krilima kada je brzina zrakoplova manja, npr. pri polijetanju i slijetanju. Na izlaznom rubu nalaze se i krilca kojima se zrakoplov zakreće oko uzdužne osi. Često su ispod krila smješteni motori te nosači različitoga tereta, kao što je to slučaj kod vojnih borbenih zrakoplova.¹²

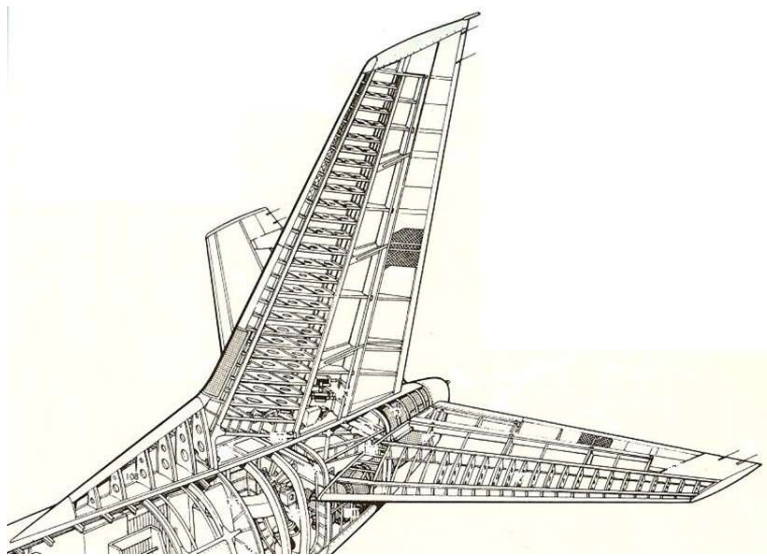


Slika 4: Krilo zrakoplova

Izvor: Wikipedia. Krilo zrakoplova, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

¹² Hrvatska enciklopedija, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

Repne površine (Slika 5) nalaze se na stražnjem dijelu trupa, a sastoje se uglavnom od vertikalnih i horizontalnih površina, premda u današnjim konstrukcijama postoje i znatna odstupanja od te klasične koncepcije. Vertikalne površine ili vertikalni stabilizatori daju nam potrebnu uzdužnu stabilnost zrakoplova te se na njima nalaze tzv. kormila smjera, dok se na horizontalnim površinama nalaze kormila dubine. Danas nije neobično da zrakoplovi, osobito borbeni, imaju dva vertikalna stabilizatora, te da su horizontalne površine u cijelosti zakretne, bez klasičnih kormila dubine.¹³

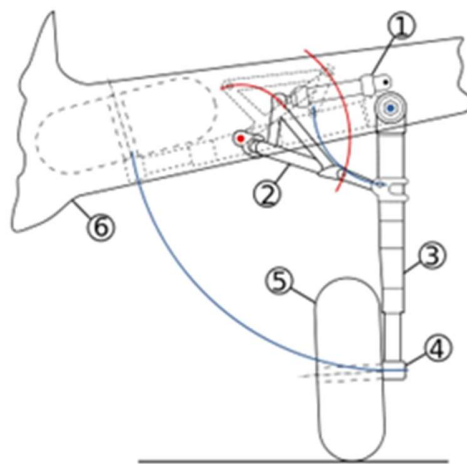


Slika 5: Repna površina zrakoplova

Izvor: Wikipedia. Repne površine zrakoplova, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

¹³ Hrvatska enciklopedija, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

Podvozje ili stajni trap (Slika 6) onaj je dio zrakoplova koji je izravno u dodiru s podlogom kada je zrakoplov na zemlji, te mu omogućava kretanje po istoj. Najčešće se sastoji od više uvlačivih nogu s različitim brojem kotača i prigušnim elementima, iako postoje i znatno drukčije konstrukcije, primjerice skije ili plovci kod hidroplana. Danas je pretežita konfiguracija podvozja takozvani tricikl, s prednjom, odnosno nosnom nogom te glavnim podvozjem koje je pomaknuto prema nazad.¹⁴



Slika 6: Podvozje zrakoplova

Izvor: Wikipedia. Podvozje zrakoplova, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

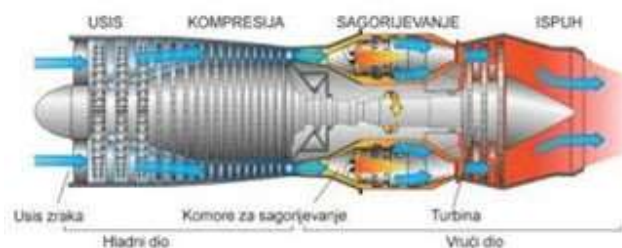
¹⁴ Hrvatska enciklopedija, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

2.1.2. POGON ZRAKOPLOVA

Pogonski sklop zrakoplova odgovoran je za pokretanje zrakoplova i osiguravanje dovoljne brzine za ostvarivanje uzgona. Danas su u uporabi tri vrste pogona, i to pogon klipnim motorom s propelerom, mlazni pogon i raketni pogon. Među navedenima u eksploataciji najčešće nalazimo pogone s klipnim i mlaznim motorima.¹⁵

Klipni motori se najčešće rabe kod razmjerno manje zahtjevnih zrakoplova, dok se mlazni motori primjenjuju za zrakoplove predviđene za veće brzine i visine leta. Pri pogonu klipnih motora primjenjujemo motor s unutarnjim izgaranjem, snaga motora prenosi se na propeler koji ostvaruje potrebnu vučnu ili potisnu silu.¹⁶

Kod mlaznih motora (Slika 7) pogon se ostvaruje potiskom koji nastaje izgaranjem goriva i istjecanjem tako nastalog mlaza velikom brzinom kroz posebno oblikovane mlaznice. U nekim se konstrukcijama mlaznih motora dio snage prenosi i na propeler, koji ostvaruje vučnu silu (turbopropelerski ili turboprop motori). Takav tip pogona omogućuje izvrsnu iskoristivost, a time i veliku autonomiju leta. Kod raketnih motora ne koristi se zrak iz okoline kao izvor kisika nužnoga za izgaranje, nego se gorivo i oksidans nalaze u spremnicima letjelice. Takav se tip pogona koristi za zrakoplove koji postižu vrlo velike visine i brzine leta (npr. američki eksperimentalni zrakoplov X-15), gdje zbog rijetkog zraka nije moguće koristiti atmosferske motore.¹⁷



Slika 7: Shema mlaznog motora

Izvor: Caput M. Specifičnost dizajna zrakoplova s mlaznim motorom

¹⁵ Hrvatska enciklopedija, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

¹⁶ Ibid., [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

¹⁷ Ibid., [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

U današnje se doba razmišlja i o drugim tipovima pogona, npr. o pogonu vodikom, dok se sredinom 20. stoljeća razmišljalo i o korištenju nuklearnoga pogona. Radi postizanja što većih brzina leta, danas se intenzivno radi na razvoju nadzvučnih nabojno-mlaznih motora (scramjet) koji nemaju unutarnjih rotacijskih dijelova (lopatica ventilatora, kompresora ili turbine), već se zrak dovodi do komora izgaranja posebno oblikovanim kanalima, čime se ostvaruje tlak zraka potreban za postizanje iznimno velikih brzina (10 maha).¹⁸

2.1.3.FUNKCIJSKI SUSTAVI

Funkcijski sustavi zrakoplova važan su dio, a obuhvaćaju hidraulički, električni i pneumatski sustav, sustav pomoćnih izvora energije, sustav upravljanja gorivom i druge srodne sustave.¹⁹

Hidraulički sustav sastoji se od cjevovoda, spremnika hidrauličkoga fluida, pumpi i ostalih komponenti koji imaju ulogu dovodenja hidrauličkoga fluida do izvršnih članova što pokreće upravljačke površine na krilima, podvozje, zračne kočnice i ostale elemente. Danas se razvijaju sustavi kod kojih svaki od pokretača ima vlastiti zatvoreni hidraulički sustav, čime zrakoplov postaje manje osjetljiv na kvarove i lakše je njegovo održavanje, no uz nešto povećanu masu.²⁰

Sustav upravljanja gorivom ima osnovnu funkciju neprekinutoga napajanja motora te održavanja položaja težišta zrakoplova unutar određenih granica prelijevanjem goriva između pojedinih spremnika. Kod najsuvremenijih lovačkih zrakoplova taj sustav ima i funkciju hlađenja konstrukcije te time smanjivanja toplinskog odraza zrakoplova.²¹

¹⁸ Hrvatska enciklopedija, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

¹⁹ Ibid., [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

²⁰ Ibid., [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

²¹ Ibid., [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

Električni sustav osigurava električnu energiju potrebnu za sve električne i elektroničke uređaje te rad hidraulike, sustava ventilacije, nadtlaka kabine i sl. Sastoji se od baterija, generatora, transformatora, vodiča i osigurača.²²

Generatori, pogonjeni motorom zrakoplova, proizvode izmjeničnu struju koja se transformatorima i ispravljačima zatim prevodi u istosmjernu određenoga napona. Baterije služe kao izvor istosmjerne struje za pokretanje pomoćnog izvora energije kojim se upuštaju u rad motori zrakoplova. Tipični lovački zrakoplovi imaju generatore ukupne snage nekoliko desetaka kVA (npr. Eurofighter ima 60 kVA), a kod velikih putničkih zrakoplova snaga generatora mjeri se u stotinama kVA (Boeing 787 ima 4 x 250 kVA). Danas se razmatra korištenje i električnih kočnica na podvozju, kao i sustava kod kojih bi se upravljačke površine izravno pokretale električnim motorima umjesto klasičnim hidrauličkim pokretačima.²³

Pneumatski sustav osigurava zrak pod tlakom za putnički prostor, klimatizaciju, sustav protiv zaleđivanja, pokretanje motora i dr. Zrak se dobiva odvođenjem dijela protoka iz kompresora mlaznoga motora, te se prije korištenja hladi u izmjenjivačima topline. Kako su današnji zrakoplovi u potpunosti ovisni o sustavu hidraulike, nužan je pričuvni sustav u slučaju otkaza hidraulike te za pričuvno snabdijevanje električnom energijom. Tipičan je takav uređaj pomoćna zračna turbina, koja se u slučaju potrebe izvlači u struju zraka. Kao izvor pomoćne hidraulike i električne energije koristi se i pomoćni izvor energije u obliku dodatnoga mlaznoga motora, koji je sastavni dio gotovo svakoga složenijeg zrakoplova. Tu je i niz pomoćnih uređaja koji služe za odvođenje dijela snage motora za pokretanje navedenih sustava. Ti su uređaji najčešće sastavni dio pogonskih mlaznih motora, no smješteni su u izdvojenom kućištu.²⁴

²² Hrvatska enciklopedija, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

²³ Ibid., [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

²⁴ Ibid., [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

2.1.4. ZRAKOPLOVNA ELEKTRONIKA

Zrakoplovna elektronika (avionika ili zrakoplovika) obuhvaća iznimno velik broj različitih elektroničkih uređaja koji uključuju radio, letačke instrumente, računala za upravljanje letom, radar, infracrvene senzore itd. Dijeli se na komunikacijsko-navigacijsku, namjensku (ovisna o namjeni zrakoplova) i upravljačku elektroniku.²⁵

Komunikacijsko-navigacijska elektronika danas omogućuje sve oblike elektroničke komunikacije i navigacije. Namjenska elektronika može uključivati autopilota za praćenje terena ili u vojnoj primjeni radar za praćenje ciljeva u zraku ili na zemlji, elektroničke protumjere, infracrvene pasivne i aktivne senzore, sustav upravljanja naoružanjem i dr.²⁶

U upravljačkoj elektronici danas je najvažniji sustav upravljanja “preko žice” (engl. fly-by-wire). Tim se sustavom, posebice kod aerodinamički nestabilnoga zrakoplova, sve upravljačke naredbe snažnim računalima pretvaraju u električne signale, koji se prenose do brzih hidrauličkih pokretača. Time se osiguravaju iznimna pokretljivost i upravljivost, osobito značajne kod lovačkih zrakoplova vrhunskih letnih mogućnosti. Kod velikih putničkih zrakoplova korištenje toga sustava pridonosi znatno većoj sigurnosti letenja, a mogućnost pilotske pogreške svedena je na najmanju moguću mjeru, jer računalo ne dopušta ulazak u neupravljivo letno stanje bez obzira na pilotove naredbe.²⁷

Među elektroničke sustave vojnih zrakoplova izravno vezane uz pilota ubrajaju se ciljnički sustavi spregnuti s kacigom pilota (engl. helmet mounted sight) i sustav izbacivog sjedišta. Potonje je složen uređaj kojim se s pomoću raketnoga motora osigurava sigurno napuštanje oštećenog ili neupravljivoga zrakoplova. U nekim konstrukcijama spašavanje pilota provodi se s pomoću posebno konstruiranih izbacivih kapsula, gdje sjedište i dio pilotske kabine čine jednu cjelinu. Kod najnovije generacije lovačkih zrakoplova svi sustavi zrakoplova integrirani su u jednu cjelinu upravljaju s pomoću nekoliko snažnih računala te složenom programskom podrškom.²⁸

²⁵ Hrvatska enciklopedija, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

²⁶ Ibid., [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

²⁷ Ibid., [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

²⁸ Ibid., [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

Današnji su zrakoplovi mehanički i toplinski iznimno opterećene konstrukcije zbog velikih brzina te velike mase tereta koji nose. Poseban je problem i umor materijala zbog sila koje se pojavljuju periodično, što s vremenom znatno smanjuje čvrstoću materijala. Suvremeni se zrakoplovi stoga izrađuju od vrlo kvalitetnih materijala, svojstva kojih se strogo kontroliraju. Najčešće se upotrebljavaju slitine aluminija s cinkom, bakrom, magnezijem, a u novije doba i litijem. Za vrlo opterećene elemente rabe se različite vrste čelika i titanijeve slitine. Ako je nužna velika temperaturna otpornost, rabe se nehrđajući čelici ili niklove slitine.²⁹

Danas se zmaj zrakoplova vrlo često izvodi iz kompozitnih materijala. Najčešće su to kombinacije ugljičnih, staklenih ili borovih vlakana s polimernim, ugljičnim ili keramičkim matricama. U nekim se konstrukcijama cijelo krilo izvodi tako da se unutarnji elementi zajedno s donjom oplatom izvode kao jedna potkonstrukcija, koja se zatim spojnim elementima (npr. vijcima ili zakovicama) spaja s prethodno izrađenom gornjom oplatom. Tom se tehnologijom znatno smanjuje masa konstrukcije, kako zbog uporabe lakših kompozita u odnosu na metale, tako i zbog manjega broja spojnih elemenata. Vrlo je sličan pristup izradbi trupa velikih putničkih zrakoplova od segmenata koji se međusobno spajaju.³⁰

2.1.5. VRSTE ZRAKOPLOVA

Prema uporabi, zrakoplovi mogu biti civilni i vojni. Civilni zrakoplovi dijele se najčešće na komercijalne i zrakoplove općega zrakoplovstva. Komercijalni zrakoplovi rabe se za transport putnika i tereta u tvrtkama registriranim za zračni transport. To su zrakoplovi s 2 do 4 motora, a mogu nositi i više od 500 putnika (npr. Airbus A380, Boeing 747) na udaljenost i do 14,500 km, putnom (krstarećom) brzinom do 900 km/h na visinama i do 13,000 m.³¹

Najteži među njima je Airbusov model A380 (Slika 8) koji ima poletnu masu od 560 t. Osnovna je odlika putničkih zrakoplova grijana i klimatizirana putnička kabina pod tlakom, koja pruža udobnost putnicima čak i na dužim letovima, dok teretni zrakoplovi imaju teretni prostor

²⁹ Hrvatska enciklopedija, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

³⁰ Ibid., [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

³¹ Ibid., [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

prilagođen utovaru i transportu različitih vrsta tereta. Zrakoplovi općega (maloga) zrakoplovstva obuhvaćaju sve one zrakoplove koji nisu ni komercijalni ni vojni. Time su obuhvaćena vrlo raznolika konstrukcijska rješenja – od jednomotornih zrakoplova s klipnim motorom za jednoga do dva putnika pa do višemotornih poslovnih mlažnjaka koji u luksuzno uređenim kabinama prevoze i do 15 putnika. Poseban su dio te skupine športski i ultralaki zrakoplovi, zrakoplovi u samogradnji i dr.³²



Slika 8: Airbus A380

Izvor: Wang D. Too Fat to Fly: Why There's No Cargo Version of the Airbus A380,
[Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

³² Hrvatska enciklopedija, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

2.2. ZRAKOPLOVNE UKRCAJNE JEDINICE

U zračnom prometu koristimo razne ukrcajne jedinice ili ULD-ove (eng. “Unit Load Device”), od kojih kao najznačajnije valja istaknuti kontejnere, palete i igloo-e. Osnovna namjena tih ukrcajnih jedinica je objedinjavanje i zadržavanje okrupnjenog tereta tokom manipulacija pri ukrcaju i iskrcaju, te tijekom samoga transporta. ULD su jedinice za utovar prtljage, robe ili pošte u najčešće širokotrupne, ali i neke uskotrupne zrakoplove. Upotreba ULD-a u zračnom prometu omogućuje brzi istovar i utovar, te transport većih količina i volumena tereta jer je zbog njihovog oblika, koji je prilagođen unutrašnjosti trupa zrakoplova u kojem se prevozi, omogućena bolja iskoristivost prostora.³³

S obzirom da je primjenom ULD-a smanjen i broj jedinica tereta koje treba utovariti u zrakoplov, za razliku od komadnog tereta, smanjeno je i vrijeme opsluživanja zrakoplova te je time i smanjena mogućnost kašnjenja, što rezultira značajnim uštedama za zračne prijevoznike i omogućuje više letova tokom dana.³⁴

Međunarodna udruga za zračni prijevoz IATA izdaje tehnički priručnik “ULD Technical Manual” kojim se služe proizvođači kontejnera i paleta. Priručnik se neprestano nadopunjuje novim podacima i tehničkim novitetima sukladno potrebama u zrakoplovnoj industriji i zračnom transportu.³⁵

³³ Bračić M, Pavlin S. Tehnologija prihvata i otpreme zrakoplova znanosti, str. 92

³⁴ Ibid., str. 93

³⁵ Ibid., str. 94

2.2.1. ZRAKOPLOVNI KONTEJNERI

Kontejneri (Slika 9) su zatvorene kutije od aluminijske ili kombinacija aluminijskog okvira i stranica od lexana, koje osim za transport uobičajene robe mogu biti izvedeni kao hladene jedinice za transport temperaturno osjetljive robe. Rubovi i vrhovi kontejnera su zaobljeni kako nebi oštetili zrakoplov, drugi teret i kontejnere, aerodromsku opremu za manipulaciju ili ozlijedili nekoga od osoblja.³⁶

Konstrukcija kontejnera vrlo je čvrsta kako bi izdržala grube i dugotrajne uvjete eksploatacije, međutim veoma je lagana, te otporna na udarce i habanje. Gornja ploha kontejnera ima mogućnost odvodnje oborinskih voda. Pomična vrata dovoljne su čvrstoće da zadrže teret unutar kontejnera tijekom transporta na tlu ili u zraku. Vrata su najčešće izvedena od čvrstog materijala ili od plastificiranih tkanina.³⁷

Sistemi za učvršćivanje tereta unutar kontejnera su postavljeni tako da zadržavaju pomicanje tereta u bilo kojem smjeru. Kako bi međukompanijski transport kontejnera bio moguć, IATA je prihvatila sustav standardnih kontejnera na Konferenciji za zrakoplovne terete 1967. godine u San Juanu u Puerto Ricu.³⁸



Slika 9: Zrakoplovni kontejner

Izvor: Bračić M, Pavlin S. Tehnologija prihвата i otpreme zrakoplova , str. 92

³⁶ Bračić M, Pavlin S. Tehnologija prihвата i otpreme zrakoplova znanosti, str. 92

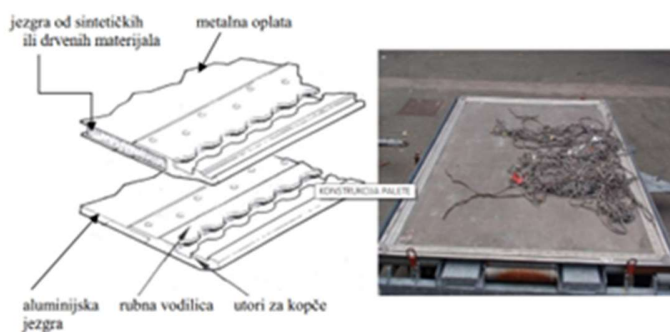
³⁷ Ibid., str 94

³⁸ Ibid., str 94

2.2.2. ZRAKOPLOVNE PALETE

Palete (Slika 10) su ustvari ravne aluminijske ploče s posebno dizajniranim utorima po okviru palete za koje se može pričvrstiti mreža za učvršćenje i osiguranje tereta. Sastoje se od dva osnovna dijela, jezgre s vanjskim metalnim omotačem te rubnih dijelova koji čine sustav za učvršćenje. Jezgra je napravljena od sintetičkih materijala u obliku pčelinjih saća, drvene mrežaste strukture ili aluminijska. Zrakoplovi su također posebno opremljeni sistemima za učvršćenje same palete. Bitna karakteristika paleta je da su što lakše, ali izdržljive kako bi se mogla utovariti što veća neto težina tereta uz zadanu maksimalnu dozvoljenu težinu palete.³⁹

Kod transporta tereta čije dimenzije premašuju dimenzije paleta, koriste se produžni elementi koji se montiraju na palete (Slika 11). Oni ne samo da omogućuju prihvat većih komada tereta, već omogućuju slaganje tereta u većem volumenu. Produžeci se montiraju pod kutem od cca 45 stupnjeva kako bi se prilagodili unutarnjem obliku trupa zrakoplova. Pričvršćenje se odvija elastičnim vezama tj. čeličnim kablovima ili čvrstim elementima ugrađenim u rub palete. Konstruirani su tako da ih jedan čovjek u što kraćem roku može bez uporabe alata montirati na paletu i demontirati.⁴⁰

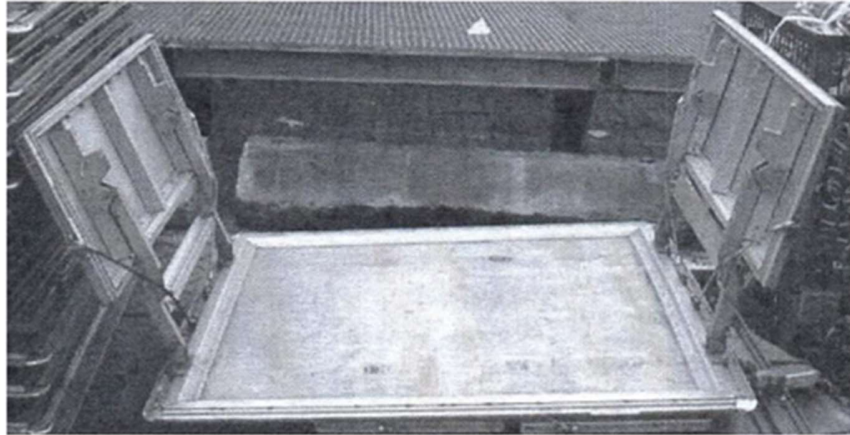


Slika 10: Prikaz konstrukcije zrakoplovne palete

Izvor: Bračić M, Pavlin S. Tehnologija prihvata i otpreme zrakoplova, str. 95

³⁹ Bračić M, Pavlin S. Tehnologija prihvata i otpreme zrakoplova znanosti, str. 95

⁴⁰ Ibid., str. 95



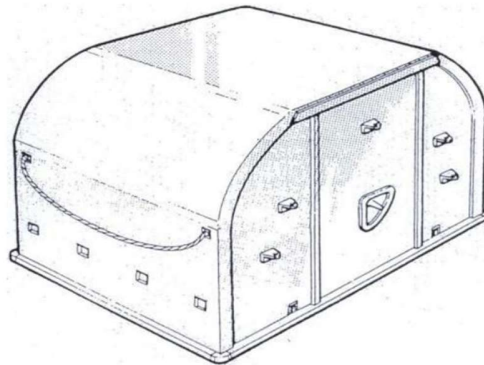
Slika 11: Paleta sa produžecima

Izvor: Bračić M, Pavlin S. Tehnologija prihvata i otpreme zrakoplova, str. 95

2.2.3. ZRAKOPLOVNI IGLOO

Pojam strukturalni igloo (Slika 12) podrazumijeva paletu s integriranom zatvorenom krutom kupolom “školjkom” oblika unutrašnjosti odjeljka zrakoplova koja se najčešće izrađuje od staklene vune ili lakog metala kako bi bila čvrsta, ali ne i preteška. Može biti i pravokutnog oblika, a otporna je na vremenske uvjete te se može zapečatiti radi propisa carine.⁴¹

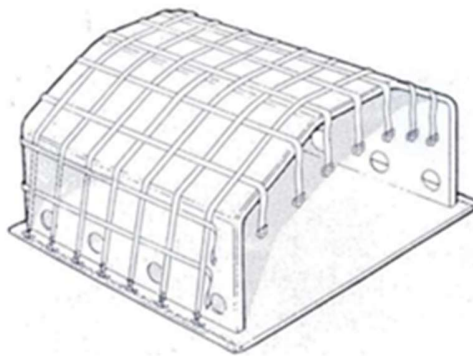
⁴¹ Bračić M, Pavlin S. Tehnologija prihvata i otpreme zrakoplova znanosti, str. 95



Slika 12: Strukturirani zrakoplovni igloo

Izvor: Bračić M, Pavlin S. Tehnologija prihvata i otpreme zrakoplova, str. 96

Nestrukturalni igloo (Slika 13) je kruta kupola ili školjka vijcima i mrežom pričvršćena za paletu i otvorena po duljoj stranici. Kao zaštita tereta koristi se armirana plastična zavjesa. Također, kao i strukturalni oblik, može biti izveden i u pravokutnom obliku.⁴²



Slika 13: Nestrukturalni igloo

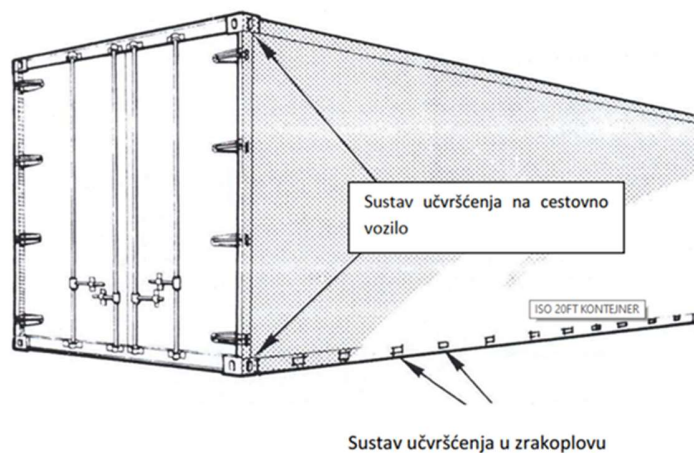
Izvor: Bračić M, Pavlin S. Tehnologija prihvata i otpreme zrakoplova, str. 96

⁴² Bračić M, Pavlin S. Tehnologija prihvata i otpreme zrakoplova znanosti, str. 96

2.2.4. INTERMODALNI KONTEJNERI

Pojavom teretne verzije zrakoplova Boeing 747 omogućen je intermodalni transport kopnom i zrakom kontejnerima bez dodatnog prekrcaja tereta. Intermodalni kontejneri (Slika 14) za transport zrakom i kopnom su 20 ft (stopni) i 40 ft (stopni) kontejneri visine i širine 8 ft (stopa). Mogu biti prevoženi samo na glavnoj palubi širokotrupnog teretnog zrakoplova, a opremljeni su na gornjoj i donjoj strani sustavima za prihvat i učvršćenje koji omogućuju izravan ukrcaj na kopnena transportna sredstva.⁴³

Zrakoplovni intermodalni kontejneri imaju nešto drugačiji način obilježavanja od zrakoplovnih ULD-a zbog specifičnosti cestovnog transporta i prenošenja informacija o njihovom kretanju u cestovnom prometu.⁴⁴



Slika 14: Zrakoplovni intermodalni kontejner

Izvor: Bračić M, Pavlin S. Tehnologija prihвата i otpreme zrakoplova, str. 106

⁴³ Bračić M, Pavlin S. Tehnologija prihвата i otpreme zrakoplova znanosti, str. 105

⁴⁴ Ibid., str. 106

3. DEFINICIJA I ZNAČENJE TEHNIČKO-EKSPLOATACIJSKIH ZNAČAJKI AVIONA U TERETNOM ZRAČNOM PROMETU

Teretni zrakoplov je zrakoplov s fiksnim krilima koji je dizajniran ili preuređen za transport tereta, a ne putnika. Takvi zrakoplovi obično nemaju putničke pogodnosti i općenito imaju barem jedna velika vrata za utovar tereta. Teretnim avionima mogu upravljati civilni putnički ili teretni zračni prijevoznici, privatne osobe ili oružane snage pojedinih zemalja. Zrakoplovi dizajnirani za transport tereta obično imaju značajke koje ih razlikuju od konvencionalnih putničkih zrakoplova, što su: širok/visok poprečni presjek trupa, visoko krilo koje omogućuje da se teretni prostor smjesti blizu tla, brojne kotače koji mu omogućuju slijetanje na nepripremljena mjesta, te visoko postavljene rep koji omogućuje da se teret izravno unese u zrakoplov i van zrakoplova. Cargo Facts Consulting tvrtka predviđa da će se globalna teretna flota povećati od 1.782 aviona u 2019. godini povećati na 2.920 aviona dvadeset godina kasnije.⁴⁵

Tehničko-eksploatacijske značajke aviona nam osim samih dimenzija u vidu širine, dužine, visine, težine i raspona krila letjelice, govore i o karakteristikama koje nam prikazuju transportnu moć letjelice poput transportnog kapaciteta, maksimalne brzine leta, dometa i nosivosti koje su nam od značajne koristi pri odabiru pravog transportnog sredstva za određen teret. U nastavku ćemo definirati neke od glavnih tehničko-eksploatacijskih pojmova pomoću kojih opisujemo pojedine letjelice.

⁴⁵ Horst F. 2800+ new freighters to be added in the next 20 years, forecast finds. [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

3.1. VELIČINA ZRAKOPLOVA

Postoje različiti parametri kojima se definira veličina zrakoplova. Duljina zrakoplova, širina trupa, raspon krila i visina čine ukupne dimenzije zrakoplova, koje utječu na veličinu hangara i mjesta za parkiranje, kao i na bočne razmake staze za vožnju.⁴⁶

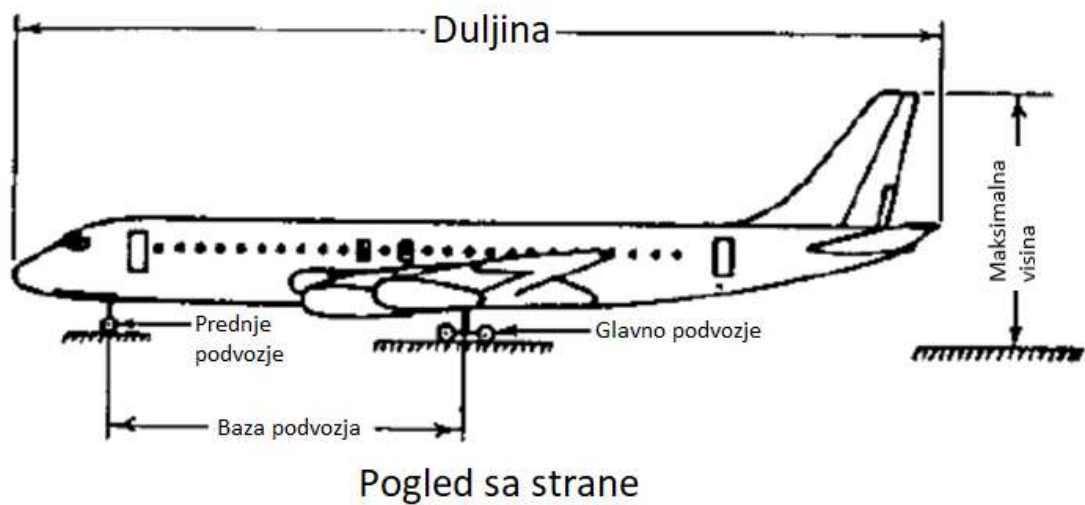
Ukupna duljina aviona (Slika 15) predstavlja udaljenost između dvije paralelne ravnine okomite na srednju uzdužnu ravninu vozila, te dodiruju njegov prednji i stražnji vanjski rub, bez obzira na projekciju⁴⁷

Visina zrakoplova (Slika 15) mjeri se od kotača na podlozi do najviše točke repa zrakoplova.⁴⁸

⁴⁶ The free dictionary. Aircraft dimensions, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

⁴⁷ Law Insider. Overall length definition, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

⁴⁸ Ibid. [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

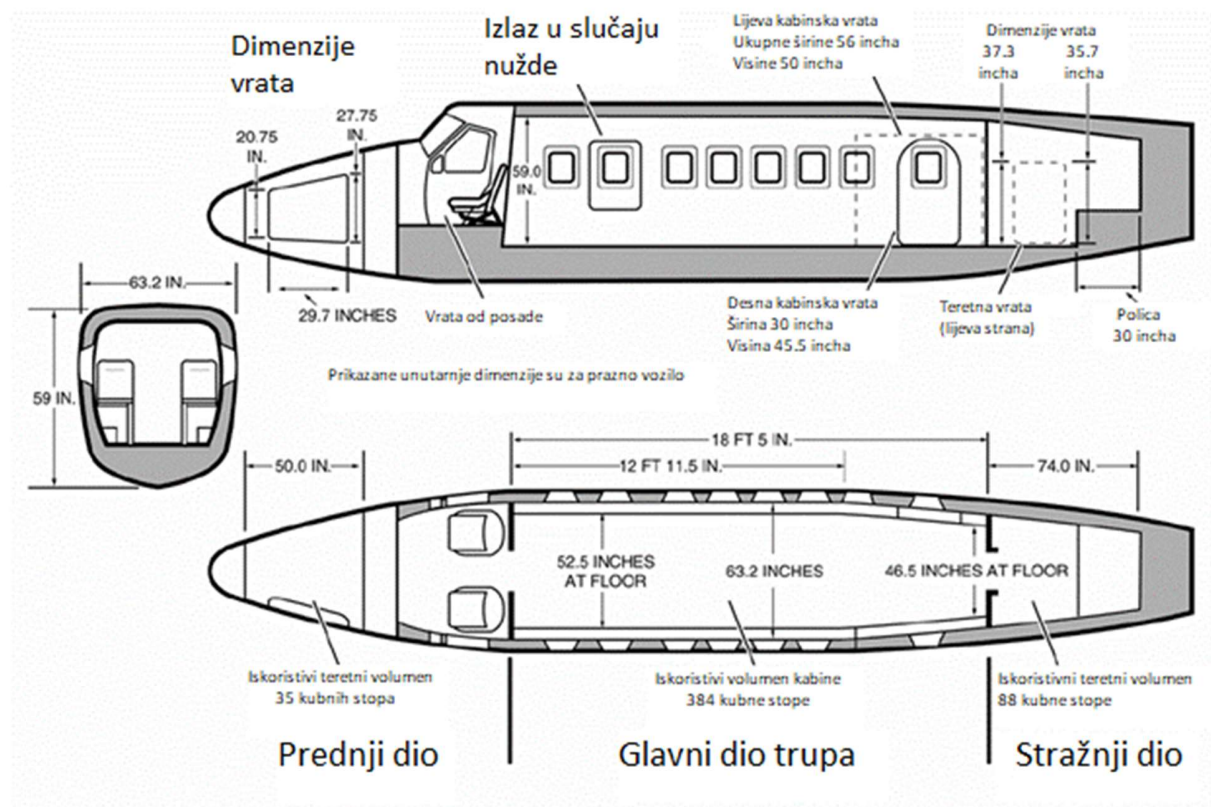


Slika 15: Ukupna duljina aviona

Izvor: de Barros A G, Wiransinghe S C. New aircraft characteristics related to airport planning

Trup, središnji dio tijela zrakoplova, dizajniran je za smještaj posade, putnika i tereta (Slika 16). Uvelike se razlikuje po dizajnu i veličini ovisno o funkciji zrakoplova. Kada pričamo o teretnim zrakoplovima, trup zrakoplova mora biti većeg kapaciteta jer je u njemu tovarni prostor u kojem prevozimo teret, a sa kapacitetom raste i sama duljina i širina trupa i visina zrakoplova.⁴⁹

⁴⁹ The free dictionary. Aircraft dimensions, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]



Slika 16: Presjek trupa aviona

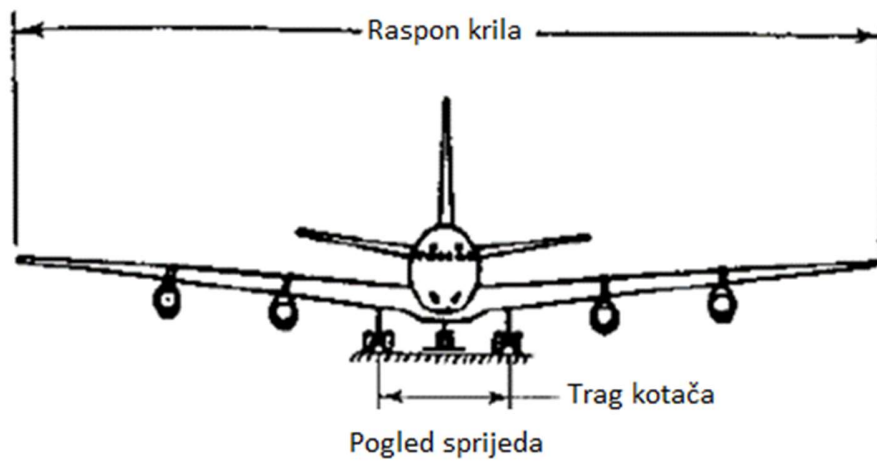
Izvor: VikingAir. Technical Description, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

Raspon krila aviona (Slika 17) je udaljenost od jednog do drugog vrha krila. Pojam „raspon krila“ najčešće se spominje pri opisivanju ptica i aviona.⁵⁰

Pogon s krila proporcionalan je njihovoj površini, pa što je životinja ili zrakoplov teža to područje mora biti veće. Površina je umnožak raspona puta širine (srednje tetive) krila, tako da će ili dugo, usko krilo ili kraće, šire krilo podržati istu masu. Za učinkovit stabilan let, omjer raspona prema tetivi, omjer širine i visine, trebao bi biti što je moguće veći (ograničenja su obično strukturalna) jer to smanjuje otpor izazvan podizanjem povezan s neizbježnim vrtlozima na vrhu krila. Ptice velikog dometa, poput albatrosa, i većina komercijalnih zrakoplova maksimiziraju omjer stranica. Alternativno, životinje i zrakoplovi koji ovise o upravljivosti (borci, grabežljivci i plijen, i oni koji žive među drvećem i grmljem, hvatači insekata, itd.) moraju biti sposobni brzo se kotrljati da bi skrenuli, a visoki moment inercije duga uska krila, kao i veliki kutni otpor i brzo balansiranje podizanja krila s podizanjem krila pri maloj brzini rotacije, proizvode niže stope prevrtanja. Za njih su poželjna kratkotrajna, široka krila. Osim toga, zemaljsko rukovanje u zrakoplovima je značajan problem za vrlo visoke omjere stranica i leteće životinje mogu naići na slične probleme.⁵¹

⁵⁰ Boeing. 777-200/300 Airplane Characteristics for Airport Planning

⁵¹ Ibid.



Slika 17: Raspon krila letjelice

Izvor: de Barros A G, Wiransinghe S C. New aircraft characteristics related to airport planning

3.2. VISINA LETA ZRAKOPLOVA

Kada letite kao putnik, često u obavijestima koje dolaze iz pilotske kabine možete čuti i informaciju o visini krstarenja zrakoplova (Slika 18). Iako visina na kojoj zrakoplovi lete ovisi o više faktora, u pravilu komercijalni putnički zrakoplovi lete na visinama između 9 000 i 11 000 metara, dok teretni zrakoplovi dostižu nešto više visine leta.⁵²

Postoji više razloga zašto zrakoplovi lete visoko, no jedan od glavnih razloga je optimizacija učinkovitosti samog leta. S porastom visine na kojoj zrakoplov leti smanjuje se gustoća zraka, odnosno otpor zraka je sve manji te zrakoplov može letjeti većom brzinom uz manju potrošnju goriva. Zbog toga se većina putničkih zrakoplova nastoji nakon polijetanja u što kraćem vremenu popeti na svoju visinu krstarenja. U pravilu visinu krstarenja zrakoplovi postižu za 10 do 15 minuta nakon polijetanja.⁵³

Na visinu leta zrakoplova bitno utječu i vjetrovi. Pametno korištenje snage vjetra može doprinijeti postizanju veće brzine uz manju potrošnju goriva. Također, vjetar je jedan od čimbenika koji može produljiti ili smanjiti samo trajanje leta. Zbog toga se jačina i smjer vjetra uvrstavaju u izračune prilikom određivanja plana leta. Uvijek se nastoji iskoristi pogodan vjetar u rep prilikom krstarenja, odnosno nastoji se izbjeći jak vjetar u nos.⁵⁴

Masa zrakoplova je još jedan od čimbenika koji utječe na visinu leta. Što je zrakoplov teži to će trebati utrošiti više energije kako bi postigao određenu visinu. Naravno, zrakoplov je najteži prije polijetanja, odnosno prilikom pushbacka. Težina zrakoplova se smanjuje za vrijeme leta, budući da zrakoplov troši gorivo. Zbog toga je postepeno penjanje zrakoplova često uvršteno u sami plan leta kako bi se visina leta i masa samog zrakoplova držali u ravnoteži, odnosno kako bi se optimizirala potrošnja goriva.⁵⁵

⁵² Croatian Aviation. Na kojim visinama lete zrakoplovi?, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

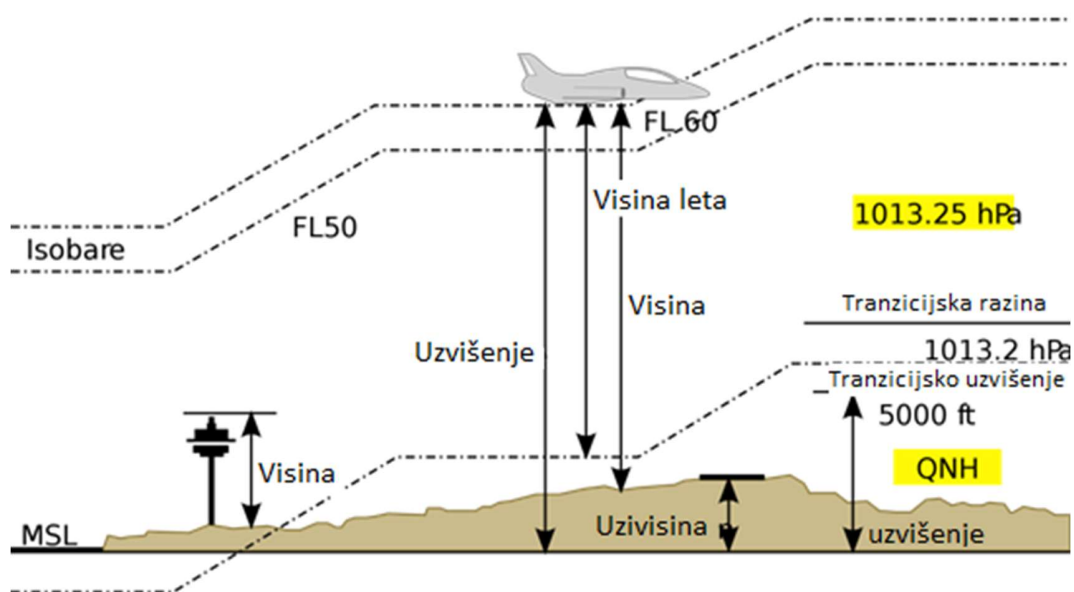
⁵³ Ibid., [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

⁵⁴ Ibid., [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

⁵⁵ Ibid., [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

Naravno, visina na kojoj zrakoplov leti mijenjat će se ovisno o vremenskim prilikama i neprilikama, kao i radi izbjegavanja jakih turbulencija. U interesu je svih sigurnost putnika i posade te će se visina leta u pravilu prilagoditi kako bi zrakoplov izbjegao snažno nevrijeme. Također, na ovaj način se postiže i veća razina komfora kako putnika, tako i posade. Možete samo zamisliti kako bi izgledala večera ili ručak poslužena za vrijeme jakih turbulencija.⁵⁶

Tijekom testnih letova maksimalna se visina premašuje kako bi se provjerilo je li zrakoplov siguran i na većoj visini. Maksimalna dozvoljena visina za koju je zrakoplov certificiran razlikuje se ovisno o tipu zrakoplova. Najveća visina leta za zrakoplove Croatie Airlinesa tipa Airbus A319-100 iznosi 11 900 metara dok za Airbus A320-200 iznosi 11 920 metara. Najmanji zrakoplov iz flote domaćeg prijevoznika Dash 8-Q400 leti na najvećoj visini od 7 620 metara sukladno odobrenju.⁵⁷



Slika 18: Visina leta zrakoplova

Izvor: Nasr B. Three Types of Aircraft Elevation: Height, Altitude and Flight Level, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

⁵⁶ Croatian Aviation. Na kojim visinama lete zrakoplovi?, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

⁵⁷ Ibid., [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

3.3. DOMET ZRAKOPLOVA

Maksimalni ukupni domet je najveća udaljenost koju zrakoplov može preletjeti između polijetanja i slijetanja, što je ograničeno kapacitetom goriva (ili alternativne energije) u zrakoplovu s pogonom, ili brzinom u preletu i uvjetima okoline u zrakoplovu bez pogona.⁵⁸

Sposobnost zrakoplova da energiju goriva pretvori u udaljenost leta jedna je od najvažnijih stavki njegove performanse. U letačkim operacijama, problem učinkovitog rada zrakoplova u dometu pojavljuje se u dva oblika:

1. Doseći maksimalnu udaljenost u letu iz goriva na raspolaganju.
2. Preletjeti udaljenost uz minimalnu potrošnju goriva.⁵⁹

Zajednički element za svaki od ovih operativnih problema je specifičan raspon; odnosno nautičke milje (NM) udaljenosti leta u odnosu na količinu potrošenog goriva. Domet se mora jasno razlikovati od izdržljivosti. Domet uključuje razmatranje udaljenosti leta, dok izdržljivost uključuje razmatranje vremena leta. Stoga je prikladno definirati poseban pojam, specifična izdržljivost (Slika 19).⁶⁰

⁵⁸ Flight Literacy. Aircraft Performance – Range Performance, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

⁵⁹ Ibid., [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

⁶⁰ Ibid., [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

$$\text{Specifična izdržljivost} = \frac{2.2 * \text{Sati leta}}{\text{kilogramami goriva}}$$

ILI

$$\text{Specifična izdržljivost} = \frac{2.2 * \text{sati leta/sat}}{\text{kilogramami goriva/sat}}$$

ILI

$$\text{Specifična izdržljivost} = \frac{1}{\text{protok goriva}}$$

Slika 19: Specifična izdržljivost

Izvor: Flight Literacy. Aircraft Performance – Range Performance, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

Operacije krstarenja za najveći domet trebaju se provoditi tako da zrakoplov postigne maksimalni specifični domet tijekom cijelog leta. Specifični raspon može se definirati sljedećim odnosom (Slika 20).⁶¹

⁶¹ Flight Literacy. Aircraft Performance – Range Performance, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

$$\text{Domet zrakoplova} = \frac{2.2 * NM}{\text{Kilogrami goriva}}$$

ILI

$$\text{Domet zrakoplova} = \frac{2.2 * NM / \text{sat}}{\text{Kilogrami goriva / sat}}$$

ILI

$$\text{Domet zrakoplova} = \frac{\text{Čvorovi}}{\text{Protok goriva}}$$

Slika 20: Domet zrakoplova

Izvor: Flight Literacy. Aircraft Performance – Range Performance, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

Ako se želi maksimalni specifični domet, uvjeti leta moraju osigurati maksimalnu brzinu po protoku goriva. Dok bi vršna vrijednost određenog dometa osigurala maksimalni radni domet, rad na velikom dometu općenito se preporučuje pri nešto većoj brzini. Većina operacija krstarenja na dugim dometima provodi se u uvjetima leta koji osigurava 99 posto apsolutnog maksimalnog specifičnog dometa. Prednost takvog rada je što se jedan posto dometa mijenja za tri do pet posto veću brzinu krstarenja. Budući da veća brzina krstarenja ima veliki broj prednosti, mala žrtva dometa je poštena pogodba. Na vrijednosti specifičnog raspona u odnosu na brzinu utječu tri glavne varijable:

- Bruto težina zrakoplova
- Visina
- Vanjska aerodinamička konfiguracija zrakoplova.⁶²

⁶² Flight Literacy. Aircraft Performance – Range Performance, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

3.4. TEŽINA ZRAKOPLOVA

Kada promatramo brojke koje se odnose na samu težinu zrakoplova zapanjujuća je činjenica da nešto toliko teško uopće uspije poletjeti. Neke težine koje današnji zrakoplovi (posebice teretni) postižu uistinu su nerealne. No kada govorimo o težini zrakoplova, postoje različite vrste i segmenti poput tereta i goriva koji dodatno pridodaju samoj težini letjelice bilo prilikom uzlijetanja, samog leta (krstarenja) i slijetanja.⁶³

Težina, naravno, varira i od modela do modela zrakoplova, primjerice Boeingov model 737 pri polijetanju može težiti od 60,000 do 85,000 kilograma, dok Cessnin model 172 pri polijetanju teži svega nešto više od jednog kilograma. Težina praznog zrakoplova zajedno sa gorivom, putnicima i teretom ne smije iznositi više od maksimalne dopuštene bruto težine zrakoplova pri polijetanju.⁶⁴

Ukupna težina zrakoplova pri polijetanju mora biti izračunata od strane pilota ili nadležne osobe kako bi se osigurala sigurnost leta, tj. da zrakoplov ostane u okviru dopuštenih vrijednosti propisanih sa strane proizvođača. Ovakva ograničenja postoje kako bi se osiguralo da zrakoplov može izvesti i oporaviti se od svih manevara leta, te izdržati strukturno opterećenje prilikom leta.⁶⁵

U tablici (tablica 1) prikazane su težine za neke od modela zrakoplova koji se danas koriste. Mjere dane u tablici izražene su u kilogramima, a zatim su ti podatci prikazani u grafikonima 1 – 4. Analizirajući podatke dane u tablici i njihovim grafičkim pokazivanjem dolazi se do zaključka da Airbus A380-800 ima najveću masu praznog zrakoplova, maksimalnu masu spremnika goriva, te maksimalnu dopuštenu bruto masu, ali unatoč tome Boeing 747-800 ima veću maksimalnu masu tereta koja se prevozi. Ako usporedimo Airbusove i Boeing zrakoplove zaključuje se da Airbusovi zrakoplovi imaju veću maksimalnu masu spremnika goriva, a da Boeing zrakoplovi imaju veću maksimalnu masu tereta koji se prevozi.

⁶³ Pilot teacher. How Much Do Airplanes Weigh? (With 20 Examples), [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

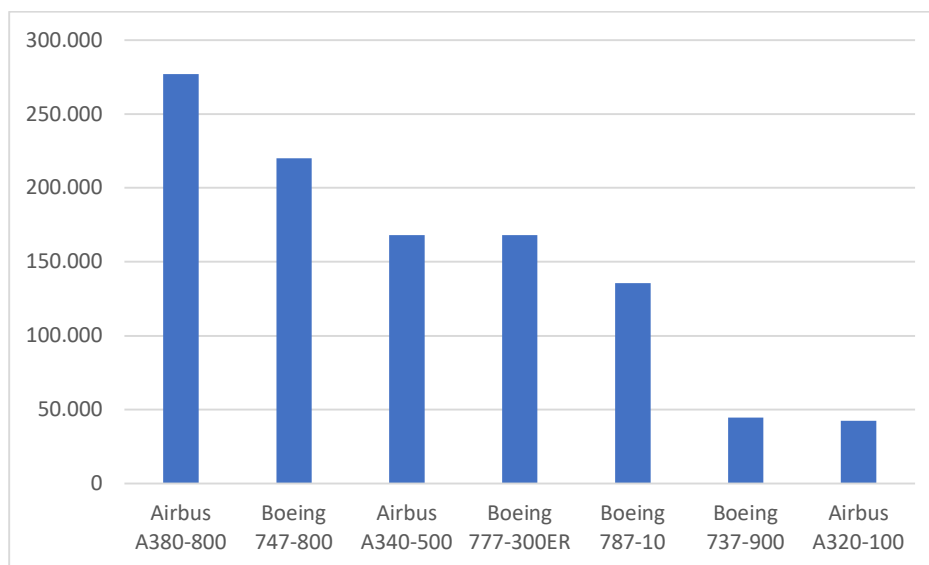
⁶⁴ Ibid., [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

⁶⁵ Ibid., [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

Tablica 1: Usporedba težina modela zrakoplova

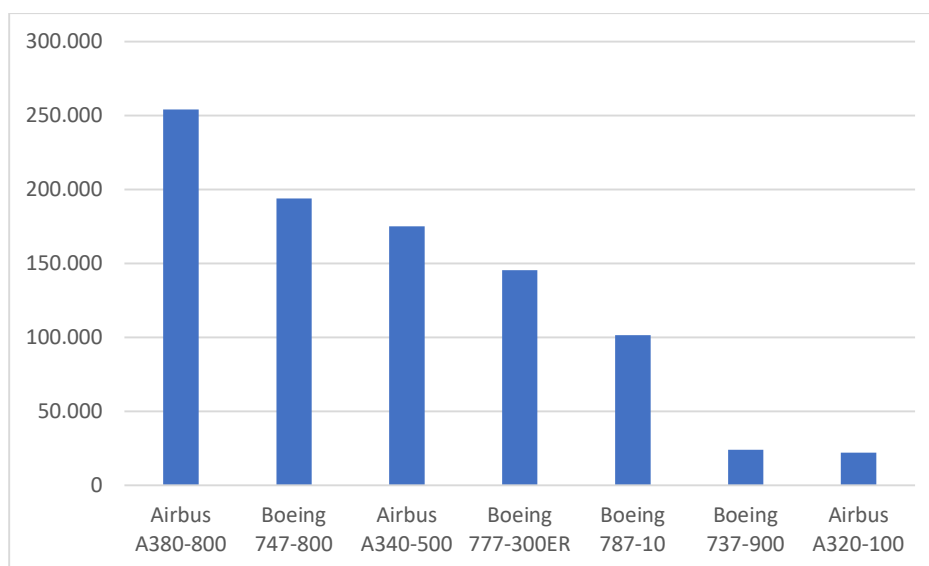
Model	Masa praznog zrakoplova	Maksimalna masa spremnika goriva	Maksimalna masa tereta koji se prevozi	Maksimalna dopuštena bruto masa
Airbus A380-800	277,000	254,000	84,000	575,000
Boeing 747-800	220,100	194,000	134,000	447,700
Airbus A340-500	168,000	175,000	54,000	372,000
Boeing 777-300ER	168,000	145,500	67,100	352,000
Boeing 787-10	135,500	101,500	57,300	254,000
Boeing 737-900	44,700	24,000	20,200	85,000
Airbus A320-100	42,600	22,100	20,000	68,000

Izvor: Izradio autor



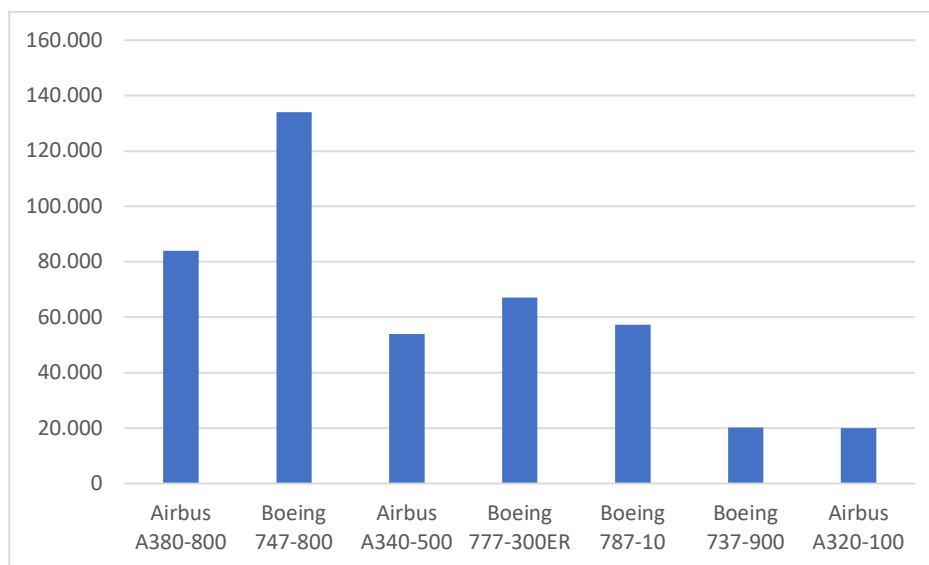
Grafikon 1: Masa praznog zrakoplova

Izvor: Izradio autor



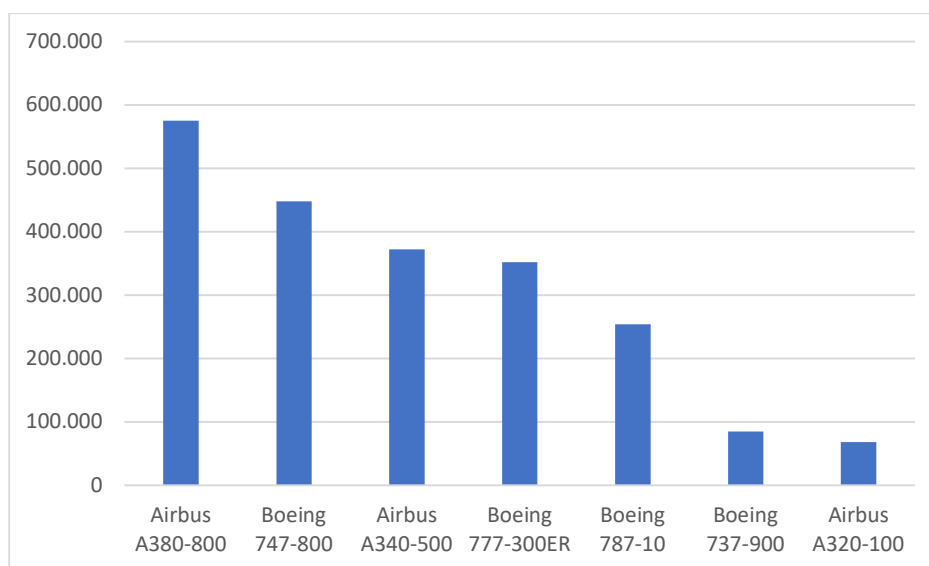
Grafikon 2: Maksimalna masa spremnika goriva

Izvor: Izradio autor



Grafikon 3: Maksimalna masa tereta koji se prevozi

Izvor: Izradio autor



Grafikon 4. Maksimalna dopuštena bruto masa

Izvor: Izradio autor

Gledajući tablicu iznad lako je zaključiti kako brojke nisu vjerodostojne pošto kada zbrojimo brojke maksimalnog goriva i tereta sa masom praznog zrakoplova dolazimo do brojke koja je nerijetko veća od one maksimalno dopuštene bruto mase. U svijetu zrakoplova to je uobičajeno, te se često traži kompromis između goriva i putnika ili tereta (u pogledu težine), te se referentno naziva korisno opterećenje.⁶⁶

Težina (masa) praznog zrakoplova, ili kraticom AEW (Aircraft empty weight) operativna je masa zrakoplova sa svom opremom u avionu, ali bez goriva, bez putnika i bez tereta. To se slikovito objašnjava kao da je zrakoplov upravo izašao iz tvornice i čeka da se napuni gorivom za isporuku kupcu.⁶⁷

Maksimalna bruto masa zrakoplova pri polijetanju, ili kraticom MGTW (Maximum gross takeoff weight), maksimalna je dopuštena masa kojom zrakoplov može težiti dok se odize od tla pri polijetanju. To uključuje masu praznog zrakoplova, gorivo, putnike i sav teret na zrakoplovu. Ovu zrakoplovnu masu postavio je sam proizvođač i vrijedi poput zakona. Mnoge zrakoplovne nesreće uzrokovane su upravo prevelikom masom same letjelice koja je uvelike smanjila snagu i sposobnost manevriranja pilota da spriječi istu.⁶⁸

Korisno opterećenje zrakoplova (Useful load) je masa koju pilot smije postaviti u zrakoplov. Formula je jednostavna, od maksimalne bruto mase zrakoplova pri polijetanju oduzmemo masu praznog zrakoplova. Dobiveni rezultat je brojka koju pilot ili odgovorna osoba ima na raspolaganju za utovar u zrakoplov. U tu brojku ubrajamo gorivo, posadu, putnike i teret. Naravno, što je korisno opterećenje zrakoplova veće taj zrakoplov je privlačniji kupcima i klijenteli.⁶⁹

⁶⁶ Pilot teacher. How Much Do Airplanes Weigh? (With 20 Examples), [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

⁶⁷ Ibid., [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

⁶⁸ Ibid., [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

⁶⁹ Ibid., [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

4. ANALIZA TEHNIČKO-EKSPLOATACIJSKIH ZNAČAJKI AVIONA U TERETNOM ZRAČNOM PROMETU

U ovom poglavlju bavit ćemo se analizom tehničko-eksploatacijskih značajki aviona u teretnom prometu na konkretnim primjerima dvije najveće tvrtke proizvođača teretnih aviona u svijetu Airbus i Boeing. Analizirati ćemo njihove modele aviona, istaknuti komparativne prednosti i nedostatke modela aviona iz jedne i druge linije. Najprije ćemo za svaki model posebno opisati karakteristike od dimenzija, kapaciteta, dometa i dr., pa kasnije u poglavlju usporediti s drugim dostupnim modelima iz iste klase.

4.1. AIRBUS

Airbus SE je Europska multinacionalna zrakoplovna korporacija. Naziv SE odnosi se na “Societas Europaea” što firmi omogućuje da bude registrirana kao Europska, a ne od strane Nizozemske. Od 2019. godine Airbus je svjetski najveći proizvođač aviona i firma je koja je preuzela najviše narudžbi aviona. Airbus je registriran u Nizozemskoj kao Europska firma, no njenim se dionicama trguje u Francuskoj, Njemačkoj i Španjolskoj.⁷⁰

Airbus SE bavi se projektiranjem, proizvodnjom i prodajom civilnih i vojnih zrakoplova širom svijeta. Firma ima više proizvodnji diljem Europske unije, ali i u raznim drugim zemljama. Tvrtka je podijeljena na tri divizije koje se razlikuju po proizvodnji zrakoplova određene vrste, bilo komercijalnih, civilnih, teretnih td. Sjedište tvrtke nalazi se u Nizozemskoj u Leidenu (Slika 21), a tvrtku vodi direktor Guillaume Faury.⁷¹

Airbusova raznolika linija proizvoda uključuje sve, od putničkih zrakoplova do teretnih aviona, pa čak i privatnih aviona. Svaka linija zrakoplova odlikuje vrhunskih dizajnom, udobnošću

⁷⁰ Airbus. Commercial Aircraft, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

⁷¹ Ibid.

i neusporedivom učinkovitošću koja postavlja nove standarde za modernu zrakoplovnu industriju.⁷²

Od raspona veličine 100 sjedećih mjesta, do dvostruke palube modela A380, kojemu ona omogućuje transport više od 850 putnika, ukupna svestranost Airbusovih linija proizvoda omogućava joj ponudu mnoštva prilagođenih rješenja za potrebe bilo koje aviokompanije i njihovih zrakoplova.⁷³



Slika 21: Airbusovo sjedište u Leidenu

Izvor: Bwylezich. Airbus headquarters in Leiden, the Netherlands. [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

⁷² Airbus. Commercial Aircraft, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

⁷³ Ibid., [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

4.1.1. AIRBUS A330-200F

Airbusov model teretnog zrakoplova predstavlja novu generaciju teretnih zrakoplova proizvedenu u sklopu Airbusove provjerene linije aviona A330. A330-200F (Slika 22) nudi visoku učinkovitost rada s manje buke, te smanjenom emisijom štetnih plinova u odnosu na druge teretne zrakoplove srednjeg tipa koji su trenutno u pogonu. Kupci su pohvalili model A330-200F radi njegove izvanredne fleksibilnosti koju dodatno poboljšava potpuna operativna povezanost teretne ploče s Airbusovim motorom i širokim karoserijama. Pored toga, radi svojih velikih glavnih vrata palube, zrakoplovi su u stanju prihvatiti sve palete i kontejnere uobičajenih dimenzija.⁷⁴



Slika 22: Airbus A330-200F

Izvor: Airbus. A330-200F, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

⁷⁴ Airbus. A330-200F, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

Osnovne karakteristike Airbusovog modela A330-200F u pogledu dimenzija (ukupna duljina, duljina kabine, korisna nosivost, raspon krila itd.) opisane su u tablici (Tablica 2). Osim opisanih karakteristika valja napomenuti kako je kapacitet tovarnog prostora aviona do 23 palete na glavnoj palubi, te 8 paleta i 2 LD3 kontejnera u donjem tovarnom prostoru. Domet ovakvog modela teretnog aviona iznosi do 7400 km. Maksimalna težina propisana za uzlijetanje iznosi 233 tone, a za slijetanje 178 tona. Kapacitet spremnika goriva ovog modela iznosi 97,530 litara.⁷⁵

Tablica 2: Osnovne dimenzije zrakoplova Airbus A330-200F

Ukupna duljina zrakoplova	58,8 m
Duljina kabine	45 m
Širina trupa zrakoplova	5,64 m
Maksimalna širina kabine	5,26 m
Raspon krila zrakoplova	60,3 m
Visina zrakoplova	16,9 m
Trag zrakoplova	10,7 m
Međuosovinski razmak kotača	22,2 m
Maksimalna korisna nosivost	65 (70) t

Izvor: Izradio autor

⁷⁵ Airbus. A330-200F, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

4.1.2. AIRBUS A330P2F

Kao moderni mlazni avion s naprednom Airbus tehnologijom koja uključuje „Fly-by-wire“ kontrolu leta, A330-300 nudi vrlo pogodnu platformu za pretvorbu iz putničkog u teretni avion uz pomoć svog širokog trupa. Označen kao A330-300P2F (Slika 23) u pretvorbenom obliku, ovaj je zrakoplov posebno prikladan za integratore i ekspresne prijevoznike radi svoje velike zapreminske nosivosti s teretom manje gustoće.⁷⁶

Program pretvorbe A330P2F pokrenut je 2012. godine suradnjom između ST Aerospacea i Airbusa, te njihovog zajedničkog pothvata EFW. ST Aerospace je kao tehnički voditelj za fazu razvoja inženjeringa, odgovoran je za podnošenje zahtjeva za dodatne certifikate, tipa onog od Agencije za sigurnost u zračnom prometu Europske unije i Federalne uprave za zrakoplovstvo SAD-a. Airbus pridonosi programu s podacima proizvođača originalne opreme i potporom za certifikaciju, dok EFW vodi fazu industrijalizacije i marketing za program prenamjene teretnih vozila.⁷⁷

⁷⁶ Airbus. A330P2F, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

⁷⁷ Ibid., [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]



Slika 23: Airbus A330P2F

Izvor: Airbus. A330P2F, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

Dimenzije zrakoplova A330P2F opisane su u tablici (Tablica 3). Prihvat teretnog prostora zrakoplova iznosi čak 27 paleta na glavnoj palubi, dok podnji (donji) tovarni prostor podržava dodatnih 11 paleta ili 32 LD3 palete. Domet ovakve vrste teretnog aviona iznosi do 6780 km. Maksimalna propisana težina za uzlijetanje je 233 tone, a za slijetanje 170 tona. Kapacitet spremnika goriva Airbusovog modela A330P2F iznosi 78,315 litara.⁷⁸

Tablica 3: Dimenzije zrakoplova Airbus A330P2F

Ukupna duljina zrakoplova	63,66 m
Duljina kabine	50,4 m
Širina trupa zrakoplova	5,64 m
Maksimalna širina kabine	5,26 m
Raspon krila zrakoplova	60,3 m
Visina zrakoplova	16,76 m
Trag zrakoplova	10,68 m
Međuosovinski razmak kotača	25,38 m
Maksimalna korisna nosivost	62 t

Izvor: Izradio autor

⁷⁸ Airbus. A330P2F, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

4.1.3. AIRBUS A350F

Airbusov model A350F predstavlja veliki širokotrupni teretnjak koji u jednu ruku oblikuje budućnost zračnog transporta sa sposobnošću transporta tereta od oko 109 tona, odnosno 64 vozila.⁷⁹

Temeljen na najprodavanijem dizajnu A350, A350F iskorištava sve prednosti koje posjeduje i sam A350 kako bi pripomogao velikim širokotrupnim teretnjacima pri pogledu prema održivijoj i profitabilnijoj budućnosti. „Obitelj“ A350 ima koristi od vrhunske aerodinamike, optimizirane od nosa do repa i od jednog do drugog vrha krila aviona, dok A350F donosi najnoviju generaciju učinkovitosti i izbora na veliko tržište teretnih vozila.⁸⁰

Model A350F (Slika 24) je lakši od konkurenata zahvaljujući kompozitnom okviru zrakoplova. Njegova struktura koristi preko 70 posto naprednih materijala poput kompozitnih materijala, titana i moderne aluminijske legure za stvaranje lakšeg i isplativijeg zrakoplova, uz povećanje otpornosti na koroziju i smanjenje zahtjeva za održavanjem.⁸¹

⁷⁹ Airbus. A350 Freighter, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

⁸⁰ Ibid., [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

⁸¹ Ibid., [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]



Slika 24: A350F u vlasništvu kurirske službe FedEx

Izvor: Sawlani S. It's Coming: The Airbus A350 Freighter, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

Uz naprednu aerodinamiku i motore „Trent XWB“, zrakoplov nudi nenadmašnu učinkovitost u smislu sagorijevanja goriva, emisije CO² i ekonomičnosti, te je trenutno jedini teretnjak na tržištu koji je sposoban ispuniti nadolazeće buduće zahtjeve ICAO-a.⁸²

Napredna tehnologija A350F omogućuje do 40 posto bolju ekonomičnost i učinkovitost goriva u odnosu na starije generacije teretnjaka. A350F je također spreman zamijeniti teretne brodove starije generacije u smislu obujma, dometa i nosivosti (Tablica 4). Štoviše, zahvaljujući konceptu obitelji Airbus može se neprimjetno integrirati u flote zračnog prijevoznika Airbusa.⁸³

Tablica 4: Tehničke karakteristike zrakoplova Airbus A350F

Ukupna duljina zrakoplova	70,8 m
Širina trupa zrakoplova	5,96 m
Raspon krila zrakoplova	64,75 m
Visina zrakoplova	17,08 m
Kapacitet glavne palube	30 paleta
Kapacitet podnog tovarnog prostora	12 paleta/ 40 LD3 kontejnera
Domet	8700 km
Max. Težina za uzlijetanje	319 t
Max. Težina za slijetanje	250 t

Izvor: Izradio autor

⁸² Airbus. A350 Freighter, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

⁸³ Ibid., [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

4.1.4. AIRBUS BelugaST

Uz jedno od najobimnijih skladišta tereta od svih civilnih ili vojnih zrakoplova koji danas lete, Airbus BelugaST (Slika 25) nudi jedinstven način za transport prevelikog zračnog tereta. Također poznat kao A300-600ST Super Transporter, Beluge kojima upravlja Airbus odigrale su ključnu ulogu u održavanju Airbusove proizvodnje i montažne mreže u punom kapacitetu. Danas su dostupni teretnim tvrtkama i drugim potencijalnim kupcima kao jedinstveno rješenje za zadovoljenje potreba za transportom vangabaritnog tereta. Uz iskustvo od preko 20 godina pouzdane usluge, BelugaST isporučuje visoku razinu zadovoljstva kupaca u pogledu utovara, istovara i usluge dizajnirane tako da bude sigurna, fleksibilna i pouzdana.⁸⁴



Slika 25: Airbus BelugaST

Izvor: Kalic F. iniSimulations Shares A300 BelugaST Trailer, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

BelugaST-ov poluautomatski sustav utovara tereta na glavnoj palubi (Slika 26) osigurava jednostavno i učinkovito rukovanje teretom. Kako bi se maksimizirala sposobnost BelugaST-a u komercijalnim uslugama, razvijaju se nove tehnike i oprema za utovar, uključujući automatizirani utovarivač tereta na brodu (OBCL) za misije u kojima platforma za utovar/istovar nije dostupna u

⁸⁴ Airbus. BelugaST. [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

polaznišnoj ili odredišnoj zračnoj luci. BelugaST zadržava istu pilotsku kabinu koja je u uporabi širem svijeta na Airbusima A300-600 i A310. U kokpitu su uključene kontrole za prijenosni modul grijanja koji se može ugraditi u teretni odjeljak glavne palube. Ovaj modul osigurava temperaturno kontrolirane uvjete za osjetljive terete koje nosi BelugaST.⁸⁵



Slika 26: Puluautomatski sustav utovara BelugaST na glavnoj palubi

Izvor: Crider A. Airbus commercializes BelugaST fleet, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

⁸⁵ Airbus. BelugaST. [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

Dimenzije zrakoplova BelugaST opisane su u tablici (Tablica 5). Ukupna duljina ove vrste zrakoplova iznosi 56,16 metara. Visina iznosi 17,25 m, dok je raspon krila ove letjelice 44,84 metara. Širina samog trupa aviona iznosi 7,7 metara. Širina tovarnog dijela letjelice iznosi 39,1 metar. Maksimalna visina poprečnog presjeka tovarnog dijela iznosi 7,1 metar. Širina istog iznosi također 7,1 metar. Maksimalna nosivost je 40 tona i maksimalan domet 1650 kilometara. Maksimalna dopuštena težina aviona pri uzlijetanju iznosi 140 tona, dok težina aviona praznog rezervoara iznosi 133,8 tona. Kapacitet spremnika goriva iznosi 23860 litara.⁸⁶

Tablica 5: Dimenzije zrakoplova BelugaST

Ukupna duljina zrakoplova	56,16 m
Visina zrakoplova	17,25 m
Raspon krila zrakoplova	44,84 m
Širina trupa zrakoplova	7,7 m
Širina tovarnog dijela	39,1 m
Max. visina pop. presjeka tovarnog dijela	7,1 m
Max. širina pop. presjeka tovarnog dijela	7,1 m
Maksimalna nosivost zrakoplova	40 t
Maksimalni domet zrakoplova	1650 km
Maksimalna težina pri uzlijetanju	140 t
Maksimalna težina (prazan rezervar)	133,8 t
Kapacitet spremnika	23.860 l

Izvor: Izradio autor

⁸⁶ Airbus. BelugaST. [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

4.1.5. AIRBUS BelugaXL

Tvrtka „Airbus“ krajem 2014. godine lansirala je novu liniju teretnih letjelica BelugaXL, predstavivši je kao „super transporter“ koji gledano po obujmu tereta koji može zaprimiti, dometu, kao i drugim karakteristikama prednjači nad svojom starijom verzijom BelugaST. Predviđa se da će do kraja 2023. godine čak šest BelugaXL aviona izvedenih iz širokotrupnog zrakoplova A330 zamijeniti trenutnu BelugaST flotu.⁸⁷

Zrakoplov BelugaXL (Slika 27) je izveo svoj prvi let 2018. godine, a u studenom 2019. godine dobio je EASA-in certifikat. To je postavilo temelje za prvu obavljenju uslugu transporta BelugaXL-a u siječnju 2020. godine. Poput pretka BelugaST-a, flota BelugaXL-a će djelovati na 11 destinacija u Europskoj Uniji, nastavljajući tako jačati Airbusove industrijske sposobnosti i omogućujući tvrtki da ispuni svoje obveze proizvodnje i isporuke.⁸⁸



Slika 27: Airbus BelugaXL

Izvor: Petchenik I. Thar it flies! — the Airbus BelugaXL Makes First Flight [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

⁸⁷ Airbus. BelugaXL, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

⁸⁸ Ibid., [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

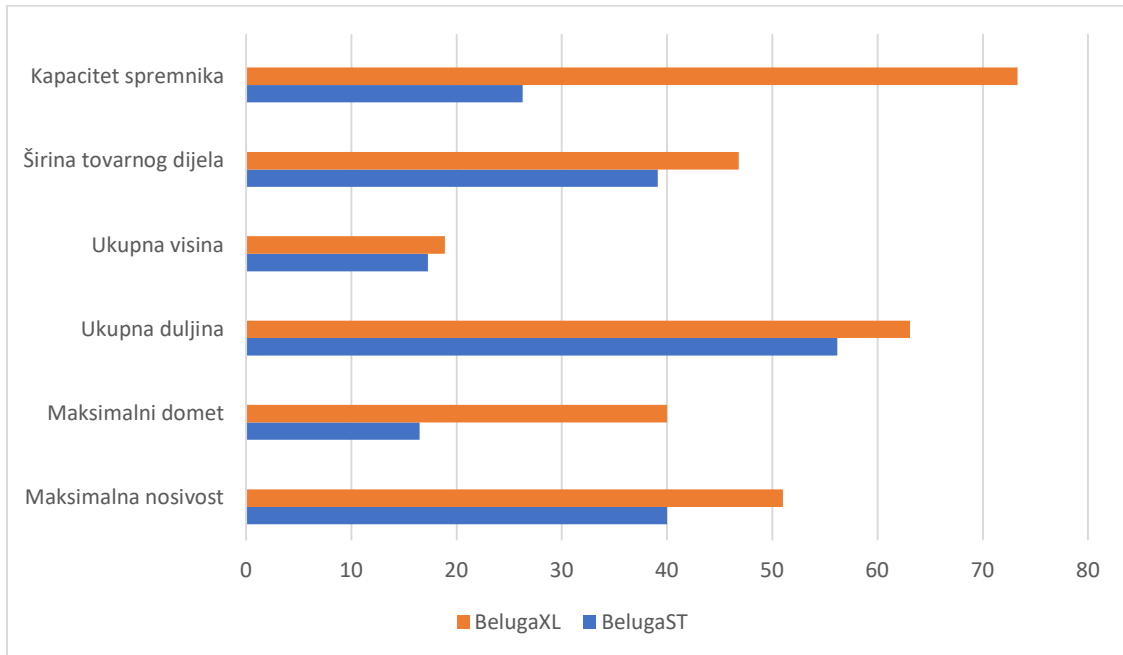
Uz značajnu uporabu postojećih komponenti i opreme koja uključuje „Rolls Royce“ motore „Trent 772B“, BelugaXL flota bazirana na Airbusu A300 uključuje nove elemente među kojima su spuštene kokpit, visoko povećana struktura teretnog prostora i modificirani stražnji i repni dio. BelugaXL je čak sedam metara duži i jedan metar širi od prethodnika, te pruža 30 posto veći transportni kapacitet (Tablica 6). Primjerice, BelugaXL može zaprimiti dva A350 jetliner krila, u odnosu na jedan kojeg može zaprimiti BelugaST. Uz maksimalnu nosivost od 51 tone, domet BelugaXL aviona u iznosu od 4000 km, znatno je veći od onoga što nudi BelugaST (Grafikon 5).⁸⁹

⁸⁹ Airbus. BelugaXL, [Pristupljeno: 20.srpnja 2022.]

Tablica 6: Karakteristike BelugaXL-a

Ukupna duljina zrakoplova	63,1 m
Visina zrakoplova	18,9 m
Raspon krila zrakoplova	60,3 m
Širina trupa zrakoplova	8,8 m
Širina tovarnog dijela	46,8 m
Max. Visina pop. Presjeka tovarnog dijela	7,5 m
Max. Širina pop. Presjeka tovarnog dijela	8,1 m
Maksimalna nosivost zrakoplova	51 t
Maksimalni domet zrakoplova	4.000 km
Maksimalna težina pri uzlijetanju	227 t
Maksimalna težina (prazan rezervoar)	178 t
Kapacitet spremnika	73,3 t
Maksimalna težina pri slijetanju	187 t

Izvor: Izradio autor



Grafikon 5: Usporedba BelugaXL-BelugaST

Izvor: Izradio autor

Kao i kod BelugaST-a, BelugaXL avioni opremljeni su sustavima za utovar tereta kako bi se osiguralo jednostavno i učinkovito rukovanje teretom, koje kontrolira obučena posada podružnice Airbus Transport International (ATI). Zahvaljujući novoj učinkovitosti u sustavima, vrijeme povrata (TAT) za BelugaXL je otprilike 1 sat, što je skoro upola manje u usporedbi s BelugaST-om. BelugaXL-om upravljaju dva pilota koristeći prednosti modernog kokpita A330 na koji su preneseni najnoviji sustavi i tehnologije razvijeni za druge programe. To između ostalog uključuje i „fly-by-wire“ tehnologiju, zaslone s tekućim kristalima (LCD) i sustav za informiranje o situaciji u zračnom prometu (ATSA). Krajem 2021. godine modelu pridodaju „RNP-AR“ (Required Navigation Performance Authorization Requirement), sustav koji poboljšava pristup na mjestima s izazovnim okruženjem. Krajem 2022. planiraju se ugraditi “ROPS” (Sustav za sprječavanje prekoračenja uzletno-sletne staze) i “AP/FD TCAS” (Sustav za izbjegavanje sudara autopilota/direktora leta). Tijekom slijetanja, ROPS predviđa operativnu udaljenost slijetanja i upozorava posadu na rizik od prekoračenja tijekom operacija automatskog kočenja i ručnog

kočenja, dok se automatski manevri izbjegavanja s AP/FD TCAS (Autopilot/Flight Director Traffic Collision Avoidance System) izvode u slučaju sudara.⁹⁰

4.2. BOEING

„Boeing Company“ američka je multinacionalna korporacija koja se bavi proizvodnjom i prodajom raznih vrsta letjelica, od putničkih zrakoplova, do projektila i telekomunikacijske opreme, uz pružanje usluga leasinga i podrške svojih proizvoda. Boeing sjedi na samom vrhu ljestvice najvećih svjetskih proizvođača zrakoplova, te je najveći izvoznik u SAD-u po dolarskoj vrijednosti.⁹¹

Tvrtku Boeing osnovao je William Boeing u Seattleu, Washington, 15. srpnja 1916. godine. Boeing ima svoje korporativno sjedište u Chicagu, Illinois (Slika 28). Tvrtka je organizacijski podijeljena u četiri divizije:

- Boeing Commercial Airplanes (BCA)
- Boeing Defence, Space & Security (BDS)
- Boeing Global Services (BGS)
- Boeing Capital (BC)⁹²

⁹⁰ Airbus. BelugaXL, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

⁹¹ Boeing. Honoring Our Legacy, Inspiring Our Future, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

⁹² Ibid., [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]



Slika 28: Glavno sjedište tvrtke Boeing u Chicagu

Izvor: Wikipedia. Boeing, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

4.2.1. BOEING 747-8 Freighter

Boeing 747-8F (Slika 29) je širokotrupni zrakoplov kojeg je razvio „Boeing Commercial Airplanes“. Radi se o najvećoj varijanti linije 747. Nakon što je tvrtka predstavila svoj model 747-400 tržištu, u Boeingu se razmatralo o većim verzijama linije 747 kao alternativu Airbusu A3XX. Protegnuti 747 Advanced lansiran je kao 747-8, 14. studenog 2005. godine za tržišnu prognozu od oko 300 zrakoplova. Prvi 747-8 Freighter izveo je svoj prvi let 8. veljače 2010. godine, a putnička inačica 747-8 Intercontinental slijedio je njegov primjer 20. ožujka 2011. godine. Teretna verzija

prvi je put isporučena u listopadu 2011. godine, a zrakoplov je započeo komercijalnu uslugu u lipnju 2012. godine.⁹³



Slika 29: Boeing 747-8F

Izvor: Lufthansa. Boeing 747-8, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

Trup ovog zrakoplova rastegnut je za 5,6 metara do čak 76,3 metra. Iako zadržava svoju osnovnu strukturu i zamah, krilo je deblje i dublje, drži više goriva i širi se pomoću nagnutih vrhova krila. Pokretan učinkovitijim turboventilatorom tvrtke General Electric „Genx 787 Dreamliner“, njegova maksimalna težina pri uzlijetanju narasla je na 442 tone, što ga čini najtežim Boeing-ovim zrakoplovom. Freighter verzija ima kraću gornju palubu i može prenijeti teret težak 137,7 tona na domet od 7.630 kilometara (Tablica 7). Putnička verzija ovog zrakoplova može prevoziti 4676 putnika u tipičnoj konfiguraciji s tri klase na dometu od 14.430 kilometara. Od veljače 2022. godine ima 155 narudžbi od kojih 107 pada na teretne modele i 48 na putničke. Zasad je isporučeno 150 modela ukupno.⁹⁴

⁹³ Boeing. 747-8 Freighter, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

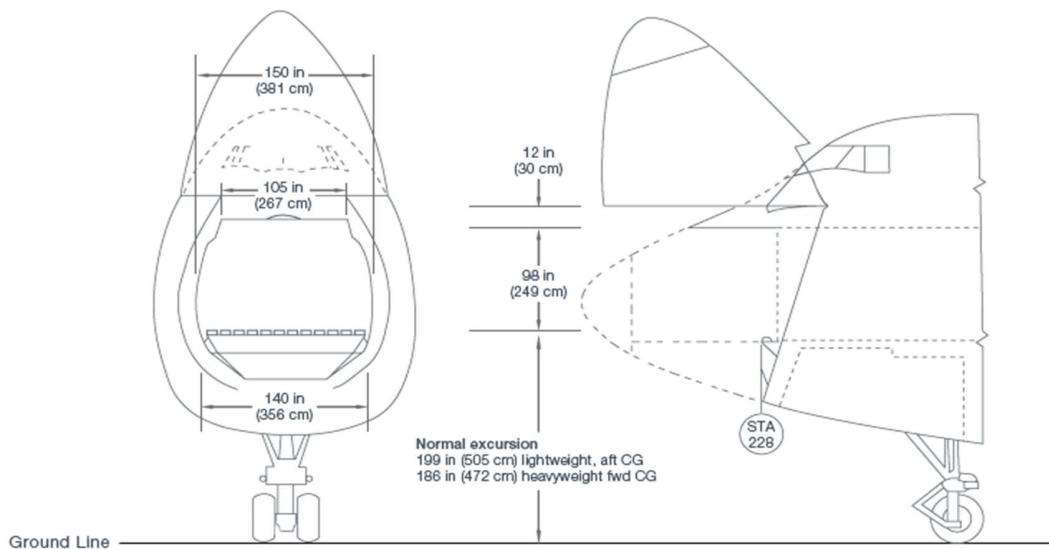
⁹⁴ Ibid., [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

Tablica 7: Karakteristike zrakoplova Boeing 747-8F

Visina zrakoplova	19,4 m
Duljina zrakoplova	76,3 m
Raspon krila zrakoplova	68,4 m
Domet zrakoplova	7.630 km
Maksimalna nosivost zrakoplova	137,7 t

Izvor: Izradio autor

Od drugih posebnosti valja napomenuti kako Boeing 747-8F ima kapacitet glavne palube od 34 palete, dok njegova prednja vrata, koja se nalaze na samom nosu zrakoplova, omogućuju puno lakšu manipulaciju teretom u pogledu utovara i istovara posebice u slučaju vangabaritnog tereta (Slika 30).⁹⁵

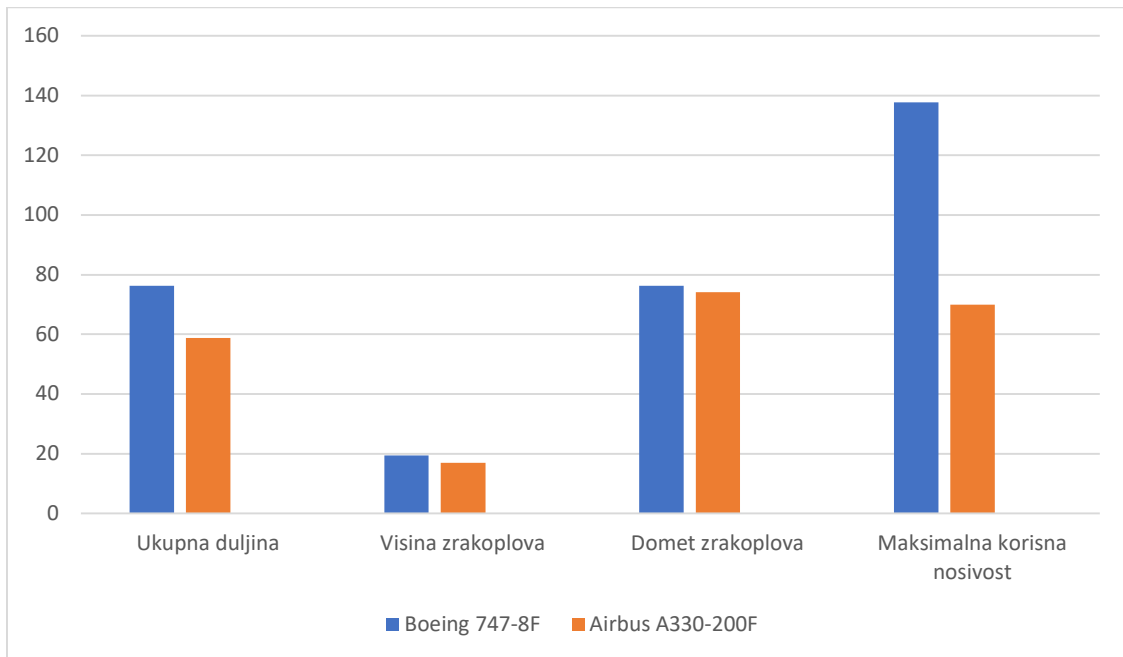


Slika 30: Vrata na nosu zrakoplova Boeing 747-8F

Izvor: Boeing. 747-8 Freighter, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

⁹⁵ Boeing. 747-8 Freighter, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

Vodeći se informacijom da je izvedbi ovog modela doprinijela potreba za ostvarivanjem konkurentnosti od strane Boeing-a prema Airbus-u I njegovoj liniji A3XX, u idućem grafu (Grafikon 6) možemo vidjeti usporedbu Boeing-ovog 747-8F-a sa Airbus-ovim modelom A330-200F koji je definiran u poglavlju gore.



Grafikon 6: Usporedba Airbus A330-200F - Boeing 747-8F

Izvor: Izradio autor

Iz grafa možemo vidjeti kako je Boeingov model glomazniji uz nešto veći domet, te da se najviše ističe u najvažnijem segmentu, a to je korisna nosivost. Maksimalna korisna nosivost Boeing-ovog modela iznosi 137,7 tona, što je znantno više od Airbus-ovog, čija korisna nosivost debelo zaostaje za konkurentom (65-70 tona).

4.2.2. BOEING 777-8 Freighter

Boeing 777-8F (Slika 31) nadovezuje se na svjetski uspjeh najprodavanijeg 777F i novog 777X modela. Maksimalna nosivost i sposobnost velikog dometa postavlja ovaj model kao idealno rješenje za otvaranje novih tržišta. Osim navedenog, Boeing 777-8F osigurava minimalnu potrošnju goriva uz najniže emisije CO₂ radi formiranja održive budućnosti.⁹⁶



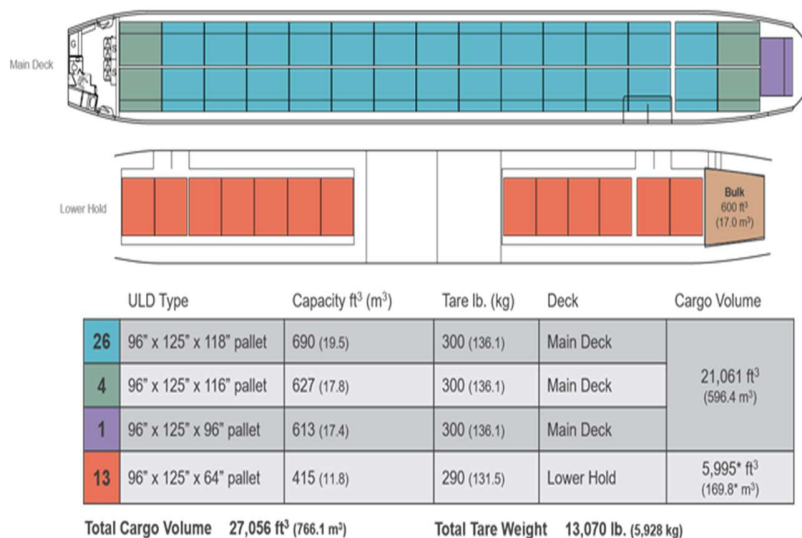
Slika 31: Boeing 777-8F

Izvor: Leeham News and Analysis. The new Boeing freighter, 777-8F, versus Airbus' A350F, Part 2, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

Glavni tovarni prostor Boeing-ovog modela 777-8F može zaprimiti do 31 palete, što je povećanje od 17 % u odnosu na prethodni model 777F. Donji tovarni prostor zrakoplova sposoban je zaprimiti dodatnih 13 paleta, što nas dovodi do ukupnog broja paleta koji je ovaj model sposoban prevesti u jednom putovanju od 44 palete (Slika 32).⁹⁷

⁹⁶ Boeing. 777-8 Freighter, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

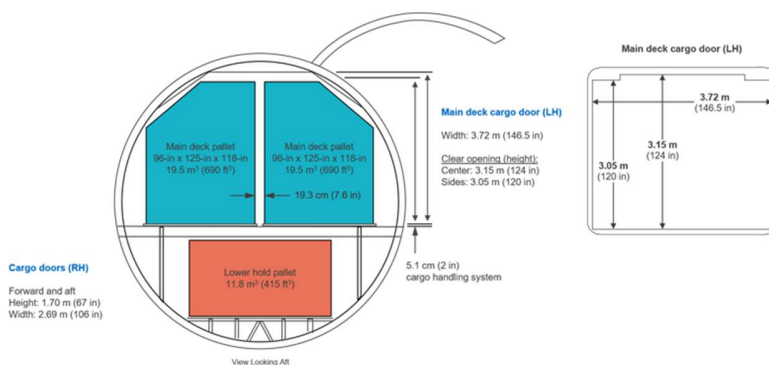
⁹⁷ Ibid., [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]



Slika 32: Raspodjela tovarnog prostora Boeing-a 777-8F

Izvor: Boeing. 777-8 Freighter, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

Sličnost između Boeing-ovih modela 777-8F i 777F nalazi se u tome da oba modela mogu prevoziti palete sadržaja do čak 3 metra u visinu u glavnom tovarnom prostoru (Slika 33).⁹⁸



Slika 33: Poprečni presjek tovarnog prostora Boeing-a 777-8F

Izvor: Boeing. 777-8 Freighter, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

⁹⁸ Boeing. 777-8 Freighter, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

Od osnovnih karakteristika što se modela 777-8F tiče, valja napomenuti kako je ukupna duljina aviona 70,9 metara, ukupna visina 19,5 metara, dok se raspon krila proteže na 64,8 metara. Maksimalna nosivost ovog modela iznosi 118,2 tone, koju prevozi na dometu od 8.167,32 kilometara (Tablica 8).⁹⁹

Tablica 8: Osnovne karakteristike Boeing-a 777-8F

Ukupna duljina zrakoplova	70,9 m
Visina zrakoplova	19,5 m
Raspon krila zrakoplova	64,8 m
Maksimalna korisna nosivost	118,2 t
Domet zrakoplova	8.167,32 km

Izvor: Izradio autor

4.2.3. BOEING 777 Freighter

Preuzevši glavnu ulogu od Boeinga 747, Boeing je ovaj moderni putnički zrakoplov povećao iz serije „Classic“ sredinom 1990-ih godina u seriju „Boeing 777x“, čiji je avion prvi puta poletio u siječnju 2020. godine.¹⁰⁰

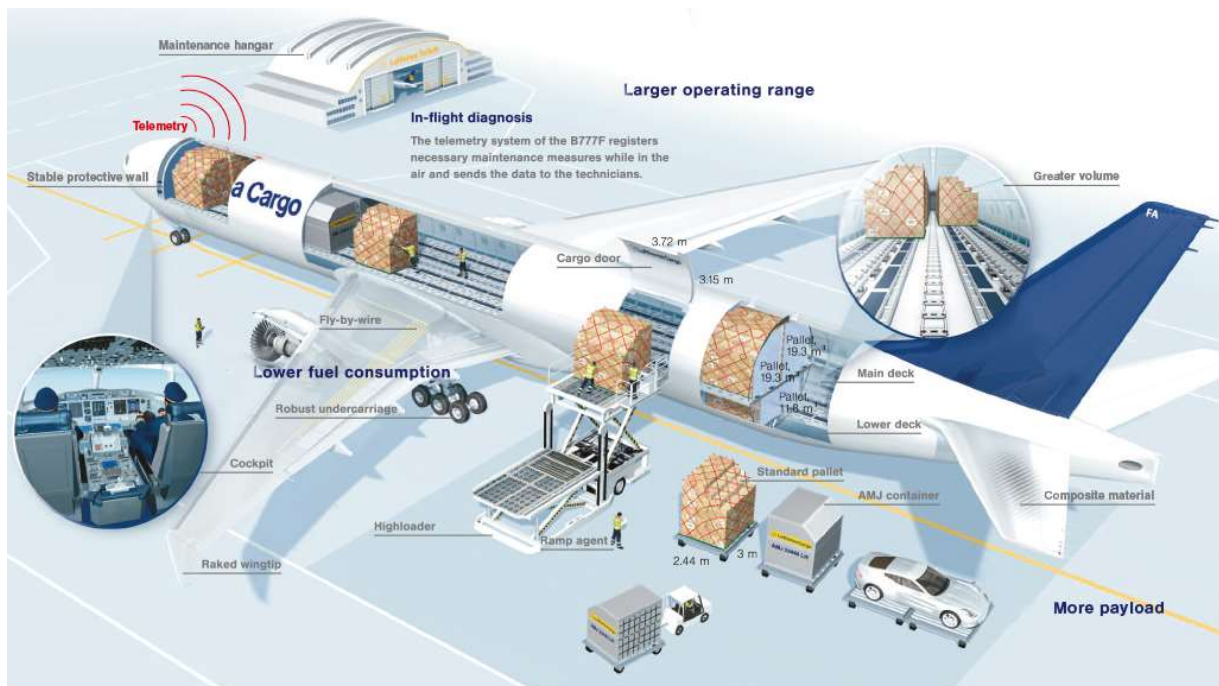
Serijska „Classic“ sastojala se od dvije glavne putničke verzije zrakoplova i jednom teretnom verzijom zvanom Boeing 777 Freighter. Dvije putničke verzije imaju nazive Boeing 777 200 i Boeing 777 300. Iako su mjere u te dvije putničke verzije, poput raspona krila, traga kotača i repa zrakoplova iste, glavna razlika u dimenzijama očituje se u duljini trupa. Budući da je Boeing 777

⁹⁹ Boeing. 777-8 Freighter, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

¹⁰⁰ Modern Airlines. Boeing 777 Specs, what makes this giant twin work?, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

300 znatno duži u trupu, ukupna duljina mu premašuje onu od modela 777 200 za ukupno 10 metara, što ujedno predstavlja i daleko veći putnički kapacitet.¹⁰¹

Iz Boeinga model Boeing 777 Freighter (Slika 34) predstavljaju kao najsposobniji zrakoplov s dvostrukim motorom u svijetu. Ovaj model karakteriziraju niski operativni troškovi i visoka pouzdanost, kao i velik domet, niska potrošnja goriva, te dijagnostika unutar leta.¹⁰²



Slika 34: Boeing 777 Freighter

Izvor: AirCharter. Boeing 777F, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

¹⁰¹ Modern Airlines. Boeing 777 Specs, what makes this giant twin work?, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

¹⁰² <https://www.boeing.com/commercial/freighters/#/777f-highlight/characteristics/777f/>

Broj posade koja upravlja ovim zrakoplovom iznosi dva čovjeka, Dvostruki motor koji pokreće zrakoplov je „Turbofan“ motor „General Electrica“ model GE90-110B1. Svaki motor ima snagu 492,7 kN, što zrakoplovu omogućuje maksimalnu brzinu krstarenja od 896 km/h. Opće karakteristike zrakoplova Boeing 777 Freighter opisane su u tablici (Tablica 9).¹⁰³

Tablica 9: Karakteristike zrakoplova Boeing 777F

Duljina zrakoplova	63,73 m
Visina zrakoplova	18,99 m
Raspon krila zrakoplova	64,8 m
Težina praznog zrakoplova	144,379 t
Maksimalna dopuštena težina za uzlijetanje	347,815 t
Maksimalna dopuštena težina za slijetanje	260,816 t
Dometa zrakoplova	9.047 km

Izvor: Izradio autor

4.2.4. Boeing 767-300 Freighter

Teretni zrakoplov Boeing 767-300 Freighter je teretna inačica uspješnog putničkog aviona 767-300ER, produljenog dometa sa dvostrukim motorom. Tvrtka Boeing lansirala je ovaj teretni zrakoplov u Siječnju 1993. godine.¹⁰⁴

¹⁰³ AirCharter. Boeing 777F, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

¹⁰⁴ Aerospace Technology. Boeing 767-300F, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

Naručena su 84 zrakoplova, a teretni zrakoplov je u službi: All Nippon Airways (četiri), Asiana Airlines (jedan), GECAS (jedan), LAN Chile (osam) i United Parcel Service (32). Tri teretna zrakoplova 767-300ER naručio je Japan Airlines (JAL) u lipnju 2005. godine. U veljači 2007. UPS je naručio dodatnih 27 teretnih zrakoplova 767-300ER, koji su isporučeni između 2009. i 2012. godine. U ožujku 2007. godine DHL je naručio šest. Od studenog 2011. Boeing je isporučio ukupno 64 zrakoplova 767-300F.¹⁰⁵

Trošak teretnog zrakoplova 767 smanjen je na najmanju moguću cifru upotrebom pilotske kabine za dvije osobe i dva motora s visokim prohodnim omjerom koji štede gorivo, konfiguracija koja se razlikuje od one na starijim teretnim zrakoplovima s tri osobe letačke posade i četiri motora.¹⁰⁶

Zrakoplov Boeing 767-300 F (Slika 35) dijeli zajednička ovlaštenja tipa pilota kao i zrakoplovi Boeing 767 i Boeing 757, što omogućuje pilotu obučenom na jednom modelu da se kvalificira za let na drugom modelu uz minimalnu dodatnu obuku.¹⁰⁷



Slika 35: Boeing 767-300 Freighter

Izvor: Cargo Aircraft Management. Our Fleet, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

¹⁰⁵ Aerospace Technology. Boeing 767-300F, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

¹⁰⁶ Ibid., [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

¹⁰⁷ Ibid., [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

Putnički avion ima širok trup, nisko zaokrenuta stražnja krila s dvostrukim potkrilnim turboventilatorskim motorima i izrađen je od aluminijskih legura i kompozitnih materijala.

Teretni zrakoplov opremljen je ojačanom verzijom hidraulički uvlačivog stajnog trapa tipa tricikla koji je ugrađen na putnički avion 767-300. Teretni zrakoplov ima sličan vanjski izgled kao putnički zrakoplov 767, osim što nema prozore i vrata za putnike.¹⁰⁸

„Canadair“ proizvodi stražnji dio trupa. „Fuji“ je odgovoran za konstrukciju obloga krila i tijela te vrata glavnog stajnog trapa. „Kawasaki“ proizvodi prednje i središnje dijelove trupa, izlazne otvore i rebra krila. „Mitsubishi“ ima podizvođača za proizvodnju panela stražnjeg dijela karoserije i stražnjih vrata.¹⁰⁹

Glatka obloga od stakloplastike postavljena je na unutrašnjost trupa glavne palube. Fiksna kruta barijera postavljena je na prednjem dijelu glavne palube, služeći kao zaštitni zid između prostora za teret i pilotske palube. Vrata u zaprežnom zidu omogućuju pristup tijekom leta iz pilotske kabine u prostor za teret.¹¹⁰

Iz Boeinga ovaj model nazivaju najsvestranijim širokotrupnim teretnim zrakoplovom srednje klase, te se za njega kaže kako je najidealniji teretni zrakoplov za rastuće tržište e-commerce i ekspresnih pošiljki. Opće tehničke karakteristike ovog modela opisane su u tablici (Tablica 11).¹¹¹

¹⁰⁸ Aerospace Technology. Boeing 767-300F, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

¹⁰⁹ Ibid.

¹¹⁰ Ibid.

¹¹¹ Boeing. 767-300 Freighter, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

Tablica 10: Karakteristike zrakoplova Boeing 767-300F

Duljina zrakoplova	54,9 m
Visina zrakoplova	15,9 m
Raspon krila zrakoplova	47,6 m
Maksimalna brzina krstarenja	850 km/h
Korisna nosivost	52,7 t
Kapacitet tovarnog prostora	438 m ³
Domet zrakoplova	6.025 km
Kapacitet spremnika goriva	90,770 L
Maksimalna dopuštena težina pri uzlijetanju	185,06 t
Kapacitet glavne palube	336 m ³

Izvor: Izradio autor

4.2.5. Boeing 737-800BCF

Model teretnog zrakoplova 737-800 Boeing Converted Freighter (BCF) izbacuje Boeing kako bi zadovoljio potražnju za transportom ekspresnog tereta na domaćim linijama. To je prvi „next gen“ zrakoplov 737 koji je Boeing preinačio. Boeing je pokrenuo program 737-800BCF početkom 2016. godine. GE Capital Aviation Services (GECAS) primio je prvi zrakoplov od Boeinga kao kupca lansiranja 737-800BCF u travnju 2018. Preuređeni teretnjak dobio je certifikate američke Savezne uprave za zračni promet (FAA), Agencije Europske unije za sigurnost zračnog

prometa (EASA), Uprave za civilno zrakoplovstvo Kine i Federalne agencije za zračni promet Rusije. Od rujna 2019. Boeing je primio 120 narudžbi za zrakoplove 737-800BCF.¹¹²

Boeing 737-800BCF (Slika 36) temelji se na putničkom „next gen“ zrakoplovu 737. Opremljen je mješovitim krilima za povećanje učinkovitosti goriva i letnih performansi. Zrakoplov osigurava niže operativne troškove za svaku tonu nosivosti u usporedbi sa standardnim teretnim brodovima u seriji 737.¹¹³



Slika 36: Boeing 737-800BCF

Izvor: Van Wagenen J. Boeing Begins 737-800 Converted Freighter Program., [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

¹¹² Aerospace Technology. 737-800 Boeing Converted Freighter (BCF)., [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

¹¹³ Ibid., [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

Zrakoplov je dugačak 39,5 m, s rasponom krila 35,8 m i visok 12,6 metara. Njegova maksimalna dopuštena težina pri polijetanju je 79.000 kg, dok je najveća dopuštena masa pri slijetanju 66.350 kg (Tablica 11). Teretni avion smanjuje troškove logistike i održavanja budući da dijeli mnoge komponente i sustave s putničkim zrakoplovom sljedeće generacije 737. Visoka razina sličnosti s drugom Boeingovom putničkom flotom dodatno osigurava lak prijelaz pilota bez kašnjenja. Zrakoplov ima hidraulički kontrolirani uvlačivi stajni trap tipa tricikl opremljen uljno-pneumatskim amortizerima. Jedinice s glavnim kotačima povlače se unatrag, dok se dvostruki kotač povlači prema naprijed.¹¹⁴

737-800BCF može prevesti do 23,9 t tereta. Ograničenje volumena nosivosti zrakoplova je 20,76 t. Glavna paluba nudi 141,5 m³ teretnog prostora, dok donja paluba nudi 43,7 m³ prostora za rasuti teret. Zrakoplov ima velika vrata za teret, sustav za rukovanje teretom i sjedala za do četiri neleteća osoblja ili putnika. Teretni zrakoplov ima kapacitet za 12 paletnih mjesta u koje se može smjestiti 11 standardnih paleta od 88 inča x 125 inča i jednu oblikovanu paletu od 88 inča x 62 inča.¹¹⁵

¹¹⁴ Aerospace Technology. 737-800 Boeing Converted Freighter (BCF)., [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

¹¹⁵ Ibid., [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

Tablica 11: Tehničke karakteristike zrakoplova Boeing 737-800BCF

Duljina zrakoplova	39,5 m
Visina zrakoplova	12,6 m
Raspon krila zrakoplova	35,8 m
Korisna nosivost	23,9 t
Kapacitet zrakoplova	185,2 m ³
Maksimalna dopuštena masa pri polijetanju	79 t
Maksimalna dopuštena masa pri slijetanju	66,35 t
Dometa zrakoplova	3.700 km

Izvor: Izradio autor

4.3. USPOREDBA ZRAKOPLOVA

U posljednja dva pod poglavlja u tablicama su navedeni podatci o raznim zrakoplovima proizvođača Airbus i Boeing. U ovome pod poglavlju će se na osnovu tih podataka zrakoplovi uspoređivati unutar pojedinih proizvođača, a zatim i međusobno.

4.3.1. USPOREDBA AIRBUS ZRAKOPLOVA

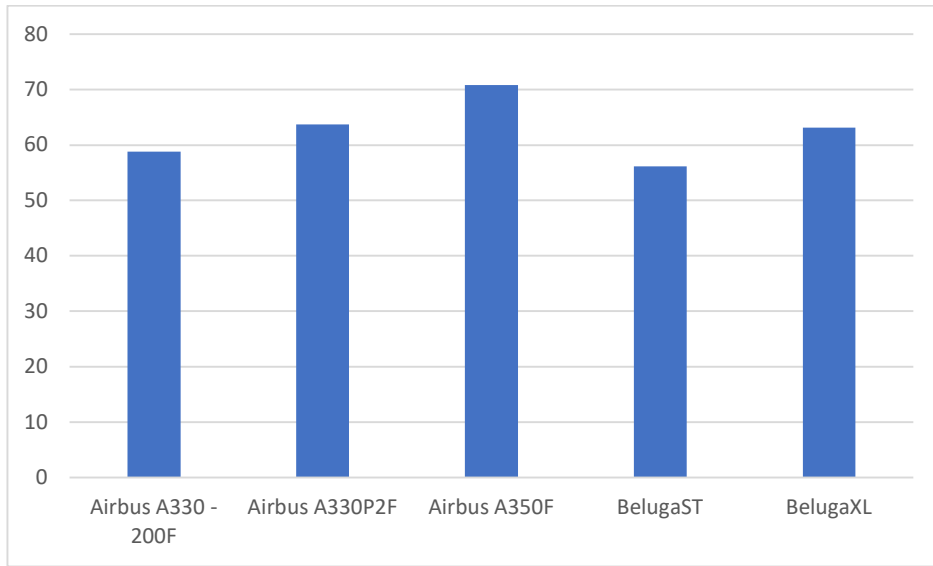
U tablici 12 je prikazana usporedba Airbus Zrakoplova, a zatim su ti podatci prikazani na grafikonima 7 – 11. Usporedbom podataka dolazimo do zaključka da je Airbus A350F najdulji zrakoplov, a BelugaXL ima najveću širinu trupa zrakoplova. Najveći raspon krila ima Airbus

A350F, dok najmanji raspon ima BelugaST. BelugaXL je najviši od Airbusovih modela, a najveću maksimalnu korisnu nosivost ima Airbus A350F, a najmanju nosivost ima BelugaST.

Tablica 12: Usporedba Airbus zrakoplova

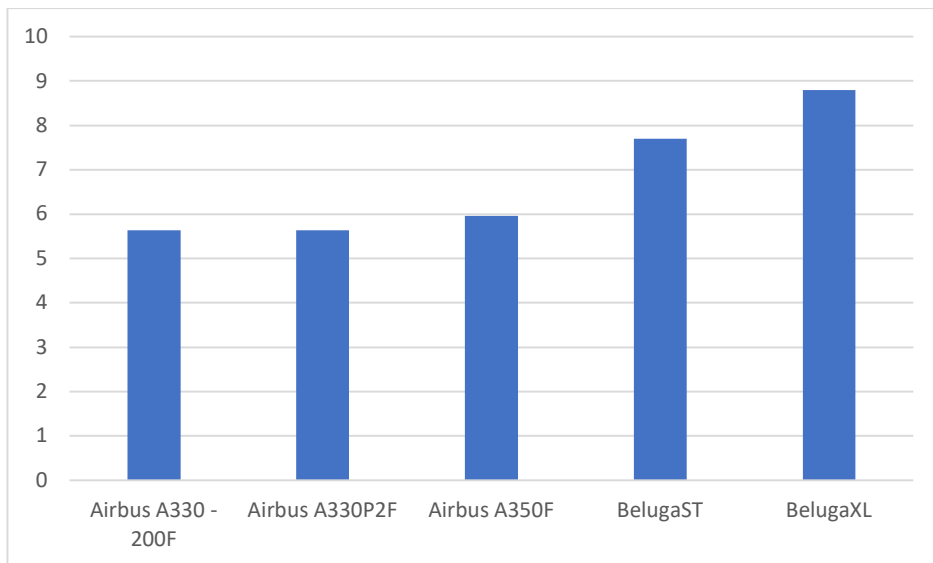
	Airbus A330 - 200F	Airbus A330P2F	Airbus A350F	BelugaST	BelugaXL
Ukupna duljina zrakoplova [m]	58.8	63.66	70.8	56.16	63.1
Širina trupa zrakoplova [m]	5.64	5.64	5.96	7.7	8.8
Raspon krila zrakoplova [m]	60.3	60.3	64.75	44.84	60.3
Visina zrakoplova [m]	16.9	16.76	17.08	17.25	18.9
Maksimalna korisna nosivost [t]	65	62	120	40	51

Izvor: Izradio autor



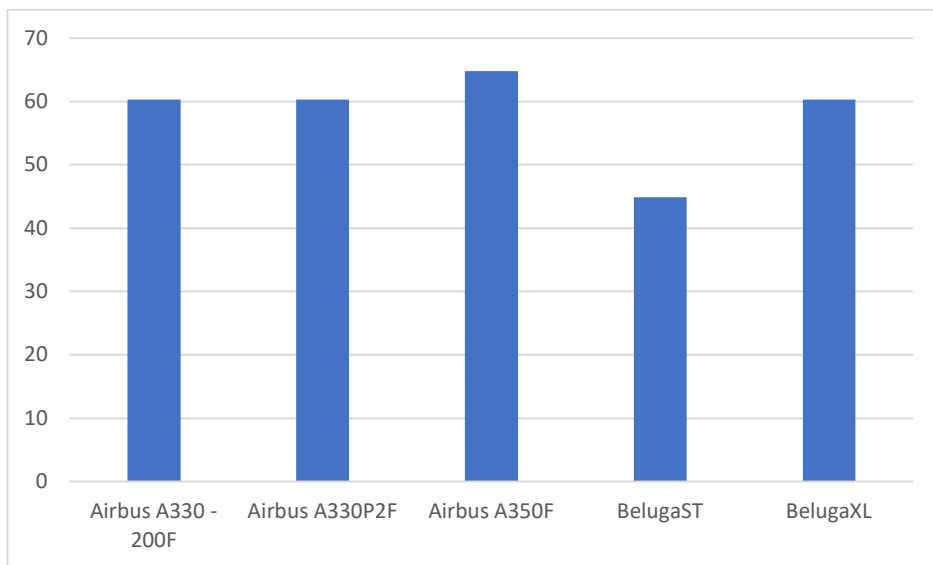
Grafikon 7: Usporedba ukupne duljine Airbus zrakoplova

Izvor: Izradio autor



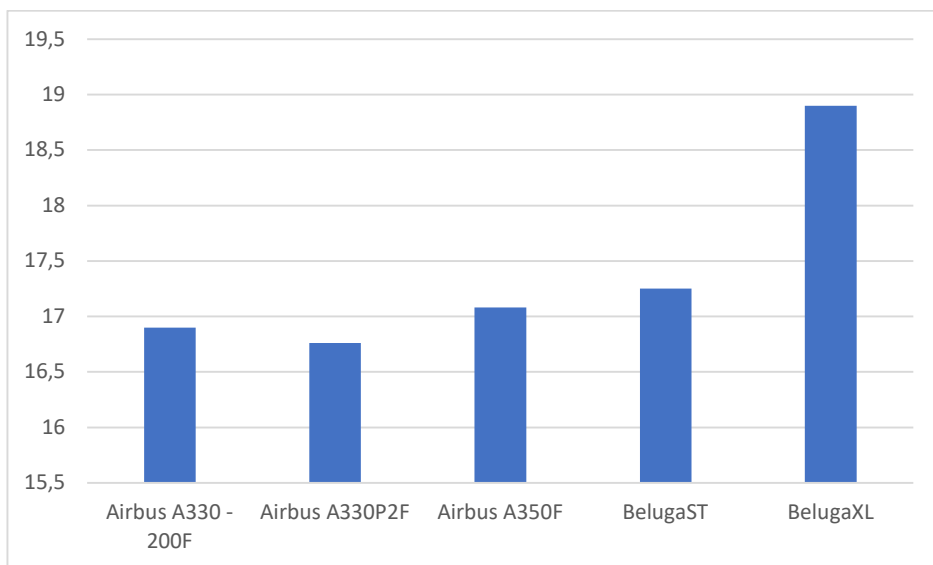
Grafikon 8: Usporedba širine trupa Airbus zrakoplova

Izvor: Izradio autor



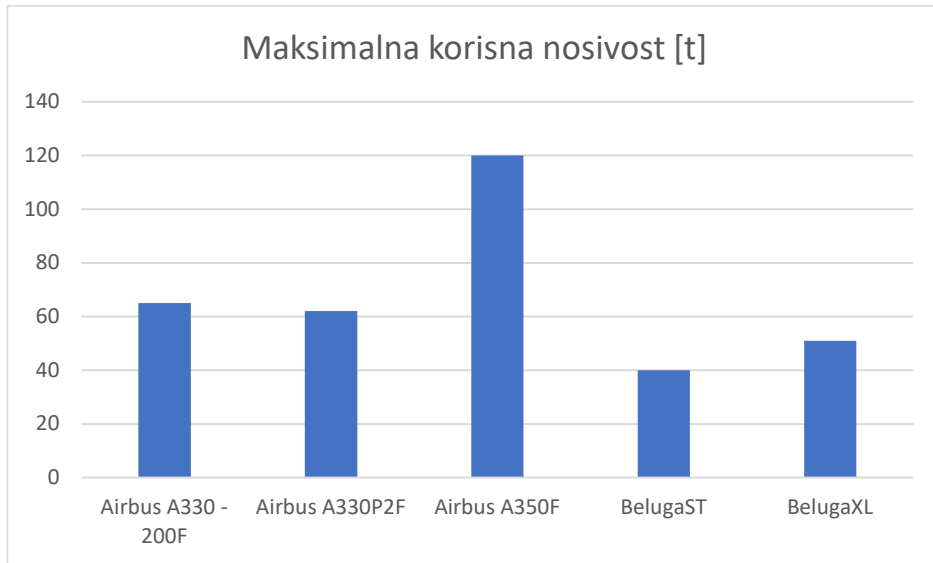
Grafikon 9: Usporedba raspona krila Airbus zrakoplova

Izvor: Izradio autor



Grafikon 10: Usporedba visina Airbus zrakoplova

Izvor: Izradio autor



Grafikon 11: Usporedba maksimalne korisne nosivosti Airbus zrakoplova

Izvor: Izradio autor

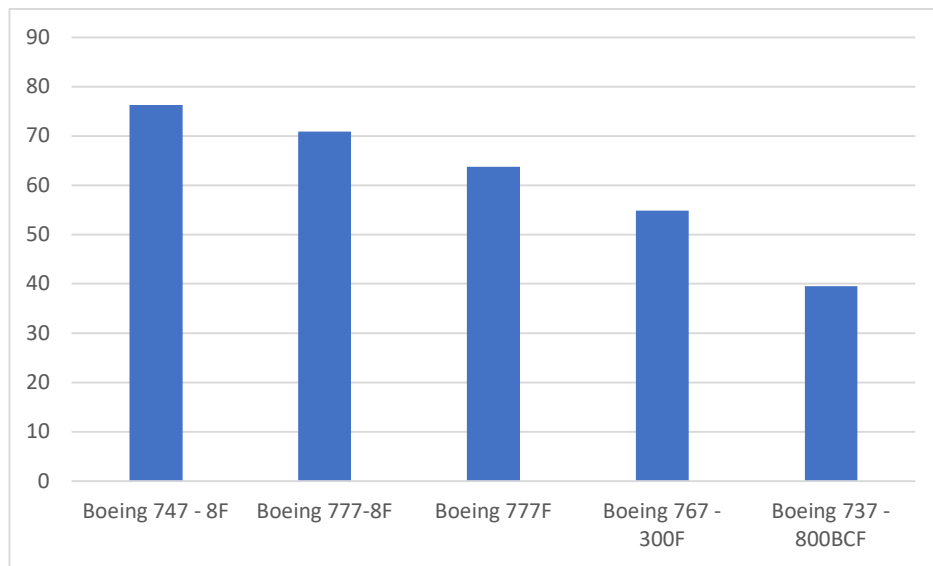
4.3.2. USPOREDBA BOEING ZRAKOPLOVA

U tablici 13 je prikazana usporedba Boeing Zrakoplova, a zatim su ti podatci prikazani na grafikonima 12 - 15. Uspoređujući podatke u tablici 13 može se zaključiti da je najdulji Boeingov model Boeing 747 – 8F, isto tako taj model ima i najveći raspon krila. Najviši Boeingov model je Boeing 777 – 8F, a maksimalnu korisnu nosivost ima Boeing 747 – 8F.

Tablica 13: Usporedba Boeing zrakoplova

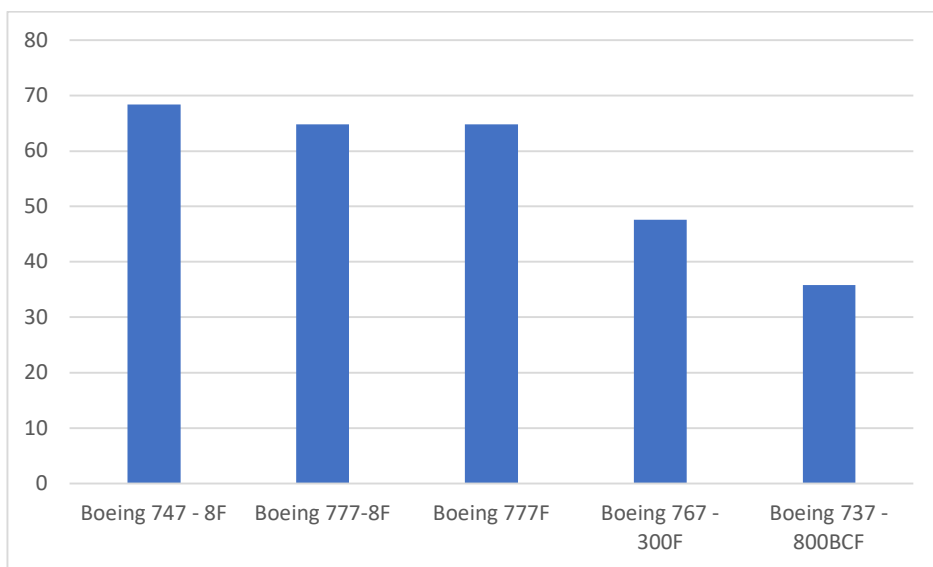
	Boeing 747 - 8F	Boeing 777-8F	Boeing 777F	Boeing 767 - 300F	Boeing 737 - 800BCF
Ukupna duljina zrakoplova [m]	76.3	70.9	63.73	54.9	39.5
Raspon krila zrakoplova [m]	68.4	64.8	64.8	47.6	35.8
Visina zrakoplova [m]	19.4	19.5	18.99	15.9	12.6
Maksimalna korisna nosivost [t]	137.7	118.2	102.8	52.7	23.9

Izvor: Izradio autor



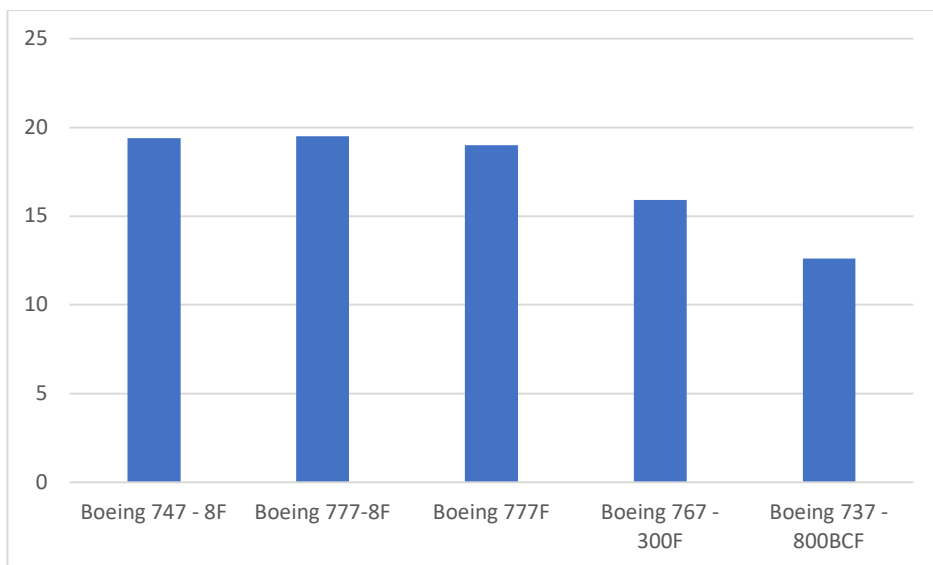
Grafikon 12: Usporedba ukupne duljine Boeing zrakoplova

Izvor: Izradio autor



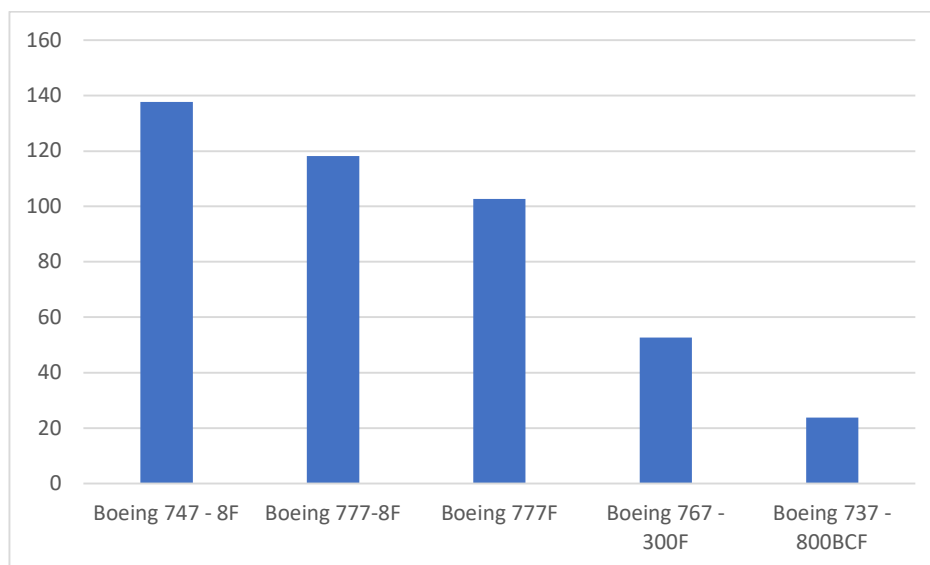
Grafikon 13: Usporedba raspona krila Boeing zrakoplova

Izvor: Izradio autor



Grafikon 14: Usporedba visine Boeing zrakoplova

Izvor: Izradio autor



Grafikon 15: Usporedba maksimalne korisne nosivosti Boeing zrakoplova

Izvor: Izradio autor

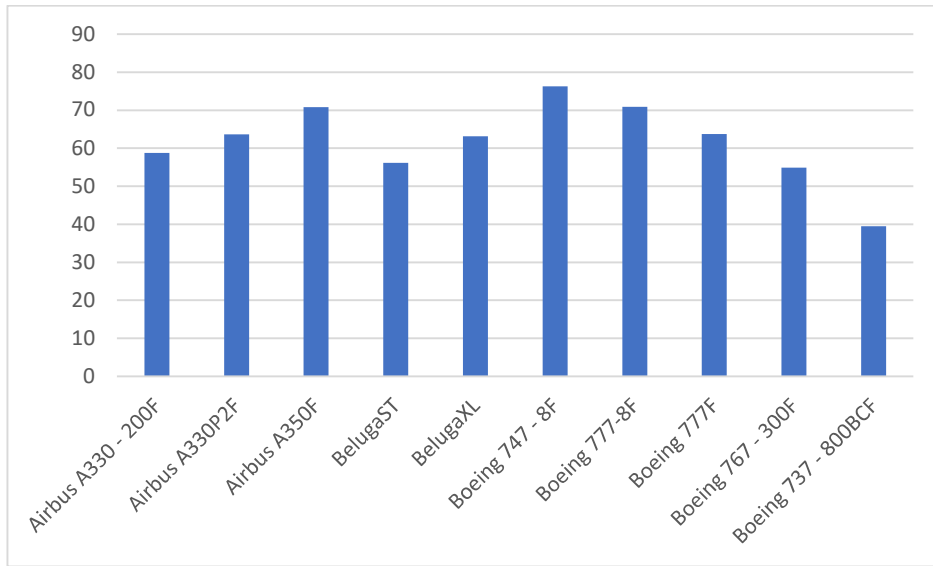
4.3.3. USPOREDBA AIRBUS I BOEING ZRAKOPLOVA

U tablici 14 je prikazana usporedba Airbus i Boeing Zrakoplova, a zatim su ti podatci prikazani na grafikonima 16 - 19. Uspoređujući podatke u tablici 14. zaključuje se da su skoro svi zrakoplovi dugi od oko 55 do 75 metara, iznimka je Boeing 737 – 800BCF. Najdulji zrakoplov je Boeing 747 – 8F. Raspon krila većine aviona je preko 60 metara, osim kod BelugeST, Boeinga 767 – 300F i Boeinga 737 – 800BCF, a najveći raspon ima Boeing 747 – 8F. Svi zrakoplovi su viši od 15 metara, jedina iznimka je Boeing 737 – 800BCF, a najviši zrakoplov je Boeing 777 – 8F. Maksimalna korisna nosivost ide Boeingu u korist, gdje tri njegova modela (Boeing 747 – 8F, Boeing 777 – 8F i Boeing 777F) imaju nosivost veću od 100 t, a kod Airbusa jedino Airbus A350F ima veću nosivost od 100 tona. Najmanju nosivost ima Boeing 737 – 800BCF, 23.9 tone.

Tablica 14: Usporedba Airbus i Boeing zrakoplova

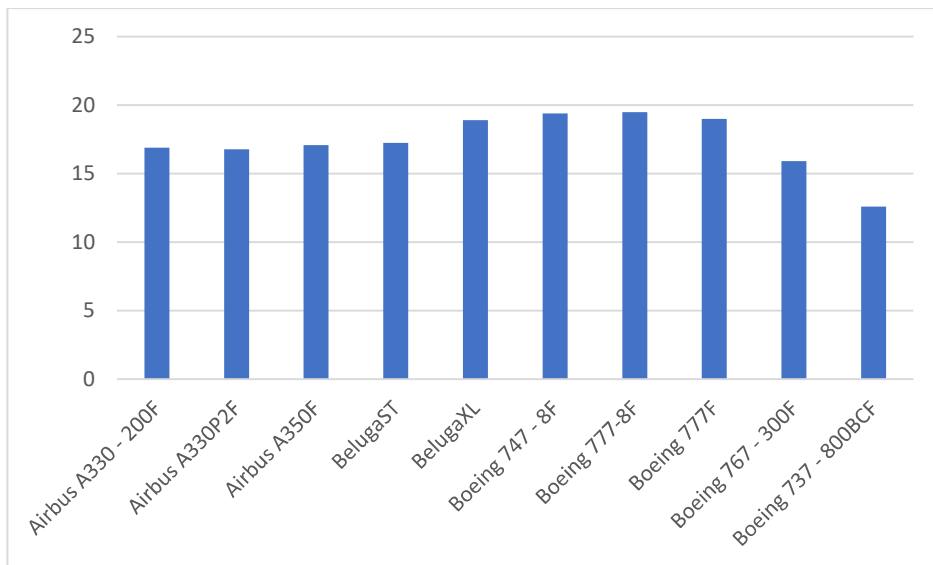
	Ukupna duljina zrakoplova [m]	Raspon krila zrakoplova [m]	Visina zrakoplova [m]	Maksimalna korisna nosivost [t]
Airbus A330 - 200F	58.8	60.3	16.9	65
Airbus A330P2F	63.66	60.3	16.76	62
Airbus A350F	70.8	64.75	17.08	120
BelugaST	56.16	44.84	17.25	40
BelugaXL	63.1	60.3	18.9	51
Boeing 747 - 8F	76.3	68.4	19.4	137.7
Boeing 777-8F	70.9	64.8	19.5	118.2
Boeing 777F	63.73	64.8	18.99	102.8
Boeing 767 - 300F	54.9	47.6	15.9	52.7
Boeing 737 - 800BCF	39.5	35.8	12.6	23.9

Izvor: Izradio autor



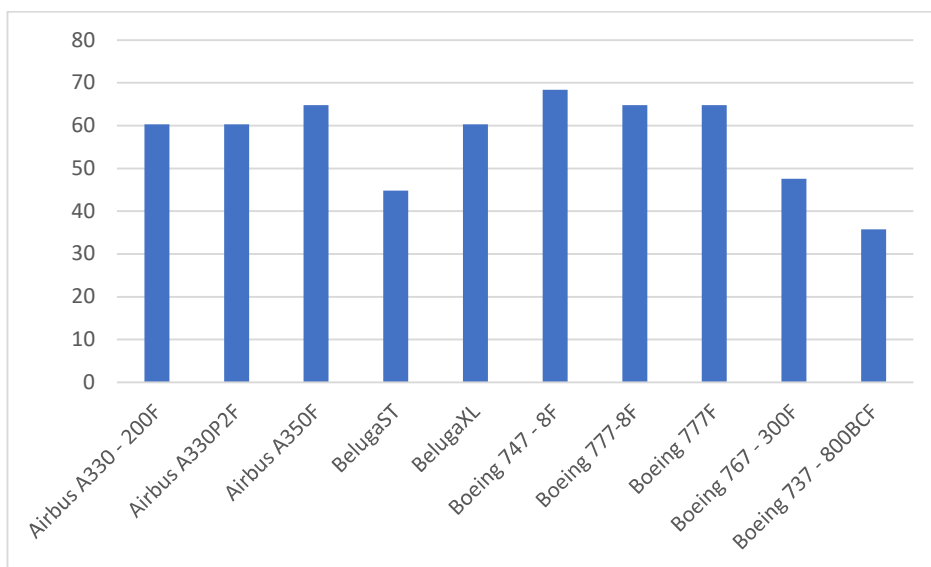
Grafikon 16: Usporedba ukupne duljine Airbus i Boeing zrakoplova

Izvor: Izradio autor



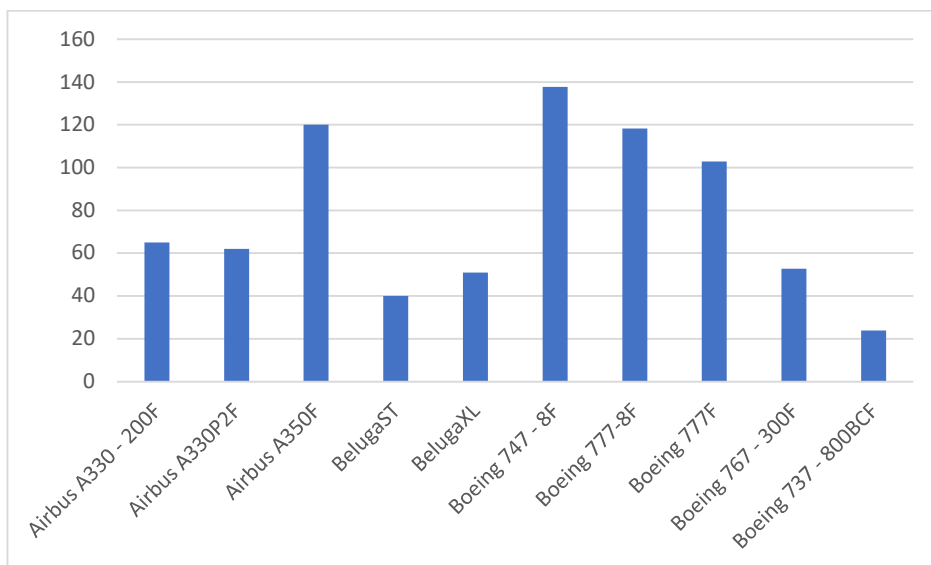
Grafikon 17: Usporedba visine Airbus i Boeing zrakoplova

Izvor: Izradio autor



Grafikon 18: Usporedba raspona krila Airbus i Boeing zrakoplova

Izvor: Izradio autor



Grafikon 19: Usporedba maksimalne korisne nosivosti Airbus i Boeing zrakoplova

Izvor: Izradio autor

5. ZAKLJUČAK

Danas se sve više potražitelja transportne usluge odlučuje za transport tereta zračnim putem kao najbrži i najsigurniji oblik transportne usluge. Zračni promet budućnost je transporta tereta što se očituje njegovim naglim rastom zadnjih godina na svjetskom tržištu. Sukladno s time mnoge tvrtke proizvođači zrakoplova primorani su pratiti trend i izbacivati nove modele kako bi bili uz korak s konkurencijom koja je sve jača.

Za transport tereta koristimo razne standardizirane manipulativne jedinice koje znatno pomažu pri lakšoj manipulaciji tereta i za okrupnjavanje istog. U to se ubrajaju ULD, paleta, kontejner i igloo. Naravno uz taj teret mora postojati i određena dokumentacija koja govori o vrsti tereta, načinu zbrinjavanja i slično, te mora biti pravilno ispunjena i pravovremeno dostavljena.

Trenutno najveću konkurenciju zračnom transportu zbog čimbenika cijene transporta predstavlja pomorski promet, te se brodovima ipak i dan danas prevozi velika većina tereta, dok zračni transport ipak nekako prednjači ako pričamo o predmetima velike vrijednosti zbog svoje sigurnosti i brzine ispostave.

Zbog velikih brzina koje zrakoplov može postići, pogodan je za transport vremenski osjetljive robe, s druge strane nije pogodan za standardnu robu a nedostaci mu se očituju u visokim eksternim troškovima, te samoj cijeni transporta kao i negativnom utjecaju na okoliš.

Trenutni cilj proizvođača teretnih zrakoplova je poboljšanje performansi kako bi se eliminirale negativne strane (ekološki prihvatljivije letjelice sa manjom potrošnjom) i poboljšale pozitivne strane (veća brzina i domet, veći kapacitet, lakši prihvat i manipulacija robom) zračnog transporta robe. Poboljšanje transporta može se očitovati kroz razne čimbenike i zanimljivo je kako vodeće tvrtke u tom području odgovaraju na poteze konkurenata.

Analizirajući tehničko eksploatacijske značajke Airbusovih zrakoplova dolazi se do zaključka da je od njihovih zrakoplova najbolji za masovniji transport Airbus A350F. Dok Beluga modeli su više za transport tereta koji ne mogu stati u ukrcajne jedinice.

Analizirajući tehničko eksploatacijske značajke Boeing zrakoplova dolazi se do zaključka da je njihov model 747 – 8F najbolji po pitanju nosivosti, ali isto tako je i najdulji model. Tri

Boeing modela imaju nosivost veću od 100 tona, što ih čini po pitanju transporta pogodne za masovnije slanje tereta, ali zbog malih dimenzija stvara se problem za transport tereta koji ne stane u ukrcajne jedinice.

Uspoređujući tehničko eksploatacijske značajke Airbus i Boeing zrakoplova dolazi se do zaključka da su zrakoplovi po duljini donekle isti, rasponom krila su isto slični iako tu ima nekakvih malo većih razlika gdje jedan Airbusov i 2 Boeing modela odstupaju od nekakvog modula. Zrakoplovi su svi viši od 15 metara iako su veoma različitih visina kada se prođe ta granica od 15 metara, jedina iznimka je Boeing 737 – 800BCF. Maksimalna korisna nosivost ide Boeingu u korist, gdje tri njegova modela imaju nosivost veću od 100 tona, a to su Boeing 747 – 8F, Boeing 777 – 8F i Boeing 777F, dok kod Airbusa jedino Airbus A350F ima veću nosivost od 100 tona. Airbus Beluga modeli dopuštaju veću fleksibilnost za prevoženje velikog tereta koji ne stane u ukrcajne jedinice, zbog svoje visine i širine. Isto tako maksimalnu nosivost koju imaju ti avioni će se smanjivati što je transport dulji jer to više goriva mora biti u avionu, čime se povećava masa aviona, a ona je točno određena koliko maksimalno može biti prilikom uzlijetanja i slijetanja.

LITERATURA

Knjige i radovi:

1. Bichou K. Port operations, planning and logistics. London: Informa Law; 2009. Preuzeto s: <https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.4324/9781315850443/port-operations-planning-logistics-khalid-bichou>, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]
2. Boeing. 777-200/300 Airplane Characteristics for Airport Planning. 2008. Preuzeto s: http://wpage.unina.it/fabrnico/DIDATTICA/PGV/Specifiche_Esercitazioni/B777/Manuale%20777_23.pdf, [Pristupljeno: 16. srpnja 2022.]
3. Bračić M, Pavlin S. Tehnologija prihvata i otpreme zrakoplova. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2017.
4. Caput M. Specifičnost dizajna zrakoplova s mlaznim motorom. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2017. Preuzeto s: <https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A972/datastream/PDF/view>, [Pristupljeno: 10. srpnja 2022.]
5. de Barros A G, Wiransinghe S C. New aircraft characteristics related to airport planning. First ATRG Conference, 25. – 27. lipnja 1997., Vancouver, Kanada. Vancouver: Air Transport Research Group of the WCTR Society. Preuzeto s: https://www.researchgate.net/publication/236325741_New_Aircraft_Characteristics_Related_to_Airport_Planning, [Pristupljeno: 14. srpnja 2022.]
6. Feiss B. Uloga špeditera na tržištu prijevoznih kapaciteta. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2015.
7. Radačid Ž, Škurla Babić R, Suid I. Tehnologija zračnog prometa. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2018.

Web izvori:

1. Aerospace Technology. 737-800 Boeing Converted Freighter (BCF). Preuzeto s: <https://www.aerospace-technology.com/projects/737-800-boeing-converted-freighter-bcf/>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

2. Aerospace Technology. Boeing 767-300F. Preuzeto s: https://www.aerospace-technology.com/projects/boeing767_300f/, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
3. Airbus. A330-200F. Preuzeto s: <https://www.airbus.com/aircraft/freighter/a330-200f.html> A330-200F, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
4. Airbus. A330P2F. preuzeto s: <https://aircraft.airbus.com/en/aircraft/freighters/a330p2f>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
5. Airbus. A350 Freighter. Preuzeto s: <https://aircraft.airbus.com/en/aircraft/freighters/a350-freighter>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
6. Airbus. BelugaST. Preuzeto s: <https://aircraft.airbus.com/en/aircraft/freighters/belugast>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
7. Airbus. BelugaXL. Preuzeto s: <https://aircraft.airbus.com/en/aircraft/freighters/belugaxl>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
8. Airbus. Commercial Aircraft. Preuzeto s: <https://www.airbus.com/aircraft.html>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
9. AirCharter. Boeing 777F. Preuzeto s: <https://www.aircharter.com/boeing-777f/>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
10. Boeing. 747-8 Freighter. Preuzeto s: <https://www.boeing.com/commercial/freighters/#/747-8f-highlight/747-8f>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
11. Boeing. 767-300 Freighter. Preuzeto s: <https://www.boeing.com/commercial/freighters/#/767f-highlight>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
12. Boeing. 777 Freigher. Preuzeto s: <https://www.boeing.com/commercial/freighters/#/777f-highlight/characteristics/777f/>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
13. Boeing. 777-8 Freighter. Preuzeto s: <https://www.boeing.com/commercial/freighters/#/777-8f-highlight/777-8f/cross-sections/>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
14. Boeing. Honoring Our Legacy, Inspiring Our Future. Preuzeto s: <https://www.boeing.com/history/>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
15. Bwylezich. Airbus headquarters in Leiden, the Netherlands. Preuzeto s: https://www.123rf.com/photo_129745577_airbus-headquarters-in-leiden-the-netherlands-

- airbus-is-a-european-multinational-aerospace-corporati.html, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
16. Cargo Aircraft Management. Our Fleet. Preuzeto s: <https://www.cargoleasing.com/fleet/boeing-767-300-freighter>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
 17. Crider A. Airbus commercializes BelugaST fleet. Preuzeto s: <https://cargofacts.com/allposts/aircraft/airbus-commercializes-belugast-fleet/>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
 18. Croatian Aviation. Na kojim visinama lete zrakoplovi?. Preuzeto s: <https://www.croatianaviation.com/post/na-kojim-visinama-lete-zrakoplovi>, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]
 19. Flight Literacy. Aircraft Performance – Range Performance. Preuzeto s: <https://www.flightliteracy.com/aircraft-performance-range-performance/>, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]
 20. Horst F. 2800+ new freighters to be added in the next 20 years, forecast finds. Preuzeto s: <https://cargofacts.com/allposts/business/strategy/2800-new-freighters-to-be-added-in-the-next-20-years-forecast-finds/>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
 21. Hrvatska enciklopedija. Preuzeto s: <https://www.enciklopedija.hr/>, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]
 22. Kalic F. iniSimulations Shares A300 BelugaST Trailer. Preuzeto s: <https://www.thresholdx.net/news/inibet>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
 23. Law Insider. Overall length definition. Preuzeto s: <https://www.lawinsider.com/dictionary/overall-length> [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]
 24. Leeham News and Analysis. The new Boeing freighter, 777-8F, versus Airbus' A350F, Part 2. Preuzeto s: <https://leehamnews.com/2022/02/10/the-new-boeing-freighter-777-8f-versus-airbus-a350f-part-2/>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
 25. Lufthansa. Boeing 747-8. Preuzeto s: <https://www.lufthansa.com/gb/en/74h>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
 26. Modern Airlines. Boeing 777 Specs, what makes this giant twin work?. Preuzeto s: <https://modernairliners.com/boeing-777/boeing-777-specs/>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

27. Nasr B. Three Types of Aircraft Elevation: Height, Altitude and Flight Level. Preuzeto s: <https://www.aerotime.aero/articles/22910-three-types-of-aircraft-elevation>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
28. Petchenik I. Thar it flies! — the Airbus BelugaXL Makes First Flight. Preuzeto s: <https://www.flightradar24.com/blog/thar-it-flies-the-airbus-belugaxl-makes-first-flight/>, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]
29. Pilot teacher. How Much Do Airplanes Weigh? (With 20 Examples). Preuzeto s: <https://pilotteacher.com/how-much-do-airplanes-weigh-with-20-examples/>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
30. Sawlani S. It's Coming: The Airbus A350 Freighter. Preuzeto s: <https://travelradar.aero/its-coming-the-airbus-a350-freighter/>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
31. The free dictionary. Aircraft dimensions. Preuzeto s: <https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/aircraft+dimensions>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
32. Turkish airlines. Preuzeto s: <https://investor.turkishairlines.com/documents/Thy/img/2018-filo/A321.png>, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]
33. Van Wagenen J. Boeing Begins 737-800 Converted Freighter Program. Preuzeto s: <https://www.aviationtoday.com/2016/02/25/boeing-begins-737-800-converted-freighter-program/>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
34. VikingAir. Technical Description. Preuzeto s: <https://www.vikingair.com/twin-otter-series-400/technical-description>, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]
35. Wang D. Too Fat to Fly: Why There's No Cargo Version of the Airbus A380. Preuzeto s: <https://www.flexport.com/blog/airbus-a380-no-cargo-equivalent/>, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]
36. Wikipedia. Boeing. Preuzeto s: <https://en.wikipedia.org/wiki/Boeing>, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
37. Wikipedia. Krilo zrakoplova. Preuzeto s: https://hr.wikipedia.org/wiki/Krilo_zrakoplova, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
38. Wikipedia. Podvozje zrakoplova. Preuzeto s: https://hr.wikipedia.org/wiki/Podvozje_zrakoplova, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]

39. Wikipedia. Repne površine zrakoplova. Preuzeto s: https://hr.wikipedia.org/wiki/Repne_površine_zrakoplova, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
40. Wikipedia. Trup zrakoplova. Preuzeto s: https://hr.wikipedia.org/wiki/Trup_zrakoplova, [Pristupljeno: 20. srpnja 2022.]
41. Zurichjettransfer. Cargo aircraft. <https://www.zurichjettransfer.com/cargo-aircraft>, [Pristupljeno: 12. srpnja 2022.]

POPIS TABLICA

Tablica 1: Usporedba težina modela zrakoplova	36
Tablica 2: Osnovne dimenzije zrakoplova Airbus A330-200F	43
Tablica 3: Dimenzije zrakoplova Airbus A330P2F	46
Tablica 4: Tehničke karakteristike zrakoplova Airbus A350F	49
Tablica 5: Dimenzije zrakoplova BelugaST	52
Tablica 6: Karakteristike BelugaXL-a	55
Tablica 7: Karakteristike zrakoplova Boeing 747-8F	60
Tablica 8: Osnovne karakteristike Boeing-a 777-8F	64
Tablica 9: Karakteristike zrakoplova Boeing 777F	66
Tablica 10: Karakteristike zrakoplova Boeing 767-300F	69
Tablica 11: Tehničke karakteristike zrakoplova Boeing 737-800BCF	72
Tablica 12: Usporedba Airbus zrakoplova	73
Tablica 13: Usporedba Boeing zrakoplova	77
Tablica 14: Usporedba Airbus i Boeing zrakoplova	80

POPIS SLIKA

Slika 1: Ukrcaj robe na teretni zrakoplov	5
Slika 2: Sile koje djeluju na zrakoplov	7
Slika 3: Trup zrakoplova.....	8
Slika 4: Krilo zrakoplova	9
Slika 5: Repna površina zrakoplova	10
Slika 6: Podvozje zrakoplova.....	11
Slika 7: Shema mlaznog motora	12
Slika 8: Airbus A380	17
Slika 9: Zrakoplovni kontejner	19
Slika 10: Prikaz konstrukcije zrakoplovne palete	20
Slika 11: Paleta sa produžetcima	21
Slika 12: Strukturirani zrakoplovni igloo	22
Slika 13: Nestrukturirani igloo.....	22
Slika 14: Zrakoplovni intermodalni kontejner.....	23
Slika 15: Ukupna duljina aviona.....	26
Slika 16: Presjek trupa aviona.....	27
Slika 17: Raspon krila letjelice	29
Slika 18: Visina leta zrakoplova	31
Slika 19: Specifična izdržljivost	33
Slika 20: Domet zrakoplova.....	34
Slika 21: Airbusovo sjedište u Leidenu	41
Slika 22: Airbus A330-200F	42
Slika 23: Airbus A330P2F	45
Slika 24: A350F u vlasništvu kurirske službe FedEx	48
Slika 25: Airbus BelugaST	50
Slika 26: Puluautomatski sustav utovara BelugaST na glavnoj palubi.....	51
Slika 27: Airbus BelugaXL.....	53
Slika 28: Glavno sjedište tvrtke Boeing u Chicagu	58

Slika 29: Boeing 747-8F	59
Slika 30: Vrata na nosu zrakoplova Boeing 747-8F	60
Slika 32: Boeing 777-8F	62
Slika 33: Raspodjela tovarnog prostora Boeing-a 777-8F	63
Slika 34: Poprečni presjek tovarnog prostora Boeing-a 777-8F	63
Slika 35: Boeing 777 Freighter	65
Slika 36: Boeing 767-300 Freighter.....	67
Slika 37: Boeing 737-800BCF	70

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1: Masa praznog zrakoplova.....	37
Grafikon 2: Maksimalna masa spremnika goriva	37
Grafikon 3: Maksimalna masa tereta koji se prevozi.....	38
Grafikon 4. Maksimalna dopuštena bruto masa	38
Grafikon 5: Usporedba BelugaXL-BelugaST.....	56
Grafikon 6: Usporedba Airbus A330-200F - Boeing 747-8F	61
Grafikon 7: Usporedba ukupne duljine Airbus zrakoplova	74
Grafikon 8: Usporedba širine trupa Airbus zrakoplova.....	74
Grafikon 9: Usporedba raspona krila Airbus zrakoplova	75
Grafikon 10: Usporedba visina Airbus zrakoplova	75
Grafikon 11: Usporedba maksimalne korisne nosivosti Airbus zrakoplova	76
Grafikon 12: Usporedba ukupne duljine Boeing zrakoplova	77
Grafikon 13: Usporedba raspona krila Boeing zrakoplova.....	78
Grafikon 14: Usporedba visine Boeing zrakoplova.....	78
Grafikon 15: Usporedba maksimalne korisne nosivosti Boeing zrakoplova.....	79
Grafikon 16: Usporedba ukupne duljine Airbus i Boeing zrakoplova	81
Grafikon 17: Usporedba visine Airbus i Boeing zrakoplova.....	81
Grafikon 18: Usporedba raspona krila Airbus i Boeing zrakoplova.....	82
Grafikon 19: Usporedba maksimalne korisne nosivosti Airbus i Boeing zrakoplova.....	82

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je ZAVRŠNI RAD
(vrsta rada)

isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da 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/diplomskog rada pod naslovom TEHNIČKO EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR. AVIONA U TERETNOJ ZRAČNOJ PROMETU

Student/ica:

U Zagrebu, 24.2.2023.

DENI IŠERIĆ
(ime i prezime, potpis)