Proračun potrošnje goriva za mlazni zrakoplov srednjeg doleta

Lubura, Marko

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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:119:210134

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Marko Lubura

PRORAČUN POTROŠNJE GORIVA ZA MLAZNI ZRAKOPLOV SREDNJEG DOLETA

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 20. travnja 2016.

Zavod: **Zavod za aeronautiku**
Predmet: **Planiranje letenja i performanse II**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 3685

Pristupnik: **Marko Lubura (0135232940)**
Studij: Aeronautika
Smjer: Pilot
Usmjerenje: Civilni pilot

Zadatak: **Proračun potrošnje goriva za MRJT zrakoplov**

Opis zadatka:

Opisati osnovni princip planiranja goriva potrebnog za let. Definirati karakteristike i performanse MRJT zrakoplova. Definirati navigacijsku rutu i proračunati navigacijske elemente prema etapama leta. Odrediti utjecaj vjetra na let zrakoplova prema etapama i visini leta prema meteorološkim podacima. Proračun potrebnog goriva na temelju navigacijskih elemenata i performansi. Detektirati elemente koji značajno mijenjaju količinu goriva. Zaključna razmatranja.

Zadatak uručen pristupniku: 14. ožujka 2016.

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Doris Novak

Predsjednik povjerenstva za završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

PRORAČUN POTROŠNJE GORIVA ZA MLAZNI ZRAKOPLOV SREDNJEG DOLETA

FUEL CALCULATION FOR THE MRJT AIRCRAFT

Mentor: izv. prof. dr. sc. Doris Novak

Student: Marko Lubura, 0135232940

Zagreb, kolovoz, 2016.

SAŽETAK

U završnom radu definiran je i objašnjen utjecaj mase na performanse zrakoplova, pojam politike planiranja goriva te su objašnjene vrste goriva koje se planiraju u prijeletnom izračunu. Definirani su uvjeti koje ruta i alternativni aerodrom trebaju zadovoljavati, te je odabrana ruta, alternativni aerodrom i visina leta. Prikazane su metode proračuna potrošnje goriva, određivanje pozicije točke jednakog vremena i točke sigurnog povratka za odabranu rutu za generički mlazni zrakoplov srednjeg doleta. Definirana je nadopuna goriva i indeks troškova.

Ključne riječi: potrošnja goriva; točka jednakog vremena; točka sigurnog povratka; indeks troškova; operativni plan leta;

SUMMARY

In this thesis, it's defined and explained the influence of the mass on the aircraft's performance, the definition of the fuel policy and fuel types within the preflight calculations are explained. Defined are the conditions which the route and the alternative aerodromes have to fulfil and the route, alternative airport and the flight level have been chosen. Shown are the methods of the fuel consumption calculations, the point of equal time and point of safe return for the selected route for medium range jet transport (MRJT) aircraft. The fuel tankering and cost index are defined.

Keywords: fuel consumption; point of equal time; point of safe return; cost index; operational flight plan;

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. OPIS I KARAKTERISTIKE ZRAKOPLOVA 3
2.1. Opis zrakoplova 3
2.2. Karakteristike zrakoplova 5
3. UTJECAJ MASE ZRAKOPLOVA NA PLANIRANJE LETENJA 6
4. POLITIKA PLANIRANJA GORIVA U KOMERCIJALNIM OPERACIJAMA ZRAKOPLOVA 9
4.1. Prijeletni izračun goriva 9
4.2. Provjera količine goriva u letu 13
4.3. Upravljanje gorivom u letu 14
5. PRIPREMA LETA 15
5.1. Odabir Rute 15
5.2. Odabir alternativnih aerodroma 18
5.3. Meteorološka priprema i vrste meteoroloških informacija 19
5.4. Izbor visine leta 21
5.5. Izračun ukupne potrošnje goriva 24
5.6. Točka jednakog vremena 29
5.7. Točka sigurnog povratka 31
5.8. Nadopuna goriva 33
5.9. Interpretacija proračuna potrošnje goriva prikazanom u operativnom planu leta zrakoplovne kompanije Croatia Airlines 35
6. INDEKS TROŠKOVA 36
7. ZAKLJUČAK 38
LITERATURA 41
POPIS SLIKA 42
POPIS KRATICA 43
Prilog 1: Karta vjetra i temperature na visini FL300 44
Prilog 2: Karta vjetra i temperature na visini FL280 45
Prilog 3: Karta vjetra i temperature na visini FL260 46
Prilog 4: Karte značajnog vremena (SWC) 47
Prilog 5: METAR i TAF izvještaji 49
Prilog 6: Operativni plan leta za rutu DUBROVNIK-ZAGREB (FL280) 50

1. UVOD

Planiranje leta i proračun potrošnje goriva od iznimne je važnosti za obavljanje leta zrakoplovom. Proračun potrošnje goriva treba biti što precizniji zbog ekonomskih i sigurnosnih razloga. Zbog ekonomskih razloga je bitno da zrakoplov ne prevozi količinu goriva veću nego što je potrebno i propisano jer veća masa zrakoplova povećava potrošnju goriva, a samim time i trošak operatora. S druge strane zbog sigurnosnih razloga bilo bi bolje prevoziti što veću količinu goriva u slučaju otkaza nekih komponenti zrakoplova, velikog odstupanja od rute, loših meteoroloških uvjeta na ruti ili dolaznom aerodromu i slično. Sigurnost i ekonomija se suprotstavljaju jedna drugoj i uloga zrakoplovnih vlasti je da uspostavi ravnotežu između dva glavna čimbenika komercijalnog zrakoplovstva.

U izradi rada za prikaz rute i proračun potrošnje leta korišteni su podaci iz CAP697 za generički mlazni zrakoplov srednjeg doleta (engl. *Medium Range Jet Transport* (MRJT))

U drugom poglavlju ukratko je opisan i navedene su karakteristike zrakoplova srednjeg doleta Airbus A-320 koji se koristi za interpretaciju operativnog plana preuzetog od Croatia Airlines.

U trećem poglavlju objašnjen je utjecaj mase na planiranje letanja i na performanse pri polijetanju. Definirane su maksimalne mase zrakoplova pri izvođenju različitih operacija.

U četvrtom poglavlju pojašnjava se uspostavljanje politike planiranja goriva u komercijalnim operacijama zrakoplova, te vrste goriva odnosno količine goriva koje se proračunavaju prije leta. Definiraju se procedure leta prema izoliranom aerodromu i točka odluke na ruti. U nastavku poglavlja pojašnjava se važnost provjere goriva u letu, te upravljanjem goriva u slučaju odstupanja stvarne količine goriva od planirane.

U petom i najvećem poglavlju definiraju se zahtjevi za pripremom leta od strane pravilnika zakona o zračnom prometu. Vrši se odabir rute s obzirom na uvjete i ograničenja zračnog prostora i pokrivenost navigacijskim i radiotelekomunikacijskim

signalom. Prikazuje se primjer odabrane rute Dubrovnik-Zagreb, odabir alternacije za navedenu rutu, meteorološka priprema i vrste meteoroloških informacija i izvještaja, izbor visine i odabir optimalne visine s obzirom na potrošnju goriva. U nastavku poglavlja vrši se izračun ukupne potrošnje goriva za odabrani let za generički mlazni zrakoplov srednjeg doleta i pojam i važnost nadopune goriva na odlaznom aerodromu. Na samom kraju poglavlja definira se točka jednakog vremena i točka sigurnog povratka.

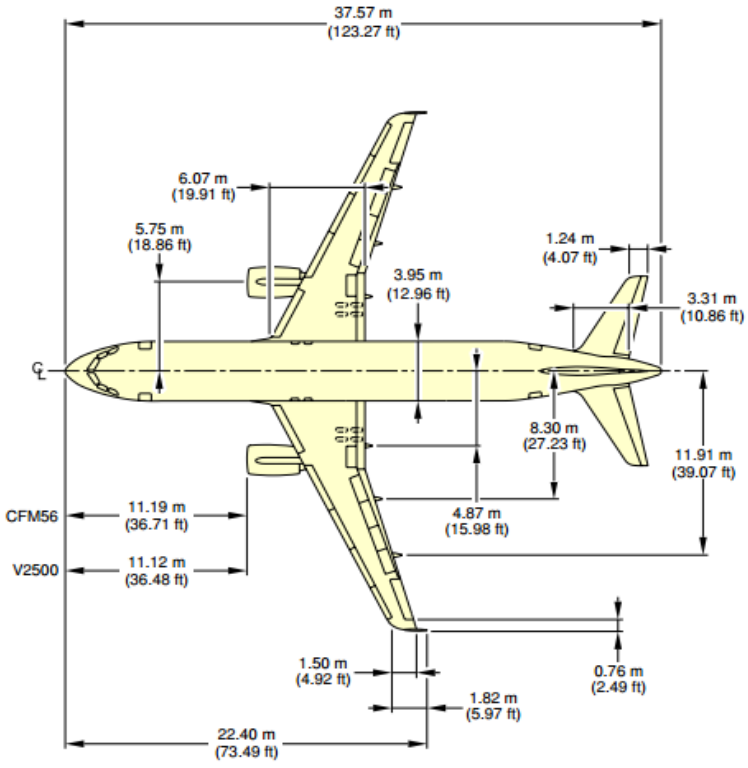
U šestom poglavlju definira se Indeks troškova i važnost njegove vrijednosti za minimiziranje troškova zrakoplovnih kompanija.

2. OPIS I KARAKTERISTIKE ZRAKOPLOVA

2.1. Opis zrakoplova

Airbus A-320 moderni je uskotrupni putnički zrakoplov srednjeg doleta i ujedno jedan od najprodavanijih mlaznih linijskih putničkih aviona svih vremena. Podatak o popularnosti Airbusa A320 govori činjenica da svako 2.5 sekunde negdje na svijetu sleti ili poleti jedan zrakoplov tog tipa.

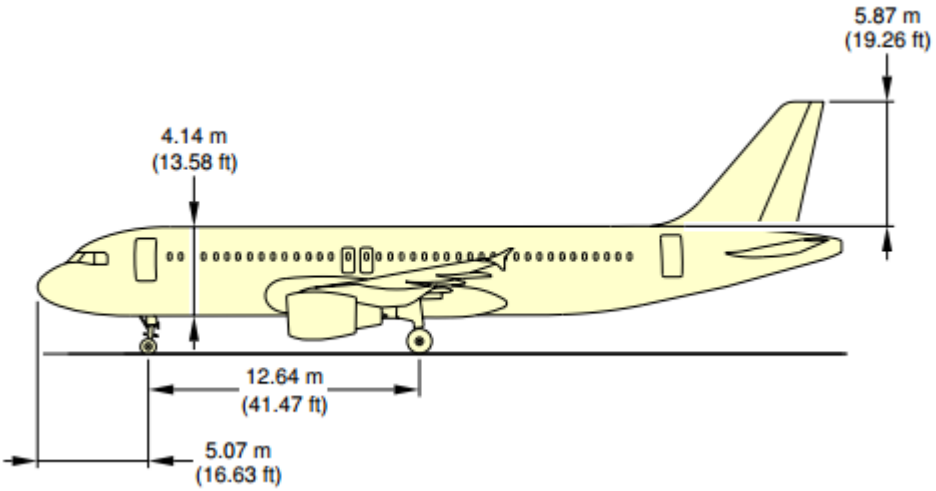
A320 dvomotorni je zrakoplov pogonjen IAE V2500 ili CFM56 serijom motora koji pojedinačno razvijaju od 110.3 kN do 120.1 kN potiska i omogućuju let do visine od 39800 ft. Spremnici za gorivo ukupnog kapaciteta od 23860 litara omogućuju dolet zrakoplova od 5700km. Dužina zrakoplova je 37.57 m (Slika 1.), visina trupa 4.14m (Slika 2.) ,raspon krila je 34.10 m (Slika 3.), a vanjska širina glavnog podvozja je 8.95 m što svrstava zrakoplov pod kategoriju kodnog slova C.[1]



Slika 1. Dimenzije zrakoplova Airbus A320 prikazane iz tlocrtne projekcije

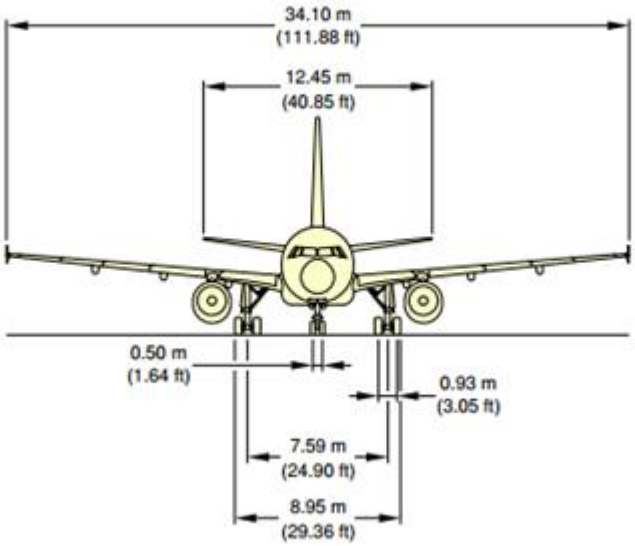
Izvor:http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/tech_data/AC/Airbus-AC_A320_01_May_2015.pdf

[1] URL: http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/tech_data/AC/Airbus-AC_A320_01_May_2015.pdf (pristupljeno: srpanj, 2016.)



Slika 2. Dimenzije zrakoplova Airbus A320 prikazane iz bokocrtne projekcije

Izvor:http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/tech_data/AC/Airbus-AC_A320_01_May_2015.pdf



Slika 3. Dimenzije zrakoplova Airbus A320 prikazane iz nacrtne projekcije

Izvor:http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/tech_data/AC/Airbus-AC_A320_01_May_2015.pdf

Upravljanje komandnim površinama provodi se sustavom *fly by wire*. Airbus A320 prvi je podzvučni komercijalni avion u kojem je implementirana *fly by wire* tehnologija. *Fly by wire* je sustav koji zamjenjuje konvencionalne načine ručnog upravljanja

komandnim površinama. Pokreti upravljačke palice pretvaraju se u električne signale koje odašilju žice do upravljačkog računala koji raspoređuje signale do određenih mehanizama koji pomiču komandne površine kako bi zrakoplov pravovremeno i točno odgovorio na komande pilota.[2]

2.2. Karakteristike zrakoplova

Sve sljedeće karakteristike se odnose na zrakoplov Airbus A320-200 WV008. Broj sjedala se može protezati od 150 do 180 ovisno o konfiguraciji sjedala i zahtjevima operatora tog zrakoplova.

Maksimalne mase zrakoplova:

- Maksimalna masa na stajanci (Maximum Ramp Mass (MRM)) = 73 900 kg
- Maksimalna masa na polijetanju (Maximum Take-Off Mass(MTOM)) = 73 500 kg
- Maksimalna masa na slijetanju (Maximum Landing Mass(MLM)) = 64 500 kg
- Maksimalna masa bez goriva (Maximum Zero Fuel Mass(MZFM)) = 61 000 kg

- Maksimalna demonstrirana brzina bočne komponente vjetra za slijetanje i polijetanje (uključujući udare vjetra) - 38 kts
- Maksimalna leđna komponenta pri polijetanju - 15 kts
- Maksimalna leđna komponenta pri slijetanju – 10 kts
- Praktični plafon leta(maksimalni certificirani level leta) – FL398
- Maksimalna operativna brzina(V_{mo}) – 350 kts/0.82 Mach
- Maksimalna brzina sa izvučenim stajnim trapom – 250kts[3]

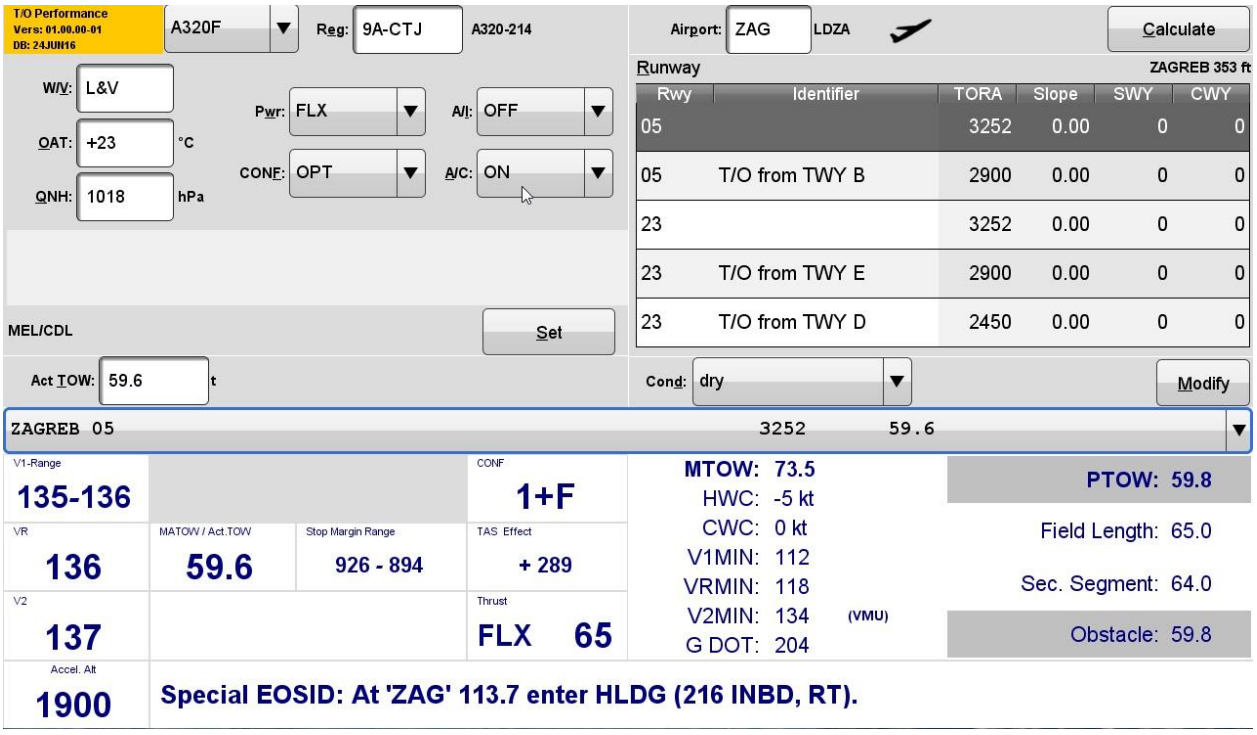
[2] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Fly-by-wire (pristupljeno: srpanj, 2016.)
[3] Aircraft flight manual – Airbus A320

3. UTJECAJ MASE ZRAKOPLOVA NA PLANIRANJE LETENJA

Masa zrakoplova vrlo je važan čimbenik u planiranju letenja. Što je veća masa zrakoplova, potreban je i veći uzgon kako bi zrakoplov zadržao horizontalni let. Ako je potreban veći uzgon, potrebna je i veća brzina što direktno utječe i na povećanje potrošnje goriva samog zrakoplova. Osim što veća masa povećava potrošnju goriva, ona može dovesti do prekoračenja strukturalnih i performansnih limita zrakoplova u odnosu na okolni reljef i aerodrom na kojem se vrše operacije slijetanja i polijetanja.

Svaki zrakoplov ima svoja ograničenja mase koja će biti objašnjena kasnije. Za prekoračenje ograničenja proizvođač ne može garantirati da se neće dogoditi strukturalni lom ili puknuće određenog dijela zrakoplova.

Ograničenja performansi zrakoplova ovise o zrakoplovu i o aerodromu na kojem se vrše operacije. Piloti zrakoplova računaju performanse zrakoplova na temelju stvarnih atmosferskih uvjeta i ovisno o visini prepreka oko aerodroma i stanju i duljini uzletno sletne staze dobiju podatak koliko tereta mogu primiti u zrakoplov. Takve podatke u današnje vrijeme proračunavaju tableti i kompjutori, a primjer takvog jednog proračuna se može pogledati na slici 4.



Slika 4. Proračun performansi zrakoplova na polijetanju

Izvor: LIDO Aplikacija

Na slici 4. se može vidjeti da je 59.8 tona maksimalna masa koju smije imati zrakoplov na polijetanju za ovakve meteorološke uvjete, konfiguraciju aerodroma i razinu potiska. Razina potiska u ovom primjeru namjerno je smanjena na razinu potiska koju bi zrakoplovni motori proizveli pri vanjskoj temperaturi od 65°C. Procedura smanjenog potiska na polijetanju (engl. *Reduced take off thrust / flex temp*) uobičajena je procedura koju koriste aviokompanije, a služi za smanjenje buke i trošenja motora.

Operator zrakoplova treba osigurati da tijekom svake faze operacije, teret odnosno masa zrakoplova zadovoljava uvjete ograničenja određene u Priručniku zrakoplova ili Operacijskom priručniku operatora.[4]

U nastavku poglavlja navedene su vrste masa i ograničenja masa navedena u priručniku zrakoplova.

Masa praznog zrakoplova (engl. *Basic Empty Mass(BEM)*) je masa praznog zrakoplova sa neiskoristivim gorivom, uljem u motoru i ostalim pogonskim jedinicama, vatrogasnom opremom, pirotehničkim sredstvima, kisikom u slučaju opasnosti i dodatnom elektronskom opremom. BEM se razlikuje od zrakoplova do zrakoplova i vaganje se vrši u određenim vremenskim intervalima i pod određenim tehničkim uvjetima.

Suha operativna masa (engl. *Dry Operating Mass (DOM)*) je ukupna masa aviona spremnog za određeni let bez iskoristivog goriva i tereta. Suha operativna masa uključuje mase posade i njihove prtljage, posuđa, kemikalija za wc, vode za piće, hrane i grickalica.

Operativna masa (engl. *Operating mass (OM)*) je suha operativna masa sa gorivom, ali bez tereta.

Prometni teret (engl. *Traffic load*) je ukupna masa putnika, prtljage i *cargo* tereta uključujući i neplaćeni teret.

Masa zrakoplova bez goriva (engl. *Zero Fuel Mass*) se dobije sumom suhe operativne mase i tereta, ali bez goriva.

[4] Mass and Balance, Section 1-1, Flight performance and planning 1, JAA ATPL

Maksimalna masa zrakoplova bez goriva (engl. *Maximum Zero Fuel Mass(MZFM)*) je maksimalna dopuštena masa zrakoplova bez iskoristivog goriva.

Maksimalna masa na stajanci (engl. *Maximum Structural Ramp Mass*) je maksimalna dopuštena masa zrakoplova na stajanci odnosno početku taksiranja.

Masa pri polijetanju (engl. *Take off Mass*) je masa zrakoplova na početku polijetanja.

Ograničenje performansi na masu pri polijetanju (engl. *Performance Limited Take Off Mass*) je maksimalna masa zrakoplova na polijetanju s ozbzirom na kombinaciju performansi pojedinog aviona i konfiguracije aerodroma polijetanja.

Maksimalna masa na polijetanju (engl. *Maximum Structural Take Off Mass (M(S)TOM)*) je maksimalna dozvoljena masa zrakoplova na početku polijetanja.

Ograničenje performansi na masu pri slijetanju (engl. *Performance Limited Landing Mass*) je maksimalna masa zrakoplova na slijetanju s obzirom na kombinaciju performansi pojedinog aviona i konfiguracije aerodroma polijetanja.

Maksimalna masa na slijetanju (engl. *Maximum Structural Landing Mass (M(S)LM)*) je maksimalna dozvoljena masa zrakoplova na slijetanju pod normalnim okolnostima.[5] U slučaju da je očekivana masa zrakoplova na slijetanju veća od dozvoljene, slijetanje je zabranjeno i provode se postupci izbacivanja ili trošenja goriva kako bi se masa smanjila na dozvoljeno ograničenje za slijetanje. Takvi slučajevi nerijetko se događaju u slučaju izvanredne situacije nakon polijetanja, pa se zrakoplovi moraju vratiti na odlazni aerodrom.

Ograničenje performansi na masu pri polijetanju/slijetanju je jednako ili manje od maksimalne mase na polijetanju/slijetanju ovisno o gustoći zraka na aerodromu polijetanja/slijetanja, konfiguraciji istog tog aerodroma i stanju uzletno sletne staze. U slučaju smanjene gustoće zraka, kratke i mokre uzletno sletne staze, te visokih prepreka oko aerodroma dopuštena masa za polijetanje/slijetanje zasigurno bi bila manja od maksimalne dozvoljene.

[5] Oxford Aviation Jeppesen-Flight Planning 2-2 2004.

4. POLITIKA PLANIRANJA GORIVA U KOMERCIJALNIM OPERACIJAMA ZRAKOPLOVA

Svaki operator zrakoplova mora uspostaviti svoju politiku planiranja goriva u svrhu planiranja leta i promjene plana leta u tijeku operacije u zraku. Politika planiranja goriva trebala bi biti uspostavljena tako da osigura dovoljnu količinu goriva za planiranu operaciju i za rezervu u slučaju odstupanja od planirane rute zbog nepredviđenih okolnosti. Odstupanje od planirane rute se može dogoditi u slučaju iznenadnih nepovoljnih meteoroloških prilika, nenajavljenih zabrana prolaska određenim zračnim prostorom, zbog uputa kontrole zračnog prometa i zbog drugih mogućih izvanrednih situacija. Operator treba osigurati da se planiranje leta bazira na procedurama i podacima koje su zapisane ili izvedene iz operacijskog priručnika i na realističnoj potrošnji goriva, predviđenim masama, prognoziranim meteorološkim uvjetima, procedurama i zabranama kontrole zračnog prometa.

4.1. Prijeletni izračun goriva

Operator se mora pobrinuti da izračun iskoristivog goriva uključuje:

1. Gorivo za taksiranje (Taxi fuel)
2. Putno gorivo (Trip fuel)
3. Rezervno gorivo (Reserve fuel) koje se sastoji od:
    1. Nepredviđenog putnog goriva (Contigency fuel)
    2. Alternacijskog goriva (Alternate fuel)
    3. Konačnog rezervnog goriva (Final reserve fuel)
    4. Dodatnog goriva (Additional fuel)
    5. Krajnjeg dodatnog goriva (Extra fuel)

Gorivo za taksiranje (Taxi fuel) je količina goriva koja ne bi smjela bit manja od očekivane količine koja će se potrošiti u taksiranju do polijetanja. U izračun teba uzeti i vrijeme čekanja na odlaznom aerodromu i potrošnju goriva pomoćnih pogonskih jedinica.

Putno gorivo uključuje:

1. Gorivo koje je potrebno za polijetanje i penjanje od nadmorske visine aerodroma do početka krstarenja uzimajući u izračun očekivanu rutu odlaska.
2. Gorivo u krstarenju odnosno od kraja penjanja do početka spuštanja zbog prilaza, uključujući penjanje i spuštanje tokom krstarenja zbog izbjegavanja drugog prometa ili zbog nekih drugih razloga.
3. Gorivo od početka spuštanja do točke gdje započinje prilaz uzimajući u izračun očekivanu rutu dolaska.
4. Gorivo za prilaz i slijetanje na aerodrom dolaska.

Nepredviđeno putno gorivo se uzima jer se ne mogu predvidjeti svi faktori koji mogu utjecati na potrošnju goriva. Neki od faktora su devijacija pojedinog zrakoplova od očekivane potrošnje goriva zapisane u priručniku, devijacija od prognoziranih meteoroloških uvjeta i devijacija od planirane rute i razine krstarenja.

Nepredviđeno putno gorivo (Contigency fuel) je količina goriva koja treba biti:

1. 5% od planiranog putnog goriva ili u slučaju promjene plana leta u zraku 5% od putnog goriva za preostali let.
2. Ne manja od 3% planiranog putnog goriva ili u slučaju promjene plana leta u zraku 3% od putnog goriva za preostali let ako postoji dostupan alternacijski aerodrom na ruti. Alternacijski aerodrom na ruti se treba nalaziti:
   - unutar kruga polumjera jednakog 20% ukupne duljine rute
   - u centru koji se nalazi na planiranoj ruti na udaljenosti od destinacije manjoj od 25% ukupne duljine rute
   - na udaljenosti manjoj od 20% ukupne duljine rute plus 50 nautičkih milja

Od ove tri opcije uzima se kriterij koji dopušta najveću udaljenost.

3. Dovoljna za 20 minuta leta a temelji se na potrošnji putnog goriva pod uvjetom da je operator uspostavio program nadziranja potrošnje goriva za pojedine zrakoplove i koristi važeće podatke utvrđene pomoću takvog programa za izračun goriva.
4. Koja je potrebna za letenje 15 minuta brzinom u holdingu na 1500 ft iznad destinacijskog aerodroma u standardnim uvjetima atmosfere, kada je operator

uspostavio program, odobren od zrakoplovnih vlasti, za nadziranje potrošnje goriva na kombinaciji pojedine rute i pojedinog zrakoplova i koristi podatke za statističku analizu za izračun nepredviđenog putnog goriva za kombinaciju te određene rute i zrakoplova ili dovoljna za 5 minuta leta brzinom u krugu čekanja (engl. *holding*) na 1500 ft iznad destinacijskog aerodroma u standardnim uvjetima atmosfere.

Alternacijsko gorivo (engl. *Alternate fuel*) je količina goriva koja treba biti dovoljna za:

1. Proceduru neuspjelog prilaženja (engl. *Missed approach*) od Minimalne visine snižavanja (engl. *Minimum descent altitude(MDA)*) ili Visine odluke (engl. *Decision height(DH)*) na destinacijskom aerodromu do visine neuspjelog prilaženja, uzimajući u obzir izračun kompletne procedure neuspjelog prilaženja
2. Penjanje od visine neuspjelog prilaženja do visine krstarenja
3. Krstarenje od kraja penjanja do početka spuštanja
4. Spuštanje od kraja krstarenja do točke gdje počinje prilazna procedura, uzimajući u obzir očekivanu proceduru dolaska
5. Izvršenje prilaza i slijetanja na destinacijski aerodrom

Ako postoje 2 ili više alternativnih aerodroma, alternacijsko gorivo treba biti dovoljna količina goriva za alternativni aerodrom do kojeg je potrebno najviše goriva.

Konačno rezervno gorivo (engl. *Final reserve fuel*) je količina goriva koja je dovoljna za let od 30 minuta brzinom u krugu čekanja na 1500 ft iznad aerodromske visine u standardnim atmosferskim uvjetima uvrštavajući u izračun očekivanu masu na dolasku na alternacijski ili destinacijski aerodrom, ako alternacija nije potrebna.

Minimalno dodatno gorivo je količina goriva koja osigurava čekanje u krugu od 15 minuta na visini od 1500 ft iznad aerodromske visine u standardnim atmosferskim uvjetima u IFR pravilima letenja bez alternacije ili količina goriva koja je dovoljna za let na nižoj visini do rutnog aerodroma u slučaju dekompresije u kabini.

Dodatno gorivo je količina goriva koju dodaje dispečer ako pretpostavlja da bi zbog nekih okolnosti to gorivo moglo zatrebati kao što su očekivani krugovi čekanja na dolaznom aerodromu.

Krajnje dodatno gorivo (engl. *Extra fuel*) je količina goriva koju zahtjeva kapetan zrakoplova zbog osobne procjene da će mu možda zatrebati.

Točka odluke (engl. *Decision point*) je točka u kojoj pilot mora odlučiti ide li na alternaciju ili nastavlja ići prema destinaciji. *Decision point* procedura dopušta nošenje manje količine goriva nego što je inače propisano.

Količina goriva treba biti veća od sume:

-goriva za taksiranje, putnog goriva do destinacijskog aerodroma preko točke odluke, nepredviđenog putnog goriva jednakog 5% očekivane potrošnje goriva od točke odluke do destinacijskog aerodroma, alternacijskog goriva ako je potrebna alternacija na destinaciji, konačnog rezervnog goriva i dodatnog goriva (engl. *additional and extra fuel*).

Ili

-goriva za taksiranje, putnog goriva od aerodroma odlaska do rutnog alternacijskog aerodroma preko točke odluke, nepredviđenog putnog goriva ne manjeg od 3% goriva potrebnog od aerodroma odlaska do rutnog alternacijskog aerodroma, konačnog rezervnog goriva i dodatnog goriva.

Ako je operator uspostavio politiku goriva koja uključuje planiranje leta na izolirani aerodrom tj. aerodrom koji nema alternaciju, količina goriva na odlasku treba uključivati: Gorivo za taksiranje, putno gorivo, nepredviđeno putno gorivo, krajnje dodatno gorivo koje može zatražiti kapetan (engl. *Extra fuel*) i dodatno gorivo ako je potrebno ali ne manje od goriva potrebnog za let od 2 sata na režimu normalnog krstarenja nakon dolaska iznad destinacijskog aerodroma uključujući konačno rezervno gorivo.

Ako je operator uspostavio politiku planiranja goriva koja uključuje planiranje leta na destinacijski aerodrom gdje je udaljenost između destinacijskog i alternacijskog aerodroma takva da se let može usmjeriti samo na unaprijed utvrđenoj točki na jedan od tih aerodroma, količina goriva na odlasku treba biti veća od sume:

-Goriva za taksiranje, putnog goriva od odlaznog aerodroma do destinacijskog aerodroma preko unaprijed utvrđene točke, nepredviđenog putnog goriva, dodatnog goriva koje može zatražiti kapetan i dodatnog goriva ako je potrebno ali ne manje od

količine goriva potrebnog za let od 2 sata na režimu normalnog krstarenja nakon dolaska iznad destinacijskog aerodroma uključujući konačno rezervno gorivo.

ili

-goriva za taksiranje, putnog goriva od odlaznog aerodroma do alternacijskog aerodroma preko unaprijed utvrđene točke, nepredviđenog putnog goriva, dodatnog goriva koje može zatražiti kapetan i dodatnog goriva ako je potrebno ali ne manje od količine goriva potrebne za let od 30 minuta predviđenom brzinom u krugu čekanja na 1500 ft iznad aerodromske visine u standardnim atmosferskim uvjetima uključujući konačno rezervno gorivo.

Operator bi trebao utemeljiti procedure za odabir destinacijskog i alternacijskog aerodroma u skladu sa JAR-OPS.

Operator treba odabrati i odrediti u planu leta alternaciju na polijetanju (engl. *Take off Alternate*) ako se nakon polijetanja nije moguće vratiti na aerodrom polijetanja jer to ne dopuštaju meteorološki uvjeti ili performanse zrakoplova.

Meteorološki kriteriji nisu jednaki za polijetanje i slijetanje i u pravilu su meteorološki kriteriji za slijetanje stroži.

4.2. Provjera količine goriva u letu

Operator treba uspostaviti proceduru koja osigurava provođenje upravljanja gorivom (engl. *In-flight fuel management*) i provjere goriva u letu (engl. *In-flight fuel check*). Pilot zrakoplova se treba pobrinuti da preostala količina goriva nije manja od količine goriva koja je potrebna da se nastavi put do aerodroma i izvrši sigurno slijetanje sa konačnom rezervom goriva. Pilot zrakoplova treba proglasiti izvanredno stanje(engl. *declare emergency*) ako je količina goriva u spremnicima manja od konačnog rezervnog goriva. Tijekom leta pilot zrakoplova treba provjeravati gorivo u određenim vremenskim intervalima. Preostalo gorivo se treba zapisati i naknadno izvršiti sljedeće radnje:

- Usporediti stvarno potrošeno gorivo od predviđenog potrošenog goriva
- Provjeriti je li preostala količina goriva dovoljna za sigurno izvršenje leta
- Izračunati očekivanu količinu goriva na aerodromu dolaska.

4.3. Upravljanje gorivom u letu

Ako provjere količine goriva tijekom leta prikažu da će očekivana količina goriva na dolasku na destinaciju biti manja od potrebne količine goriva za odlazak na alternaciju i konačno rezervno gorivo, pilot mora uzeti u obzir promet i operacijske uvjete na destinacijskom aerodromu i donijeti odluku hoće li nastaviti prema destinaciji ili će preusmjeriti let na alternacijski aerodrom tako da količina goriva u spremnicima nakon slijetanja bude jednaka ili veća od količine konačnog rezervnog goriva.

Ako provjere količine goriva tijekom leta na izolirani aerodrom tj. aerodrom bez alternacije prikažu da je preostala količina goriva na točki na kojoj je još uvijek moguće preusmjeriti let manja od sume goriva potrebnog za preusmjerenje na rutni alternacijski aerodrom, nepredviđenog putnog goriva i konačnog rezervnog goriva pilot mora preusmjeriti let ili nastaviti prema destinaciji ako na njoj postoje dvije odvojene uzletno sletne staze i ako meteorološki uvjeti zadovoljavaju kriterije za sigurno slijetanje.[6]

[6] Flight Planning 1-2, Nordian, 2006.

5. PRIPREMA LETA

Tijekom pripreme leta zapovjednik zrakoplova treba se upoznati sa svom dokumentacijom i informacijama značajnim za sigurnu provedbu planiranog leta, te provjeriti sposobnost i pripremljenost zrakoplova i posade zrakoplova, provjeriti da se teret kojega prevozi nalazi u sigurnom stanju, da se najveće dopuštene mase zrakoplova neće prekoračiti, da centar težišta zrakoplova nije izvan dopuštenih vrijednosti, da se u zrakoplovu nalaze propisane isprave i knjige, kao i da su potrebni podaci o letu uneseni u dnevnik zrakoplova, ako je njegovo vođenje propisano.

Ako planirani let namjerava obavljati izvan okolice aerodroma odlaska te prije svakog leta prema pravilima instrumentalnog letenja, zapovjednik zrakoplova mora se upoznati s raspoloživim zrakoplovno-meteorološkim izvještajima i prognozama. Prije leta za koji je propisana obvezna predaja plana leta, zapovjednik zrakoplova dužan je pribaviti preduzletne informacije (engl. *Pre-flight information*).[7]

Priprema leta uključuje odabir rute leta, odabir alternacijskog aerodroma, izbor visine leta, obradu meteoroloških podataka, izračun točke jednakog vremena, izračun točke sigurnog povratka i izračun ukupne količine goriva za let i izračun količine goriva za nadopunu goriva (engl. *Tankering*)

5.1. Odabir Rute

Ruta je put kojim zrakoplov leti od kraja uzlijetanja i inicijalne faze penjanja do početka faze prilaza i faze slijetanja. Operator pokušava uzeti najkraću rutu za određeni let jer najkraći put troši najmanje vremena i goriva. Operacije se trebaju izvršavati rutom za koju:

- su osigurani zemaljski uređaji i usluge, uključujući meteorološke usuge, za planiranu operaciju
- performanse zrakoplova udovoljavaju i omogućuju let na minimalnoj potrebnoj visini duž rute

[7] Pravilink o letenju zrakoplova, Narodne novine br. 69/09, 84/11, 54/13 i 127/13 i 92/14

- oprema zrakoplova koja se planira koristiti udovoljava minimalne potrebne uvjete za planiranu operaciju
- su dostupne odgovarajuće karte
- su dostupni aerodromi koji udovoljavaju karakteristikama zrakoplova

Operator treba osigurati da su operacije usklađene sa svim zabranama i uvjetima koje postoje na ruti.[8]

Ograničenja na rutama pojavljuju se u obliku uvjetnih ruta.

Uvjetna ruta *(*engl. *Conditional Route – CDR)* je ATS ruta ili njezin dio koji može biti planiran za letenje i upotrijebljen sukladno unaprijed određenim uvjetima. CDR može biti uspostavljen u jednoj ili više sljedećih kategorija:

a) Kategorija 1 (jedan) – CDR koji se može stalno planirati za letenje,

b) Kategorija 2 (dva) – CDR koji se ne može stalno planirati za letenje,

c) Kategorija 3 (tri) – CDR koji se ne može planirati za letenje;

Osim uvjetnih ruta, za planiranje rute treba se obratiti pozornost na određene dijelove zračnog prostora koji imaju oznaku Uvjetnog zabranjenog područja (engl. *Restricted Area*), Zabranjenog područja (engl. *Prohibited Area*) i Opasnog područja (engl. *Danger Area*).

Uvjetno zabranjeno područje (engl. *Restricted Area – R*) je zračni prostor koji je smješten iznad kopnenih područja ili teritorijalnih voda unutar kojeg je letenje zrakoplova ograničeno u skladu s unaprijed utvrđenim uvjetima.

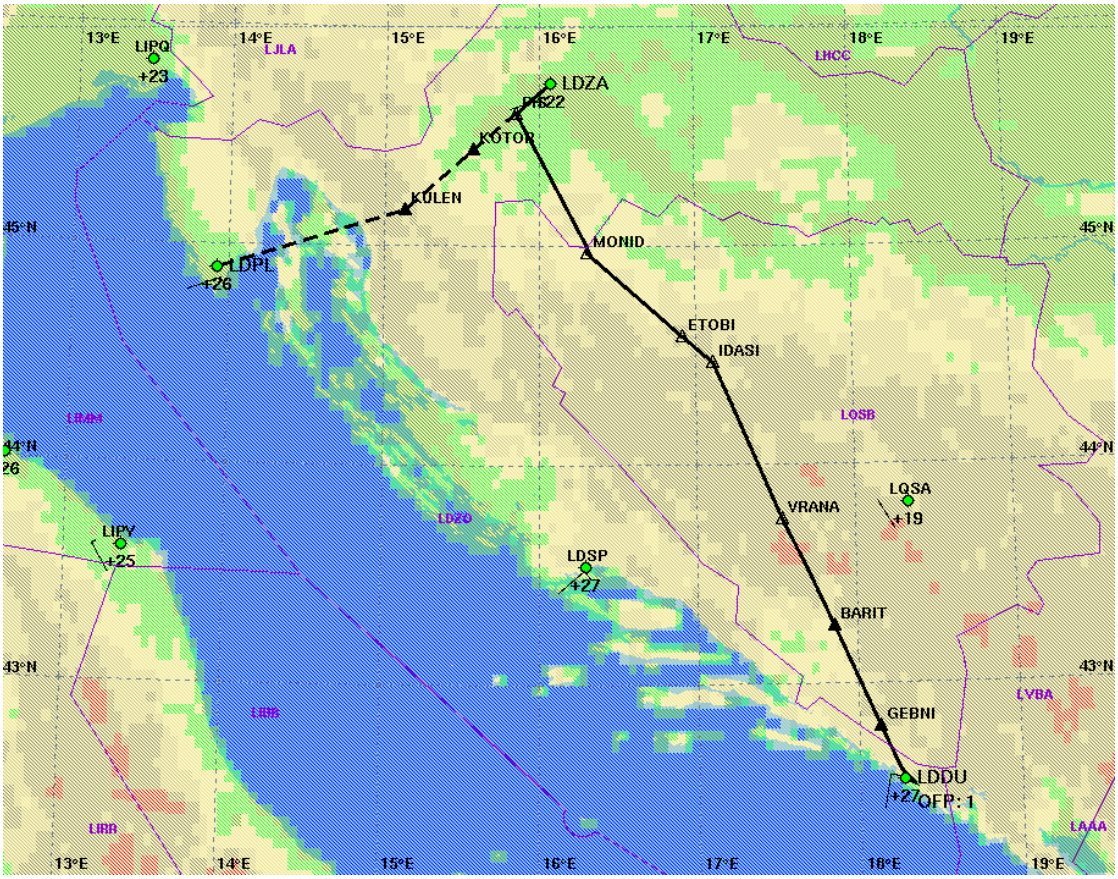
Zabranjeno područje (engl. *Prohibited Area – P*) je zračni prostor smješten iznad kopnenih područja ili teritorijalnih voda unutar kojeg je letenje zrakoplova zabranjeno;

Opasno područje (engl. *Danger Area – D*) je utvrđeni volumen zračnog prostora unutar kojeg se, ovisno o slučaju, u određenom vremenu mogu odvijati aktivnosti opasne za letenje zrakoplova.[9]

[8] Flight Planning 1-2, Nordian, 2006.
[9] Pravilnik o upravljanju zračnim prostorom, Narodne novine br. 69/09

Prije leta piloti trebaju pročitati NOTAM izvještaje. NOTAM(Notice to Airmen) sadrži kratkotrajne dopune Zborniku zrakoplovnih informacija(AIP) kako bi se osiguralo sigurno i redovito izvršenje leta. U NOTAM-ima se objavljuju svi podaci koji su važni pilotima za planiranje i izvršenje leta kao što je:

- stanje uzletno-sletnih staza, radionavigacijskih i radiokomunikacijskih sredstava.
- privremeno podignutih prepreka kao što su građevinske dizalice u blizini uzletno-sletne staze
- vrijeme aktiviranja uvjetno zabranjenih područja
- planiranih letova koji zahtijevaju posebno upravljanje i zaštitu, kao što su letovi državnih poglavara
- sigurnosne opasnosti kao što su aeromitinzi, akrobatske aktivnosti, padobranske aktivnosti ili meteorološki baloni.



Slika 5. Prikaz rute Dubrovnik-Zagreb

Izvor: LIDO aplikacija

Na temelju navedenih kriterija, odabrana je ruta LDDU/12 F280 MADOS4C MADOS L187 IDASI M867 MONID M725 RUDIK RUDIK4A LDZA/05 ukupne duljine od 247NM (Slika 5.). Nakon polijetanja u Zračnoj luci Dubrovnik sa staze 12, zrakoplov prati standardni instumentalni odlazak (Standard Instrument Departure-SID) MADOS4C, ulazi u zračni prostor Bosne i Hercegovine , te prelazi točku GEBNI i prati zračni put L187 na kojem prelazi preko točaka ETELI, BARIT I VRANA. Na točki IDASI zrakoplov mijenja kurs i prati zračni put M867 prema točki MONID. Na točki MONID zrakoplov mijenja kurs prema točki RUDIK i na toj točki posada započinje proceduru standardnog dolaska (Standard Terminal Arrival Route-STAR) RUDIK4A za početak prilaza na pistu 05 na Zračnoj luci Zagreb.

5.2. Odabir alternativnih aerodroma

Svaki let bi trebao imati alternativni aerodrom, osim kada to nije moguće pa se primjenjuju drugi uvjeti. Alternativni aerodrom služi kao prva sljedeća opcija na koju se ide slijetati u slučaju da na destinacijskom aerodromu to nije moguće. Svaki let može imati više alternativnih aerodroma koje biraju dispečeri u velikim kompanijama i oni ujedno slažu prioritete ovisno o daljini od destinacije, državi u kojoj se nalazi, meteorološkim uvjetima, duljini piste, radnom vremenu aerodroma i slično. Udaljenost od Zračne luke Zagreb do Zračne luke Ljubljana je 96 NM, do Zračne luke Pula je 125 NM, a do Zračne luke Split je 176 NM.

Za primjer odabran je kao prvi alternacijski aerodrom Pula (LDPL), kao drugi mogući alternacijski aerodrom Split (LDSP), a kao treći mogući alternacijski aerodrom Ljubljana (LJLJ). Iako je Ljubljana na manjoj udaljenosti od Zagreba(LDZA) nego Pula, nalazi se u drugoj državi što bi dodatno kompliciralo situaciju u slučaju slijetanja na alternacijski aerodrom.

5.3. Meteorološka priprema i vrste meteoroloških informacija

Izbor navigacijske rute ovisi o stanju atmosfere i pojavama u njoj. Meteorološke pojave koje su opasne na tlu nisu nužno opasne i za zrakoplove i obrnuto.

Procjene govore da je oko 10% zrakoplovnih nesreća direktno uzrokovano opasnim meteorološkim pojavama.

Pojave koje direktno ili indirektno utječu na sigurnost zrakoplova su:

- Turbulencija,
- Planinski valovi,
- Vjetar,
- Zaleđivanje,
- Smanjenje vidljivosti,
- Grmljavina i grmljavinska nevremena,
- Oborine,
- Stanje tla.[10]

Potrošnja goriva zrakoplova ovisi o okolnoj temperaturi i gustoći zraka. Zbog meteoroloških prilika ISA podaci se ne mogu upotrebljavati za proračun potrošnje.

Let zrakoplova je vrlo ovisan o meteorološkim uvjetima, stoga prijeletna priprema zahtjeva detaljnu provjeru prognoze duž planirane rute, na aerodromu polijetanja, slijetanja i alternacijskom aerodromu. Zrakoplovne meteorološke službe izdaju izvještaje i prognoze kako bi pilotima i ostalim sudionicima u zračnom prometu dale važne informacije o stanju atmosfere.

Vrste meteoroloških informacija:

- METAR je redovito šifrirano izvješće o stanju vremena u zračnoj luci. Objavljuje se svakih 30 ili 60 minuta. (Prilog 5)

[10] URL: http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=68 (pristupljeno: srpanj, 2016.)

- TAF je prognoza vremena za zračnu luku u šifriranom obliku za razdoblje 9 do 24 sata od vremena izdavanja prognoze.(Prilog 5)
- AIRMET je opisno izvješće o stvarnom i prognoziranom vremenu nad zračnom lukom i širim područjem.
- SIGMET je upozorenje o opasnim meteorološkim pojavama.Objavljuje se svakih 30 ili 60 minuta.
- TREND je naznaka predviđene promjene vremena u sljedeća dva sata od trenutka motrenja.
- ARFOR je područna prognoza vremena.
- SPECI je posebno šifrirano izvješće o stanju vremena u zračnoj luci.[11]
- SWC je karta značajnog vremena koja prikazuje vremenske prilike koje se mogu očekivati na ruti. (Prilog 4)
- Wind/Temperature chart je karta koja prikazuje jačinu i smjer vjetra te temperaturu na određenim visinama.(Prilozi 1,2 i 3)[12]

Ako se zbog naglog pogoršanja meteoroloških uvjeta nađe u zračnom prostoru nepovoljnom za letenje, pilot zrakoplova je obvezan odgovarajućim postupkom nastojati izvesti zrakoplov iz tog prostora. Ako to nije moguće, pilot zrakoplova je obvezan vratiti se na aerodrom odlaska ili nastojati sletjeti na aerodrom najprikladniji za sigurno slijetanje.

Letenjem u zračnom prostoru nepovoljnom za letenje smatra se:

1. ulazak zrakoplova u zračni prostor u kojemu prevladavaju instrumentalni meteorološki uvjeti, a zrakoplov nije opremljen ili posada zrakoplova nije osposobljena za takvo letenje,
2. nailazak na zračni prostor s olujnom aktivnosti Cumulonimbusa,
3. letenje zrakoplova u zračnom prostoru u kojemu dolazi do zaleđivanja vanjskih površina zrakoplova, koje se ne može spriječiti, odnosno ukloniti.[13]

[11] Tutiš, V., Zrakoplovna meteorologija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1997.
[12] Meteorology(050), Jeppesen
[13] Pravilink o letenju zrakoplova, Narodne novine br. 69/09, 84/11, 54/13 i 127/13 i 92/14

Koristeći kartu vjetra(prilog 1.) u nastavku poglavlja izvršen je proračun utjecaja vjetra na brzinu leta za odabranu rutu na visini FL300.

$$HWC = \cos(\alpha) \times ws$$

gdje oznake imaju sljedeće značenje:

HWC – čeona komponenta vjetra

α – upadni kut vjetra

ws- brzina vjetra

Pravac leta je 330°, a prosječan vjetar na ruti je iz smjera sjevera (000°), jačine 60 kts. Upadni kut vjetra je 30°.

$$HWC = \cos 30 \times 60\ kts \approx 50\ kts$$

Čeona komponenta vjetra na ruti Dubrovnik-Zagreb iznosi 50 kts. Na alternativnom dijelu rute Zagreb-Pula pravac leta je 260° , a prosječan vjetar na tom dijelu rute je iz smjera sjeverozapada (340°), jačine 40 kts.

$$HWC = \cos 80 \times 40\ kts = 7\ kts$$

Čeona komponenta vjetra na ruti Zagreb-Pula iznosi 7 kts.

5.4. Izbor visine leta

Osim za slijetanja i polijetanja, svi letovi po instrumentalnim pravilima trebaju se izvoditi na ili iznad minimalnih visina koje su definirane.

U terminalnoj zoni definirana je Minimalna sigurnosna visina (engl. *Minimum safe altitude*) koja je označena na prilaznim kartama.

Minimalna visina za let (engl. *Minimum Flight Altitude*) za letove na rutama regulirana je od zrakoplovnih vlasti uzimajući u obzir sljedeće čimbenike:

- Operacijsko odstupanje
- Nadvisivanje prepreka
- Donja granica kontroliranog zračnog prostora

Minimalna visina kod letova po instrumentalnim pravilima iznad planinskoga područja iznosi najmanje 2000 ft iznad najviše prepreke u polumjeru od 8 km od predviđene pozicije zrakoplova, a iznad ostalog terena najmanje 1000 ft iznad najviše prepreke u polumjeru od 8 km od predviđene pozicije zrakoplova u letu.[14]

Minimalna visina za let osigurava nadvisivanje prepreka od minimalno 1000 ft u pojasu od 9.7NM (18km) sa svake strane utvrđene rute.

Minimalna rutna visina (engl. *Minimum Enroute Altitude*) predstavlja minimalnu objavljenu visinu leta između dva radionavigacijska sredstva koja osigurava nadvisivanje prepreka i prihvatljivu pokrivenost signalom.

Minimalna visina nadvisivanja prepreka (engl. *Minimum Obstacle Clearance Altitude*) je visina koja osigurava nadvisivanje prepreka koji se nalaze unutar pojasa od rute:

za prepreke do 6000 ft osigurava nadvisivanje od 1000 ft

za prepreke više od 6000 ft osigurava nadvisivanje od 2000 ft

Minimalna visina za rutna odstupanja (engl. *Minimum off-route Altitude*) je minimalna visina sa pojasem od 10NM sa svake strane od predviđene rute koja osigurava nadvisivanje prepreka od 1000 ft do 5000 ft visine. Za prepreke koje su više od 5000 ft, osigurava nadvisivanje od 2000ft.

Minimalna visina za rutna odstupanja unutar utvrđenog prostora (engl. *Grid Minimum off-route Altitude*) je minimalna visina nadvisivanja prepreka unutar kvadrata koji je određen meridijanima i paralelama. Za prepreke do 5000 ft, osigurava nadvisivanje od 1000 ft, za prepreke više od 5000 ft, osigurava nadvisivanje od 2000 ft.

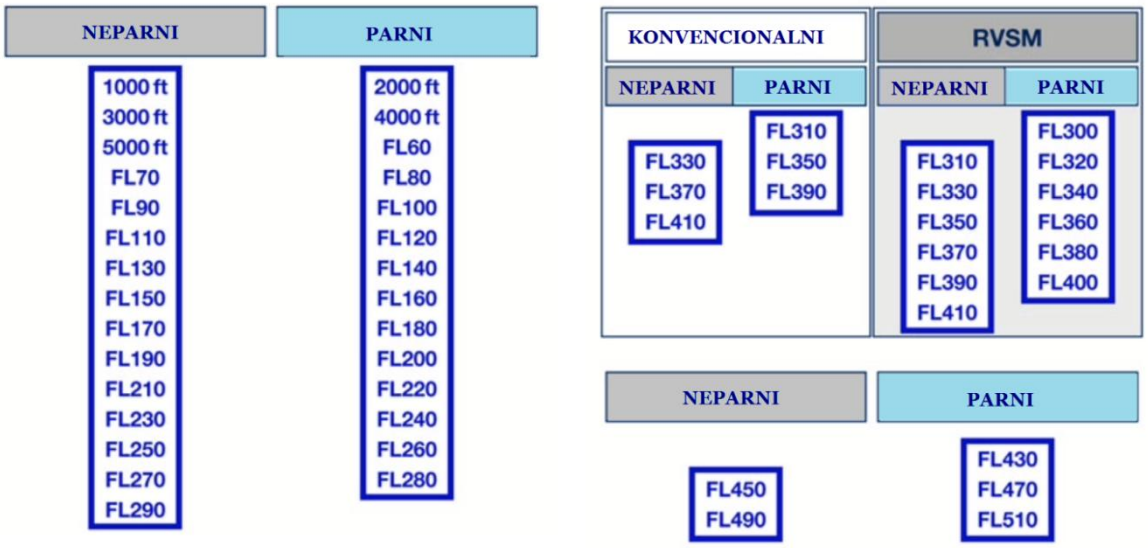
Posljednje tri spomenute visine ne garantiraju navigacijsku i komunikacijsku pokrivenost signalom.

Maksimalna dozvoljena visina (engl. *Maximum Authorised Altitude* (MAA)) je maksimalna visina koja osigurava pokrivenost radiokomunikacijskog i navigacijskog signala. Letenje iznad Maksimalne dozvoljene visine može dovesti do primanja signala od više radionavigacijskih sredstava iste frekvencije što može dovesti do fatalnih posljedica.

[14] Annex 2: Rules of the Air, International Civil Aviation Organization, 2005.

Minimalna prijelazna visina (engl. *Minimum Crossing Altitude*) je najmanja visina na određenoj točki na odlaznoj ruti koju zrakoplov mora postići zbog nadvisivanja prepreka ili strukture zračnog prostora.[15]

Visina leta se odabire prema ICAO polukružnom sustavu. Ako je let planiran u kursu od 000° do 179° treba se odabrati neparna apsolutna visina ili razina leta. Ako je let planiran u kursu od 180° do 359° treba se odabrati parna apsolutna visina ili razina leta. Parne i neparne visine su prikazane na slici 6.



Slika 6. Parne i neparne visine prema ICAO polukružnom sustavu

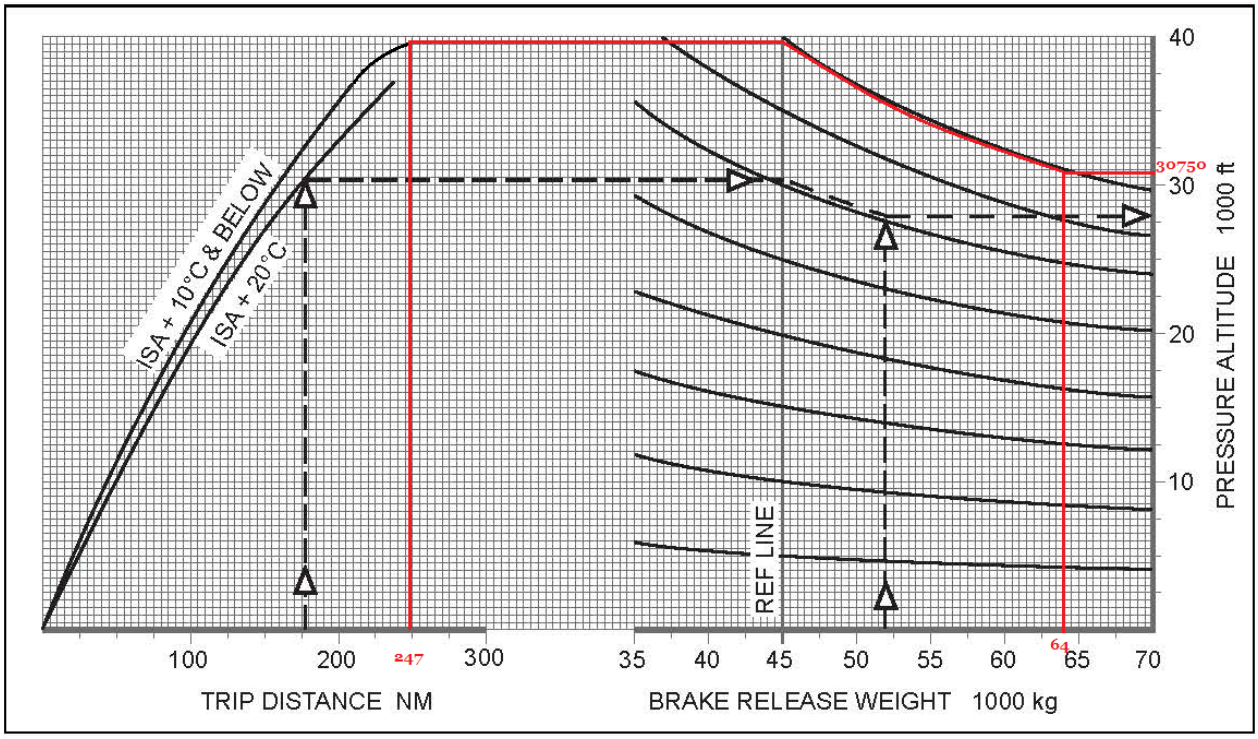
Izvor: Flight Planning and Flight Monitoring(033), Jeppesen

Kad se zadovolje svi navedeni kriteriji treba odabrati optimalni level leta odnosno razina leta na kojem se dobije najbolja kombinacija potrošnje goriva i provedenog vremena leta. Osim tih čimbenika, s obzirom da se radi o komercijalnom putničkom letu, pravila kompanija zahtjevaju da vrijeme horizontalnog leta traje određeno vrijeme zbog posluživanja pića i hrane. Croatia Airlines je uspostavila pravilo da vrijeme horizontalnog leta na ruti Dubrovnik-Zagreb traje minimalno 5 minuta.

Duljina odabrane rute je 247 NM, a masa zrakoplova na polijetanju 64000 kg. Prema izračunu sa grafa (Slika 7.), dobije se podatak da je optimalna visina leta za generički mlazni zrakoplov srednjeg doleta za odabranu rutu Dubrovnik-Zagreb, 30750 ft.

[15] Flight Planning and Flight Monitoring(033), Jeppesen

Najbliža razina leta je FL310. S obzirom da let zrakoplova tijekom krstarenja ide u zapadnim kursevima, prema ICAO polukružnom sustavu treba se odabrati parna razina leta. Prema tome odabire se najbliža parna razina leta, tj. FL300.



Slika 7. Optimalna visina leta za odabranu rutu

Izvor: CAP697

5.5. Izračun ukupne potrošnje goriva

U ovom poglavlju izračunat će se ukupna količina goriva potrebna za let Dubrovnik(LDDU)-Zagreb(LDZA) za generički mlazni zrakoplov srednjeg doleta prema CAP697. Od CAP697 promijenjene su maksmalne mase na polijetanju i slijetanju.

Podaci potrebni za izračun:

- Masa na polijetanju(ujedno i maksimalna) = 64000 kg
- Masa na slijetanju(ujedno i maksimalna) = 60 000 kg
- Čeona komponenta vjetra duž rute = 50 kts (prilog 1)
- Duljina rute 247 NM

- Razina leta FL300
- Temperatura na visini od 30000 ft prema ISA iznosi -44.5°C. U prilogu 1 su prikazane temperature duž rute i one iznose -39°C i -40°C. Odstupanje od Međunarodne standardne atmosfere je +5°C (ISA +5°C)
- Brzina leta 0.74 Mach
- Udaljenost do alternativnog aerodroma(Pula) = 125 NM
- Čeona komponenta vjetra prema alternativnom aerodromu = 7 kts

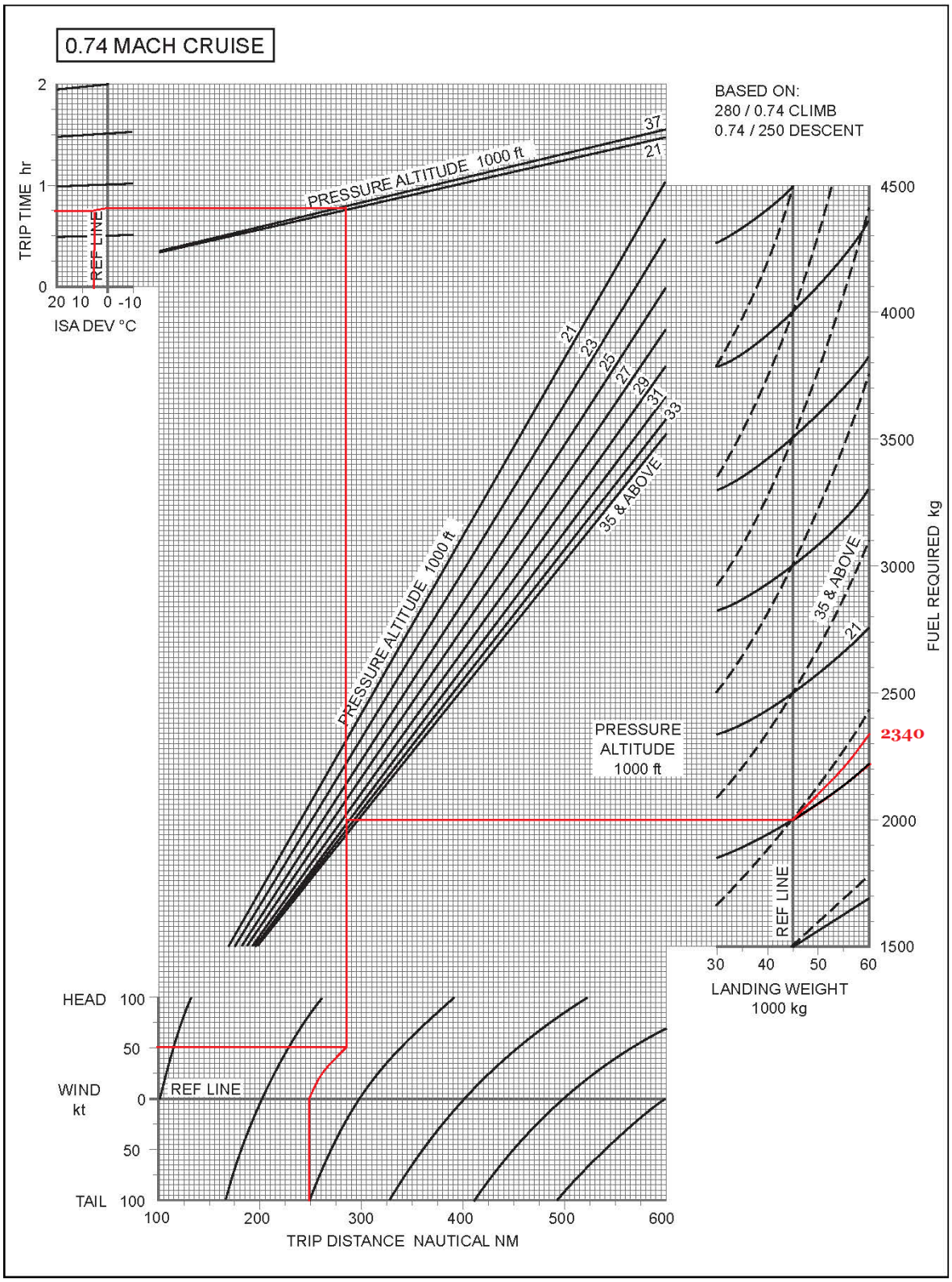
U graf za izračun putnog goriva za generički mlazni zrakoplov srednjeg doleta (Slika 8.) uvrštavaju se podaci duljine rute, komponente čeonog ili leđnog vjetra, razina leta, te masa zrakoplova na slijetanju. Prema grafu, putno gorivo iznosi 2340 kg, a trajanje leta iznosi 45 minuta.

Nepredviđeno putno gorivo iznosi 5% od putnog goriva, odnosno 117 kg.

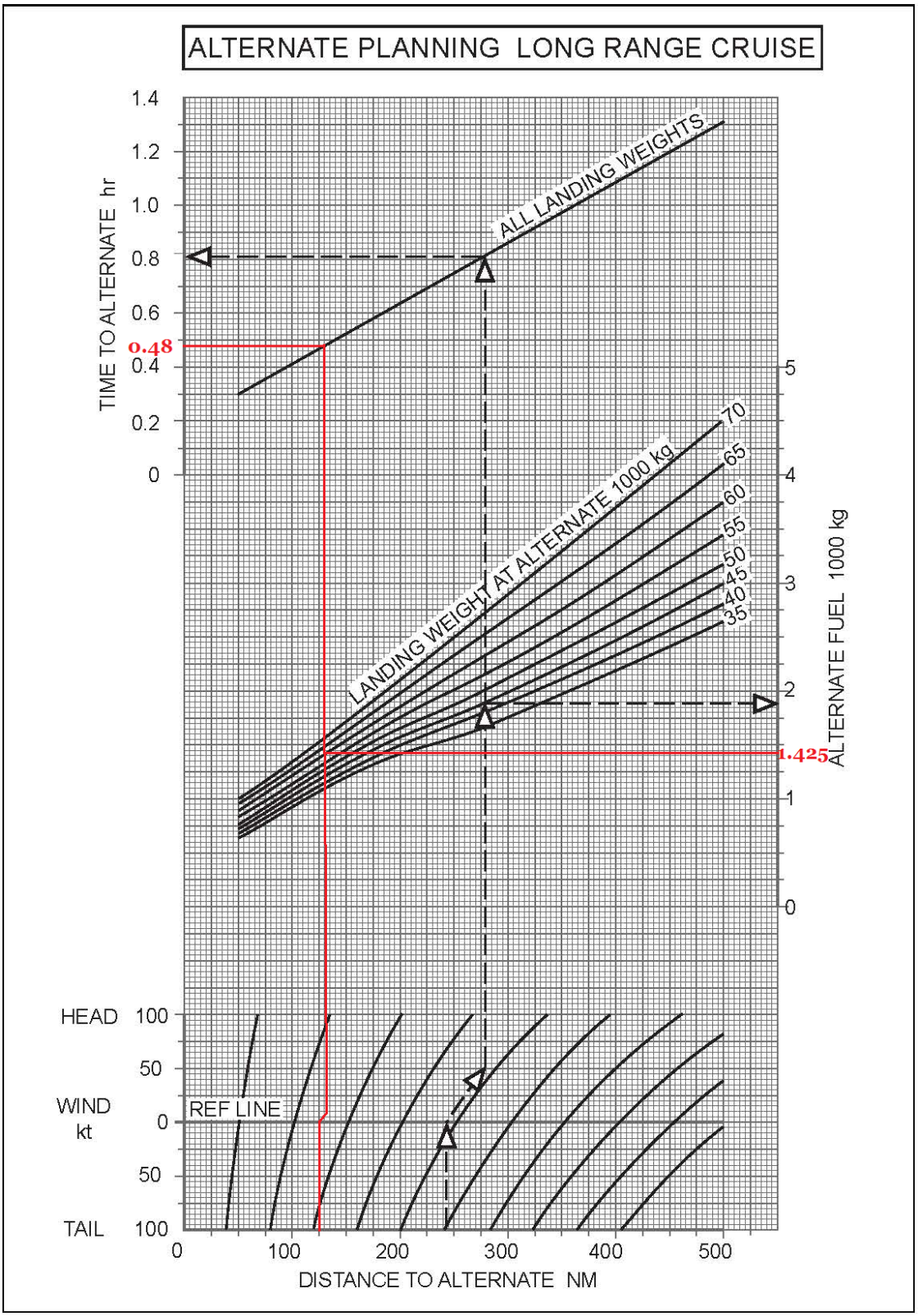
U graf za izračun alternacijskog goriva za generički mlazni zrakoplov srednjeg doleta (Slika 9.) uvrštava se podatak udaljenosti do alternativnog aerodroma, iznos čeonog ili leđnog vjetra, te masa zrakoplova na slijetanju na alternaciji.

$1.425 \times 1000 = 1425\ kg \qquad 0.48 \times 60 \approx 29\ minuta$

Prema grafu, alternacijsko gorivo iznosi 1425 kg, a trajanje leta do alternacije iznosi 29 minuta.



Slika 8. Proračun putnog goriva za odabranu rutu za generički mlazni zrakoplov srednjeg doleta



Slika 9. Proračun alternacijskog goriva za odabranu rutu za generički mlazni zrakoplov srednjeg doleta

Prema CAP697, zrakoplov potroši 11 kilograma goriva po minuti za taksiranje, a potrošnja pomoćne pogonske jedinice za napajanje (engl. Auxiliary power unit-APU) je 115 kilograma po satu.

Pretpostavimo da taksiranje zrakoplova traje 10 minuta, a rad pomoćne pogonske jedinice za napajanje 30 minuta. Proračun:

$10 \times 11\ kg = 110\ kg$

$0.5 \times 115\ kg = 57.5\ kg$

Dakle, gorivo za taksiranje iznosi 167.5 kg.

Konačno rezervno gorivo je ona količina goriva koja je potrebna za 30 minuta leta u krugu čekanja na visini od 1500 ft iznad aerodroma. Elevacija dolaznog aerodroma Zagreb-Pleso je 353 ft. S obzirom da je mala razlika između količine goriva na 1853 ft i 1500 ft, za potrebe lakšeg računanja u ovom primjeru će se uzeti visina od 1500 ft.
Količina goriva za let u krugu čekanja na visini od 1500 ft i masom zrakoplova 60 000 kg iznosi 2740 kilograma po satu(Slika 10.) Za pola sata ta količina je 1370 kg.
Konačno rezervno gorivo iznosi 1370 kg.

Press Alt. ft	Weight x 1,000 kg														
	66	64	62	60	58	56	54	52	50	48	46	44	42	40	38
	FUEL FLOW in kg per hour														
37,000					2,740	2,540	2,400	2,260	2,160	2,080	1,980	1,900	1,800	1,740	1,680
35,000		3,020	2,820	2,660	2,520	2,420	2,320	2,220	2,140	2,060	1,960	1,880	1,800	1,720	1,660
30,000	2,840	2,740	2,660	2,560	2,480	2,400	2,300	2,220	2,140	2,060	1,960	1,880	1,800	1,740	1,680
25,000	2,840	2,760	2,660	2,580	2,500	2,420	2,320	2,240	2,160	2,080	2,000	1,920	1,840	1,780	1,720
20,000	2,840	2,760	2,680	2,580	2,500	2,420	2,340	2,260	2,180	2,100	2,020	1,940	1,860	1,800	1,760
15,000	2,880	2,800	2,700	2,620	2,540	2,460	2,380	2,300	2,220	2,140	2,060	1,980	1,920	1,860	1,800
10,000	2,920	2,820	2,740	2,660	2,580	2,500	2,420	2,340	2,260	2,180	2,100	2,020	1,980	1,920	1,880
5,000	2,960	2,860	2,780	2,700	2,620	2,540	2,460	2,380	2,300	2,220	2,140	2,080	2,020	1,960	1,920
1,500	3,000	2,900	2,820	2,740	2,660	2,580	2,520	2,440	2,360	2,280	2,220	2,140	2,080	2,020	1,980

Slika 10. Proračun količine goriva za let u krugu čekanja za generički mlazni zrakoplov srednjeg doleta

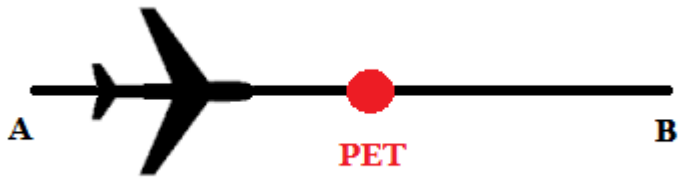
Ukupna količina goriva potrebna za let čini suma:

- Putnog goriva = 2340 kg
- Nepredviđenog putnog goriva = 117 kg
- Alternacijskog goriva = 1425 kg
- Goriva za taksiranje = 167.5 kg
- Konačnog rezervnog goriva = 1370 kg

Ukupna količina goriva potrebna za let na odabranoj ruti Dubrovnik-Zagreb, ukupne duljine 247 NM, na razini leta FL300, za generički mlazni zrakoplov srednjeg doleta prema CAP697 iznosi 5419.5 kg.

5.6. Točka jednakog vremena

Postoje situacije u kojem je vrijeme preostalog leta kritično i svaka minuta može biti presudna. To može biti slučaj ako je u zrakoplovu nekome pozlilo i postao je hitni medicinski slučaj ili ako je otkazao sustav za hlađenje pa očekujemo otkaz nužnih komponenti zrakoplova za let. U takvim slučajevima, zrakoplov treba sletiti što prije na aerodrom do kojeg nam treba najmanje vremena. Točka između dva aerodroma, koja su pogodna za slijetanje, na kojoj je vrijeme do sljedećeg aerodroma jednako kao i do povratka na prijašnji zove se Točka jednakog vremena (engl. *Point of Equal Time*). U uvjetima bez vjetra PET se nalazi točno na pola linije između ta dva aerodroma($GS_{odlazak} = GS_{povratak}$)(Slika 11.)[16]



Slika 11. Točka jednakog vremena (engl. *Point of Equal Time-PET*) u uvjetima bez vjetra

[16] Flight Planning and Flight Monitoring(033), Jeppesen

Točna pozicija PET na ruti se može izračunati sljedećom formulom:

$$PET_d = \frac{GS_{povratak}}{(GS_{povratak} + GS_{odlazak})} \times D_{ukupno}$$

Gdje oznake imaju sljedeće značenje:

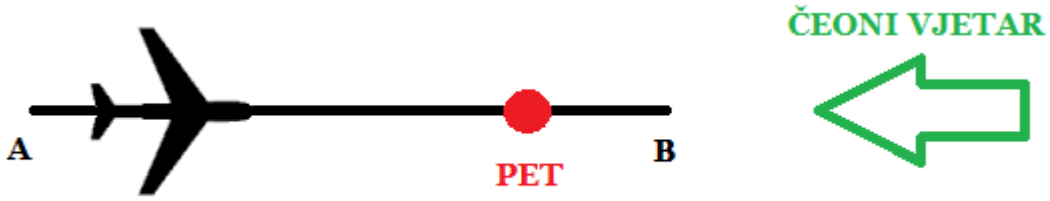
PET_d – udaljenost do PET

$GS_{povratak}$ – putna brzina zrakoplova u povratku

$GS_{odlazak}$ – putna brzina zrakoplova u odlasku

D_{ukupno} – ukupna udaljenost

Ako se zrakoplov nalazi na liniji između dva aerodroma i ima čeonu komponentu vjetra točka PET će biti bliže aerodromu prema kojem zrakoplov ide ($GS_{odlazak} < GS_{povratak}$) (Slika 12.) .



Slika 12. Točka jednakog vremena (engl. *Point of equal time-PET*) u uvjetima čeone komponente vjetra

Za izračun pozicije Točke jednakog vremena za odabranu rutu, koristi se brzina od 0.74 Mach, temperatura -39.5°C i čeoni vjetar od 50 kts(Prilog 1).

Najprije treba izračunati koliko iznosi TAS, a za proračun TAS-a treba izračunati brzinu zvuka za temperaturu -39.5°C.

a-brzina zvuka

κ=1.4 za zrak

R = 287,053 J/(kg · K)

T=233.65 K

$$a = \sqrt{\kappa \times R \times T} = \sqrt{1.4 \times 287.053 \times 233.65} = 306.43 \frac{m}{s}$$

$$TAS = Ma \times a = 0.74 \times 306.43 = 226.76 \frac{m}{s} \approx 440\ kts$$

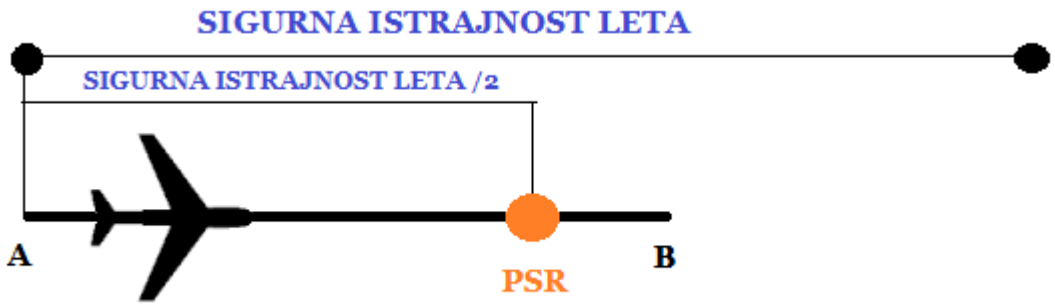
$$GS_{povratak} = 440 + 50 = 490\ kts \qquad GS_{odlazak} = 440 - 50 = 390\ kts$$

$$PET_d = \frac{490}{(490 + 390)} \times 247 = 138\ NM$$

Točka jednakog vremena nalazi se na 138 NM od odlaznog aerodroma.

5.7. Točka sigurnog povratka

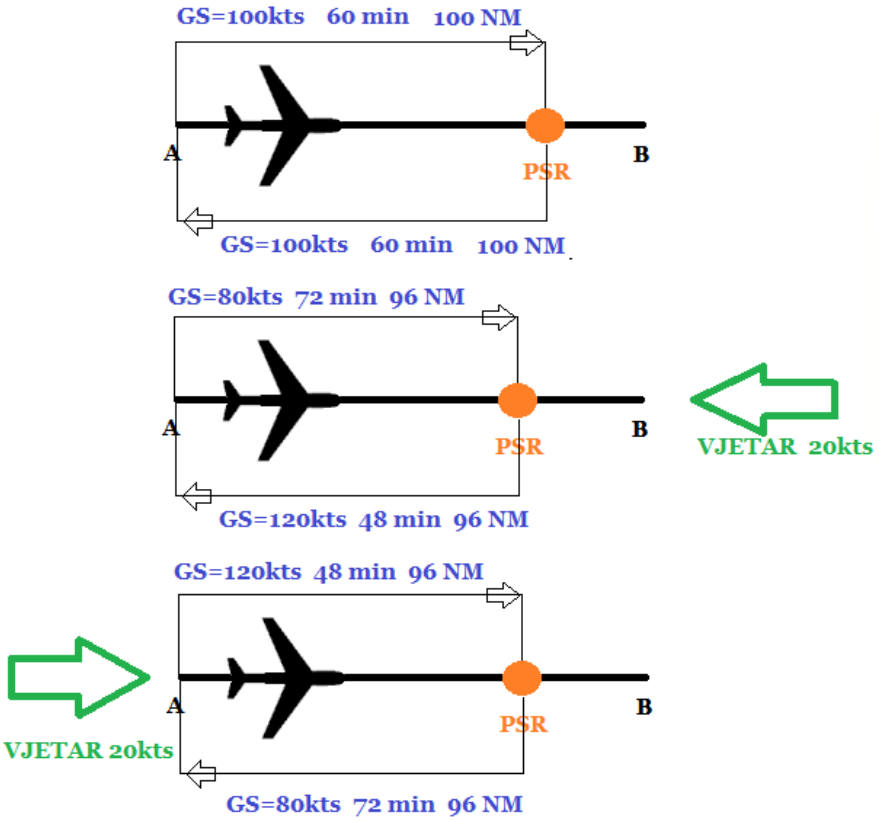
Točka sigurnog povratka (engl. *Point of Safe Return- PSR/Point of No Return-PNR*) je najudaljenija točka na planiranoj ruti do koje zrakoplov može doći i nakon toga se vratiti na odlazni aerodrom ili odlaznu alternaciju, uzimajući u obzir sigurnu istrajnost leta zrakoplova(Safe Endurance). Sigurna istrajnost leta je 30 minuta manja od istrajnosti leta tj. vremena koje zrakoplov može provesti u zraku sa preostalom količinom goriva. Točka sigurnog povratka se nalazi na vremenskoj udaljenosti dvostruko manjoj od sigurne istrajnosti leta(Slika 13.)[17]



Slika 13. Prikaz Točke sigurnog povratka (engl. *Point of safe return-PSR*) u odnosu na vremensku udaljenost sigurne istrajnosti

U uvjetima vjetra udaljenost točke sigurnog povratka se smanjuje(Slika 14.).

[17] Flight Planning and Flight Monitoring(033), Jeppesen



Slika 14. Utjecaj vjetra na Točku sigurnog povratka

Da bi se dobila količina goriva koja predstavlja sigurnu istrajnost leta treba zbrojiti putno gorivo, nepredviđeno putno gorivo i alternacijsko gorivo.

Ta količina goriva iznosi 3882 kg i dijeli se sa 2. Ta količina goriva se dijeli sa količinom putnog goriva i dobiveni faktor se množi sa ukupnom duljinom rute.

$$PSR = \frac{3882\ kg \times 0.5}{2340\ kg} \times 247NM = 205\ NM$$

Točka sigurnog povratka nalazi se na 205. NM rute od odlaznog aerodroma.

5.8. Nadopuna goriva

Za većinu letova, spremnici goriva ne moraju biti u potpunosti ispunjeni. Cijene goriva mogu varirati od aerodroma do aerodroma. To znači da cijena goriva na dolaznom aerodromu može biti veća nego na aerodromu odlaska. Ako je razlika cijene goriva veća nego trošak prijevoza dodatnog goriva za povratak, primjenjuje se Nadopuna goriva (engl. *Fuel tankering*). Dakle, Nadopuna goriva je postupak u kojem zrakoplov na odlasku ponese više goriva za povratak tako da djelomično ili u potpunosti izbjegne uzimanje goriva na drugom aerodromu. Osim ekonomskog aspekta, i druge okolnosti mogu dovesti do Nadopune goriva. Ako je kapacitet spremnika dovoljan za spremiti dovoljnu količinu goriva za povratni let, uzimanje goriva na destinacijskom aerodromu može biti u potpunosti izbjegnuto. Nadopunom goriva se može smanjiti vrijeme čekanja na destinaciji, ako je planiran brzi povratni let. Također se može koristiti u svrhu izbjegavanja goriva lošije kvalitete na destinacijskom aerodromu.

Kod Nadopune goriva treba obratiti pažnju na Maksimalnu dozvoljenu masu na slijetanju, da se ne bi dogodilo da zrakoplov zbog uzimanja veće količine goriva na aerodromu jeftinijeg goriva ne može sletjeti na destinacijski aerodrom zbog velike mase.

Za izračun količine goriva za Nadopunu, uzima se odnos cijene goriva na odlaznom i dolaznom aerodromu i zračna udaljenost. Od dobivene optimalne mase zrakoplova se oduzima masa zrakoplova bez nadopune i dobije se dodatna masa goriva koja je najekonomičnija za uzeti na odlaznom aerodromu(Slika 13.).

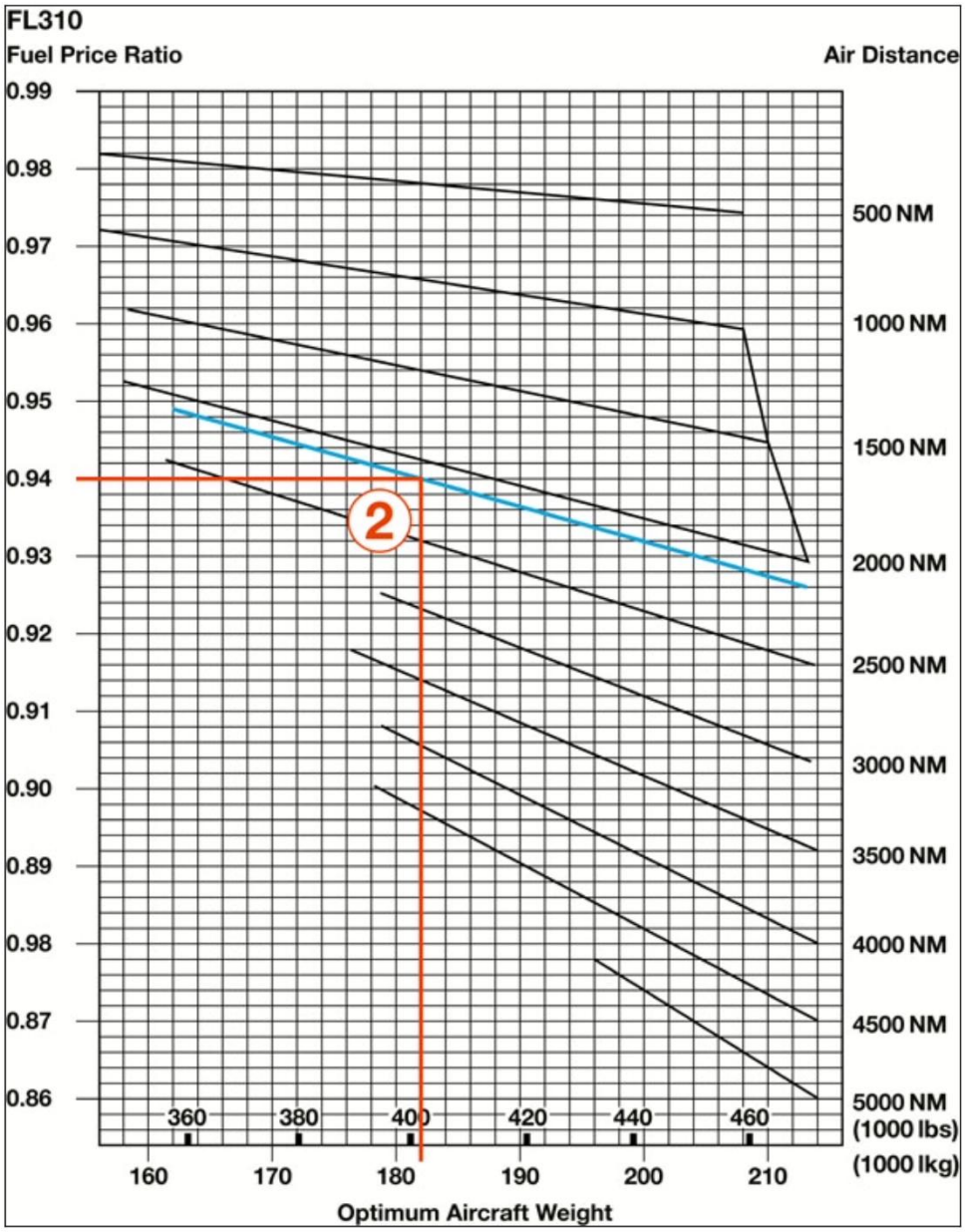
Primjer:

- Na odlaznom aerodromu cijena goriva je 838US$/1000kg
- Na dolaznom aerodromu cijena goriva je 892US$/1000kg
- Zračna udaljenost je 2100NM
- Ukupna masa zrakoplova bez nadopune

Izračun: $\frac{838US\$}{1000kg} \div \frac{892US\$}{1000kg} \approx 0.94$

Iz grafa: optimalna masa zrakoplova = 182000kg

182000kg-178300kg=3700kg → najekonomičnija masa goriva za nadopunu



Slika 15. Izračun optimalne mase goriva za nadopunu

Izvor: Flight Planning and Monitoring(033), Jeppesen

Osim što Nadopuna goriva donosi ekonomsku korist kompaniji, ujedno daje i veću dozu sigurnosti zbog prijevoza veće količine goriva nego što je stvarno potrebno.

5.9. Interpretacija proračuna potrošnje goriva prikazanom u operativnom planu leta zrakoplovne kompanije Croatia Airlines

U operativnom planu leta Croatia Airlines (Prilog 6) prikazane su informacije potrebne za let kao što su vrijeme leta, visina leta, potrebna količina goriva, ruta leta, alternacijski aerodrom, rutu do alternacijskog aerodroma itd.

Pomoću aplikcije LIDO dispečeri kompanije izračunali su količine goriva potrebne za let Dubrovnik-Zagreb na visini leta FL280 ukupne udaljenosti 257NM.

Putno gorivo iznosi 2160kg

Nepredviđeno putno gorivo iznosi 200 kg.

U pravilu nepredviđeno putno gorivo iznosi 5% od putnog goriva, ali kompanije mogu koristiti svoj izračun koji je napisan u operacijskom priručniku te kompanije. Croatia Airlines ima pravilo da Nepredviđeno putno gorivo iznosi 6% putnog goriva ili 200kg, što je veće.

Alternacijsko gorivo do Pule LDPL iznosi 1140kg.

Konačno rezervno gorivo iznosi 1200 kg.

Gorivo za taksiranje iznosi 190kg odnosno za 10 minuta voženja.

Planirana masa goriva na polijetanju iznosi 4700kg.

Planirana masa goriva na početku taksiranja iznosi 4890kg, odnosno pilot prije leta treba zatražiti količinu goriva koja je razlika planiranog goriva na početku taksiranja i preostalog goriva u spremnicima.

Prikaz sume goriva u Operativnom planu leta prikazan je na slici 16.

TRIP	2160	00.47	
CONTMIN	200	00.04	
ALTN	1140	00.27	LDPL
FINAL RES	1200	00.30	
HLDD	-----	-----	
ADDFU	-----	-----	
PLNTOF	4700	01.48	
EXTRA	------	-----	
TOF	------	-----	
TAXI	.190	00.10	
BLOCK	4890		TCAP

Slika 16. Prikaz ukupne sume goriva potrebne za let iz Operativnog plana leta. Izvor: Lido aplikacija

6. INDEKS TROŠKOVA

Indeks troškova(engl. *Cost Index*) odnos je troška vremena i troška goriva.

$$C_i = \frac{C_{vrijeme}}{C_{gorivo}}.$$

Trošak vremena uključuje:

- trošak održavanja zrakoplova
- trošak posade

Pod troškove održavanja zrakoplova pripadaju pregledi zrakoplova, zamjena tekućina (poput tekućina za hlađenje, ulja za podmazivanje) i svi troškovi trošenja dijelova zrakoplova.

Na primjer: Cijena motora nekog manjeg zrakoplova je 20 000 eura. Resurs tog motora, odnosno maksimalno korištenje tog motora prije kupovine novog je 2000 sati leta. Iz toga proizlazi da se za jedan sat leta zrakoplova potroši 10 eura tog motora.

Kada se za sve dijelove zrakoplova izvede ovakva računica i dodaju troškovi osoblja održavanja i zamjena tekućina, dobije se cijena troška održavanja zrakoplova.

Posada nekog zrakoplova je plaćena po satu rada. Kada je vrijeme leta veće, posada će zaslužiti veću plaću. Kada je vrijeme leta manje, posadu će trebati manje platiti ili će ih se moći iskoristiti za neki drugi let. To je definicija troška posade.

Ekstremni slučajevi:

C_i=0

U tom slučaju trošak vremena je jako nizak, a trošak goriva je jako visok. Stoga će zrakoplov letiti na postavkama najvećeg doleta i trošiti minimalnu potrošnju goriva.

C_i=max

U slučaju C_i=max trošak vremena je jako visok, a trošak goriva je jako nizak. Stoga će zrakoplov letiti na maksimalnoj brzini tako da let traje minimalno vrijeme.

Indeks troškova je broj koji se koristi u Sustavu upravljanja letom (engl. *Flight Management System-FMS*) za optimiziranje brzine zrakoplova.

Uz ovaj broj i znanja o performansama zrakoplova, moguće je izračunati optimalnu brzinu za zrakoplove , što rezultira najnižim ukupnim troškovima .

Brzine sporije od optimalne brzine će rezultirati manjom potrošnjom goriva , ali i duže trajanje leta. Trošak dužeg trajanja leta je veći od uštede goriva pri brzinama ispod optimalne brzine.

Brzine brže od optimalne brzine će rezultirati većom potrošnjom goriva , ali i kraće trajanje leta. Ušteda od kraćeg trajanja leta je manje od potrošnje goriva pri brzinama iznad optimalne brzine.

Nizak indeks troškova znači da je nizak trošak vremena ili da je gorivo skupo. To će rezultirati manjoj brzini leta . Visok indeks troškova znači da su troškovi vremena visoki ili da je gorivo jeftino što će rezultirati većom brzinom leta.

7. ZAKLJUČAK

Sigurno, točno i isplativo izvršenje leta ne bi bilo moguće bez adekvatnog i preciznog planiranja rute, planiranja alternacije, izbora visine i proračuna ukupne količine goriva za let. Tijekom prijeletne pripreme vrlo je važno izračunati količinu tereta koji se može ukrcati u zrakoplov kako se ne bi prekoračila dozvoljena strukturalna ograničenja i ograničenja performansi zrakoplova. Politiku planiranja goriva treba uspostaviti i provoditi svaki operator na temelju propisa i vlastitih iskustava na određenim rutama. Nerijetko kompanije u svojim operacijskim priručnicima propisuju zahtjeve za prijevozom veće količine goriva nego što je propisano nacionalnim regulativama prvenstveno radi sigurnosti.

Za odabir najpovoljnije rute operator kao prvi izbor odabire najkraću rutu. Za konačni odabir te rute, operator mora provjeriti ispunjavaju li uvjeti i zabrane prolaskom kroz određeni zračni prostor i meteorološki uvjeti na toj ruti uvjete za izvršenje leta duž te rute.

Pri odabiru alternacije za određeni let, osim kriterija najkraće udaljenosti od destinacijskog aerodroma, treba uzeti u obzir meteorološku situaciju na altenacijskom aerodromu, radno vrijeme i u kojoj se državi nalazi alternacijski aerodrom, te postoji li operativni centar kompanije na tom aerodromu radi lakšeg smještaja i prijevoza putnika do konačne destinacije.

Na odabranoj visni leta duž cijele rute treba biti pokrivenost radionavigacijskim i radiotelekomunikacijskim signalom, te bi bilo poželjno odabrati optimalnu visinu leta u odnosu na trajanje leta i potrošnju goriva zrakoplova, uzimajući u obzir da u slučaju prijevoza putnika zrakoplov treba letiti određeno vrijeme u krstarenju zbog posluživanja putnika.

U ovom radu napravljen je proračun potrošnje za generički mlazni zrakoplov srednjeg doleta, te se dobiveni rezultati razlikuju od proračuna prikazanog u operativnom planu leta (prilog 6). Razlog tome je što generički zrakoplov prema CAP697 ima različite performanse i karakteristike u odnosu na zrakoplov Airbus A-320.

Rezultatom proračuna utvrđeno je da generički zrakoplov treba ukupnu količinu goriva od 5419.5 kg, a Airbus 4890 kg za rutu Dubrovnik-Zagreb za iste zadane meteorološke uvjete, odnosno generički zrakoplov treba 529,5 kg više. Masa na polijetanju generičkog zrakoplova je jednaka maksimalnoj masi na polijetanju što dovodi do velikog povećanja potrošnje goriva, što u ovom primjeru kod Airbusa nije slučaj.

Prosječna potrošnja goriva za generički zrakoplov iznosi 3120 kg/h, a za Airbus 2735 kg/h, što dovodi do toga da je generičkom zrakoplovu potrebno 180 kg više za putno gorivo i 285 kg više za alternacijsko gorivo.

Za potrebe lakšeg proračuna konačnog rezervnog goriva, ono je izračunato kao količina goriva potrebna za let 30 minuta na 1200 ft iznad aerodroma, umjesto 1500 ft iznad aerodroma. Zbog veće gustoće zraka na manjim visinama, potrošnja je veća te je količina konačnog rezervnog goriva veća za 170 kg za generički zrakoplov nego za Airbus.

Količina nepredviđenog putnog goriva je veća kod Airbusa za 83 kg iz razloga što Croatia Airlines, kompanija od koje je operativni plan leta za Airbus preuzet, primjenjuje svoje pravilo da nepredviđeno putno gorivo iznosi 6% putnog goriva ili 200 kg, što je veće. Za proračun nepredviđenog putnog goriva za generički zrakoplov primjenjeno je uobičajeno pravilo da ono iznosi 5% od putnog goriva. Gorivo za taksiranje je veće kod Airbusa iz razloga jer je pretpostavljeno duže korištenje pomoćnih pogonskih jedinica.

U slučaju da na određenoj ruti ne postoji pogodan rutni alternacijski aerodrom, vrlo korisno je prije leta izračunati Točku jednakog vremena, tako da u slučaju izvanredne situacije piloti zrakoplova znaju do kojeg aerodroma, odlaznog ili dolaznog, je potrebno manje vremena za dolazak i obavljanje slijetanja.

Izračun točke sigurnog povratka omogućuje posadi zrakoplova da u svakom trenutku leta znaju imaju li dovoljno goriva za povratak na odlazni aerodrom ili odlazni alternacijski aerodrom u slučaju izvanredne situacije, što daje još jedan dodatni faktor sigurnosti tijekom leta i u slučaju izvanredne situacije smanjenje opterećenja posade zrakoplova.

Nadopuna goriva, postupak prijevoza veće količine goriva zbog skupljeg goriva na destinaciji, osim što kompaniji donosi ekonomsku korist, povećava i određenu dozu sigurnosti zbog prijevoza veće količine goriva.

Kako se svaki posao u svijetu vrti oko novca tako je izmišljen i indeks troškova, čiji točan proračun za kompanije znači ušteda novca. Brzina skoro svakog komercijalnog leta zrakoplova određena je Indeksom troškova.

Točno izrađen plan leta, po svim etapama i fazama leta sa točnim proračunom goriva dovest će do sigurnog, točnog i isplativog leta zrakoplova, sa što manjim opterećenjem za posadu zrakoplova čija će jedina uloga biti nadziranje i vođenje zrakoplova po već pripremljenom planu leta.

LITERATURA

1. Airbus: *Aircraft flight manual – Airbus A320,* 2005.
2. Jeppesen: *Mass and Balance, Flight performance and planning 1*, Njemačka, 2004.
3. Jeppesen: *Flight Planning* , Njemačka, 2004.
4. Nordian: *Flight Planning* , London, 2006.
5. *Pravilnik o letenju zrakoplova*, Narodne novine br. 69/09, 84/11, 54/13 i 127/13 i 92/14
6. *Pravilnik o upravljanju zračnim prostorom*, Narodne novine br. 69/09
7. Tutiš, V., *Zrakoplovna meteorologija*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1997.
8. Jeppesen: *Meteorology*, Njemačka, 2004.
9. International Civil Aviation Organization: *Annex 2- Rules of the Air*, 2005.
10. Jeppesen: *Flight Planning and Flight Monitoring*, Njemačka, 2004.
11. https://en.wikipedia.org/wiki/Fly-by-wire, 16.7.2016.
12. http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/tech_data/AC/Airbus-AC_A320_01_May_2015.pdf, 14.7.2016.
13. http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=68, 25.7.2016.

POPIS SLIKA

Slika 1. Dimenzije zrakoplova Airbus A320 prikazane iz tlocrtne projekcije

Izvor:http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/tech_data/AC/Airbus-AC_A320_01_May_2015.pdf

Slika 2. Dimenzije zrakoplova Airbus A320 prikazane iz bokocrtne projekcije

Izvor:http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/tech_data/AC/Airbus-AC_A320_01_May_2015.pdf

Slika 3. Dimenzije zrakoplova Airbus A320 prikazane iz nacrtne projekcije

Izvor:http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/tech_data/AC/Airbus-AC_A320_01_May_2015.pdf

Slika 4. Proračun performansi zrakoplova na polijetanju

Izvor: LIDO aplikacija

Slika 5. Prikaz rute Dubrovnik-Zagreb

Izvor: LIDO aplikacija

Slika 6. Parne i neparne visine prema ICAO polukružnom sustavu

Izvor: Flight Planning and Flight Monitoring(033), Jeppesen

Slika 7. Optimalna visina leta za odabranu rutu

Izvor: CAP697-MRJT

Slika 8. Proračun putnog goriva za odabranu rutu za generički mlazni zrakoplov srednjeg doleta

Izvor: CAP697-MRJT

Slika 9. Proračun alternacijskog goriva za odabranu rutu za generički mlazni zrakoplov srednjeg doleta

Izvor: CAP697-MRJT

Slika 10. Proračun količine goriva za let u krugu čekanja za generički mlazni zrakoplov srednjeg doleta

Izvor: CAP697-MRJT

Slika 11. Točka jednakog vremena (engl. *Point of Equal Time-PET*) u uvjetima bez vjetra

Slika 12. Točka jednakog vremena (engl. *Point of equal time-PET*) u uvjetima čeone komponente vjetra

Slika 13. Prikaz Točke sigurnog povratka (engl. *Point of safe return-PSR*) u odnosu na vremensku udaljenost sigurne istrajnosti

Slika 14. Utjecaj vjetra na Točku sigurnog povratka

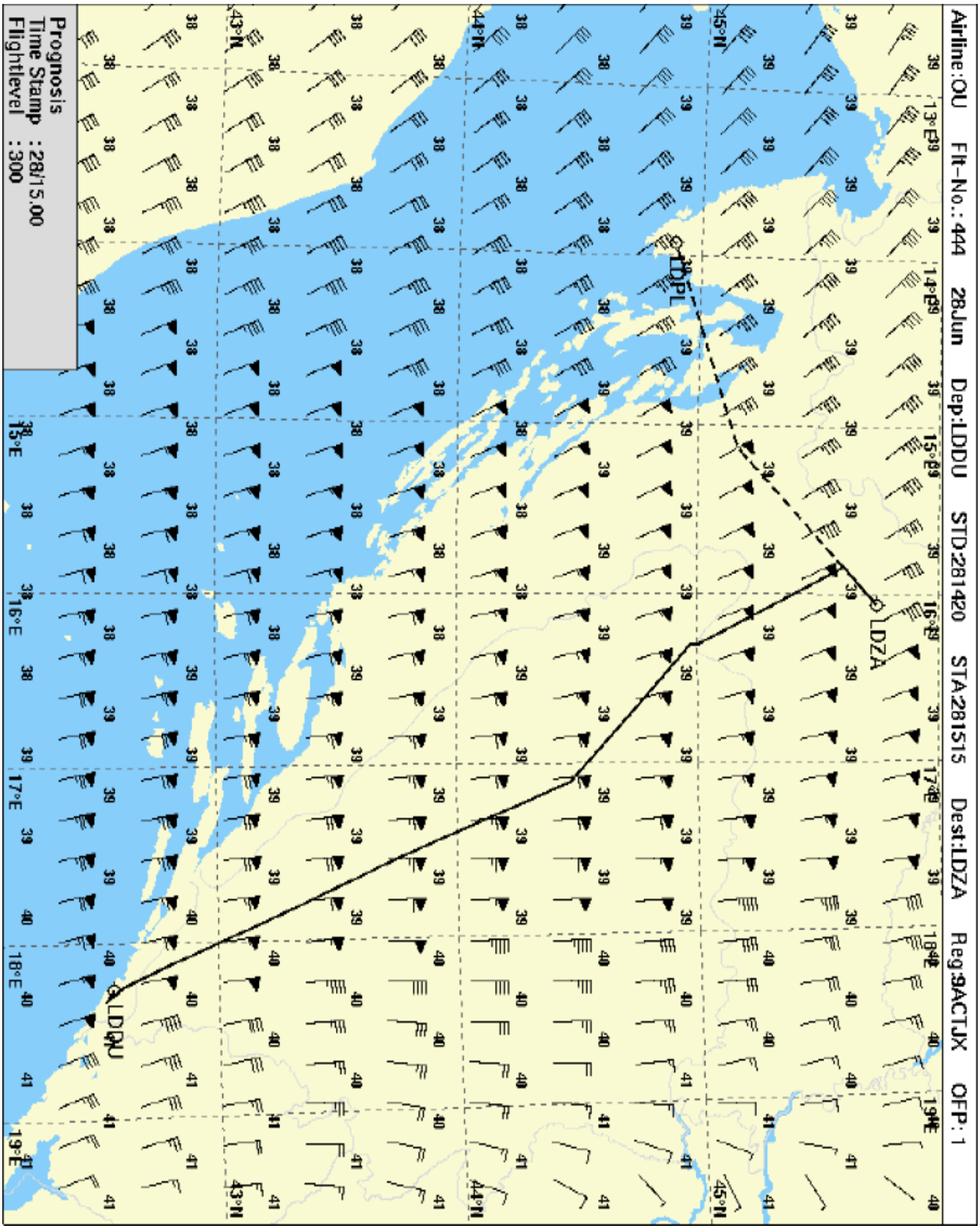
Slika 15. Izračun optimalne mase goriva za nadopunu

Izvor: Flight Planning and Monitoring(033), Jeppesen

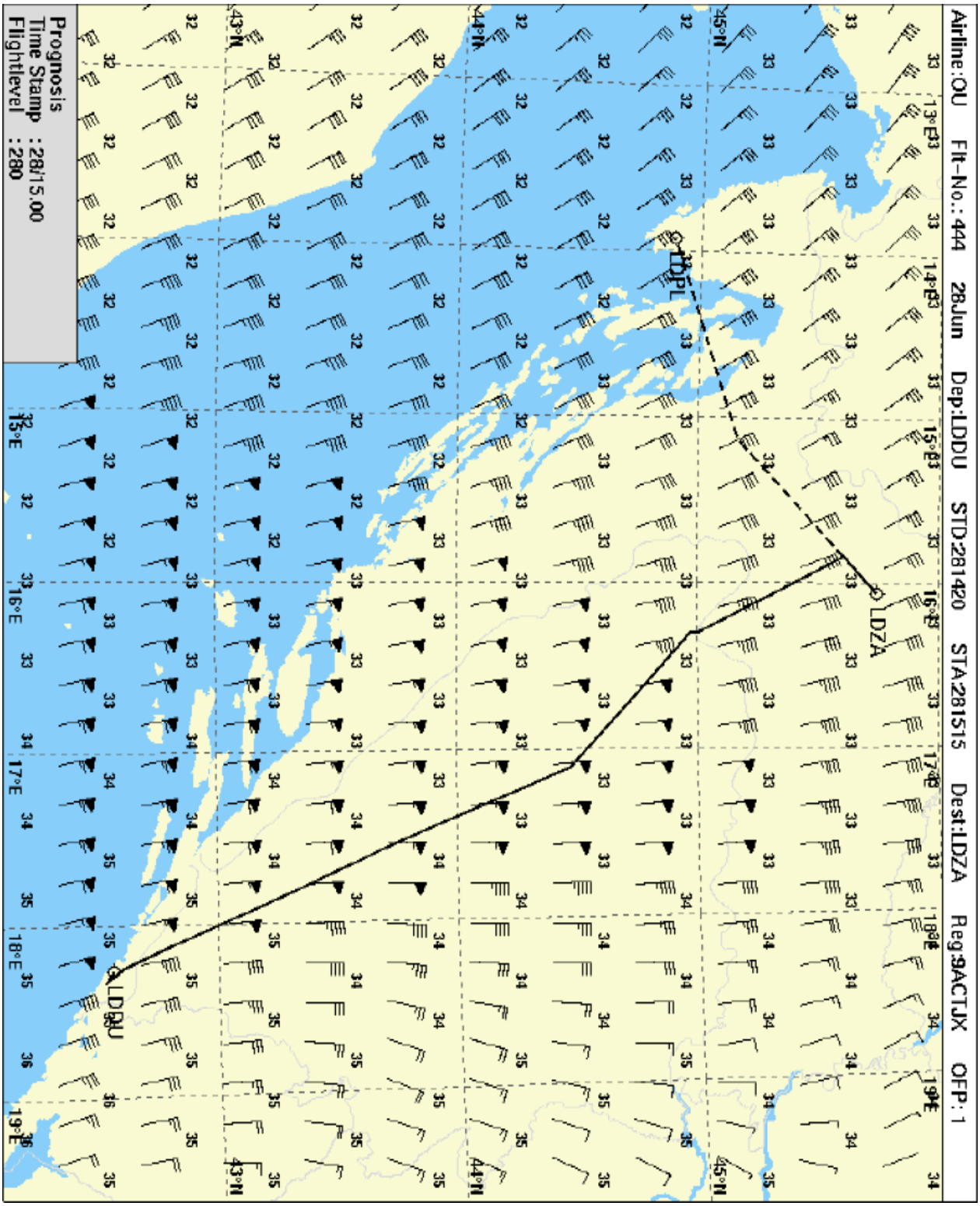
POPIS KRATICA

APU	(Auxiliary Power Unit) pomoćna pogonska jedinica
ATS	(Air Traffic Service) usluga zračnog prometa
BEM	(Basic Empty Mass) masa praznog zrakoplova
CDR	(Conditional Route) uvjetna ruta
DH	(Decision Height) visina odluke
DOM	(Dry Operating Mass) suha operativna masa
FL	(Flight Level) razina leta
FMS	(Flight Management System) sustav upravljanja letom
GS	(Ground Speed) putna brzina leta
MDA	(Minimum Descent Altitude) minimalna visina snižavanja
MLM	(Maximum Landing Mass) maksimalna masa na slijetanju
MRM	(Maximum Ramp Mass) maksimalna masa na stajanci
MTOM	(Maximum Take-Off Mass) maksimalna masa na polijetanju
MZFM	(Maximum Zero Fuel Mass) maksimalna masa bez goriva
OM	(Operating Mass) operativna masa
PET	(Point of Equal Time) točka jednakog vremena
PSR	(Point of Safe Return) točka sigurnog povratka
TAS	(True Air Speed) stvarna brzina leta

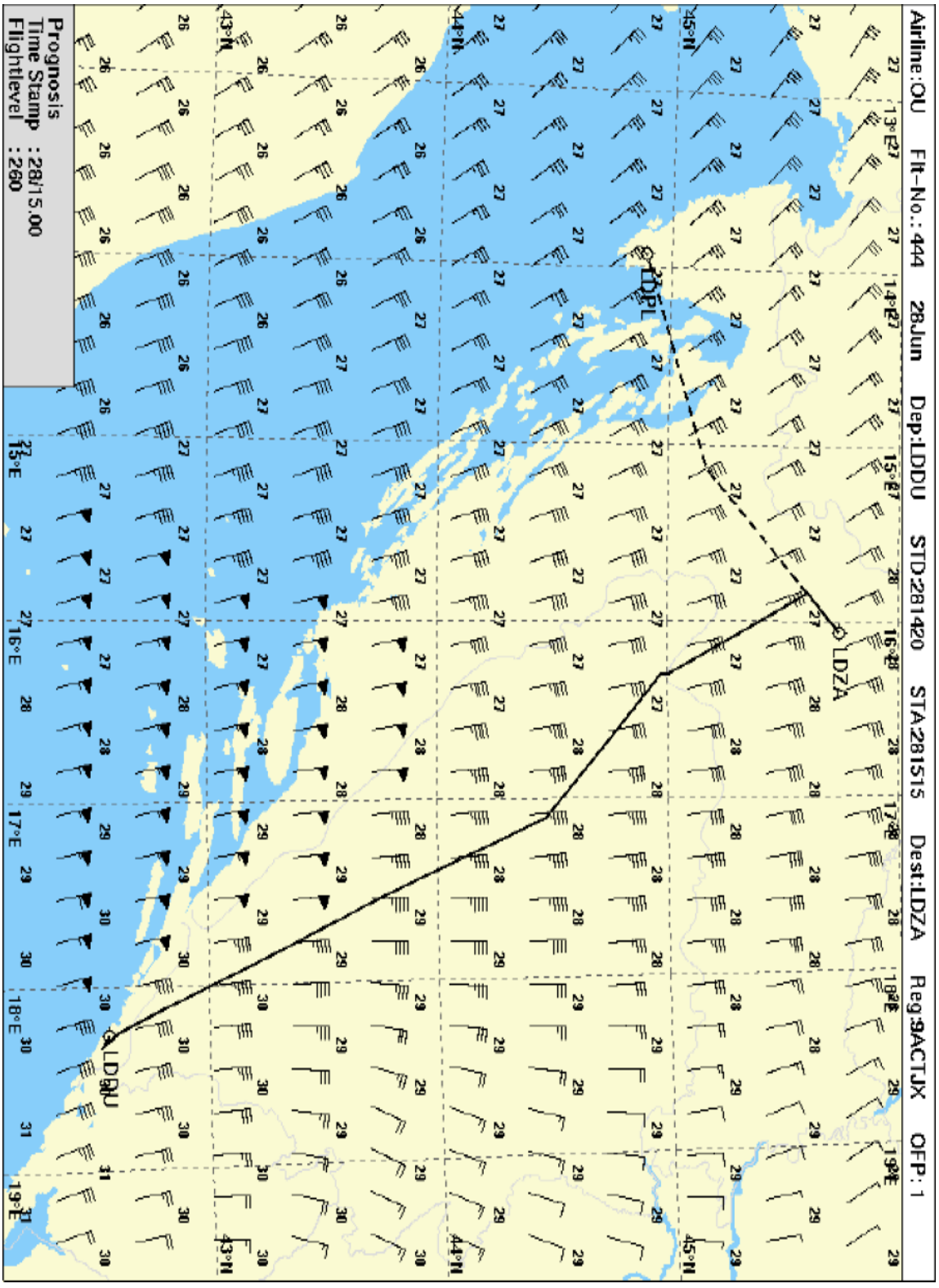
Prilog 1: Karta vjetra i temperature na visini FL300



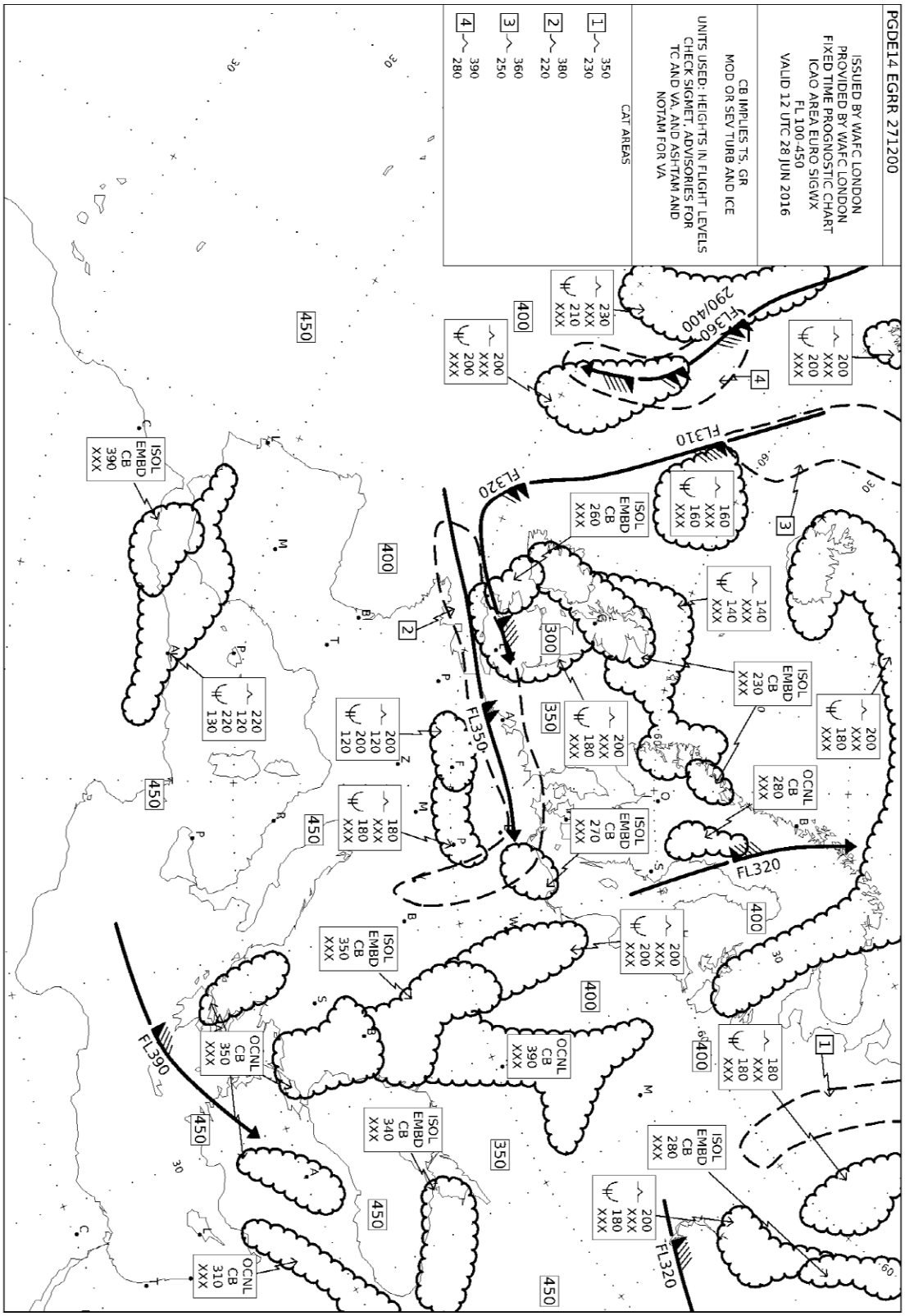
Prilog 2: Karta vjetra i temperature na visini FL280

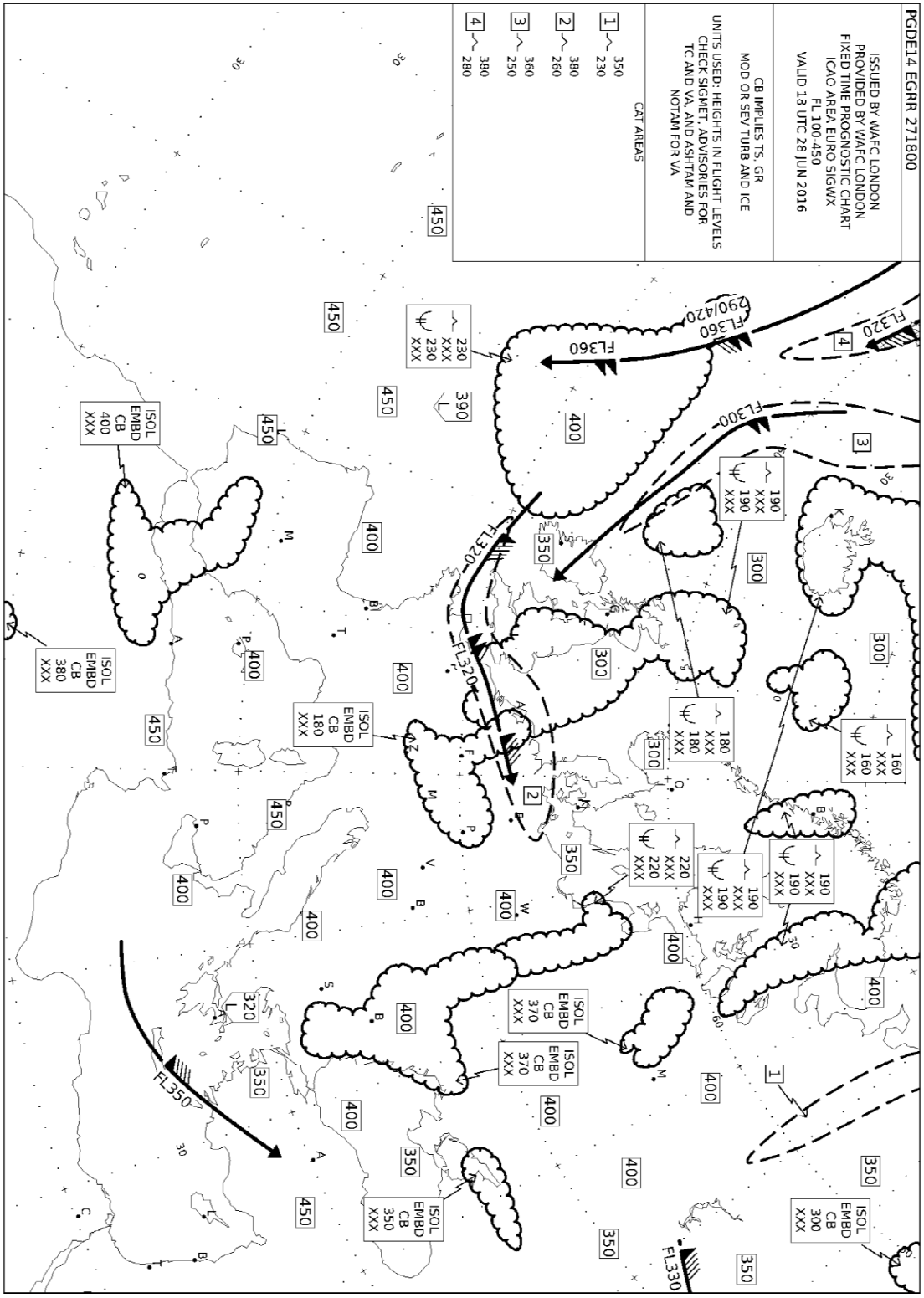


Prilog 3: Karta vjetra i temperature na visini FL260



Prilog 4: Karte značajnog vremena (SWC)




PGDE14 EGRR 271800
ISSUED BY WAFC LONDON
PROVIDED BY WAFC LONDON
FIXED TIME PROGNOSTIC CHART
ICAO AREA EURO SIGWX
FL 100-450
VALID 18 UTC 28 JUN 2016
CB IMPLIES TS, GR
MOD OR SEV TURB AND ICE
UNITS USED: HEIGHTS IN FLIGHT LEVELS
CHECK SIGMET, ADVISORIES FOR
TC AND VA, AND ASHTAM AND
NOTAM FOR VA
CAT AREAS
1 350 230
2 380 260
3 360 250
4 380 280
FL320
FL360
290/420
FL330
FL350
ISOL EMBD CB 400 XXX
ISOL EMBD CB 380 XXX
ISOL EMBD CB 180 XXX
ISOL EMBD CB 370 XXX
ISOL EMBD CB 350 XXX
ISOL EMBD CB 300 XXX

Prilog 5: METAR i TAF izvještaji

OU 444/28 JUN/DBV-ZAG Page 7

```
[ METAR, TAFs ]
------------------------------------------------------------------------
LIDO/WEATHER SERVICE        DATE: 28Jun16     TIME: 08:32 UTC

LDZA/ZAG  ZAGREB/PLESO
  SA  280800 27005KT 230V330 9999 FEW030 21/15 Q1018 NOSIG=
  FC  WX NOT AVAILABLE
  CF  WX NOT AVAILABLE
  FT  280525 2806/2906 VRB02KT CAVOK TX26/2813Z TN14/2903Z
             PROB30 TEMPO 2806/2807 0800 BCFG BKN001
             PROB30 TEMPO 2901/2906 0800 BCFG=
LIDO/WEATHER SERVICE        DATE: 28Jun16     TIME: 08:32 UTC

LDDU/DBV  DUBROVNIK/CILIPI
  SA  280800 03015KT 330V070 CAVOK 26/13 Q1013
             BECMG 24008KT=
  FC  WX NOT AVAILABLE
  CF  WX NOT AVAILABLE
  FT  280525 2806/2906 24008KT 9999 FEW050 TX27/2814Z TN21/2904Z
             TEMPO 2806/2807 02014KT
             PROB40 TEMPO 2810/2815 30015KT 4000 -TSRA FEW030CB
             SCT033
             BECMG 2815/2817 02020KT
             TEMPO 2817/2901 02024G35KT=
LIDO/WEATHER SERVICE        DATE: 28Jun16     TIME: 08:32 UTC

LDPL/PUY  PULA
  SA  280800 06005KT 020V130 CAVOK 25/09 Q1018 NOSIG=
  FC  WX NOT AVAILABLE
  CF  WX NOT AVAILABLE
  FT  280525 2806/2906 08006KT CAVOK TX26/2813Z TN15/2903Z
             BECMG 2809/2811 28008KT
             BECMG 2817/2819 VRB02KT=
LIDO/WEATHER SERVICE        DATE: 28Jun16     TIME: 08:32 UTC

LDSP/SPU  SPLIT/KASTELA
  SA  280800 04018KT CAVOK 27/10 Q1014
             TEMPO 04016G26KT=
  FC  WX NOT AVAILABLE
  CF  WX NOT AVAILABLE
  FT  280525 2806/2906 03012KT CAVOK TX30/2813Z TN19/2904Z
             TEMPO 2806/2817 03014G24KT
             BECMG 2817/2819 34008KT=
LIDO/WEATHER SERVICE        DATE: 28Jun16     TIME: 08:32 UTC

LJLJ/LJU  LJUBLJANA/BRNIK
  SA  280800 VRB02KT 9999 FEW040 17/13 Q1020 NOSIG=
  FC  WX NOT AVAILABLE
  CF  WX NOT AVAILABLE
  FT  280800 2809/2909 12005KT 9999 FEW060
             BECMG 2820/2822 32003KT CAVOK
             BECMG 2907/2909 FEW060=
```

7

Prilog 6: Operativni plan leta za rutu DUBROVNIK-ZAGREB (FL280)

```
OFP      OU444/28     28JUN LDDU/ DBV  LDZA/ ZAG   ELEVATION     353
1        9ACTJ  (100.0)     1420/1430  1505/1515   FMS
                      EST 1420/1430  1517/1527   COST INDEX     42
                      CTOT     ....               ROUTE      DBVZAG
ATS C/S  CTN4AU         ACT ..../....  ..../....   TTL DIST      257
                                                   SPEED        ECON
       LOAD     ZFW   ADDFU           LW     TOW   AVGE FF      2735
EST   17342   61000      0L   MAL  64500   73500   AVGE WC      M031
PLN   17342   61000      0L   PLN  63535   65693
ACT  ......  ......              ......  ......   TKOF ALTN .......
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
FLIGHT PLAN ROUTE
-LDDU/12 F280 MADOS4C MADOS L187 IDASI M867 MONID M725 RUDIK RUDIK4A
 LDZA/05
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
REMARKS(DISPATCH) & CLEARANCES:
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------

TRIP        2160  00.47                .....  .....

CONTMIN      200  00.04                .....  .....

ALTN        1140  00.27  LDPL          .....  .....  ....

FINAL RES   1200  00.30                .....  .....

HLDD       .....  .....                .....  .....

ADDFU      .....  .....

PLNTOF      4700  01.48                            FOUR SEVEN ZERO

EXTRA     ......  .....

TOF       ......  .....                .....  .....

TAXI        .190  00.10                .....

BLOCK     ......          TCAP  18730  .....  REM FUEL ...... AT ....

--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------

      ALTN       DIST  LVL   WIND  TIME   FUEL VIA
      LDPL/27     125  160 35/014  0027   1140 KOTOR3R KOTOR M986
                                              KULEN KULEN2F
 INFO/LDSP/05     176  200 35/020  0034   1440 NIVES4C NIVES Y137
                                    P0007   P300 PALEZ L862 OKLAX
                                              OKLAX3C
 INFO/LJLJ/30      96  140 34/010  0023    970 PODET4C PODET L603
                                    M0004   M170 VALLU VALLU2L
```

```
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------

DISPATCHER  DLESK              COMMANDER ......................


NO TANKERING RECOMMENDED (P)
REASON EXTRA FUEL    LOSS FOR EXTRA FUEL: 40US/TO
o ECN-ECONOMICAL     o OPN-TEMPORARILY      o ATC-AIR TRAFFIC CNTRL
o FOB-FUEL ON BOARD  o MSC-MISCELLANEOUS    o FPC-FLIGHT PLN CORR
o WXX-WEATHER        o DEV-TECHNICAL        ACT.CI/CRZ USED: . . .

--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
CLEARANCES                                          RVSM ALT CHK



-------------------------------------------------------------------------
AWY        POSITION     DIST  TRK TIME LVL  TP  W/V    TAS  RFU/ACT
MORA                                        T          GS    USED/..
-------------------------------------------------------------------------
      LDDU/12   A/B
-------------------------------------------------------------------------
SID    N42.36.2E018.14.9  33         7 CLB  40  35/020      3950 ...
94     MADOS             224      0007     P09               750 ...
                                  ../..
-------------------------------------------------------------------------
                          47         8      38  35/042      3410 ...
TOC                       176      0015 280 P07               1290 ...
                                  ../..
-------------------------------------------------------------------------
L187   N43.45.2E017.32.3  28 T335    4      39  36/055 476  3200 ...
93     VRANA             148      0019     -34         424  1500 ...
                                  ../..
-------------------------------------------------------------------------
L187   N44.28.2E017.06.3  47 T337    6      38  36/056 476  2860 ...
59     IDASI             101      0025     -34         422  1830 ...
                                  ../..
-------------------------------------------------------------------------
                          11 T311    2 DES  38  35/054 476  2790 ...
TOD                       91       0027     -33         435  1900 ...
                                  ../..
-------------------------------------------------------------------------
M725   N44.59.8E016.18.3  37         6 DES      35/035      2760 ...
44     RUDIK              54       0033                     1930 ...
                                  ../..
-------------------------------------------------------------------------
                          54        14          01/015      2540 ...
       LDZA/05             0       0047                     2160 ...
                                  ../..
```

```
ZFW CORR PS 1000 PLNTOF   PS 22 / MS 1000 PLNTOF MS 27
2000 FT BELOW     TRIP   PS 30  / TIME 00.47
4000 FT BELOW     TRIP   PS 50  / TIME 00.46


-----------------------------------------------------------------------
ADDITIONAL ALTERNATE INFO FOR: OFP OU444/28JUN LDDU/DBV - LDZA/ZAG
-----------------------------------------------------------------------


-----------------------------------------------------------------------
1ST DESTINATION ALTERNATE AERODROME: LDPL
RTE DIST: 125    FT: 0027
FLIGHT PLAN ROUTE
-LDZA/05 KOTOR3R KOTOR M986 KULEN KULEN2F LDPL/27
-----------------------------------------------------------------------
AWY        POSITION     DIST  TRK TIME LVL  TP  W/V    TAS  RFU/ACT
MORA                                        T         GS    USED/..
-----------------------------------------------------------------------
       LDZA/05  A/B
-----------------------------------------------------------------------
                          31         7 CLB  41  35/015      1860 ...
TOC                       94      0007 160 P08               680 ...
                                 ../..
-----------------------------------------------------------------------
SID    N45.26.5E015.34.3  14 T229    2      41  33/022 356  1780 ...
60     KOTOR              80      0009     -07         360   760 ...
                                 ../..
-----------------------------------------------------------------------
                          20 T228    3 DES  41  32/021 356  1640 ...
TOD                       60      0012     -06         357   900 ...
                                 ../..
-----------------------------------------------------------------------
M986   N45.09.9E015.08.0   5         1 DES      33/020      1620 ...
       KULEN              55      0013                       910 ...
                                 ../..
-----------------------------------------------------------------------
                          55        14          01/012      1400 ...
       LDPL/27             0      0027                      1140 ...
                                 ../..


-----------------------------------------------------------------------
2ND DESTINATION ALTERNATE AERODROME: LDSP
RTE DIST: 176    FT: 0034
FLIGHT PLAN ROUTE
-LDZA/05 NIVES4C NIVES Y137 PALEZ L862 OKLAX OKLAX3C LDSP/05
-----------------------------------------------------------------------
AWY        POSITION     DIST  TRK TIME LVL  TP  W/V    TAS  RFU/ACT
MORA                                        T         GS    USED/..
-----------------------------------------------------------------------
       LDZA/05  A/B
-----------------------------------------------------------------------
```

```
                          45         9 CLB  40  34/018      1990 ...
TOC                      131      0009 200 P09               840 ...
                                 ../..
-------------------------------------------------------------------
SID    N45.13.4E015.54.5   1 T192    0      40  33/029 371  1990 ...
68     NIVES             131      0009     -15         393   840 ...
                                 ../..
-------------------------------------------------------------------
Y137   N44.56.5E015.44.6  18 T202    3      41  33/030 371  1890 ...
68     RASTU             112      0012     -15         391   940 ...
                                 ../..
-------------------------------------------------------------------
Y137   N44.34.5E015.32.0  24 T202    3 DES  41  33/031 371  1750 ...
68     PALEZ              89      0015     -15         393  1090 ...
                                 ../..
-------------------------------------------------------------------
L862   N44.23.4E015.40.1  12 T153    2      41  33/031 365  1680 ...
68     DIGOT              76      0017     -13         395  1150 ...
                                 ../..
-------------------------------------------------------------------
                           4 T153    1 DES  41  34/032 365  1660 ...
TOD                       72      0018     -13         398  1170 ...
                                 ../..
-------------------------------------------------------------------
L862   N43.52.1E016.02.6  32         5 DES      34/024      1590 ...
       OKLAX              41      0023                      1250 ...
                                 ../..
-------------------------------------------------------------------
                          40        11          02/014      1400 ...
       LDSP/05             0      0034                      1430 ...
                                 ../..

-------------------------------------------------------------------
END OF ADDITIONAL ALTERNATE INFO
-------------------------------------------------------------------


FF EUCHZMFP EUCBZMFP
       EDDFCTNX
(FPL-CTN4AU-IS
-A320/M-SDE2FGILORWY/H
-LDDU1420
-N0475F280 MADOS4C MADOS L187 IDASI M867 MONID M725 RUDIK RUDIK4A
-LDZA0037 LDPL
-PBN/B2B3B4B5D1S1S2 DOF/160628 REG/9ACTJX EET/LQSB0008 LDZO0033
 OPR/CTN RVR/075)
```

METAPODACI

Naslov rada: PRORAČUN POTROŠNJE GORIVA ZA MLAZNI ZRAKOPLOV SREDNJEG DOMETA

Student: Marko Lubura

Mentor: izv. prof. dr. sc. Doris Novak

Naslov na drugom jeziku (engleski): FUEL CALCULATION FOR THE MRJT AIRCRAFT

Povjerenstvo za obranu:

- ____doc. dr. sc. Anita Domitrović____ predsjednik
- _____izv. prof. dr. sc. Doris Novak_____ mentor
- _____izv. prof. dr. sc. Željko Marušić___ član
- _____prof. dr. sc. Tino Bucak_____ zamjena

Ustanova koja je dodijelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Zavod: ___Aeronautika_____

Vrsta studija: _Preddiplomski_____

Studij: _____Aeronautika_____

Datum obrane završnog rada:____30.8.2016._____

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih
znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj završni rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada pod naslovom **PRORAČUN POTROŠNJE GORIVA ZA MLAZNI ZRAKOPLOV SREDNJEG DOMETA**

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

Student/ica:

U Zagrebu, 23.8.2016 MARKO LUBURA

(potpis)