**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Ferdinand Čičmir

**RUTNA ANALIZA ZRAKOPLOVA DASH 8 Q400 I ATR 42**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2010.**

**Sveučilište u Zagrebu**

**Fakultet prometnih znanosti**

**DIPLOMSKI RAD**

**RUTNA ANALIZA ZRAKOPLOVA DASH 8 Q400 I ATR 42**

Mentor: prof. dr. sc. Sanja Steiner

Diplomand: Ferdinand Čičmir

**Zagreb, 2010**

SADRŽAJ

[1. UVOD 1](#_Toc263750855)

[1.1 Definicija rada i predmet istraživanja 1](#_Toc263750856)

[1.2 Svrha i cilj rada 1](#_Toc263750857)

[1.3 Struktura rada 1](#_Toc263750858)

[1.4 Dosadašnja istraživanja i očekivani rezultati 2](#_Toc263750859)

[2. PRORAČUN PERFORMANSI TURBO-PROP ZRAKOPLOVA 4](#_Toc263750860)

[2.1 Tehničke karakteristike zrakoplova Dash 8 Q400 5](#_Toc263750861)

[2.2 Tehničke karakteristike zrakoplova ATR 42 7](#_Toc263750862)

[2.3 Teorijska podloga proračuna vučne sile i snage turbo-prop zrakoplova 9](#_Toc263750863)

[2.3.1 Proračun potrebne vučne sile i potrebne snage motora 9](#_Toc263750864)

[2.3.2 Proračun raspoložive vučne sile i raspoložive snage motora 12](#_Toc263750865)

[2.3 Proračun brzine penjanja 13](#_Toc263750866)

[2.4 Dolet i istrajnost turbo-prop zrakoplova 14](#_Toc263750867)

[2.4.1 Proračun doleta turbo-prop zrakoplova 14](#_Toc263750868)

[2.4.2 Proračun istrajnosti turbo-prop zrakoplova 15](#_Toc263750869)

[2.5 Proračun potrebne duljine staze za polijetanje i slijetanje 15](#_Toc263750870)

[2.5.1 Potrebna duljina staze za polijetanje 15](#_Toc263750871)

[2.5.2 Potrebna duljina staze za slijetanje 17](#_Toc263750872)

[3. TROŠKOVI EKSPLOATACIJE ZRAKOPLOVA 18](#_Toc263750873)

[3.1 Troškovi u životnom vijeku zrakoplova 18](#_Toc263750874)

[3.2 Troškovi zrakoplova na letu za zrakoplove Dash 8 Q400 i ATR 42-300 19](#_Toc263750875)

[3.2.1 Kalkulacija operativnih troškova za zrakoplov Dash 8 Q400 kompanije Croatia Airlines 22](#_Toc263750876)

[3.2.1.1 Kalkulacija troškova letačkog i kabinskog osoblja za zrakoplov Dash 8 Q400 22](#_Toc263750877)

[3.2.1.2 Kalkulacija troškova goriva i maziva za zrakoplov Dash 8 Q400 25](#_Toc263750878)

[3.2.1.3 Kalkulacija troškova zrakoplovnog tehničara za zrakoplova Dash 8 Q400 26](#_Toc263750879)

[3.2.1.4 Kalkulacija troška održavanja zrakoplova Dash 8 Q400 27](#_Toc263750880)

[3.2.1.5 Kalkulacija troška osiguranja zrakoplova Dash 8 Q400 28](#_Toc263750881)

[3.2.1.6 Kalkulacija troškova kamate 29](#_Toc263750882)

[3.2.1.7 Kalkulacija troškova amortizacije 29](#_Toc263750883)

[3.2.1.8 Kalkulacija troškova navigacijskih i aerodromskih pristojbi 31](#_Toc263750884)

[3.2.2 Kalkulacija operativnih troškova za zrakoplov ATR 42-300 kompanije Croatia Airlines 32](#_Toc263750885)

[3.3 Upravljanje potrošnjom goriva 33](#_Toc263750886)

[3.3.1 Planiranje goriva za let 35](#_Toc263750887)

[3.3.2 Cost index koncept 37](#_Toc263750888)

[4. RUTNA ANALIZA ZA ZRAKOPLOVE DASH 8 Q400 I ATR 42 38](#_Toc263750889)

[4.1 Rutna analiza zrakoplova ATR 42-300 38](#_Toc263750890)

[4.1.1 Rutna analiza zrakoplova ATR 42-300 pri minimalnom vremenu leta 39](#_Toc263750891)

[4.1.2 Rutna analiza zrakoplova ATR 42-300 pri maksimalnom doletu u krstarenju 45](#_Toc263750892)

[4.2 Rutna analiza zrakoplova Dash 8 Q400 51](#_Toc263750893)

[4.3 Upravljanje cost indeksom na domaćoj i međunarodnoj ruti za zrakoplove ATR 42 i Dash 8 Q400 55](#_Toc263750894)

[4.3.1 Rutna analiza zrakoplova ATR 42 na ruti Zagreb – Split 61](#_Toc263750895)

[4.3.2 Rutna analiza zrakoplova Dash 8 Q400 na ruti Zagreb – Split 67](#_Toc263750896)

[4.3.3 Rutna analiza zrakoplova ATR 42 na ruti Zagreb – Zurich 67](#_Toc263750897)

[4.3.4 Rutna analiza zrakoplova Dash 8 Q400 na ruti Zagreb – Zurich 73](#_Toc263750898)

[4.4 Utjecaj vjetra na rutno planiranje 74](#_Toc263750899)

[5. ZAKLJUČAK 76](#_Toc263750900)

[Literatura 78](#_Toc263750901)

[Popis slika, tablica i grafikona 80](#_Toc263750902)

[Popis kratica 85](#_Toc263750903)

# UVOD

## Definicija rada i predmet istraživanja

Kupnja zrakoplova danas je složen i velik problem s obzirom na troškove koji se javljaju prilikom kupnje zrakoplova i u eksploataciji zrakoplova. Zrakoplovni operateri kod kupnje zrakoplova vode računa o svim troškovima kako bi kompanija imala što veći profit od zrakoplova tokom uporabe. Croatia Airlines je 2008. godine obavila izmjenu zrakoplova u svojoj floti tj. zamijenila je zrakoplove tipa ATR 42 sa novim zrakoplovima Bombardier Dash 8 Q400 tvrtke de Havilland Canada, uz ova dva navedena zrakoplova Croatia Airlines u svojoj floti ima i zrakoplove kompanije Airbus i to tipovi A319 i A320.

Predmet istraživanja ovog rada su troškovi koji se javljaju u eksploataciji (direktni i indirektni troškovi), te troškovi zrakoplova na ruti tj. rad će biti usmjeren na rutnoj analizi ova dva zrakoplova. Rutna analiza provest će se na dvije rute, međunarodnu rutu ( Zagreb – Zurich) i domaću rutu ( Zagreb – Split). Uz rutnu analizu u obzir će se uzeti i prometna potražnja na zadanim rutama, te istražiti isplativost navedenih zrakoplova na zadanim rutama.

## Svrha i cilj rada

Cilj rada je detektiranje komparativnih prednosti uzorka zrakoplova s aspekta rutnog planiranja. Usporediti zrakoplove kompanije Croatia Airlines, grafički i proračunski dokazati koji je zrakoplov bolji na pojedinim rutama, koji ima manje troškove u eksploataciji tj. troškovi koji se javljaju prilikom kupnje, održavanju i samoj uporabi zrakoplova, koji ima bolje performanse i izgled. Rad bi zrakoplovnim kompanijama trebao pomoći pri odabiru zrakoplova u svojoj floti, prikazati troškove koji se javljaju, te isplativost zrakoplova na odabranim rutama.

## Struktura rada

Rad se sastoji od 5 sadržajnih cjelina tj. poglavlja. U prvom poglavlju odnosno *uvodnom poglavlju* postavljeni su definicija rada i predmet istraživanja te ciljevi i svrha istraživanja, a predstavljena je i struktura rada.

Drugo poglavlje pod nazivom *proračun letnih performansi turbo – prop zrakoplova* donosi opisivanje parametara zrakoplova koji se istražuju, način proračuna potrebnih i raspoloživih vučnih sila turbo – prop zrakoplova, brzina penjanja, dolet i istrajnost i proračun potrebne duljine staze za slijetanja i polijetanje.

Treće poglavlje pod nazivom *troškovi eksploatacije zrakoplova*, donosi opisivanje troškova zrakoplova u čitavom životnom vijeku. Odnosno opisivanje troškova zrakoplova u održavanju, troškovi na ruti, usporedba direktnih i indirektnih operativnih troškova zrakoplova ATR 42 i Dash 8 Q400.

Četvrto poglavlje pod nazivom *rutna analiza*, ujedno je i najveće poglavlje i poglavlje prema kojoj je usmjerena tema diplomskog rada, obuhvaća analizu troškova zrakoplova na određenoj ruti, visine pri kojoj je najekonomičnije letjeti zrakoplovom, kojom brzinom i pri kojim indeksu troška. Usporediti će se dobiveni podaci analiziranih zrakoplova, te se određuje koji je zrakoplov prikladniji za određenu rutu, koji zrakoplov ima više troškova, koji brže dolazi do odredišta i koji zrakoplov potroši više goriva.

Poglavlje donosi i pregled svih dobivenih rezultata i grafičko prikazivanje prednosti i nedostatke analiziranih zrakoplova, koji je zrakoplov bolji za Hrvatsku nacionalnu kompaniju Croatia Airlines

Zadnje peto poglavlje donosi *zaključak* kao konačni rezultat i objašnjenje istraživanja provedenih u ovom radu s osvrtom na rutnu analizu.

## Dosadašnja istraživanja i očekivani rezultati

Do danas nijedno istraživanje nije bilo usmjereno prema usporedbi ovih dvaju zrakoplova, već su obrađene rutne analize pojedinih zrakoplova.

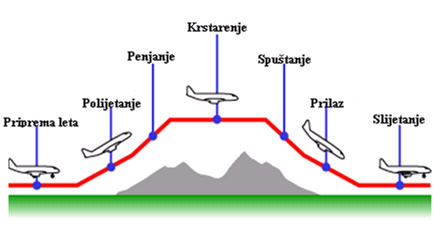
Za očekivati je da je ATR 42 bolji zrakoplov za nacionalne rute odnosno rute kratkog doleta zbog same prometne potražnje u zimskim razdobljima, dok se može očekivati da je Dash 8 Q400 bolji za regionalne odnosno dolete srednje udaljenosti ( rute RH sa EU).

Kako zračni promet sve više i više raste, a naročito na području istočne i jugo-istočne Europe, sa stajališta dugoročnog planiranja bolji zrakoplov bi bio Dash 8 Q400 jer je prometna potražnja na području RH i naše regije sve veća i veća pa bi i samim time i prometna ponuda trebala biti veća i za očekivati je da će kroz narednih godina potražnja premašiti brojku od 50 putnika po letu po letu koliki je broj sjedala u zrakoplovu ATR 42.

# PRORAČUN PERFORMANSI TURBO-PROP ZRAKOPLOVA

Pod pojmom performanse letjelica razumijevamo neke općenite karakteristike leta u uvjetima zadane energije letjelice kao što su na primjer daljina do koje može zrakoplov letjeti, vrijeme koje može zrakoplov provesti u zraku, maksimalna zakrivljenost putanje, optimalna brzina letjelice i drugo. U svim tim slučajevima ne zanima nas ni stabilnost letjelice, niti njeno

ponašanje u određenom trenutku. Letne performanse se mogu podijeliti na performanse polijetanja, penjanja, krstarenja, poniranja (planiranja), čekanja na slijetanje i slijetanja.



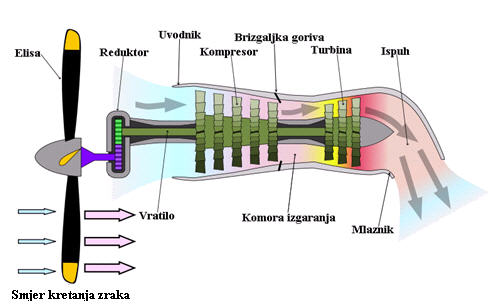
Slika 1. Profili leta tipičnog komercijalnog zrakoplova

Izvor: Radačić, Ž., Suić, I., Škurla Babić; R.: Tehnologija zračnog prometa; FPZ; Zagreb

Iz slike 1. vidljivo je da se let sastoji od 7 dijelova od kojih je krstarenje najveće i najduže traje, a samim time se prilikom izrade rutne analize za odabrane zrakoplove uzima let zrakoplova u krstarenju. Kako krstarenje najdulje traje potrebno je maksimalno smanjiti troškove kako bi zadani zrakoplov na letu imao što veći prihod.

Da bi mogli pojasniti performanse turbo-prop zrakoplova potrebno nam je objasniti kakav je to turbo-prop motor, od čega se sastoji i na koji način stvara vučnu silu. Kod izračuna performansi turbo-prop zrakoplova uzima se u obzir kao da je to zrakoplov sa stapnim motorom zbog istog načina stvaranja vučne sile, a to je pomoću elise. Dok se manji dio koji je ujedno i zanemariv stvara pomoću potiska ispuha mlaza iz motora ( < od 10%).

Turbo-prop zrakoplovi su zrakoplovi pokretani turbo-prop motorima. Turbo-prop ( turbo-elisni) motori su motori koji većinu energiju mlaza ispušnih plinova koriste za pokretanje turbine koja preko osovine direktno ili preko [zupčanika](http://bs.wikipedia.org/w/index.php?title=Zup%C4%8Danik&action=edit&redlink=1) pokreće [elisu](http://bs.wikipedia.org/w/index.php?title=Elisa&action=edit&redlink=1). Brzina vrtnje elise uglavnom je nepromjenjiva. Sila potiska koju stvaraju ti motori neznatna je. Motori se ugrađuju na manje putničke i cargo zrakoplove koji lete na manjim visinama i manjim brzinama. Kao i ostali mlazni motori sastoji se od usisnika zraka, kompresora, komora izgaranja i turbine. Gorivo se dodaje kompresiranom zraku, te smjesa izgara u komorama izgaranja. Vrući plinovi stvoreni procesom izgaranja prolaze kroz turbine. Dio stvorene energije troši se na pokretanje turbine za pogon kompresora, a preostala energija pokreće turbinu za pogon elise.



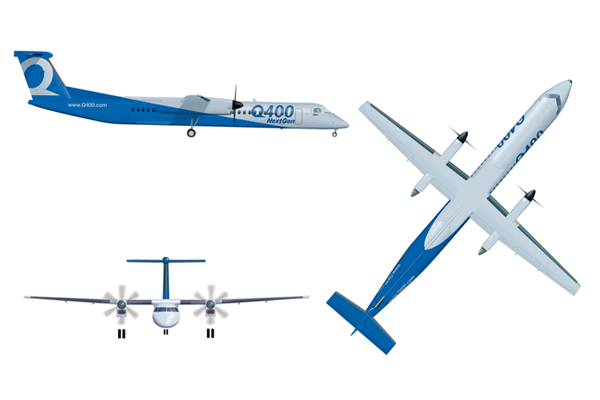
Slika 2. Turbo-prop motora sa označenim dijelovima

Izvor: [www.petervaldivia.com](http://www.petervaldivia.com)

## Tehničke karakteristike zrakoplova Dash 8 Q400

De Havilland Canada DHC-8, poznatiji pod imenom Dash 8, serija je [turbo-elisnih](http://hr.wikipedia.org/wiki/Mlazni_motor#Turbo-elisni_motor) [zrakoplova](http://hr.wikipedia.org/wiki/Avion) dizajnirana od kompanije de Havilland Canada u ranim [80.](http://hr.wikipedia.org/wiki/1980.)-tim. Proizvodnju je [1992.](http://hr.wikipedia.org/wiki/1992.) godine preuzela tvornica [Bombardier Aerospace](http://hr.wikipedia.org/w/index.php?title=Bombardier_Aerospace&action=edit&redlink=1). Od 1996 godine serija [zrakoplova](http://hr.wikipedia.org/wiki/Zrakoplov) dobiva oznaku Q ( quiet-tih ) radi ugradnje uređaja za smanjivanje buke i vibracija unutar aviona.

Istaknute karakteristike Dash 8 dizajna su: veliki T-rep ([horizontalni stabilizator](http://hr.wikipedia.org/wiki/Repne_povr%C5%A1ine_zrakoplova) na vrhu vertikalnog) s čime je izbjegnuto vrtloženje prilikom uzlijetanja oko horizontalnog stabilizatora uzrokovano radom [propelera](http://hr.wikipedia.org/wiki/Elisa), uvlačeći stajni trap ulazi prema nazad u produženu oplatu motora. Prvi let Dash 8 imao je [20. lipnja](http://hr.wikipedia.org/wiki/20._lipnja) [1983.](http://hr.wikipedia.org/wiki/1983.) godine a u upotrebu je ušao [1984.](http://hr.wikipedia.org/wiki/1984.) godine. Osnovne prednosti Dash 8 prema Dash 7 su bolje karakteristike leta i niži troškovi korištenja i održavanja. Sredinom [1990.](http://hr.wikipedia.org/wiki/1990.)-tih godina tržište je zahtijevalo uvođenje novijih, modernijih turbo-elisnih aviona. De Havilland-ov odgovor bila je nova Dash 8 Q400 serija. Tada tvornicu preuzima Bombardier i avion ulazi na tržište pod imenom Bombardier Q400. Sve inačice aviona od druge polovice 1996. godine opremljene su sustavom za smanjivanje buke i vibracija u kabini koje su dovedene blizu onih koje proizvode mlazni motori. Bombardier je od tada svim inačicama Dash 8 dodijelio predznak Q (Q100, Q200, Q300 i Q400). Dash 8 Q400 najnoviji je i najduži zrakoplov svoje serije, ima 70-78 sjedala ovisno o rasporedu i razmaku između sjedala. Za razliku od Dash serije 7 ima trup duži za gotovo 7 metara. U uporabi je ušao 2000. godine, postiže brzinu krstarenja od 670 km/h, pogonjen je sa dva turbo-prop motora PW150A sa 5000 ks. Dash 8 Q400 ekološki je najprihvatljiviji zrakoplov po količini ispuštanja ugljičnog dioksida i po razini jakosti buke, što je vrlo važno jer zrakoplovne luke EU naplaćuju takse za onečišćenje okoliša i za stvaranu buku, a samim time se profitabilnost na letu povećava. Maksimalna visina leta zrakoplova je 25000 ft ( 7620 metara). Trenutno je izgrađeno više od 1000 Dash-eva serije 8/Q, a do 2016. godine planira se izgraditi još 200 Dash-eva serije 8/Q.[[1]](#footnote-1)

****

Slika 3. Zrakoplov Dash 8 Q400

Izvor: [www.croatiaairlines.hr](http://www.croatiaairlines.hr)

Tablica 1. Osnovne konstrukcijske osobine zrakoplova Dash 8 Q400

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Dimenzije zrakoplova |  |  | Težine zrakoplova |  |
| Dužina | 32.84 m |  | MTOW[[2]](#footnote-2) | 29 257 kg |
| Raspon krila | 28.40 m |  | MLW[[3]](#footnote-3) | 28 009 kg |
| Visina | 8.34 m |  | MZFW[[4]](#footnote-4) | 25 855 kg |
| Promjer trupa | 2.69 m |  | OEW[[5]](#footnote-5) | 17 185 kg |
| Površina krila | 63.08 m2 |  | PLW[[6]](#footnote-6) | 8 670 kg |
| Površina vertikalnog repa | 14.10 m2 |  | Kapacitet goriva | 6 526 l |
| Površina horizontalnog repa | 16.72 m2 |  | Kapacitet ulja | 30l/motoru |
| Performanse |  |  | **Program održavanja** |  |
| Dolet[70 pax x 90 kg, ISA/SL] | 2522 km |  | Dnevni pregled | - |
| Max. brzina krstarenja | 667 km/h |  | Linijski pregled | Svakih 50 sati leta |
| Potrebna duljina za polijetanje | 1402 m |  | “A“ pregled | Svakih 100 sati leta |
| Potrebna duljina za slijetanje | 1287 m |  | “C“ pregled | Svakih 5000 sati leta |
| Plafon leta | 7620 m |  | Pregled strukture | Svakih 40000 sati leta |
| Buka pri polijetanju | 78.3 dB |  | Životni vijek | 80000 letova |
| Buka u prilazu | 94.8dB |  |  |  |

Izvor: [www.q400.com](http://www.q400.com)

## Tehničke karakteristike zrakoplova ATR 42

ATR[[7]](#footnote-7) 42 je dvomotorni [turbo-prop](http://hr.wikipedia.org/wiki/Mlazni_motor#Turbo-propelerni_motor) [zrakoplov](http://hr.wikipedia.org/wiki/Zrakoplov) kojeg je proizvela [francusko](http://hr.wikipedia.org/wiki/Francuska)-[talijanski](http://hr.wikipedia.org/wiki/Italija) [ATR](http://hr.wikipedia.org/wiki/ATR). Broj u imenu označuje broj sjedišta (42) iako u nekim njihovim razmještajima [avion](http://hr.wikipedia.org/wiki/Avion) može prevesti i do 50 putnika ( ovisno o rasporedu sjedala i razmaku između sjedala).

Razvoj zrakoplova počeo je u listopadu 1981. godine prvi prototip uzletio je [16. kolovoza](http://hr.wikipedia.org/wiki/16._kolovoza) [1984.](http://hr.wikipedia.org/wiki/1984.) godine, a certifikat dobiva iduće godine [1985.](http://hr.wikipedia.org/wiki/1985.) U prosincu 1985. godine francuska kompanija Air Littoral leti s ATRom 42 prvi komercijalni let. Do siječnja [2007.](http://hr.wikipedia.org/wiki/2007.) godine isporučeno je 390 aviona dok su još 11 u izgradnji. Postoje više inačica serije 42, a to su ATR 42-200/300/320/400/500/600. Zrakoplov pogoni dva turbo-prop motora tvrtke Pratt & Whitney PW 120 snage 3600 ks. Nakon velikog uspjeha tvrtke sa serijom 42, izgrađena je i serija 72 koja je produžena verzija ATR 42 i može primiti 72 putnika, a duža je od ATR 42 za 4.5 metara.[[8]](#footnote-8)



Slika 4. Zrakoplov ATR 42-300

Izvor: [www.croatiaairlines.hr](http://www.croatiaairlines.hr)

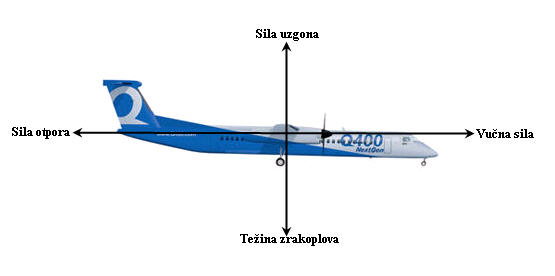
Tablica 2. Osnovne konstrukcijske osobine zrakoplova ATR 42-300

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Dimenzije zrakoplova |  |  |  |  |
| Dužina | 22.67 m |  | Raspon krila | 24.57 m |
| Visina | 7.59 m |  | Površina krila | 54.50 m2 |
| Raspon horizontalnog repa | 7.65 m |  | Udaljenost vrha elise od trupa | 0.82 m |
| Udaljenost središta motora | 8.10 m |  | Udaljenost glavnog od nosnog podvozja | 8.78 m |
| Promjer trupa | 2.8 m |  | Razmak glavnog podvozja | 4.10 m |
| Težine zrakoplova |  |  | **Performanse** |  |
| MTOW | 16 700 kg |  | Dolet | 1600 km |
| MLW | 16 400 kg |  | Max. brzina krstarenja | 490 km/h |
| MZFW | 15 200 kg |  | Potrebna duljina za polijetanje | 1040 m |
| OEW | 10 400 kg |  | Potrebna duljina za slijetanje | 1030 m |
| PLW | 4600 kg |  | Plafon leta | 7620 m |
| Kapacitet goriva | 4500 l |  |  |  |

Izvor: [www.atraircraft.com](http://www.atraircraft.com)

## Teorijska podloga proračuna vučne sile i snage turbo-prop zrakoplova

Svi proračuni u diplomskom radu odnose se na uvjete ustaljenog horizontalnog leta zrakoplova.



Slika 5. Sile koje djeluju na zrakoplov u horizontalnom letu

Izvor: autor

Na zrakoplovu u horizontalnom letu djeluju 4 sile, a to su: težina zrakoplova [G], sila uzgona [Fz], sila otpora [Fx] i vučna sila [Ft ili T]. Pri čemu je:

### Proračun potrebne vučne sile i potrebne snage motora

Potrebna vučna sila kod zrakoplova sa turbo-prop motorom se sa porastom brzine smanjuje do određene brzine, a nakon te brzine potrebna vučna sila opet počinje rasti. Dok potrebna snaga zrakoplova sa turbo-prop motorom sa porastom brzine smanjuje sa blagim padom pri početku povećanja brzine, a nakon te brzine potrebna snaga raste do krajnje brzine zrakoplova. Potrebna vučna sila se kod zrakoplova sa turbo-prop motorom označava sa Tr što je kratica od engleskog, a znači *require thrust,* dok se potrebna snaga kod turbo-prop zrakoplova označava sa Pr što je kratica od engleskog, a označava *require power.*

Kod proračuna potrebne vučne sile i snage za turbo-prop zrakoplov slijedi ovaj postupak:

1. Proračun koeficijenta uzgona 2. Proračun koeficijenta induciranog otpora

gdje je

1. Proračun koeficijenta otpora 4. Proračun finese ( odnos uzgona i otpora)

1. Proračun potrebne vučne sile 6. Proračun potrebne snage

**Promjena potrebne vučne sile i snage sa visinom leta**

Potrebna snaga turbo-prop zrakoplova se mijenja sa promjenom visine leta, postupak proračuna potrebne snage motora izgleda ovako:

Grafikon 1. Promjena potrebne vučne sile zrakoplova Dash 8 Q400 na ISA/SL i na visini leta od 5000m u ovisnosti o brzini leta

Izvor: autor

Grafikon 2. Promjena potrebne snage zrakoplova Dash 8 Q400 na ISA/SL i na visini leta od 5000 m u ovisnosti o brzini leta zrakoplova

Izvor: autor

### Proračun raspoložive vučne sile i raspoložive snage motora

Raspoloživa vučna sila i snaga predstavljaju onu snagu i vučnu silu sa kojom zrakoplov raspolaže. Kako bi zrakoplov mogao ostvariti let, raspoloživa snaga i vučna sila moraju biti veća od teoretski potrebnog.

U slučaju zrakoplova sa turbo-prop motorom, raspoloživa vučna sila se smanjuje sa porastom brzine leta. Raspoloživa vučna sila označava se sa Ta što je kratica od engleskog, a znači *avaible thrust*, dok se raspoloživa snaga kod turbo-prop zrakoplova označava sa Pa što je kratica od engleskog, a znači *avaible power*.

Raspoloživa snaga mijenja se sa visinom leta i sa promjenom brzine leta. Njezin proračun na razini sea levela obavlja se prema sljedećoj formuli:

1. Raspoloživa snaga na Sea level-u 2. Raspoloživa vučna sila na Sea level-u

**Promjena raspoložive vučne sile i raspoložive snage sa visinom leta**

Raspoloživa vučna sila mijenja se sa porastom visine pa postupak za proračun raspoložive vučne sile izgleda ovako:

Grafikon 3. Promjena raspoložive vučne sile zrakoplova Dash 8 Q400 na ISA/SL i na visini od 5000 m u ovisnosti o brzini leta zrakoplova

Izvor: Autor

## Proračun brzine penjanja

Brzina penjanja izražava se kao promjena visine leta po jedinici vremena i predstavlja okomitu komponentu brzine leta. Kada zrakoplov leti horizontalnim smjerom brzina penjanja je jednaka nuli.

Proračun brzine penjanja izračunava se po sljedećoj formuli:

Porastom visine leta rezerva snage se smanjuje, pa tako i vrijednost brzine penjanja. Visina na kojoj je Pa=Pr tj. kada se sva raspoloživa snaga troši na realizaciju brzine, pri čemu je vc= 0 označuje se u teoriji kao plafon leta odnosno najveća visina koju zrakoplov može postići.

## Dolet i istrajnost turbo-prop zrakoplova

### Proračun doleta turbo-prop zrakoplova

Dolet zrakoplova je daljina do koje zrakoplov može letjeti kad se uzme u obzir njegova specifična potrošnja goriva i količina goriva koju nosi. Odnosno dolet je horizontalna projekcija udaljenosti koju neki zrakoplov pređe s određenom količinom goriva.

Za proračun doleta turbo-prop zrakoplova upotrebljava se sljedeća formula:

Iz izraza za dolet turbo-prop zrakoplova može se zaključiti da najveći dolet turbo-prop zrakoplov ostvaruje pri brzini leta koja odgovara vrijednosti najveće finese Fmax.



Slika 6. Dolet zrakoplova Dash 8 Q400 u Europi

[www.q400.com](http://www.q400.com)

Iz prikazane slike 6. vidi se da zrakoplov Dash 8 Q400 zadovoljava potrebe čitave regija i da može opslužiti sve gradove Europe svojim doletom.

### Proračun istrajnosti turbo-prop zrakoplova

Istrajnost leta je vrijeme leta koje zrakoplov ostvari s danom količinom goriva. Najveća se istrajnost leta realizira pri najmanjoj potrošnji goriva po jedinici vremena. Ponekad nam je potrebno što dulje boraviti u zraku. To je slučaj kada ne možemo sletjeti iz bilo kojih razloga te moramo čekati da se stvore uvjeti za slijetanje. Zbog toga je poželjno da je istrajnost zrakoplova što veća.

Za proračun istrajnosti turbo-prop zrakoplova upotrebljava se sljedeća formula:

Iz izraza za istrajnost turbo-prop zrakoplova može se zaključiti da se najveća istrajnost leta zrakoplova ostvaruje kada je faktor penjanja najveći.

## Proračun potrebne duljine staze za polijetanje i slijetanje

Duljina staza za polijetanja i slijetanja su direktno povezane sa performansama zrakoplova koji ih koriste. Što su zrakoplovi veći (teži) i brži, potrebna im je veća duljina staze za polijetanje i slijetanje odnosno staze za zalet i kočenje.

### Potrebna duljina staze za polijetanje

Izraz prema kojem se vrši proračun potrebne duljine staze za polijetanje ima slijedeći oblik:

Za izračunati duljinu staze za polijetanje potrebno je znati silu uzgona, otpora i brzinu. Formule za proračun sile uzgona, otpora i brzina imaju sljedeće oblike:

1. Sila otpora:
2. Sila uzgona:
3. Redukcijski koeficijent:

Korekcijski faktor ϕ uzima u obzir efekte poremećaja zračne struje pri kretanju zrakoplova pri zemlji koji impliciraju redukcija induciranog otpora.

1. Brzina kretanja zrakoplova za uspješno polijetanje

Brzina polijetanja potrebna za odvajanje zrakoplova od zemlje glede sigurnosti treba iznositi 20% više od potrebne brzine u režimu horizontalnog leta.

1. Srednja vrijednost brzine polijetanja

### Potrebna duljina staze za slijetanje

Izraz prema kojem se vrši proračun potrebne duljine staze za slijetanje ima sljedeći oblik:

=

Formule za proračun koeficijenta i sile otpora i brzina imaju sljedeće oblike:

1. Brzina slijetanja u trenutku dodira staze:

Brzina slijetanja zrakoplova glede sigurnosti treba iznositi 30% više od potrebne brzine u režimu horizontalnog leta.

1. Srednja vrijednost brzine slijetanja:

1. Sila otpora koja djeluje na zrakoplov tijekom slijetanja:

# TROŠKOVI EKSPLOATACIJE ZRAKOPLOVA

## Troškovi u životnom vijeku zrakoplova

Pod pojmom eksploatacija zrakoplova podrazumijeva se cjelokupan čovjekov rad sa zrakoplovom. Ona sadrži: korištenje, održavanje, čuvanje, transportiranje kao i sve ostale djelatnosti čovjeka sa zrakoplovom od trenutka njegove proizvodnje pa do trenutka njegova otpisa.

Troškovi u životnom vijeku zrakoplova počinju sa troškovima istraživanja tehnologije, konstruiranje, izrade prototipa, testiranje i ocjenjivanje ( RTD&E[[9]](#footnote-9)), a te troškove pokriva proizvođač zrakoplova, država ili neka druga osoba, institucija ili investitor.

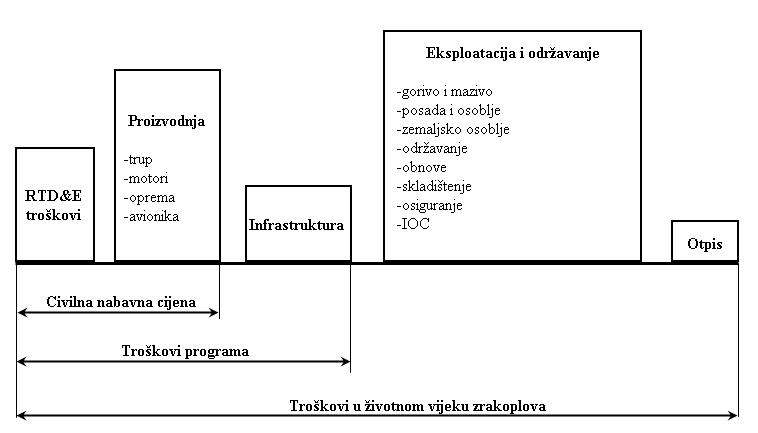
Nakon RTD&E troškova dolaze troškovi proizvodnje, odnosno to su troškovi proizvodnje trupa, motora, opreme i avionika zrakoplova, uključuje i administrativne troškove. Ovi troškovi su povratni, a troškovi padaju sa povećanjem broja proizvedenih zrakoplova ( proizvodnja zrakoplova u seriji).

Sljedeći troškovi u životnom vijeku zrakoplova su troškovi specijalizirane infrastrukture koju je kupac ili država dužan/na izgraditi za očuvanje zrakoplova ili za njegovo sigurno korištenje. U ove troškove spadaju hangari, produživanje odnosno proširivanje USS-a, povećanje stajanke i dr.

Najveći dio troškova u životnom vijeku zrakoplova otpada na eksploataciju i održavanje zrakoplova. U troškove eksploatacije i održavanja zrakoplova ubrajamo troškove goriva i maziva, posade i kabinskog osoblja, zemaljskog osoblja, održavanja, obnove, skladištenja, osiguranja,...Ovi troškovi su najveći jer se kontinuirano ponavljaju ( održavanje) kako bi se osigurala sigurnost zrakoplova.

Na kraju eksploatacije zrakoplova javljaju troškovi otpisa koji su ujedno i najmanji troškovi u eksploataciji. Obuhvaća skupljanje potrebne dokumentacije za brisanje zrakoplova iz registra.[[10]](#footnote-10)

Kod nabave novog zrakoplova operater koji nabavlja zrakoplov mora voditi računa o svim troškovima koji se javljaju tijekom eksploatacije, a ne samo o troškovima nabave tj. cijeni zrakoplova, jer je nabavna cijena u odnosu na ostale troškove tijekom eksploatacije samo mali dio.



Slika 7. Troškovi u životnom vijeku zrakoplova

Izvor: Galović, B.; Prilog razvoju nekonvencionalnih zrakoplova za priobalje RH; FPZ; 1998

## Troškovi zrakoplova na letu za zrakoplove Dash 8 Q400 i ATR 42-300

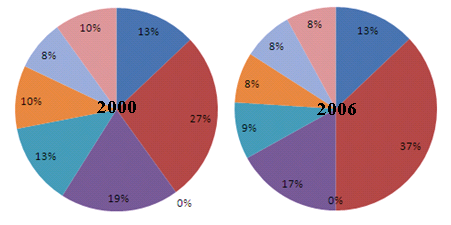
Ekonomsko poslovanje zrakoplovnih prijevoznika je jednostavna, zrakoplov mora stvarati veći prihod od operativnih troškova ( direktnih + indirektnih operativnih troškova) kako bi što efikasnije poslovala. Troškovi zrakoplova se osim troškova u životnom vijeku zrakoplova mogu i prikazivati sa stajališta zračnog prijevoznika.

Zračni prijevoznici troškove zrakoplova dijele na:

* direktni operativni troškovi – DOC
* indirektni operativni troškovi – IOC

Direktni operativni troškovi obuhvaćaju:

* troškovi letačkog osoblja
* troškovi goriva i maziva
* troškovi održavanja
* aerodromske takse
* navigacijske takse
* troškovi najma
* troškovi osiguranja
* amortizacija

****

Grafikon 4. Komparacija direktnih operativnih troškova zračnih prijevoznika članica AEA[[11]](#footnote-11) za 2000 i 2006. godinu

Izvor: [www.aea.be](http://www.aea.be)

Iz grafikona 4. vidljivo je da su najveći troškovi zračnih prijevoznika gorivo i maziva te održavanje zrakoplova. Troškovi goriva i maziva narasli su za 10 %, što je posljedica velikog povećanja cijene nafte po barrelu.

Troškovi poput goriva, maziva, aerodromske i navigacijske takse ovise o kvantitetu sati naleta, a djelotvorno poslovanje ocjenjuje se dnevnim iskorištavanjem zrakoplova, odnosno fiksni dio direktnih operativnih troškova dijele se po satu naleta. Što više zrakoplov leti, sa što većom popunjenosti putničke kabine to se troškovi smanjuju, a samim time se i prihodi povećavaju. Način eksploatacije zrakoplova ima izravan utjecaj na direktne operativne troškove što će se kasnije vidjeti tijekom rutne analize, npr. povećanjem brzine doći će i do povećanja troška goriva, a i samim time se mijenjaju ukupni operativni troškovi.

Indirektni operativni troškovi mogu se podijeliti na tri grupe troškova a to su:[[12]](#footnote-12)

Troškovi vezani za zrakoplov i njegovu eksploataciju:

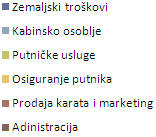
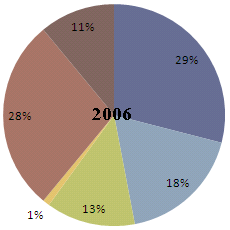
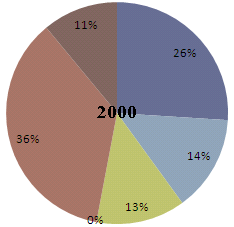
* troškovi zemaljske opreme i infrastrukture za održavanje ( hangari, stajanke, alat...)
* troškovi kabinskog osoblja
* troškovi komunikacija
* troškovi prihvata i otpreme

Troškovi vezani za prijevoz putnika:

* troškovi osiguranja putnika
* troškovi prihvata i otpreme putnika i njegove prtljage
* rezervacija i prodaja karata
* troškovi cateringa ( trošak hrane i pića)

Troškovi vezani za prijevoz robe:

* troškovi osiguranja robe
* troškovi skladištenja robe
* troškovi transporta robe do skladišta
* troškovi iskrcaja i ukrcaja robe



Grafikon 5. Komparacija indirektnih operativnih troškova zračnih prijevoznika članica AEA za 2000 i 2006. godinu

Izvor: [www.aea.be](http://www.aea.be)

Iz grafikona 5. vidljivo je da su troškovi prodaje karata i marketinga najveći te obuhvaća 36 % ukupnih indirektnih troškova, 2006. godine je to smanjeno na 28 % što je rezultat uvođenja internet prodaje karata i kioska za prijavu putnika za let. Vidljivo je i da se osiguranje putnika povećalo sa 1% što je obaveza zračnih prijevoznika nakon napada na WTC 11.09.2001 godine.

### Kalkulacija operativnih troškova za zrakoplov Dash 8 Q400 kompanije Croatia Airlines

Za kalkulaciju ukupnih operativnih troškova zrakoplova Dash 8 Q400 uzimaju se sljedeći parametri:

* troškovi letačkog i kabinskog osoblja
* troškovi goriva i maziva
* troškovi radne snage održavanja
* troškovi održavanja ( isključujući troškove radne snage održavanja)
* troškovi osiguranja
* troškovi amortizacije
* troškovi navigacijskih i aerodromskih pristojbi

Tablica 3. Parametri troškova potrebni za izračun direktnih operativnih troškova

|  |  |
| --- | --- |
| Parametar | Iznos |
| Broj sati rada zrakoplova godišnje | 2500 sati/godišnje |
| Udaljenost i block vrijeme | 200 nm/0:52 min |
| Cijena zrakoplova + 10 % | 24 milijuna $ + 10% |
| Trošak goriva po litri | 0,625 $/litri |
| Ukupni trošak na posadu po godini | 120760 $ ( 636000 HRK) |
| Radno vrijeme posade po mjesecu | 70 sati / mjesečno |
| Satnica rada osoblja održavanja | 7000 HRK |
| Osiguranje | * 1. % od cijene zrakoplova |

Izvor: autor

#### Kalkulacija troškova letačkog i kabinskog osoblja za zrakoplov Dash 8 Q400

Za kalkulaciju troškova letačkog i kabinskog osoblja kompanije Croatia Airlines za zrakoplov Dash 8 Q400 potrebni su podaci o mjesečnim plaćama.

Budući da se osoblje zrakoplova Dash 8 Q400 sastoji od letačkog osoblja koji broji kapetana zrakoplova i kopilota i kabinskog osoblja koji ima 2 člana tj. voditelja kabine i ostalo kabinsko osoblje ( stjuardese), kod proračuna se uzima da ima ukupno 4 člana, dok u pojedinim slučajevima zna biti i 5 članova ( + 1 član kabinskog osoblja)

Prema podacima Nezavisnog hrvatskog sindikata plaće za Croatia Airlines iznose:

Tablica 4. Plaće letačkog i kabinskog osoblja CA za zrakoplov Dash 8 Q400

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Uloga u zrakoplovu Dash 8 Q400 | Plaća u HRK/mj | Broj članova |
| Kapetan | 30000 | 1 |
| Kopilot | 16000 | 1 |
| Voditelj kabine | 7000-10000 | 1 |
| Ostalo kabinsko osoblje | 3,500-8000 | 1-2 |

Izvor: [www.nhs.hr](http://www.nhs.hr)

Ukupni trošak ( UTosoblja) kompanije na letačko i kabinsko osoblje u jednoj godini za zrakoplov Dash 8 Q400 iznosi:

Prosjek plaće letačkog i kabinskog osoblja u godini za zrakoplov Dash 8 Q400 kompanije Croatia Airlines:

= 32000 $

Grafikon 6. Prikaz troškova letačkog i kabinskog osoblja za zrakoplov Dash 8 Q400

Izvor: [www.q400.com](http://www.q400.com)

Iz grafikona 6. dobivaju se troškovi osoblja u $/blok satu ovisno o godišnjoj plaći i o mjesečnom radnom opterećenju ( od 60 – 90 sati mjesečno). Prema Kolektivnom ugovoru za Croatia Airlines ukupno vrijeme leta ( block time) ne smije prijeći 900 sati tijekom kalendarske godine, pa je dopušteno vrijeme leta za mjesec dana.

Radno opterećenje ( RO) za mjesec dana:

Prema dobivenom proračunu mjesečno radno opterećenje osoblja je 75 sati/mjesečno, a prosječni troškovi po osoblju zrakoplova 32000 $/godišnje, iz dijagrama 6. se dobiva podatak o trošku osoblja, a to je 40 $/ blok satu.

#### Kalkulacija troškova goriva i maziva za zrakoplov Dash 8 Q400

Croatia Airlines je u svom poslovanju izložen promjenjivim utjecajima s domaćeg i vanjskog tržišta te globalnoj recesiji.

Cijena mlaznog goriva na tržištu je u proteklim godinama izrazito volatilna. Prosječna cijena goriva koju je CA nabavlja kreće se po cijeni od 500 $/toni, odnosno preračunato iznosi 0.625 $/litri

Grafikon 7. Prosječne cijene mlaznog goriva u Europi u razdoblju od 2003-2009

Izvor: [www.aea.be](http://www.aea.be)

Grafikon 7. prikazuje kretanje cijene mlaznog goriva u Europi ( za prijevoznike članice AEA), vidljiva je tendencija rasta u zadnjih 7-8 godina dok je cijena dostigla najveću cijenu 2008. godine i to prosjek od čak 132,77 $ po barrelu, na veliku sreću zrakoplovnih prijevoznika nakon 2008. godine cijena mlaznog goriva je počela stagnirati. Croatia Airlines je prema službenim podacima kompanije zbog rasta cijene goriva u 2008. godini za isti nalet potrošila više od 15 milijuna dolara nego godinu prije.

Croatia Airlines nabavlja gorivo po cijeni od 0,625 $/litri, kod izračuna troška goriva i ulja po blok satu uzima se vrijednost od 0,6 $/litri, kako se izračunavaju direktni operativni troškovi za udaljenost od 200 nm, trošak goriva i ulja iznosi 750 $ po blok satu (grafikon 8).

Grafikon 8. Troškovi goriva i ulja u ovisnosti od cijeni goriva i udaljenost leta

Izvor: [www.q400.com](http://www.q400.com)

#### Kalkulacija troškova zrakoplovnog tehničara za zrakoplova Dash 8 Q400

Za kalkulaciju troškova održavanja tj. troškova koji otpadaju na plaće zrakoplovnih tehničara koji održavaju zrakoplov potrebni su podaci od plaćama zrakoplovnih tehničara.

U Croatia Airlines plaće zrakoplovnih tehničara se kreću u 5 klasa:

1. Klasa 5 – 5000 HRK
2. Klasa 4 – 6000 HRK
3. Klasa 3 – 7000 HRK
4. Klasa 2 – 8000 HRK
5. Klasa 1 – 9000 HRK

Za kalkulaciju troškova koji otpadaju na plaće zrakoplovnih tehničara uzima se prosječna plaća od 7000 HRK, mjesečno radno opterećenje zrakoplovnog tehničara je 240 sati / mjesečno odnosno 8 sati / dnevno.

Prema gore navedenim podacima izračunava se satnica zrakoplovnog tehničara (SZT):

Grafikon 9. Troškovi radne snage održavanja po blok satu u ovisnosti o udaljenosti leta

Izvor: [www.q400.com](http://www.q400.com)

Iz grafikona 9. vidljivo je da za udaljenost od 200nm za plaću od 6 $ po satu troškovi tehničara u $/blok satu iznosi 7 $/blok satu

#### Kalkulacija troška održavanja zrakoplova Dash 8 Q400

Pod troškom održavanja podrazumijevaju se troškovi koji otpadaju na dijelove i na remont i sve što je povezano sa održavanjem. Troškovi održavanja po blok satu se smanjuju sa prijeđenom udaljenošću ( grafikon 10.).

Grafikon 10. Troškovi održavanja u ovisnosti o prijeđenoj udaljenosti

Izvor: [www.q400.com](http://www.q400.com)

Iz grafikona 10. vidi se da za udaljenost od 200 nm troškovi održavanja iznose 430 $/blok satu.

#### Kalkulacija troška osiguranja zrakoplova Dash 8 Q400

Zakonska je obveza vlasnika odnosno korisnika zrakoplova osigurati svoju odgovornost za štete učinjene trećim osobama i putnicima. Osiguranje pokriva odgovornost za štetu zbog smrti, ozljede tijela ili zdravlja i oštećenja ili uništenja stvari treće osobe i putnika (materijalne i nematerijalne štete).

Osiguranje zrakoplova se mjeri u postotku vrijednosti zrakoplova, uglavnom su to od 0,5 – 3 % cijene zrakoplova.

Kako je vrijednost zrakoplova Dash 8 Q400 24 milijuna $, a pretpostavlja se da je rata osiguranja 1.5 % vrijednosti zrakoplova. Iz grafikona 12. se vidi da troškovi osiguranja za ovaj postotak iznose 120 $/ blok satu.

#### Kalkulacija troškova kamate

Kamata je cijena za prepuštanje [kapitala](http://hr.wikipedia.org/wiki/Kapital) na određeni [rok](http://hr.wikipedia.org/wiki/Rok), a obračunava se od dana [dospijeća](http://hr.wikipedia.org/w/index.php?title=Dospije%C4%87e&action=edit&redlink=1) potraživanja. Svaka zrakoplovna kompanija pa tako i Croatia Airlines kupuje zrakoplove na određeni rok otplate, a samim time se stvaraju kamate koje kompanije moraju plaćati. Kamate ovise o vrijednosti zrakoplova i o kamatnoj stopi. Za dobivanje troškova zbog kamata potrebni su podaci o kamatnoj stopi i vrijednosti zrakoplova.

Kako je već navedeno zrakoplov Dash 8 Q400 vrijedi 24 milijuna $, a ako se pretpostavlja da je kamatna stopa 4 % i da je godišnja uporaba 2500 blok sati iz grafikona 13. se može očitati da su troškovi zbog kamata 170 $/ blok satu.

#### Kalkulacija troškova amortizacije

Amortizacija su načini obračuna. Amortizacija je postupno umanjivanje vrijednosti imovine poduzeća, a obračunava se godišnje prema zakonom predviđenim postupkom. Kako se iznos amortizacije oduzima svake godine od porezne osnovice, način amortizacije utječe na odluku o načinu financiranja nabavke opreme.

Iz grafikona 11. vidljivo je da na amortizaciju otpada skoro 800 $/blok satu.

Grafikon 11. Troškovi amortizacije u $/blok satu u ovisnosti o cijeni zrakoplova i upotrebi

Izvor: [www.q400.com](http://www.q400.com)

#### Kalkulacija troškova navigacijskih i aerodromskih pristojbi

Aerodromi naplaćuju aerodromske pristojbe zrakoplovima od trenutka kada zrakoplov sleti pa sve do trenutka kada zrakoplov poleti sa aerodroma. Za tu svrhu aerodromi pružaju veliki broj infrastrukturnih objekata, servisnih sredstava i tipova usluga kao što su stajanke i putnički terminali. Aerodromske pristojbe sastavljene su na principu aerodromskog sustava naplate. Sustavi naplate razlikuju se na nacionalnim razinama jer se definiraju od strane državne uprave.

Aerodromske pristojbe dijele se na:[[13]](#footnote-13)

* Pristojbe za slijetanje
* Pristojbe za usluge parkiranja zrakoplova
* Terminalne pristojbe
* Pristojbe za zemaljsko opsluživanje putnika
* Ekološka naknada za buku
* Sigurnosne pristojbe

Nakon svih dobivenih rezultata iz poglavlja 3.2.1 izračunava se koliki je trošak direktnih operativnih troškova za zrakoplov Dash 8 Q400 za udaljenost od 200 nm.

DOC se dobivaju tako da se zbrajaju svi dobiveni rezultati:

* Trošak letačkog i kabinskog osoblja: 40 $/blok satu
* Trošak goriva : 750 $/blok satu
* Trošak zrakoplovnih tehničara: 7 $/blok satu
* Trošak održavanja: 430 $/blok satu
* Trošak osiguranja: 120 $/blok satu
* Kamata: 170 $/blok satu
* Amortizacija: 800 $/blok satu
* Troškovi navigacijskih i aerodromskih taksi ( ovisno o aerodromu)

3017 $/ blok satu

Indirektni operativni troškovi ( IOC) obuhvaćaju oko 20-50 % DOC, kod proračuna se uzima da iznose 35%.

/ blok satu

Ukupni operativni troškovi ( TOC) po blok satu za zrakoplov Dash 8 Q400 iznose:

$ / blok satu

### Kalkulacija operativnih troškova za zrakoplov ATR 42-300 kompanije Croatia Airlines

Kod izračuna operativnih troškova za zrakoplov ATR42-300 postoji tablica koju je kompanija ATR izdala za zrakoplovne kompanije prema kojoj oni mogu izračunavati operativne troškove.

Tablica 5. Direktni operativni troškovi za zrakoplov ATR 42-300

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cijena zrakoplova** | | | | | |
| **Zrakoplov** | **Godina proizvodnje** | | **Cijena ( osnovna)** | | **Cijena ( novije verzije)** |
| ATR 42-300 | 86-96 | | 3 mil. $ | | 8 mil. $ |
| **Direktni operativni troškovi ( $ / blok satu)** | | | | | |
| **Upotreba ( blok sati / godišnje)** | | 2500 | | | |
| **Udaljenost** | | 100 | 300 | 500 | |
| **Letne operacije** | | | | | |
| **Letačko osoblje- plaće** | | 188 | 188 | 188 | |
| **Gorivo, ulje i takse** | | 173 | 162 | 156 | |
| **Ostalo** | | 3 | 3 | 3 | |
| **Zrakoplovni troškovi** | | | | | |
| **Osiguranje** | | 3 | 3 | 3 | |
| **Održavanje** | | 476 | 415 | 399 | |
| **Amortizacija** | | 62 | 62 | 62 | |
| **Renta** | | 318 | 318 | 318 | |
| **Ukupni direktni operativni troškovi** | | | | | |
|  | | 905 | 833 | 811 | |

Izvor: [www.avmarkinc.com](http://www.avmarkinc.com)

Za udaljenost od 200 nm direktni operativni troškovi iznose oko 870 $/blok satu. Kako indirektni operativni troškovi iznose 20 – 50%, za proračun indirektnih operativnih troškova uzima se da indirektni operativni troškovi iznose 35% direktnih operativnih troškova.

/ blok satu

Ukupni operativni troškovi (TOC) po blok satu za zrakoplov ATR 42-300 iznose

/blok satu

Iz proračuna za Dash i ATR vidljivo je da su operativni troškovi za ATR skoro 4 puta manji od troškova za Dash, s tim da Dash ima duplo veći broj sjedala od ATR-a. Vidljivo je da je ATR idealan zrakoplov za kratke udaljenosti sa malom potrošnjom goriva i malim operativnim troškovima te sa pravom nosi naziv „ money maker“ – tvorac novca. Dash za razliku od ATR ima bolje performanse i unutrašnji dizajn, te je trenutno najtiši zrakoplov tj. zrakoplov sa najmanjom bukom i sa najmanjom emisijom ispušnih plinova te će zasigurno biti zrakoplov budućnosti.

## Upravljanje potrošnjom goriva

Fuel management ključni je čimbenik efikasnosti zrakoplovnih kompanija. Kako gorivo nema fiksnu cijenu kompanije pokušavaju dobiti gorivo po najnižoj mogućoj cijeni, a to se uspijeva sa „fuel hedging-om“ tj. zrakoplovni prijevoznik ugovara fiksnu cijenu po kojoj će dobiti gorivo bez obzira na tendenciju rasta ili pada cijene goriva na tržištu. Fuel hedging može biti jako “opasno“ za kompanije jer mogu ugovoriti veću cijenu goriva nego što će ona biti nakon nekog vremena na tržištu, a samim time su u gubitku. Većina zrakoplovnih kompanija jedan dio goriva kupuje po cijeni koja je na tržištu, a drugi dio goriva uzimaju ugovorom tj. fuel hedging-u.

Cijena nafte nije stabilna i podložna je čestim promjenama i kretanje cijene nafte ovisi o dosta vanjskih parametara kao što su:

* Odnos ponude i potražnje - Politika članica OPEC-a
* Politika drugih zemalja - Politička situacija
* Eksterni faktori: vrijeme, štrajk, ratovi, elementarne nepogode...

Grafikon 14. Kretanje cijene nafte od 1996-2009 i razni utjecaji koji utječu na cijenu nafte

Izvor: [www.wtrg.com](http://www.wtrg.com)

Povećana potrošnja goriva ima izravan utjecaj na povećanje emisije ispušnih plinova. Udio zračnog prometa u ukupnim antropogenim emisijama ispušnih plinova iznosi oko 2-3 % za NOx i za CO2, što je vrlo mali udio, ali zbog stalnog rasta zračnog prometa u budućnosti emisije ispušnih plinova iz zrakoplova mogu imati negativan utjecaj na ozonski omotač. Još jedan štetan utjecaj zračnog prometa na klimu je što su oni jedini antropogeni zagađivači na velikim visinama, a tamo je efekt stakleničkih plinova 10 x veća nego u troposferskom dijelu.[[14]](#footnote-14) Kako bi se smanjila potrošnja goriva, a samim time i emisiju ispušnih plinova provode se razne operativne mjere:

Prije letne mjere:

* Napredni alati za izračun potrošnje goriva – točna količina goriva – manja težina
* Odabir najoptimalnije rute – rutna analiza
* Osnivanje fuel managementa
* Procedure na zemlji – kasnije paljenje motora u suradnji sa ATC

Letne mjere:

* Cost index
* Redukcija mase zrakoplova
* Procedure leta i taxi procedure

Poslije letne mjere:

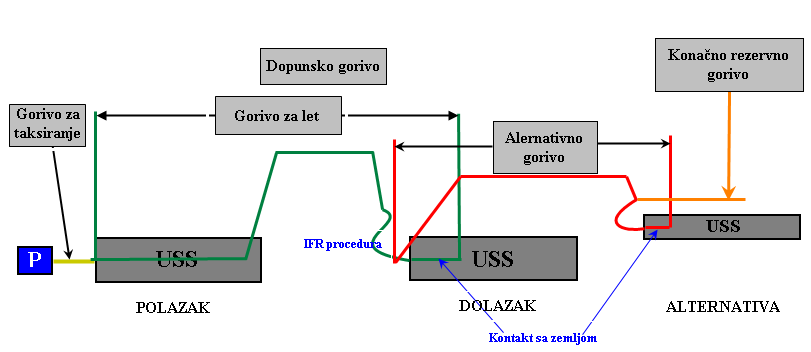
* Nadziranje učinkovitosti goriva
* Održavanje
* Planiranje, kupovina i ugovaranje ( fuel hedging)

### Planiranje goriva za let

Prilikom planiranja količine goriva za let mora se voditi računa o:

* Potrošnji goriva za zadani zrakoplov
* Težini zrakoplova
* Očekivanom vremenu leta
* Uslugama zračnog prometa: postupcima i ograničenjima
* Utjecaju vjetra na let ( headwind – tailwind)
* Udaljenosti alternativnog aerodroma

Formula koja se koristi za planiranje minimalne količine goriva za let je:



Slika 8. Planiranje goriva za let

Izvor: autor

Dodatno gorivo na letu sastoji se od goriva za nepredviđene operacije, ekstra gorivo i konačno rezervno gorivo.

Ekstra gorivo određuje posada i procjena se prepušta njima, gorivo za nepredviđene operacije iznosi 5% od količine goriva za let, a konačno rezervno gorivo mora biti dovoljno za 45 min. leta za klipne zrakoplove i 30 min. leta za mlazne zrakoplove kako bi oni bili u mogućnosti doći do alternativnog aerodroma u slučaju lošeg vremena ili incidentne situacije na aerodromu.

Kako bi kompanije uštedjele na gorivu na pojedinom letu mogu se koristiti politikom tankeringa tj. ukoliko je cijena goriva u mjestu polazišta veća od cijene goriva u mjestu odredišta ili u mjestu međuslijetanja, na let se ponese gorivo isključivo dovoljno za dolazak na odredište ili mjesta međuslijetanja. Važno je pritom znati da dodatne količine goriva ponesene isključivo zbog niže cijene goriva u mjestu međuslijetanja ili dolaska rezultiraju povećanom potrošnjom goriva zbog povećanja težine zrakoplova.

Osnovni uzroci prevelike potrošnje goriva su:

* Prevelika masa zrakoplova
* Neprecizno izračunavanje mase zrakoplova
* Nepotrebna potrošnja goriva na zemlji
* Piloti koji ne koriste adekvatne procedure i razni načini pretjeranog korištenja goriva
* Kupovina goriva na manje povoljnim tržištima
* Prevelika potrošnja goriva zbog neispravnosti zrakoplova ili motora

Rješenja za preveliku potrošnju goriva su:

* Korištenje svježih podataka o kretanju cijene nafte na tržištu te ih implementirati u politiku tankeringa
* Precizno odrediti masu zrakoplova kako bi se mogla izračunati optimalna visina leta
* Korištenje APU mora biti svedeno na minimalno moguću mjeru
* Optimalno korištenje indeksa troška, indeks troška mora biti precizno izračunat kao i njegovi ulazni podaci.
* Pridržavati se vremena polijetanja, taksiranja i slijetanja.

### Cost index koncept

Upravljanje sa cost indexom ( indeksom troška) vrlo je važno i koristi se u zrakoplovnom sustavu upravljanja letom ( FMS – Flight management system).

Vrijednost indeksa troškova kreće se u vrijednosti od 0 – 99. Promjenom indeksa troška mijenja se i putna brzina zrakoplova s ciljem smanjivanja troškova goriva na letu, a i samim time smanjivanju emisije štetnih ispušnih plinova u okoliš. Potrebna je precizna kalkulacija indeks troška kako bi se postiglo smanjivanje ukupnih troškova leta. Pomoću upravljanja sa indeksom troška može se uštedjeti 2-3% po letu.

Zrakoplov koji leti sa CI=0:

* Ct je iznimno nizak
* Cf je iznimno visok
* manja putna brzina, minimalna potrošnja goriva, maksimalni dolet
* manja putna brzina rezultat je smanjenje potrošnje goriva prilikom primjene niskih indeksa troškova
* nizak indeks troška koristi se kada je iznimno velik utjecaj cijene goriva na ukupne troškove leta i kada je cijena goriva na tržištu iznimno velika

Zrakoplov koji leti sa CI=100:

* Ct je iznimno visok
* Cf je iznimno nizak
* relativno visok CI rezultira većom putnom brzinom i minimalnim trajanjem leta
* koristi se u slučaju kada su iznimno visoki troškovi po minuti trajanja leta tj. kada su troškovi ovisni o vremenu trajanja leta, te je potrebno smanjivati vrijeme trajanja leta.

# RUTNA ANALIZA ZA ZRAKOPLOVE DASH 8 Q400 I ATR 42

U ovom poglavlju obrađuju se načini na koje se na nekoj zadanoj ruti mogu izvršiti optimizacije u potrošnji goriva tj. kako se promjenom atmosferskih uvjeta, težine zrakoplova, visine leta, brzine leta zrakoplova i mnogih drugih parametara može utjecati na vrijeme trajanja leta i potrošnje goriva tj. utjecati na dolet i istrajnost zrakoplova.

Rutna analiza temelji se na tablicama koje se dobivaju programom i iz manuala[[15]](#footnote-15) na unaprijed zadane parametre mase zrakoplova koje se mijenjaju ovisno o tipu zrakoplova, ISA temperature se kreću u rasponu od ISA-20 do ISA+20 sa korakom 20, te se brzina mijenja ovisno o tipu zrakoplova.

Proračuni se odnose na fazu krstarenja, dakle u rutnoj analizi neće biti uzete u obzir druge operacije već će se oduzeti od ukupnog trajanja vremena leta zrakoplova. Najveća ušteda se može dobiti u fazi krstarenja jer krstarenje zauzima najveći dio leta.

Rutna analiza obavljat će se na uzorka dviju linija i to na međunarodnoj liniji Zagreb – Zurich te na domaćoj liniji Zagreb – Split.

## 4.1 Rutna analiza zrakoplova ATR 42-300

Optimizacija parametara leta u krstarenju podrazumijeva uvjete leta pri kojima se može utjecati na smanjenje potrošnje goriva u ovisnosti o uvjetima kao što su brzina, temperatura, vjetar, razina krstarenja (FL), razna opterećenja i dr. Optimizacija se još provodi i u drugim fazama leta kao što su faza penjanja ili spuštanja ili rulanje, ali faza krstarenja je relativno najveći dio puta pa se na tom dijelu mogu učiniti najveće uštede tijekom leta.

Tablice za zrakoplov ATR 42-300 dobivene su FOS[[16]](#footnote-16) programom vlasništva ATR-a koji služi kao alat za pripremu ATR zrakoplova za svakodnevne letačke operacije., prema unaprijed zadanim parametrima mase zrakoplova koji se mijenjaju od 10000 kg do 170000 kg sa korakom od 1000 kg, ISA temperature od ISA -20 do ISA +20 sa korakom od 20 i promjena visine od 10000 ft do 25000 ft korakom od 5000 ft.

### 4.1.1 Rutna analiza zrakoplova ATR 42-300 pri minimalnom vremenu leta

Tablica 6. Odnos specifičnog doleta zrakoplova u minimalnom vremenu sa promjenom težine zrakoplova i visine leta za ISA -20

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ISA  ( DG.C) | Altitude ( ft) | Weight  ( kg) | Mach  ( ) | Time  ( min.) | Distance  ( nm) | SR[[17]](#footnote-17)  ( nm/kg) |
| ISA -20 | 10000 | 16900 | 0.424 | 0.00 | 0.00 | 0.38788 |
| 16000 | 0.425 | 80.48 | 349.7 | 0.38913 |
| 15000 | 0.426 | 169.93 | 739.4 | 0.39041 |
| 14000 | 0.427 | 259.40 | 1130.3 | 0.39126 |
| 13000 | 0.428 | 348.88 | 1521.9 | 0.39197 |
| 12000 | 0.429 | 438.38 | 1914.2 | 0.39261 |
| 11000 | 0.429 | 527.89 | 2307.1 | 0.39320 |
| 10000 | 0.430 | 617.41 | 2700.6 | 0.39374 |
| 15000 | 16900 | 0.453 | 0.00 | 0.00 | 0.42381 |
| 16000 | 0.455 | 84.01 | 382.3 | 0.42571 |
| 15000 | 0.456 | 177.39 | 808.8 | 0.42735 |
| 14000 | 0.458 | 270.82 | 1237.0 | 0.42887 |
| 13000 | 0.459 | 364.27 | 1666.3 | 0.42978 |
| 12000 | 0.459 | 457.75 | 2096.5 | 0.43060 |
| 11000 | 0.460 | 551.25 | 2527.5 | 0.43134 |
| 10000 | 0.461 | 644.77 | 2959.2 | 0.43202 |
| 20000 | 16900 | 0.467 | 0.00 | 0.00 | 0.47304 |
| 16000 | 0.471 | 92.73 | 426.9 | 0.47551 |
| 15000 | 0.474 | 195.58 | 903.5 | 0.47772 |
| 14000 | 0.476 | 298.25 | 1382.2 | 0.47961 |
| 13000 | 0.478 | 400.78 | 1862.6 | 0.48113 |
| 12000 | 0.480 | 503.19 | 2344.4 | 0.48228 |
| 11000 | 0.481 | 605.53 | 2827.0 | 0.48308 |
| 10000 | 0.482 | 707.80 | 3310.5 | 0.48379 |
| 250000 | 16900 | 0.455 | 0.00 | 0.00 | 0.54777 |
| 16000 | 0.461 | 112.74 | 495.8 | 0.55395 |
| 15000 | 0.467 | 237.63 | 1052.7 | 0.55945 |
| 14000 | 0.472 | 362.20 | 1614.4 | 0.56404 |
| 13000 | 0.476 | 486.48 | 2180.6 | 0.56801 |
| 12000 | 0.480 | 610.53 | 2750.2 | 0.57117 |
| 11000 | 0.483 | 734.36 | 3322.5 | 0.57341 |
| 10000 | 0.485 | 858.03 | 3897.0 | 0.57533 |

Izvor: FOS

Tablica 7. Odnos specifičnog doleta zrakoplova u minimalnom vremenu sa promjenom težine zrakoplova i visine leta za ISA 0

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ISA  ( DG.C) | Altitude ( ft) | Weight  ( kg) | Mach  ( ) | Time  ( min.) | Distance  ( nm) | SR  ( nm/kg) |
| ISA 0 | 10000 | 16900 | 0.411 | 0.00 | 0.00 | 0.39834 |
| 16000 | 0.413 | 82.00 | 359.2 | 0.39984 |
| 15000 | 0.414 | 173.10 | 759.7 | 0.40118 |
| 14000 | 0.415 | 264.18 | 1161.5 | 0.40240 |
| 13000 | 0.416 | 355.25 | 1564.3 | 0.40312 |
| 12000 | 0.417 | 446.31 | 1967.7 | 0.40378 |
| 11000 | 0.417 | 537.37 | 2371.8 | 0.40439 |
| 10000 | 0.418 | 628.42 | 2776.5 | 0.40493 |
| 15000 | 16900 | 0.423 | 0.00 | 0.00 | 0.45322 |
| 16000 | 0.425 | 92.44 | 409.1 | 0.45574 |
| 15000 | 0.427 | 195.09 | 866.0 | 0.45804 |
| 14000 | 0.430 | 297.69 | 1325.0 | 0.46002 |
| 13000 | 0.431 | 400.25 | 1785.9 | 0.46162 |
| 12000 | 0.432 | 502.77 | 2248.2 | 0.46285 |
| 11000 | 0.433 | 605.27 | 2711.5 | 0.46370 |
| 10000 | 0.434 | 707.75 | 3175.6 | 0.46446 |
| 20000 | 16900 | 0.423 | 0.00 | 0.00 | 0.52030 |
| 16000 | 0.429 | 107.92 | 470.8 | 0.52573 |
| 15000 | 0.433 | 227.64 | 999.0 | 0.53043 |
| 14000 | 0.437 | 347.21 | 1531.4 | 0.53430 |
| 13000 | 0.440 | 466.64 | 2067.3 | 0.53742 |
| 12000 | 0.442 | 585.97 | 2606.1 | 0.54007 |
| 11000 | 0.444 | 705.22 | 3147.2 | 0.54209 |
| 10000 | 0.446 | 824.39 | 3690.1 | 0.54348 |
| 250000 | 16900 | 0.404 | 0.00 | 0.00 | 0.57851 |
| 16000 | 0.416 | 128.15 | 527.4 | 0.59341 |
| 15000 | 0.427 | 269.93 | 1127.5 | 0.60584 |
| 14000 | 0.435 | 411.23 | 1738.2 | 0.61538 |
| 13000 | 0.441 | 552.14 | 2357.4 | 0.62271 |
| 12000 | 0.446 | 692.74 | 2983.1 | 0.62848 |
| 11000 | 0.450 | 833.10 | 3614.0 | 0.63305 |
| 10000 | 0.453 | 973.26 | 4249.0 | 0.63675 |

Izvor: FOS

Tablica 8. Odnos specifičnog doleta zrakoplova u minimalnom vremenu sa promjenom težine zrakoplova i visine leta za ISA +20

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ISA  ( DG.C) | Altitude ( ft) | Weight  ( kg) | Mach  ( ) | Time  ( min.) | Distance  ( nm) | SR  ( nm/kg) |
| ISA +20 | 10000 | 16900 | 0.362 | 0.00 | 0.00 | 0.44078 |
| 16000 | 0.365 | 99.22 | 398.3 | 0.44415 |
| 15000 | 0.368 | 209.41 | 844.0 | 0.44733 |
| 14000 | 0.370 | 319.55 | 1292.7 | 0.44994 |
| 13000 | 0.372 | 429.66 | 1743.8 | 0.45219 |
| 12000 | 0.374 | 539.74 | 2196.9 | 0.45399 |
| 11000 | 0.375 | 649.79 | 2651.7 | 0.45536 |
| 10000 | 0.376 | 759.82 | 3107.5 | 0.45630 |
| 15000 | 16900 | 0.369 | 0.00 | 0.00 | 0.49537 |
| 16000 | 0.374 | 111.52 | 448.6 | 0.50131 |
| 15000 | 0.378 | 235.22 | 952.7 | 0.50666 |
| 14000 | 0.382 | 358.72 | 1461.6 | 0.51108 |
| 13000 | 0.385 | 482.07 | 1974.6 | 0.51470 |
| 12000 | 0.388 | 605.29 | 2490.8 | 0.51759 |
| 11000 | 0.390 | 728.41 | 3009.5 | 0.51988 |
| 10000 | 0.391 | 851.45 | 3530.4 | 0.52168 |
| 20000 | 16900 | 0.359 | 0.00 | 0.00 | 0.54844 |
| 16000 | 0.370 | 128.97 | 500.3 | 0.56275 |
| 15000 | 0.378 | 271.84 | 1069.4 | 0.57472 |
| 14000 | 0.385 | 414.37 | 1648.7 | 0.58366 |
| 13000 | 0.391 | 556.61 | 2236.3 | 0.59111 |
| 12000 | 0.395 | 698.62 | 2830.3 | 0.59680 |
| 11000 | 0.399 | 840.45 | 3429.5 | 0.60135 |
| 10000 | 0.401 | 982.15 | 4032.8 | 0.60513 |
| 250000 | 15811 | 0.311 | 0.00 | 0.00 | 0.55716 |
| 15000 | 0.360 | 137.42 | 492.1 | 0.63223 |
| 14000 | 0.376 | 305.14 | 1137.7 | 0.65732 |
| 13000 | 0.389 | 471.84 | 1804.3 | 0.67479 |
| 12000 | 0.397 | 637.82 | 2485.3 | 0.68698 |
| 11000 | 0.404 | 803.26 | 3177.3 | 0.69672 |
| 10000 | 0.409 | 968.42 | 3878.0 | 0.70434 |

Izvor: FOS

Grafikon 15. Specifični dolet zrakoplova ATR 42-300 u minimalnom vremenu pri promjeni mase zrakoplova i visine leta pri ISA -20

Izvor: autor

Grafikon 16. Specifični dolet zrakoplova ATR 42-300 u minimalnom vremenu pri promjeni mase zrakoplova i visine leta pri ISA 0

Izvor: autor

Grafikon 17. Specifični dolet zrakoplova ATR 42-300 u minimalnom vremenu pri promjeni mase zrakoplova i visine leta pri ISA +20

Izvor: autor

Tablice su rađene uz pretpostavku da nema vjetra i za indeks troška 0 (CI=0). Iz tablica 6, 7 i 8 i grafikona 15, 16 i 17 može se zaključiti da se sa porastom visine leta i temperature povećava specifični dolet, dok se sa porastom mase zrakoplova specifični dolet smanjuje. Najveći specifični dolet zrakoplov ostvaruje pri visini leta od 25000 ft i pri temperaturi od ISA +20, dok pri toj temperaturi i visini zrakoplov ne može letjeti sa max. masom već sa najvećom masom od 15700 kg ( grafikon 17). To znači da za ostvarivanje najboljeg doleta više odgovaraju veće visine i veće temperature od prosjeka na toj visini. Što se tiče brzine leta iz tablice uočavamo da za veće brzine leta zrakoplovu odgovaraju niže temperature i veće visine, tako je npr. za zrakoplov mase 15000 kg i visine leta od 20000 ft na ISA-20 brzina iznosi 0,474 mach-a dok za iste vrijednosti na ISA+20 brzina iznosi 0,378 mach-a, što je razlika od gotovo 0,1 mach.

Grafikon 18. Specifični dolet zrakoplova ATR 42-300 pri minimalnom vremenu leta s masom od 15000 kg pri različitim visinama leta i pri ISA -20 i ISA +20

Izvor: autor

Iz grafikona 18. vidi se promjena specifičnog doleta zrakoplova sa porastom visine i pri ISA -20 i ISA +20. Vidi se da dolazi do promjene specifičnog doleta i to za približno 0,05 – 0,1 nm/kg sa promjenom temperature.

### 4.1.2 Rutna analiza zrakoplova ATR 42-300 pri maksimalnom doletu u krstarenju

Tablica 9. Odnos specifičnog doleta zrakoplova pri maksimalnom doletu u krstarenju sa promjenom težine zrakoplova i visine leta za ISA -20

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ISA  ( DG.C) | Altitude ( ft) | Weight  ( kg) | Mach  ( ) | Time  ( min.) | Distance  ( nm) | SR  ( nm/kg) |
| ISA -20 | 10000 | 16900 | 0.332 | 0.00 | 0.00 | 0.43661 |
| 16000 | 0.324 | 116.56 | 395.6 | 0.44264 |
| 15000 | 0.303 | 255.12 | 842.0 | 0.45048 |
| 14000 | 0.292 | 404.38 | 1297.0 | 0.45959 |
| 13000 | 0.296 | 558.85 | 1761.0 | 0.46826 |
| 12000 | 0.300 | 713.56 | 2232.9 | 0.47529 |
| 11000 | 0.297 | 869.96 | 2711.3 | 0.48128 |
| 10000 | 0.290 | 1031.36 | 3195.4 | 0.48692 |
| 15000 | 16900 | 0.349 | 0.00 | 0.00 | 0.48932 |
| 16000 | 0.346 | 127.59 | 444.9 | 0.49932 |
| 15000 | 0.337 | 275.27 | 949.2 | 0.50940 |
| 14000 | 0.340 | 426.89 | 1463.4 | 0.51876 |
| 13000 | 0.318 | 584.30 | 1986.6 | 0.52809 |
| 12000 | 0.301 | 757.55 | 2520.3 | 0.53946 |
| 11000 | 0.301 | 939.67 | 3065.6 | 0.55112 |
| 10000 | 0.305 | 1122.52 | 3621.8 | 0.56070 |
| 20000 | 16900 | 0.368 | 0.00 | 0.00 | 0.54070 |
| 16000 | 0.360 | 138.18 | 493.0 | 0.55497 |
| 15000 | 0.359 | 297.29 | 1055.8 | 0.57049 |
| 14000 | 0.357 | 462.68 | 1634.2 | 0.58613 |
| 13000 | 0.345 | 635.14 | 2228.0 | 0.60165 |
| 12000 | 0.345 | 815.43 | 2836.8 | 0.61541 |
| 11000 | 0.340 | 1000.54 | 3458.3 | 0.62767 |
| 10000 | 0.310 | 1204.01 | 4092.9 | 0.64197 |
| 250000 | 16900 | 0.384 | 0.00 | 0.00 | 0.58810 |
| 16000 | 0.378 | 146.51 | 538.0 | 0.60771 |
| 15000 | 0.381 | 316.79 | 1157.0 | 0.62969 |
| 14000 | 0.375 | 493.19 | 1796.9 | 0.65026 |
| 13000 | 0.362 | 680.03 | 2458.1 | 0.67249 |
| 12000 | 0.363 | 877.79 | 3142.2 | 0.69536 |
| 11000 | 0.352 | 1082.56 | 3848.0 | 0.71648 |
| 10000 | 0.341 | 1301.81 | 4575.3 | 0.73779 |

Izvor: FOS

Tablica 10. Odnos specifičnog doleta zrakoplova pri maksimalnom doletu u krstarenju sa promjenom težine zrakoplova i visine leta za ISA 0

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ISA  ( DG.C) | Altitude ( ft) | Weight  ( kg) | Mach  ( ) | Time  ( min.) | Distance  ( nm) | SR  ( nm/kg) |
| ISA 0 | 10000 | 16900 | 0.321 | 0.00 | 0.00 | 0.44794 |
| 16000 | 0.318 | 119.77 | 406.8 | 0.45591 |
| 15000 | 0.311 | 255.31 | 866.7 | 0.46390 |
| 14000 | 0.292 | 402.54 | 1335.4 | 0.47396 |
| 13000 | 0.282 | 559.44 | 1815.0 | 0.48538 |
| 12000 | 0.286 | 722.28 | 2305.5 | 0.49530 |
| 11000 | 0.285 | 886.04 | 2805.0 | 0.50344 |
| 10000 | 0.284 | 1054.10 | 3312.1 | 0.51063 |
| 15000 | 16900 | 0.345 | 0.00 | 0.00 | 0.49747 |
| 16000 | 0.342 | 126.31 | 452.8 | 0.50866 |
| 15000 | 0.335 | 272.11 | 967.6 | 0.52082 |
| 14000 | 0.326 | 424.76 | 1494.0 | 0.53205 |
| 13000 | 0.326 | 583.69 | 2031.8 | 0.54337 |
| 12000 | 0.299 | 750.53 | 2580.7 | 0.55506 |
| 11000 | 0.287 | 934.75 | 3143.1 | 0.56998 |
| 10000 | 0.290 | 1126.78 | 3720.0 | 0.58331 |
| 20000 | 16900 | 0.361 | 0.00 | 0.00 | 0.54590 |
| 16000 | 0.359 | 135.08 | 498.4 | 0.56157 |
| 15000 | 0.355 | 290.05 | 1068.1 | 0.57790 |
| 14000 | 0.348 | 452.74 | 1654.4 | 0.59496 |
| 13000 | 0.343 | 624.16 | 2258.3 | 0.61280 |
| 12000 | 0.334 | 803.21 | 2879.2 | 0.62890 |
| 11000 | 0.331 | 991.64 | 3515.9 | 0.64436 |
| 10000 | 0.303 | 1190.23 | 4167.8 | 0.66040 |
| 250000 | 16900 | 0.381 | 0.00 | 0.00 | 0.58559 |
| 16000 | 0.374 | 141.72 | 536.9 | 0.60766 |
| 15000 | 0.373 | 307.17 | 1156.8 | 0.63193 |
| 14000 | 0.363 | 480.95 | 1800.6 | 0.65596 |
| 13000 | 0.360 | 664.34 | 2468.6 | 0.68017 |
| 12000 | 0.355 | 856.90 | 3160.9 | 0.70420 |
| 11000 | 0.346 | 1060.60 | 3877.5 | 0.72917 |
| 10000 | 0.337 | 1275.49 | 4618.8 | 0.75291 |

Izvor: FOS

Tablica 11. Odnos specifičnog doleta zrakoplova pri maksimalnom doletu u krstarenju sa promjenom težine zrakoplova i visine leta za ISA +20

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ISA  ( DG.C) | Altitude ( ft) | Weight  ( kg) | Mach  ( ) | Time  ( min.) | Distance  ( nm) | SR  ( nm/kg) |
| ISA +20 | 10000 | 16900 | 0.320 | 0.00 | 0.00 | 0.45790 |
| 16000 | 0.313 | 118.96 | 416.1 | 0.46660 |
| 15000 | 0.304 | 257.70 | 887.8 | 0.47693 |
| 14000 | 0.293 | 403.38 | 1369.8 | 0.48742 |
| 13000 | 0.277 | 562.36 | 1863.8 | 0.50066 |
| 12000 | 0.271 | 730.39 | 2371.3 | 0.51414 |
| 11000 | 0.276 | 902.55 | 2891.0 | 0.52499 |
| 10000 | 0.274 | 1076.12 | 3420.5 | 0.53375 |
| 15000 | 16900 | 0.337 | 0.00 | 0.00 | 0.50304 |
| 16000 | 0.333 | 126.27 | 458.4 | 0.51581 |
| 15000 | 0.329 | 271.64 | 981.2 | 0.52977 |
| 14000 | 0.324 | 423.61 | 1518.1 | 0.54393 |
| 13000 | 0.311 | 583.75 | 2068.7 | 0.55758 |
| 12000 | 0.300 | 753.26 | 2633.3 | 0.57168 |
| 11000 | 0.283 | 937.21 | 3212.7 | 0.58784 |
| 10000 | 0.276 | 1134.74 | 3809.5 | 0.60591 |
| 20000 | 16900 | 0.355 | 0.00 | 0.00 | 0.54860 |
| 16000 | 0.355 | 132.87 | 501.6 | 0.56569 |
| 15000 | 0.348 | 286.57 | 1076.5 | 0.58431 |
| 14000 | 0.342 | 447.54 | 1670.1 | 0.60297 |
| 13000 | 0.334 | 617.51 | 2282.7 | 0.62248 |
| 12000 | 0.331 | 796.16 | 2915.2 | 0.64234 |
| 11000 | 0.317 | 984.92 | 3566.8 | 0.66106 |
| 10000 | 0.318 | 1184.12 | 4237.2 | 0.67927 |
| 250000 | 14647 | 0.366 | 0.00 | 0.00 | 0.64230 |
| 14000 | 0.361 | 110.90 | 421.2 | 0.65963 |
| 13000 | 0.354 | 290.72 | 1094.4 | 0.68693 |
| 12000 | 0.352 | 479.76 | 1794.5 | 0.71314 |
| 11000 | 0.345 | 679.78 | 2521.0 | 0.73996 |
| 10000 | 0.333 | 892.54 | 3274.7 | 0.76768 |

Izvor: FOS

Grafikon 19. Specifični dolet zrakoplova pri maksimalnom doletu u krstarenju sa promjenom mase zrakoplova i visine leta pri ISA -20

Izvor: autor

Grafikon 20. Specifični dolet zrakoplova pri maksimalnom doletu u krstarenju sa promjenom mase zrakoplova i visine leta pri ISA 0

Izvor: autor

Grafikon 21. Specifični dolet zrakoplova pri maksimalnom doletu u krstarenju sa promjenom mase zrakoplova i visine leta pri ISA +20

Izvor: autor

Tablice su rađene uz pretpostavku da nema vjetra i za indeks troška 0 (CI=0). Iz tablica 9, 10 i 11 i grafikona 19, 20 i 21 može se zaključiti da se sa porastom visine leta i temperature povećava specifični dolet, dok se sa porastom mase zrakoplova specifični dolet smanjuje. Najveći specifični dolet zrakoplov ostvaruje pri visini leta od 25000 ft i pri temperaturi od ISA +20, dok pri toj temperaturi i visini zrakoplov ne može letjeti sa max. masom već sa najvećom masom od 14647 kg ( grafikon 21). To znači da za ostvarivanje najboljeg doleta više odgovaraju veće visine leta i veće temperature od prosjeka na toj visini.

Grafikon 22. Specifični dolet zrakoplova ATR 42-300 pri maksimalnom doletu u krstarenju s masom od 15000 kg pri ISA -20 i ISA +20

Izvor: autor

Iz grafikona 22. vidi se da se specifični dolet zrakoplova povećava sa porastom visine leta zrakoplova i sa porastom temperature. Može se zaključiti da se bolji specifični dolet ostvaruje na većim visinama leta i pri većim temperaturama.

## Rutna analiza zrakoplova Dash 8 Q400

Tablice za zrakoplov Dash 8 Q400 dobivene su iz manuala za zrakoplov Dash 8 Q400 koji služi kao za pripremu zrakoplova Dash 8 Q400 za svakodnevne letačke operacije, prema unaprijed zadanim parametrima mase zrakoplova koji se mijenjaju od 20000 kg do 29000 kg sa korakom od 2000 kg, ISA temperature od ISA -20 do ISA +20 sa korakom od 20 i promjena visine od 10000 ft do 25000 ft korakom od 5000 ft.

**Rutna analiza zrakoplova Dash 8 Q400 pri maksimalnom doletu u krstarenju**

Tablica 12. Odnos specifičnog doleta zrakoplova pri maksimalnom doletu u krstarenju sa promjenom težine zrakoplova i visine leta za ISA -20

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ISA  ( DG.C) | Altitude ( ft) | Weight  ( kg) | Mach  ( ) | F/F  ( kg/h ) | SR  ( nm/kg) |
| ISA -20 | 250 | 29000 | 0,438 | 802 | 0,3616 |
| 28000 | 0,434 | 776 | 0,3698 |
| 26000 | 0,425 | 730 | 0,3855 |
| 24000 | 0,415 | 682 | 0,4032 |
| 22000 | 0,403 | 632 | 0,4224 |
| 20000 | 0,393 | 591 | 0,4399 |
| 200 | 29000 | 0,423 | 842 | 0,3325 |
| 28000 | 0,419 | 816 | 0,3394 |
| 26000 | 0,410 | 768 | 0,3528 |
| 24000 | 0,400 | 726 | 0,3650 |
| 22000 | 0,391 | 688 | 0,3764 |
| 20000 | 0,383 | 655 | 0,3863 |
| 160 | 29000 | 0,411 | 881 | 0,3087 |
| 28000 | 0,405 | 856 | 0,3130 |
| 26000 | 0,396 | 813 | 0,3222 |
| 24000 | 0,387 | 776 | 0,3299 |
| 22000 | 0,378 | 743 | 0,3364 |
| 20000 | 0,371 | 711 | 0,3445 |
| 100 | 29000 | 0,388 | 962 | 0,2671 |
| 28000 | 0,384 | 943 | 0,2693 |
| 26000 | 0,376 | 906 | 0,2748 |
| 24000 | 0,369 | 870 | 0,2804 |
| 22000 | 0,361 | 834 | 0,2865 |
| 20000 | 0,353 | 801 | 0,2921 |

Izvor: manual

Tablica 13. Odnos specifičnog doleta zrakoplova pri maksimalnom doletu u krstarenju sa promjenom težine zrakoplova i visine leta za ISA 0

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ISA  ( DG.C) | Altitude ( ft) | Weight  ( kg) | Mach  ( ) | F/F  ( kg/h ) | SR  ( nm/kg) |
| ISA | 250 | 29000 | 0,453 | 844 | 0,3554 |
| 28000 | 0,449 | 817 | 0,3635 |
| 26000 | 0,440 | 766 | 0,3798 |
| 24000 | 0,429 | 715 | 0,3972 |
| 22000 | 0,419 | 662 | 0,4184 |
| 20000 | 0,408 | 618 | 0,4368 |
| 200 | 29000 | 0,440 | 886 | 0,3284 |
| 28000 | 0,434 | 856 | 0,3352 |
| 26000 | 0,424 | 802 | 0,3491 |
| 24000 | 0,413 | 754 | 0,3620 |
| 22000 | 0,402 | 712 | 0,3735 |
| 20000 | 0,393 | 676 | 0,3846 |
| 160 | 29000 | 0,425 | 918 | 0,3061 |
| 28000 | 0,419 | 891 | 0,3108 |
| 26000 | 0,408 | 843 | 0,3202 |
| 24000 | 0,398 | 801 | 0,3283 |
| 22000 | 0,387 | 762 | 0,3359 |
| 20000 | 0,378 | 724 | 0,3453 |
| 100 | 29000 | 0,396 | 986 | 0,2657 |
| 28000 | 0,393 | 966 | 0,2691 |
| 26000 | 0,385 | 926 | 0,2753 |
| 24000 | 0,378 | 887 | 0,2818 |
| 22000 | 0,369 | 847 | 0,2880 |
| 20000 | 0,360 | 809 | 0,2941 |

Izvor: manual

Tablica 14. Odnos specifičnog doleta zrakoplova pri maksimalnom doletu u krstarenju sa promjenom težine zrakoplova i visine leta za ISA +20

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ISA  ( DG.C) | Altitude ( ft) | Weight  ( kg) | Mach  ( ) | F/F  ( kg/h ) | SR  ( nm/kg) |
| ISA +20 | 250 | 29000 | 0,456 | 865 | 0,3491 |
| 28000 | 0,458 | 847 | 0,3577 |
| 26000 | 0,449 | 797 | 0,3726 |
| 24000 | 0,440 | 743 | 0,3916 |
| 22000 | 0,429 | 688 | 0,4127 |
| 20000 | 0,420 | 642 | 0,4330 |
| 200 | 29000 | 0,452 | 925 | 0,3232 |
| 28000 | 0,446 | 893 | 0,3303 |
| 26000 | 0,437 | 837 | 0,3452 |
| 24000 | 0,426 | 785 | 0,3592 |
| 22000 | 0,414 | 740 | 0,3702 |
| 20000 | 0,405 | 702 | 0,3817 |
| 160 | 29000 | 0,440 | 962 | 0,3024 |
| 28000 | 0,432 | 931 | 0,3071 |
| 26000 | 0,420 | 878 | 0,3166 |
| 24000 | 0,408 | 830 | 0,3253 |
| 22000 | 0,397 | 785 | 0,3350 |
| 20000 | 0,385 | 741 | 0,3441 |
| 100 | 29000 | 0,405 | 1015 | 0,2640 |
| 28000 | 0,402 | 995 | 0,2673 |
| 26000 | 0,394 | 950 | 0,2747 |
| 24000 | 0,387 | 910 | 0,2813 |
| 22000 | 0,378 | 866 | 0,2886 |
| 20000 | 0,369 | 826 | 0,2953 |

Izvor: manual

Grafikon 23. Specifični dolet zrakoplova Dash 8 Q400 pri maksimalnom doletu u krstarenju sa promjenom mase zrakoplova i visine leta pri ISA -20

Izvor: autor

Grafikon 24. Specifični dolet zrakoplova Dash 8 Q400 pri maksimalnom doletu u krstarenju sa promjenom mase zrakoplova i visine leta pri ISA 0

Izvor: autor

Grafikon 25. Specifični dolet zrakoplova Dash 8 Q400 pri maksimalnom doletu u krstarenju sa promjenom mase zrakoplova i visine leta pri ISA +20

Izvor: autor

## Upravljanje cost indeksom na domaćoj i međunarodnoj ruti za zrakoplove ATR 42 i Dash 8 Q400

Kao što je opisano u poglavlju 3.3.2 upravljanjem sa cost indeksom omogućava zrakoplovnim kompanijama upravljanje sa potrošnjom goriva i vremenom leta zrakoplova, a sve u svrhu povećanja dobiti na određenim letovima. Cost indeksi se kreću od 1 – 10 ili od 1 -100 ili od 1 – 1000 ovisno o tipu zrakoplova. Promjenom cost indeksa izravno se utječe na brzinu leta zrakoplova ( vrijeme leta) i na potrošnju goriva.

Rute na kojoj će se provesti rutna analiza je Zagreb – Split i Zagreb - Zurich, a za cost indeks su uzeti vrijednosti CI 1 i CI 5, pri raznim visinama leta i temperaturama.

Tablica 15. Krstarenje pri optimalnoj brzini za CI 1 i ISA +20

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| CI  ( ) | ISA  (DG.C) | FL  (FT) | WGHT  (KG) | MACH  ( ) | SR  (NM/Kg) |
|  |  |  | 16900 | 0.320 | 0.45790 |
|  |  |  | 16000 | 0.313 | 0.46660 |
|  |  | 10000 | 15000 | 0.304 | 0.47693 |
|  |  | 14000 | 0.293 | 0.48742 |
|  |  | 13000 | 0.277 | 0.50066 |
|  |  | 12000 | 0.271 | 0.51414 |
|  |  | 11000 | 0.276 | 0.52499 |
|  |  | 10000 | 0.274 | 0.53375 |
|  |  |  | 16900 | 0.337 | 0.50304 |
|  |  |  | 16000 | 0.333 | 0.51581 |
|  |  |  | 15000 | 0.329 | 0.52977 |
|  |  |  | 14000 | 0.324 | 0.54393 |
| CI=1 | ISA +20 | 15000 | 13000 | 0.311 | 0.55758 |
|  |  |  | 12000 | 0.300 | 0.57168 |
|  |  |  | 11000 | 0.283 | 0.58784 |
|  |  |  | 10000 | 0.276 | 0.60591 |
|  |  |  | 16900 | 0.355 | 0.54860 |
|  |  |  | 16000 | 0.355 | 0.56569 |
|  |  |  | 15000 | 0.348 | 0.58431 |
|  |  | 20000 | 14000 | 0.342 | 0.60297 |
|  |  |  | 13000 | 0.334 | 0.62248 |
|  |  |  | 12000 | 0.331 | 0.64234 |
|  |  |  | 11000 | 0.317 | 0.66106 |
|  |  |  | 10000 | 0.318 | 0.67927 |
|  |  |  | 14647 | 0.366 | 0.64230 |
|  |  |  | 14000 | 0.361 | 0.65963 |
|  |  | 25000 | 13000 | 0.354 | 0.68000 |
|  |  |  | 12000 | 0.352 | 0.71314 |
|  |  |  | 11000 | 0.345 | 0.73996 |
|  |  |  | 10000 | 0.333 | 0.76768 |

Izvor: FOS

Tablica 16. Krstarenje pri optimalnoj brzini za CI 1 i ISA 0

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| CI  ( ) | ISA  (DG.C) | FL  (FT) | WGHT  (KG) | MACH  ( ) | SR  (NM/Kg) |
|  |  |  | 16900 | 0.321 | 0.44794 |
|  |  |  | 16000 | 0.318 | 0.45591 |
|  |  | 10000 | 15000 | 0.311 | 0.46390 |
|  |  | 14000 | 0.292 | 0.47396 |
|  |  | 13000 | 0.282 | 0.48538 |
|  |  | 12000 | 0.286 | 0.49530 |
|  |  | 11000 | 0.285 | 0.50344 |
|  |  | 10000 | 0.284 | 0.51063 |
|  |  |  | 16900 | 0.345 | 0.49747 |
|  |  |  | 16000 | 0.342 | 0.50866 |
|  |  |  | 15000 | 0.335 | 0.52082 |
|  |  |  | 14000 | 0.326 | 0.53205 |
| CI=1 | ISA | 15000 | 13000 | 0.326 | 0.54337 |
|  |  |  | 12000 | 0.299 | 0.55506 |
|  |  |  | 11000 | 0.287 | 0.56998 |
|  |  |  | 10000 | 0.290 | 0.58331 |
|  |  |  | 16900 | 0.361 | 0.54590 |
|  |  |  | 16000 | 0.359 | 0.56157 |
|  |  |  | 15000 | 0.355 | 0.57790 |
|  |  | 20000 | 14000 | 0.348 | 0.59496 |
|  |  |  | 13000 | 0.343 | 0.61280 |
|  |  |  | 12000 | 0.334 | 0.62890 |
|  |  |  | 11000 | 0.331 | 0.64436 |
|  |  |  | 10000 | 0.303 | 0.66040 |
|  |  | 25000 | 16900 | 0.381 | 0.58559 |
|  |  | 16000 | 0.374 | 0.60766 |
|  |  | 15000 | 0.373 | 0.63193 |
|  |  | 14000 | 0.363 | 0.65596 |
|  |  |  | 13000 | 0.360 | 0.68017 |
|  |  |  | 12000 | 0.355 | 0.70420 |
|  |  |  | 11000 | 0.346 | 0.72917 |
|  |  |  | 10000 | 0.337 | 0.75291 |

Izvor: FOS

Tablica 17. Krstarenje pri optimalnoj brzini za CI 1 i ISA -20

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| CI  ( ) | ISA  (DG.C) | FL  (FT) | WGHT  (KG) | MACH  ( ) | SR  (NM/Kg) |
|  |  |  | 16900 | 0.332 | 0.43661 |
|  |  |  | 16000 | 0.324 | 0.44264 |
|  |  | 10000 | 15000 | 0.303 | 0.45048 |
|  |  | 14000 | 0.292 | 0.45959 |
|  |  | 13000 | 0.296 | 0.46826 |
|  |  | 12000 | 0.300 | 0.47529 |
|  |  | 11000 | 0.297 | 0.48128 |
|  |  | 10000 | 0.290 | 0.48692 |
|  |  |  | 16900 | 0.349 | 0.48932 |
|  |  |  | 16000 | 0.346 | 0.49932 |
|  |  |  | 15000 | 0.337 | 0.50940 |
|  |  |  | 14000 | 0.340 | 0.51876 |
| CI=1 | ISA -20 | 15000 | 13000 | 0.318 | 0.52809 |
|  |  |  | 12000 | 0.301 | 0.53946 |
|  |  |  | 11000 | 0.301 | 0.55112 |
|  |  |  | 10000 | 0.305 | 0.56070 |
|  |  |  | 16900 | 0.368 | 0.54070 |
|  |  |  | 16000 | 0.360 | 0.55497 |
|  |  |  | 15000 | 0.359 | 0.57049 |
|  |  | 20000 | 14000 | 0.357 | 0.58613 |
|  |  |  | 13000 | 0.345 | 0.60165 |
|  |  |  | 12000 | 0.345 | 0.61541 |
|  |  |  | 11000 | 0.340 | 0.62767 |
|  |  |  | 10000 | 0.310 | 0.64197 |
|  |  | 25000 | 16900 | 0.384 | 0.58810 |
|  |  | 16000 | 0.378 | 0.60771 |
|  |  | 15000 | 0.381 | 0.62969 |
|  |  | 14000 | 0.375 | 0.65026 |
|  |  |  | 13000 | 0.362 | 0.67249 |
|  |  |  | 12000 | 0.363 | 0.69536 |
|  |  |  | 11000 | 0.352 | 0.71648 |
|  |  |  | 10000 | 0.341 | 0.73779 |

Izvor: FOS

Tablica 18. Krstarenje pri optimalnoj brzini za CI 5 i ISA +20

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| CI  ( ) | ISA  (DG.C) | FL  (FT) | WGHT  (KG) | MACH  ( ) | SR  (NM/Kg) |
|  |  |  | 16900 | 0.359 | 0.44362 |
|  |  |  | 16000 | 0.361 | 0.44785 |
|  |  | 10000 | 15000 | 0.356 | 0.45726 |
|  |  | 14000 | 0.356 | 0.46286 |
|  |  | 13000 | 0.350 | 0.47318 |
|  |  | 12000 | 0.348 | 0.48001 |
|  |  | 11000 | 0.343 | 0.48901 |
|  |  | 10000 | 0.343 | 0.49232 |
|  |  |  | 15616 | 0.376 | 0.50358 |
| CI=5 | ISA +20 |  | 15000 | 0.378 | 0.50730 |
|  |  | 15000 | 14000 | 0.375 | 0.51768 |
|  |  |  | 13000 | 0.371 | 0.52899 |
|  |  |  | 12000 | 0.371 | 0.53576 |
|  |  |  | 11000 | 0.367 | 0.54618 |
|  |  |  | 10000 | 0.361 | 0.55835 |
|  |  |  | 13103 | 0.390 | 0.59045 |
|  |  | 20000 | 12000 | 0.388 | 0.60526 |
|  |  |  | 11000 | 0.390 | 0.61408 |
|  |  |  | 10000 | 0.383 | 0.63020 |
|  |  | 25000 | 10080 | 0.408 | 0.70383 |
|  |  |  | 10000 | 0.408 | 0.70554 |

Izvor: FOS

Tablica 19. Krstarenje pri optimalnoj brzini za CI 5 i ISA 0

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| CI  ( ) | ISA  (DG.C) | FL  (FT) | WGHT  (KG) | MACH  ( ) | SR  (NM/Kg) |
|  |  |  | 16900 | 0.373 | 0.42985 |
|  |  |  | 16000 | 0.369 | 0.43744 |
|  |  | 10000 | 15000 | 0.365 | 0.44525 |
|  |  | 14000 | 0.359 | 0.45424 |
|  |  | 13000 | 0.361 | 0.45748 |
|  |  | 12000 | 0.356 | 0.46560 |
|  |  | 11000 | 0.355 | 0.46955 |
|  |  | 10000 | 0.353 | 0.47383 |
|  |  |  | 16900 | 0.389 | 0.48107 |
|  |  |  | 16000 | 0.387 | 0.48989 |
|  |  |  | 15000 | 0.387 | 0.49761 |
|  |  |  | 14000 | 0.385 | 0.50642 |
| CI=5 | ISA 0 | 15000 | 13000 | 0.385 | 0.51208 |
|  |  |  | 12000 | 0.380 | 0.52206 |
|  |  |  | 11000 | 0.375 | 0.53201 |
|  |  |  | 10000 | 0.373 | 0.53926 |
|  |  |  | 16475 | 0.426 | 0.52314 |
|  |  |  | 16000 | 0.421 | 0.53221 |
|  |  |  | 15000 | 0.416 | 0.54608 |
|  |  | 20000 | 14000 | 0.414 | 0.55738 |
|  |  |  | 13000 | 0.405 | 0.57473 |
|  |  |  | 12000 | 0.393 | 0.59692 |
|  |  |  | 11000 | 0.393 | 0.60636 |
|  |  |  | 10000 | 0.396 | 0.61042 |
|  |  |  | 13908 | 0.435 | 0.61635 |
|  |  | 25000 | 13000 | 0.426 | 0.64084 |
|  |  |  | 12000 | 0.431 | 0.64881 |
|  |  |  | 11000 | 0.423 | 0.67048 |
|  |  |  | 10000 | 0.422 | 0.68352 |

Izvor: FOS

Tablica 20. Krstarenje pri optimalnoj brzini za CI 5 i ISA -20

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| CI  ( ) | ISA  (DG.C) | FL  (FT) | WGHT  (KG) | MACH  ( ) | SR  (NM/Kg) |
|  |  |  | 16900 | 0.378 | 0.42115 |
|  |  |  | 16000 | 0.375 | 0.42704 |
|  |  | 10000 | 15000 | 0.369 | 0.43571 |
|  |  | 14000 | 0.370 | 0.43916 |
|  |  | 13000 | 0.368 | 0.44443 |
|  |  | 12000 | 0.370 | 0.44609 |
|  |  | 11000 | 0.368 | 0.45035 |
|  |  | 10000 | 0.365 | 0.45374 |
|  |  |  | 16900 | 0.395 | 0.47197 |
|  |  |  | 16000 | 0.397 | 0.47658 |
|  |  |  | 15000 | 0.390 | 0.48852 |
|  |  |  | 14000 | 0.393 | 0.49181 |
| CI=5 | ISA -20 | 15000 | 13000 | 0.387 | 0.50230 |
|  |  |  | 12000 | 0.384 | 0.50993 |
|  |  |  | 11000 | 0.376 | 0.52201 |
|  |  |  | 10000 | 0.376 | 0.52649 |
|  |  |  | 16900 | 0.424 | 0.51752 |
|  |  |  | 16000 | 0.428 | 0.52288 |
|  |  |  | 15000 | 0.415 | 0.54325 |
|  |  | 20000 | 14000 | 0.419 | 0.54883 |
|  |  |  | 13000 | 0.422 | 0.55349 |
|  |  |  | 12000 | 0.409 | 0.57311 |
|  |  |  | 11000 | 0.411 | 0.57752 |
|  |  |  | 10000 | 0.394 | 0.60236 |
|  |  | 25000 | 16900 | 0.443 | 0.55742 |
|  |  | 16000 | 0.436 | 0.57873 |
|  |  | 15000 | 0.431 | 0.60023 |
|  |  | 14000 | 0.436 | 0.61144 |
|  |  |  | 13000 | 0.424 | 0.64104 |
|  |  |  | 12000 | 0.430 | 0.64750 |
|  |  |  | 11000 | 0.433 | 0.65542 |
|  |  |  | 10000 | 0.421 | 0.68075 |

Izvor: FOS

Podaci iz tablica primjenjuju se za proračun rutne analize. Kako je već naprijed spomenuto, razmatrati će se ruta Zagreb – Split.

### Rutna analiza zrakoplova ATR 42 na ruti Zagreb – Split

Ruta Zagreb – Split redovna je ruta kompanije Croatia airlines kojom zrakoplovi operiraju svakodnevno. Prije zamjene zrakoplova na toj ruti je letio zrakoplov ATR 42-300, dok danas nakon kupnje novih zrakoplova na toj ruti operiraju zrakoplovi Dash 8 Q400. Duljina te rute je 180 nm, na penjanje otpada 45 nm dok samo krstarenje koje se razmatra u ovom radu iznosi 42 nm, a na spuštanje i završni prilaz 93 nm. U daljnjim proračunima prikazati će se utjecaj promjene indeksa troška ( 1 i 5) , nivoa leta ( FL100, 150, 200, 250) i temperature ( ISA -20, 0, +20) na dolet i potrošnju goriva za zrakoplov ATR 42. Kao referentna masa uzeta je vrijednost od 16000 kg. Bitno je napomenuti da su uzeti podaci rađeni za krstarenje pri optimalnoj brzini i bez utjecaja vjetra.

CI =1 ISA +20 FL100

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,313 SR = 0,4660 nm/kg

CI = 1 ISA +20 FL 150

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,333 SR = 0,51581 nm/ kg

CI = 1 ISA +20 FL 200

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,366 SR = 0,56569 nm/ kg

CI = 1 ISA +20 FL 250

Masa zrakoplova = 14647 (ograničeno) Mach = 0,366 SR = 0,64230 nm/ kg

CI = 1 ISA 0 FL 100

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,318 SR = 0,45591 nm/ kg

CI = 1 ISA 0 FL 150

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,342 SR = 0,50866 nm/ kg

CI = 1 ISA 0 FL 200

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,359 SR = 0,56157 nm/ kg

CI = 1 ISA 0 FL 250

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,374 SR = 0,60766 nm/ kg

CI = 1 ISA -20 FL 100

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,324 SR = 0,44264 nm / kg

CI = 1 ISA -20 FL 150

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,349 SR = 0,49932 nm/ kg

CI = 1 ISA -20 FL 200

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,359 SR = 0,55497 nm/ kg

CI = 1 ISA -20 FL 250

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,378 SR = 0,60771 nm/ kg

CI = 5 ISA +20 FL 100

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,361 SR = 0,44785 nm/ kg

CI = 5 ISA +20 FL 150

Masa zrakoplova = 15626 kg Mach = 0,376 SR = 0,50358 nm/ kg

CI = 5 ISA +20 FL 200

Masa zrakoplova = 13103 kg Mach = 0,390 SR = 0,59045 nm/ kg

CI = 5 ISA +20 FL 250

Masa zrakoplova = 10080 kg Mach = 0,408 SR = 0,70383 nm/ kg

59.67 kg

CI = 5 ISA 0 FL 100

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,369 SR = 0,43744 nm/ kg

CI = 5 ISA 0 FL 150

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,387 SR = 0,48989 nm/ kg

CI = 5 ISA 0 FL 200

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,421 SR = 0,53221 nm/ kg

CI = 5 ISA 0 FL 250

Masa zrakoplova = 13908 kg Mach = 0,435 SR = 0,61635 nm/ kg

CI = 5 ISA -20 FL 100

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,375 SR = 0,4270 nm/ kg

CI = 5 ISA -20 FL 150

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,397 SR = 0,47658 nm/ kg

11,59 min

CI = 5 ISA -20 FL 200

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,428 SR = 0,52288 nm/ kg

CI = 5 ISA -20 FL 250

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,436 SR = 0,57873 nm/ kg

Razmotri li se promjena indeksa troška od 1 do 5 za npr. FL 200 i temperaturu ISA 0, može se zamijetiti da s povećanjem indeksa troška potrošnja raste za 4,1 kilograma goriva za tu razinu leta, a vrijeme leta je kraće za 1,8 minute.

Ako se za bilo koju vrijednost indeksa troška i temperature mijenja FL, zamjetan je pad potrošnje goriva sa povećanjem FL. Spuštanjem od FL 250 do FL 100 vidi se da potrošnja za iste atmosferske prilike raste i za preko 25 kg.

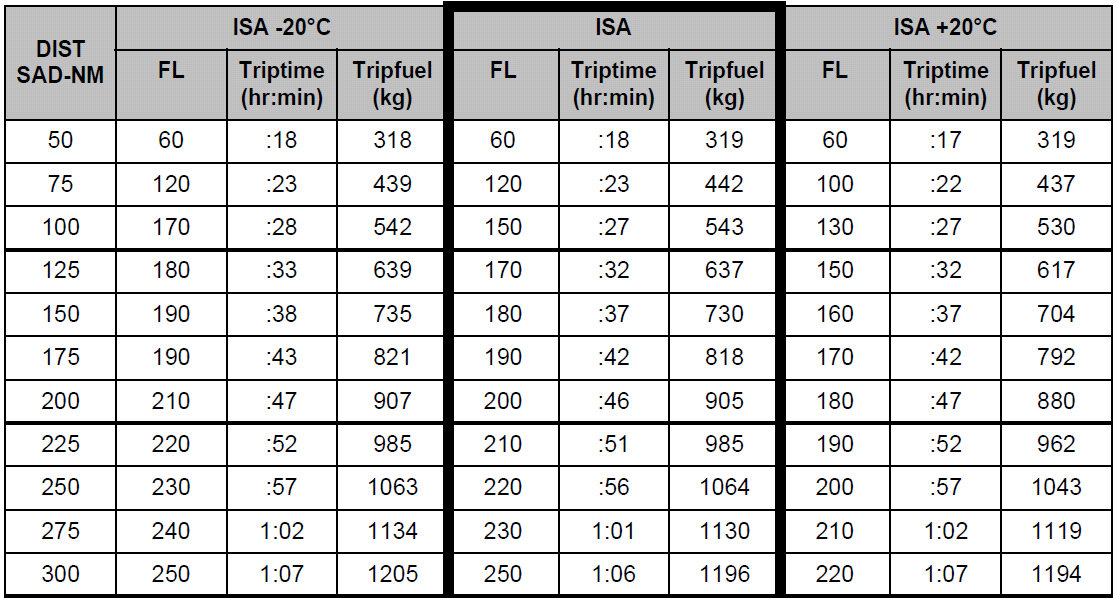
Najveća ušteda u vremenu se ostvaruje letom sa CI=5. Međutim, pri uvjetima sa CI=5 potrošnja goriva je znatno veća nego pri cost indexu 1.

Ako se želi dobiti na vremenu potrebno je letjeti sa što većim indeksom troška i što niže (za indekse troška od 5-10). Rastom indeksa troška povećava i brzina za ekonomično krstarenje. Pri vrlo visokim indeksima troška vrijedi obrat. Ako se želi uštedjeti na gorivu pogodniji su niži indeksi troška i viši FL-i.

### Rutna analiza zrakoplova Dash 8 Q400 na ruti Zagreb – Split

Prema planu leta i flight planning table-u za zrakoplov Dash 8 Q 400 možemo dobiti podatke za let za maksimalni cost index.

Tablica 21. Pre- planning table za zrakoplov Dash 8 Q400



Izvor: manual

Iz pre-flight planning table-a i dobivenog plana leta za zrakoplov Dash 8 Q400 može se vidjeti da let od Zagreba do Splita ( 180 nm) traje 0:45 h ( 45 minuta). Dok po pojedinim fazama vrijeme leta iznosi:

* Penjanje – 45 nm – 13 minuta
* Krstarenje – 42 nm – 7 minuta
* Spuštanje i završni prilaz – 93 nm – 25 minuta.

Iz tablice može se pročitati da zrakoplovu odgovaraju veće visine leta i veće temperature, jer se tada vrijeme leta i potrošnja goriva smanjuje.

### Rutna analiza zrakoplova ATR 42 na ruti Zagreb – Zurich

Rutom Zagreb – Zurich operira Croatia Airlines svakodnevno. ATR je znao letjeti rutom prije nego je zamijenjen sa Dash 8 Q 400. Ruta je ukupne duljine 385 nm dok na penjanje otpada 54 nm, na krstarenje 225 nm, a na spuštanje i završni prilaz 106 nm. U daljnjim proračunima prikazati će se utjecaj promjene indeksa troška ( 1 i 5) , nivoa leta ( FL100, 150, 200, 250) i temperature ( ISA -20, 0, +20) na dolet i potrošnju goriva za zrakoplov ATR 42.

Kao referentna masa uzeta je vrijednost od 16000 kg. Bitno je napomenuti da su uzeti podaci rađeni za krstarenje pri optimalnoj brzini i bez utjecaja vjetra.

CI =1 ISA +20 FL100

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,313 SR = 0,4660 nm/kg

CI = 1 ISA +20 FL 150

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,333 SR = 0,51581 nm/ kg

CI = 1 ISA +20 FL 200

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,366 SR = 0,56569 nm/ kg

CI = 1 ISA +20 FL 250

Masa zrakoplova = 14647 (ograničeno) Mach = 0,366 SR = 0,64230 nm/ kg

CI = 1 ISA 0 FL 100

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,318 SR = 0,45591 nm/ kg

CI = 1 ISA 0 FL 150

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,342 SR = 0,50866 nm/ kg

CI = 1 ISA 0 FL 200

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,359 SR = 0,56157 nm/ kg

CI = 1 ISA 0 FL 250

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,374 SR = 0,60766 nm/ kg

CI = 1 ISA -20 FL 100

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,324 SR = 0,44264 nm / kg

CI = 1 ISA -20 FL 150

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,349 SR = 0,49932 nm/ kg

CI = 1 ISA -20 FL 200

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,359 SR = 0,55497 nm/ kg

CI = 1 ISA -20 FL 250

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,378 SR = 0,60771 nm/ kg

CI = 5 ISA +20 FL 100

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,361 SR = 0,44785 nm/ kg

CI = 5 ISA +20 FL 150

Masa zrakoplova = 15626 kg Mach = 0,376 SR = 0,50358 nm/ kg

CI = 5 ISA +20 FL 200

Masa zrakoplova = 13103 kg Mach = 0,390 SR = 0,59045 nm/ kg

CI = 5 ISA +20 FL 250

Masa zrakoplova = 10080 kg Mach = 0,408 SR = 0,70383 nm/ kg

319.68 kg

CI = 5 ISA 0 FL 100

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,369 SR = 0,43744 nm/ kg

CI = 5 ISA 0 FL 150

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,387 SR = 0,48989 nm/ kg

CI = 5 ISA 0 FL 200

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,421 SR = 0,53221 nm/ kg

CI = 5 ISA 0 FL 250

Masa zrakoplova = 13908 kg Mach = 0,435 SR = 0,61635 nm/ kg

CI = 5 ISA -20 FL 100

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,375 SR = 0,4270 nm/ kg

CI = 5 ISA -20 FL 150

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,397 SR = 0,47658 nm/ kg

62,06 min

CI = 5 ISA -20 FL 200

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,428 SR = 0,52288 nm/ kg

CI = 5 ISA -20 FL 250

Masa zrakoplova = 16000 kg Mach = 0,436 SR = 0,57873 nm/ kg

Razmotri li se promjena indeksa troška od 1 do 5 za npr. FL 200 i temperaturu ISA 0, može se zamijetiti da s povećanjem indeksa troška potrošnja raste za 22,11 kilograma goriva za tu razinu leta, a vrijeme leta je kraće za 9,64 minute.

Ako se za bilo koju vrijednost indeksa troška i temperature mijenja FL, zamjetan je pad potrošnje goriva sa povećanjem FL. Spuštanjem od FL 250 do FL 100 vidi se da potrošnja za iste atmosferske prilike raste i za preko 20 kg.

Najveća ušteda u vremenu se ostvaruje letom sa CI=5. Međutim, pri uvjetima sa CI=5 potrošnja goriva je znatno veća nego pri cost indexu 1.

Ako se želi dobiti na vremenu potrebno je letjeti sa što većim indeksom troška i što niže (za indekse troška od 5-10). Rastom indeksa troška povećava i brzina za ekonomično krstarenje. Pri vrlo visokim indeksima troška vrijedi obrat. Ako se želi uštedjeti na gorivu pogodniji su niži indeksi troška i viši FL-i.

### Rutna analiza zrakoplova Dash 8 Q400 na ruti Zagreb – Zurich

Kao što je navedeno u poglavlju 4.3.2 podatke za rutnu analizu dobivaju se iz pre-flight planning table-a ( tablica 21.) za zrakoplov Dash 8 Q400 i iz plana leta za navedeni zrakoplov.

Iz pre-flight planning table-a i dobivenog plana leta za zrakoplov Dash 8 Q400 može se vidjeti da let od Zagreba do Zurich-a ( 385 nm) traje 1:22 h. Dok po pojedinim fazama vrijeme leta iznosi:

* Penjanje – 54 nm – 15 minuta
* Krstarenje – 225 nm – 40 minuta
* Spuštanje i završni prilaz – 106 nm – 27 minuta.

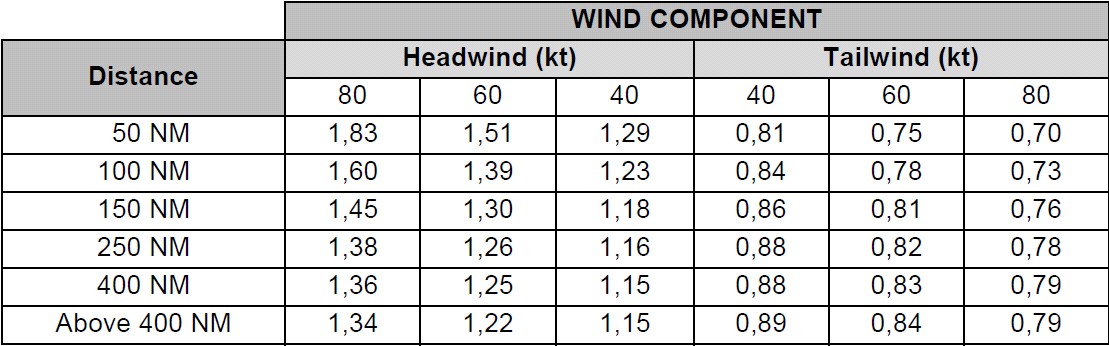
Iz tablice 21. može se pročitati da zrakoplovu odgovaraju veće visine leta i veće temperature, jer se tada vrijeme leta i potrošnja goriva smanjuje.

## Utjecaj vjetra na rutno planiranje

Prilikom planiranja rute vrlo važno je voditi računa o smjeru vjetra, koji može produžiti vrijeme leta odnosno smanjiti ovisno iz smjera iz kojeg puše. Tailwind ( leđni vjetar) vjetar koji puše u rep zrakoplova i dodatno “pomaže“ zrakoplovu u letu, skraćuje se vrijeme leta i potrošnja goriva. Za razliku od tailwind-a, headwind puše u suprotnom smjeru od leta zrakoplova i “odmaže“ zrakoplovu, tj. povećava vrijeme leta zrakoplova i negativno utječe na potrošnju goriva. Prilikom planiranja leta treba dobro planirati smjer vjetra te na taj način planirati količinu goriva za let.

Korekcije za vrijeme i udaljenost leta za zrakoplov ATR 42 dobivaju se pomoću FOS programa, dok se za zrakoplov Dash 8 Q400 korekcije obavljaju pomoću tablice korekcija koja se nalazi u flight planning master-u.

Tablica 22. Tablica korekcija zbog vjetra za zrakoplov Dash 8 Q400



Izvor: manual

Npr.

Na letu iz Zagreba do Splita puše headwind jačine 40 čvorova pri ISA +20, kako je udaljenost 180 nm korekcija se obavlja na sljedeći način:

Nakon napravljene korekcije iz tablice 21. se pročita vrijeme leta i potrebna količina goriva.

Iz napravljenih rutnih analiza za međunarodni i domaći let može se zaključiti da je zrakoplov Dash 8 Q 400 sa svih stajališta bolji zrakoplov, osim u količini potrošnje goriva odnosno specifičnog doleta koji je veći za zrakoplov ATR 42, ali rezultat te prednosti je to što je ATR 42 duplo manji zrakoplov, a samim time i duplo lakši. Iz faze krstarenja može se vidjeti da je zrakoplov Dash 8 Q400 brži od zrakoplova ATR 42 za 10-20 minuta ovisno o indeksu troška. Rezultat kraćeg trajanja leta ima veliku prednost jer su samim time putnici zrakoplova zadovoljniji bržim dolaskom na odredište i smanjenom emisijom ispušnih plinova i zagađenje okoliša. Još jedna prednost zrakoplova Dash 8 Q400 je u brzini leta koja je veća od brzine leta zrakoplova ATR 42 za 177 km/h.

# ZAKLJUČAK

Početkom travnja 2007. godine donijeta je odluka o obnovi flote novim zrakoplovima kanadske tvrtke Bombardier DASH Q-400 sa 76 sjedala koji se ubraja među najsuvremenije u svojoj klasi. Zamjenom zrakoplova ATR 42 sa Dash 8 Q400 nacionalna kompanija Croatia Airlines dobiva veću kvalitetu što se tiče doleta i većom putničkom kabinom s duplo više sjedala te pruža kompaniji pokrivanje kapaciteta sjedala od 50 – 130.

Kako je zračni promet jugo-istočne Europe u stalnom porastu, trend rasta potražnje kompanija je morala zamijeniti flotu sa novim – većim zrakoplovima, te su na taj način ATR 42 postupno otpuštali iz flote. U Croatia Airlinesu ocjenjuju da je zbog brzine i radne ekonomičnosti DASH 8 Q400 logičan izbor za kraće linije koje zahtijevaju veći kapacitet te za neke dulje linije koje nisu pogodne za zrakoplove Airbus.

Velika prednost Dash 8 Q400 je što je zrakoplov Dash trenutno najtiši zrakoplov, a samim time se povećavaju prihodi na letu, jer se plaćaju manji penali zbog buke na zračnim lukama. Dizajn interijera Q400 pomak je prema većoj udobnosti poslovnog i ekonomskog razreda, a istodobno i estetsko unapređenje izgleda putničke kabine.

Iz napravljenih rutnih analiza za međunarodni i domaći let može se zaključiti da je zrakoplov Dash 8 Q 400 sa svih stajališta bolji zrakoplov, osim u količini potrošnje goriva odnosno specifičnog doleta koji je veći za zrakoplov ATR 42, ali rezultat te prednosti je to što je ATR 42 duplo manji zrakoplov, a samim time i duplo lakši. Iz faze krstarenja može se vidjeti da je zrakoplov Dash 8 Q400 brži od zrakoplova ATR 42 za 10-20 minuta ovisno o indeksu troška. Rezultat kraćeg trajanja leta ima veliku prednost jer su samim time putnici zrakoplova zadovoljniji bržim dolaskom na odredište i smanjenom emisijom ispušnih plinova i zagađenje okoliša. Još jedna prednost zrakoplova Dash 8 Q400 je u brzini leta koja je veća od brzine leta zrakoplova ATR 42 za 177 km/h.

Dash 8 Q400 je izuzetno ekonomski isplativ zrakoplov, što zbog malih troškova,ali i zbog izuzetne brzine koju postiže zahvaljujući svojim Pratt & Whitney motorima, tako da su vremenske razlike putovanja u odnosu na Airbus-e neznatne.

U užem izboru za novi zrakoplov je bio i zrakoplov tvrtke ATR i to ATR 72-500, koji sa stajališta operativnih troškova ima puno veću efikasnost od zrakoplova Dash 8 Q400, školovanje pilota i tehničara bilo bi jeftinije jer bi se školovali u Europi, ali uz sve prednosti zrakoplov ATR 72-500 ima i jedan veliki nedostatak, a to da nema uvjete za slijetanje kategorije CAT 3A. Povijest pokazuje da prosječno 22 dana zimi Croatia Airlines s ATR42 nije mogla sletjeti u Zagreb zbog smanjene vidljivosti, što je donosilo kašnjenja, troškove i nezadovoljstvo putnika.

Dash 8 Q400 najsuvremeniji je turbo-prop zrakoplov i zasigurno je zrakoplov budućnosti, Croatia Airlines napravila je odličan potez dovođenjem zrakoplova tipa Dash. Dovođenjem Dash 8 Q400 Croatia Airlines i zračna luka Zagreb žele se nametnuti kao središte budućeg ujedinjenog zračnog prostora u regiji, a kompanija želi postati najveći prijevoznik u regiji i preuzeti važne SLOT-ove do središnje i zapadne Europe.

# Literatura

**Knjige:**

* + - 1. Radačić, Ž., Suić, I., Škurla Babić, R.: Tehnologija zračnog prometa; FPZ Zagreb 2007.

1. Bazijanac, E.: Tehnička eksploatacija i održavanje zrakoplova – Teoretske osnove; FPZ Zagreb 2007.
2. Bazijanac, E.: Tehnika zračnog prometa I, Osnove teorije letenja I dio, FPZ Zagreb 2000.

**Internet**

1. [www.petervaldivia.com](http://www.petervaldivia.com)
2. [www.croatiaairlines.hr](http://www.croatiaairlines.hr)
3. [www.q400.com](http://www.q400.com)
4. [www.atraircraft.com](http://www.atraircraft.com)
5. [www.nacional.hr](http://www.nacional.hr)
6. [www.airliners.net](http://www.airliners.net)
7. [www.civilaviation.eu](http://www.civilaviation.eu)
8. [www.aea.be](http://www.aea.be)
9. [www.nhs.hr](http://www.nhs.hr)
10. [www.poslovni.hr](http://www.poslovni.hr)
11. [www.avmarkinc.com](http://www.avmarkinc.com)

**Ostale publikacije:**

1. Airbus Industrie: Getting to grips with Aircraft Performance
2. Airbus Industrie: Getting to grips with the cost index
3. Steiner, S.: Osnove teorije leta – zabilješke sa predavanja 2007/08
4. Steiner, S.: Planiranje u zračnom prometu – zabilješke sa predavanja; FPZ Zagreb 2008/09
5. Bazijanac, E.: Zrakoplovna prijevozna sredstva II – zabilješke sa predavanja; FPZ Zagreb 2008/09
6. Vidović, A.: Proračun parametara tipičnog profila leta zrakoplova A-320; Diplomski rad; FPZ Zagreb 2001.
7. Čičmir, F.: Proračun letnih značajki zrakoplova A-319; Završni rad; FPZ Zagreb 2008.
8. Galović, B. Prilog razvoju nekonvencionalnih zrakoplova za priobalje RH; Doktorska disertacija; FPZ Zagreb 1998.

# Popis slika, tablica i grafikona

**Slike:**

Slika 1. Profili leta tipičnog komercijalnog zrakoplova.............................................................4

Slika 2. Turbo-prop motor sa označenim dijelovima..................................................................5

Slika 3. Zrakoplov Dash 8 Q400................................................................................................6

Slika 4. Zrakoplov ATR 42-300.................................................................................................8

Slika 5. Sile koje djeluju na zrakoplov u horizontalnom letu.....................................................9

Slika 6. Dolet zrakoplova Dash 8 Q400 u Europi.....................................................................14

Slika 7. Troškovi u životnom vijeku zrakoplova......................................................................19

Slika 8. Planiranje goriva za let................................................................................................35

**Tablice**

Tablica 1. Osnovne konstrukcijske osobine zrakoplova Dash 8 Q400.......................................7

Tablica 2. Osnovne konstrukcijske osobine zrakoplova ATR 42-300........................................8

Tablica 3. Parametri troškova potrebni za izračun direktnih operativnih troškova..................22

Tablica 4. Plaće letačkog i kabinskog osoblja CA za zrakoplov Dash 8 Q400........................23

Tablica 5. Direktni operativni troškovi za zrakoplov ATR 42-300..........................................32

Tablica 6. Odnos specifičnog doleta zrakoplova u minimalnom vremenu sa promjenom

težine zrakoplova i visine leta za ISA -20...............................................................39

Tablica 7. Odnos specifičnog doleta zrakoplova u minimalnom vremenu sa promjenom

težine zrakoplova i visine leta za ISA 0..................................................................40

Tablica 8. Odnos specifičnog doleta zrakoplova u minimalnom vremenu sa promjenom

težine zrakoplova i visine leta za ISA +20..............................................................41

Tablica 9. Odnos specifičnog doleta zrakoplova pri maksimalnom doletu u krstarenju sa promjenom težine zrakoplova i visine leta za ISA -20.............................................45

Tablica 10. Odnos specifičnog doleta zrakoplova pri maksimalnom doletu u krstarenju sa promjenom težine zrakoplova i visine leta za ISA 0..............................................46

Tablica 11. Tablica 9. Odnos specifičnog doleta zrakoplova pri maksimalnom doletu u krstarenju sa promjenom težine zrakoplova i visine leta za ISA +20....................47

Tablica 12. Odnos specifičnog doleta zrakoplova pri maksimalnom doletu u krstarenju sa promjenom težine zrakoplova i visine leta za ISA -20..........................................51

Tablica 13. Odnos specifičnog doleta zrakoplova pri maksimalnom doletu u krstarenju sa promjenom težine zrakoplova i visine leta za ISA 0..............................................52

Tablica 14. Odnos specifičnog doleta zrakoplova pri maksimalnom doletu u krstarenju sa promjenom težine zrakoplova i visine leta za ISA +20.........................................53

Tablica 15. Krstarenje pri optimalnoj brzini za CI 1 i ISA +20................................................55

Tablica 16. Krstarenje pri optimalnoj brzini za CI 1 i ISA 0....................................................56

Tablica 17. Krstarenje pri optimalnoj brzini za CI 1 i ISA -20.................................................57

Tablica 18. Krstarenje pri optimalnoj brzini za CI 5 i ISA +20................................................58

Tablica 19. Krstarenje pri optimalnoj brzini za CI 5 i ISA 0....................................................59

Tablica 20. Krstarenje pri optimalnoj brzini za CI 5 i ISA -20.................................................60

Tablica 21. Pre- planning table za zrakoplov Dash 8 Q400......................................................66

Tablica 22. Tablica korekcija zbog vjetra za zrakoplov Dash 8 Q400.....................................74

**Grafikoni**

Grafikon 1. Promjena potrebne vučne sile zrakoplova Dash 8 Q400 na ISA/SL i

na visini leta od 5000m u ovisnosti o brzini leta..................................................11

Grafikon 2. Promjena potrebne snage zrakoplova Dash 8 Q400 na ISA/SL i

na visini leta od 5000 m u ovisnosti o brzini leta zrakoplova...............................11

Grafikon 3. Promjena raspoložive vučne sile zrakoplova Dash 8 Q400 na ISA/SL i

na visini od 5000 m u ovisnosti o brzini leta zrakoplova......................................13

Grafikon 4. Komparacija direktnih operativnih troškova zračnih prijevoznika

članica AEA za 2000 i 2006. godinu....................................................................20

Grafikon 5. Komparacija indirektnih operativnih troškova zračnih prijevoznika

članica AEA za 2000 i 2006. godinu....................................................................21

Grafikon 6. Troškovi letačkog i kabinskog osoblja za zrakoplov Dash 8 Q400.......................24

Grafikon 7. Prosječne cijene mlaznog goriva u Europi u razdoblju od 2003-2009..................25

Grafikon 8. Prikaz troškova goriva i ulja u ovisnosti od cijeni goriva i udaljenost leta...........26

Grafikon 9. Troškovi radne snage održavanja po blok satu u ovisnosti o udaljenosti leta.......27

Grafikon 10. Troškovi održavanja u ovisnosti o prijeđenoj udaljenosti...................................28

Grafikon 11. Troškovi amortizacije u $/blok satu u ovisnosti o cijeni

zrakoplova i upotrebi..........................................................................................29

Grafikon 12. Troškovi osiguranja zrakoplova u ovisnosti o rati osiguranja (gore)..................30

Grafikon 13. Troškovi kamata ovisno kamatnoj stopi (dolje)..................................................30

Grafikon 14. Kretanje cijene nafte od 1996 - 2009 i vanjski utjecaji

koji utječu na cijenu nafte...................................................................................34

Grafikon 15. Specifični dolet zrakoplova ATR 42-300 u minimalnom

vremenu pri promjeni mase zrakoplova i visine leta pri ISA -20.......................42

Grafikon 16. Specifični dolet zrakoplova ATR 42-300 u minimalnom

vremenu pri promjeni mase zrakoplova i visine leta pri ISA -0.........................42

Grafikon 17. Specifični dolet zrakoplova ATR 42-300 u minimalnom

vremenu pri promjeni mase zrakoplova i visine leta pri ISA +20......................43

Grafikon 18. Specifični dolet zrakoplova ATR 42-300 s masom

od 15000 kg pri različitim visinama leta i pri ISA -20 i ISA +20.....................44

Grafikon 19. Specifični dolet zrakoplova pri maksimalnom doletu

u krstarenju sa promjenom mase zrakoplova i visine leta pri ISA -20...............48

Grafikon 20. Specifični dolet zrakoplova pri maksimalnom doletu

u krstarenju sa promjenom mase zrakoplova i visine leta pri ISA 0...................48

Grafikon 21. Specifični dolet zrakoplova pri maksimalnom doletu

u krstarenju sa promjenom mase zrakoplova i visine leta pri ISA +20..............49

Grafikon 22. Specifični dolet zrakoplova ATR 42-300 pri maksimalnom

doletu u krstarenju s masom od 15000 kg pri ISA -20 i ISA +20......................50

Grafikon 23. Specifični dolet zrakoplova Dash 8 Q400 pri maksimalnom doletu

u krstarenju sa promjenom mase zrakoplova i visine leta pri ISA -20...............53

Grafikon 24. Specifični dolet zrakoplova Dash 8 Q400 pri maksimalnom doletu

u krstarenju sa promjenom mase zrakoplova i visine leta pri ISA 0..................54

Grafikon 25. Specifični dolet zrakoplova Dash 8 Q400 pri maksimalnom doletu

u krstarenju sa promjenom mase zrakoplova i visine leta pri ISA +20..............54

# Popis kratica

MTOW – Maximum take-off weight – maksimalna težina polijetanja

MLW – Maximum landing weight – maksimalna težina slijetanja

MZFW – Maximum zero-fuel weight – maksimalna težina bez goriva

OEW – Operative empty weight – operativna težina

PLW – Payload weight – plaćena težina

Fz – Sila uzgona

G – Težina zrakoplova

Fx – Sila otpora

Ft = T – Vučna sila

Tr – Require thrust – potrebna vučna sila

Pr – Require power – potrebna snaga

Cz – Koeficijent uzgona

v – Brzina leta zrakoplova

S – Površina krila

λ – Vitkost krila

b – Razmah krila

e – Oswaldov koeficijent

Cx – Koeficijent otpora

Cx0 – Koeficijent otpora profila

Cxi – Koeficijent induciranog otpora

F – Finesa

φ0 – Gustoča zraka na sea levelu

φh - Gustoča zraka na visini

Prh – Potrebna snaga zrakoplova na visini

KF1 – Korekcijski faktor

Pa0 – Raspoloživa snaga na sea levelu

η – Stupanj djelovanja propelera

Ta0 – Raspoloživa vučna sila na sea levelu

KF2 – Korekcijski faktor

Tah – Raspoloživa vučna sila na visini

Pah – Raspoloživa snaga na visini

vc – Brzina penjanja

D – Dolet zrakoplova

Cl – Specifična potrošnja goriva

G1 – Težina zrakoplova umanjeno za težinu potrošenog goriva

I – Istrajnost zrakoplova

FPmax – Faktor penjanja

Dp – Duljina staze za polijetanje

μp – Koeficijent trenja pri polijetanju

ϕ – Redukcijski koeficijent

vto – Brzina za uspješno polijetanje

vsr – Srednja vrijednost brzine polijetanja/ slijetanja

Dsl – Duljina staze potrebna za slijetanje

μsl – Koeficijent trenja pri slijetanju

vsl – Brzina slijetanja u trenutku dodira staze

RTD&E – Research, testing, development & evaluation

DOC – Direct operative costs – Direktni operativni troškovi

IOC – Indirect operative costs – Indirektni operativni troškovi

AEA – Association of European airlines – Udruga Europskih zračnih prijevoznika

UTosoblja – Ukupni trošak kompanije na plaće letačkog i kabinskog osoblja

UTpo osobi – Ukupni trošak kompanije na letačko/ kabinsko osoblje ( prosjek) u godinu dana

SZT – Satnica zrakoplovnog tehničara

TOC – Total operative costs – Ukupni operativni troškovi

TF – Trip fuel – Gorivo za let

AF – Alternate fuel – Alternativno gorivo

FR – Final reserve fuel – Konačno rezervno gorivo

APU – Auxiliary power unit

CI – Cost index

FMS – Flight management system

FOS – Flight operations software

ISA – International standard atmosphere

FL – Flight level

SR – Specific range

FF – Fuel flow

PW – Pratt & Whitney

1. www.wikipedia.com [↑](#footnote-ref-1)
2. MTOW – Maximum take-off weight [↑](#footnote-ref-2)
3. MLW – maximum landing weight [↑](#footnote-ref-3)
4. MZFW – maximum zero-fuel weight [↑](#footnote-ref-4)
5. OEW – operating empty weight [↑](#footnote-ref-5)
6. PLW – payload weight [↑](#footnote-ref-6)
7. ATR – Avions de Transport Regional [↑](#footnote-ref-7)
8. www.atraircraft.com [↑](#footnote-ref-8)
9. RTD&E – Research, testing, development & evaluation [↑](#footnote-ref-9)
10. Galović, B.; Prilog razvoju nekonvencionalnih zrakoplova za priobalje RH; doktorska disertacija;FPZ;1998 [↑](#footnote-ref-10)
11. AEA - Association of European Airlines – Udruga Europskih zračnih prijevoznika [↑](#footnote-ref-11)
12. Bazijanac. E.; Tehnička eksploatacija i održavanje zrakoplova; skripta; FPZ; 2005 [↑](#footnote-ref-12)
13. Božičević, A.; Tehnologija zračnog prometa III; aerodromske pristojbe ; FPZ ; 2009/2010 ( predavanja) [↑](#footnote-ref-13)
14. Steiner, S.; Marušič, Ž.; Božičević, J.; Ekonomski aspekti razvoja zračnog prometa; FPZ ( znanstveni rad) [↑](#footnote-ref-14)
15. Aircraft Operating Manual – Dash 8 Q400 [↑](#footnote-ref-15)
16. FOS – Flight Operations Software [↑](#footnote-ref-16)
17. SR – Specific Range [↑](#footnote-ref-17)