Razvoj ATM-a kao čimbenik održivog zračnog prometa

Jelenčić, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:182754

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Ivan Jelenčić

RAZVOJ ATM-a KAO ČIMBENIK ODRŽIVOG ZRAČNOG PROMETA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 19. travnja 2016.

Zavod: **Zavod za aeronautiku**
Predmet: **Upravljanje kapacitetom i protokom zračnog prometa**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 3466

Pristupnik: **Ivan Jelenčić (0135213161)**

Studij: Aeronautika

Zadatak: **Razvoj ATM-a kao čimbenik održivog zračnog prometa**

Opis zadatka:

Uvodno navesti cilj, teze, i djelokrug istraživanja. Objasniti elemente sustava zračnog prometa. Definirati pojam održivosti zračnog prometa te navesti i objasniti čimbenike održivosti zračnog prometa. Prikazati potrošnju neobnovljivih te prisutvo obnovljivih i neobnovljivih izvora energije u zračnom prometu. Analizirati i prikazati odnos područja učinkovitosti zračnog prometa na održivost zračnog prometa. Objasniti odnos suvremenih tehnologija ATM-a na održivost zračnog prometa. Analizirati i odrediti utjecaj prometne potražnje na održivost. Dati zaključna razmatranja.

Zadatak uručen pristupniku: 4. ožujka 2016.

Mentor: Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

_____ _____

doc.dr.sc. Biljana Juričić

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

RAZVOJ ATM-a KAO ČIMBENIK ODRŽIVOG ZRAČNOG PROMETA

Development of ATM as a factor on the sustainability of air transport

Mentor: doc. dr. sc. Biljana Juričić
Student: Ivan Jelenčić, 0135213161

Zagreb, 2017.

Razvoj ATM-a kao čimbenik održivog zračnog prometa

SAŽETAK

Potrošnja fosilnih goriva je sve važnija tema u svijetu. Prema istraživanjima Gilberta Mastersa, nafte ima za još 40 godina[1]. Zbog sve manje resursa fosilnih goriva, potrošači se okreću obnovljivim izvorima energije. Gledajući sa stajališta zračnog prometa, obnovljivi izvori energije još nisu pronašli svoje mjesto u ovoj grani prometa. Zračni promet u Europi raste 1,8% godišnje[2], te je stoga i potražnja za gorivom sve veća. Ako se potrošnja fosilnih goriva nastavi trošiti ovom brzinom, buduće generacije neće imati nikakve zalihe nafte, te je budućnost zračnog prometa upitna. Svrha ovog rada je analizirati utjecaj razvoja ATM-a na smanjenje potrošnje goriva i održivost zračnog prometa.

KLJUČNE RIJEČI: fosilna goriva; obnovljivi izvori; zračni promet; ATM; održivost zračnog prometa

Development of ATM as a factor on the sustainability of air transport

SUMMARY

Consumption of fossil fuels is increasingly important topic in the world. According to Gilbert Masters research, there is only 40 years of oil left[1]. Because of less fossil fuels, consumers turn to renewable energy sources. From an air traffic point of view, renewable energy resources didn't find their spot in these traffic branch. Air traffic in Europe is increasing 1,8% annually[2], and for these reason the demand for fuel is growing. If the fuel consumption maintains these speed, future generations won't have any oil resources left, and the future of air traffic is questionable. The purpose of these article is to analize the impact of ATM development on the reduction of fuel consumption and on the sustainability of air transport.

KEYWORDS: fossil fuels; renewable resources; air traffic; ATM; sustainability of air Transport

[1] http://www.industrialoutpost.com/will-ever-really-run-oil/, 19.12.2016.
[2] http://www.eurocontrol.int, 19.12.2016

Sadržaj

1. Uvod 1
2. Elementi sustava zračnog prometa 3
   2.1. Zrakoplovne kompanije 3
   2.2. Aerodromi 4
   2.3. ATM 5
   2.4. Uređaji i sustavi 6
   2.5. Zračni prostor 6
3. Pojam i čimbenici održivosti zračnog prometa 8
4. Potrošnja neobnovljivih te prisustvo obnovljivih i neobnovljivih izvora energije u zračnom prometu 10
   4.1. Obnovljivi izvori energije u zrakoplovstvu 10
      4.1.1. Fischer-Tropsch Kerozin 10
      4.1.2. Vodik 11
      4.1.3. Biodizel 12
   4.2. Neobnovljivi izvori energije u zrakoplovstvu 13
      4.2.1. Avgas 13
      4.2.2. Kerozin 13
5. Utjecaj područja učinkovitosti zračnog prometa na održivost 14
   5.1. Kapacitet 14
   5.2. Učinkovitost 16
      5.2.1. Učinkovitost prilikom napuštanja aerodroma 17
      5.2.2. Učinkovitost prilikom odlaska i faze inicijalnog penjanja 17
      5.2.3. Učinkovitost prilikom faze krstarenja 18
      5.2.4. Učinkovitost prilikom faze spuštanja i prilaza 18
      5.2.5. Učinkovitost prilikom zemaljskih radnji na odredišnom aerodromu 19
   5.3. Ostala područja učinkovitosti 20
   5.4. Previđanje 20
6. Utjecaj suvremenih tehnologija ATM-a na održivost zračnog prometa 22
   6.1. Model sposobnosti ATM-a 22
      6.1.1. Aerodromske operacije 22
      6.1.2. Organizacija i upravljanje zračnog prostora 23
      6.1.3. Balansiranje potražnje i kapaciteta 23

6.1.4. Operacije korisnika zračnog prostora 24
6.1.5. Sinkronizacija prometa 25
6.1.6. Upravljanje konfliktima 25
6.1.7. Upravljanje informacijama 26
6.2. ATM tehnologija 26
6.2.1. Optimizirane ATM mrežne usluge 27
6.2.2. Unaprijeđene operativne usluge u zračnom prometu 27
6.2.3. Visoko učinkovite aerodromske operacije 30
7. Analiza utjecaja prometne potražnje na održivost zračnog prometa 32
7.1. Analiza korištenja alternativnih goriva na ruti ROTAR-PETAK 34
7.2. Analiza uštede goriva uvođenjem SEAFRA 37
8. Zaključak 41
Kratice 42
Popis slika 44
Popis Tablica 45
Popis dijagrama 46
Literatura 47

1. Uvod

Zračni promet je vrlo kompleksan sustav koji se redovito mora unaprijeđivati kako bi zadovoljio prometnu potražnju. Prema dugoročnim prognozama EUROCONTROL-a zračni promet bi se do 2035. g. trebao povećati za 50% u odnosu na 2012. g., što iznosi 1.8% godišnje. EUROCONTROL također predviđa da će putnici 2035. g. letjeti 8% veće udaljenosti po letu nego 2019. g. Ovim povećanjem prometa, porast će i potrošnja fosilnih goriva kojih ima sve manje.

U ovom radu će se analizirati na koji način razvoj ATM-a doprinosi u smanjenju potrošnje goriva kako bi buduće generacije putnika mogle koristiti ovaj oblik prometa. Spomenut će se planovi EUROCONTROL-a koji su zapravo smjernice članicama ECAC-a (European Civil Aviation Conference) koji bi trebali povećati kapacitete zračnih prostora i smanjiti rutnu udaljenost zrakoplovnim kompanijama, kako bi one što efikasnije mogle planirati svoje rute.

U prvom dijelu rada će se nabrojati elementi sustava zračnog prometa. Analizirat će se na koji način povećanje zračnog prometa utječe na njih i na koji način ti elementi mogu doprinijeti u održivosti zračnog prometa.

U drugom dijelu rada biti će navedeno nekoliko različitih definicija održivosti prometa. Odredit će se čimbenici na koje se mora obratiti pozornost prilikom razmatranja održivosti zračnog prometa.

Kako su obnovljivi izvori energije bitna stavka održivog zračnog prometa, u trećem dijelu rada će se nabrojati i objasniti potencijalni obnovljivi izvori energije koje je moguće koristiti u zračnom prometu. Iako postoji potencijalna alternativa za neobnovljive izvore energije oni se koriste u veoma malim količinama zbog proizvodnih, eksploatacijskih i ostalih razloga.

Iz razloga što se neobnovljivi izvori energije neće tako brzo zamjeniti, potrebno ih je koristiti što učinkovitije i uz što veće uštede. U četvrtom dijelu rada su određena područja i indikatori učinkovitosti. Oni pomažu u definiranju i određivanju postupaka u različitim fazama leta koji služe u uštedi goriva i CO_2 emisija.

Peti dio rada pojašnjava aktualne i buduće modele i sposobnosti tehnologije ATM-a koji doprinose održivosti zračnog prometa. Uz konstantno povećanje

prometne potražnje u zadnjem dijelu rada će se analizirati njen utjecaj na održivost zračnog prometa.

2. Elementi sustava zračnog prometa

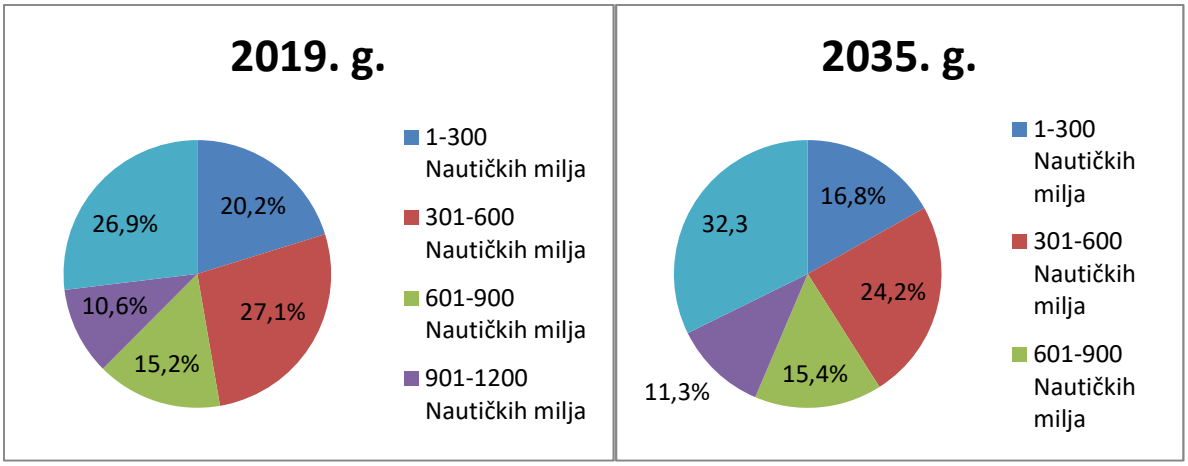
Sustav zračnog prometa dijeli se na dvije komponente: fizičku i nefizičku. U fizičku komponentu spadaju: putnici, roba, zrakoplovi, zrakoplovne kompanije, aerodromi, upravljanje zračnim prometom, uređaji i sustavi te zračni prostor. Dok u nefizičku komponentu spadaju: legislativni zahtjevi, operativni propisi i postupci.

Putnici, roba i zrakoplovi su subjekti potražnje zračnog prometa. Dakle, njima je u interesu da se zračni promet odvija što frekventnije. Dok aerodromi, upravljanje zračnim prometom, uređaji i sustavi, te zračni prostor spadaju u sustave kojima se usluga izvršava i njima je u interesu da se taj promet odvija što efikasnije.

2.1. Zrakoplovne kompanije

Zrakoplovne kompanije prema potrebama imaju različite veličine flote zrakoplova, različite tipove zrakoplova te konfiguraciju rutnih mreža za koje smatraju da im odgovaraju. Bitna im je potražnja, kapaciteti i kvaliteta usluge koju pružaju, no njihova dobit ovisi o operativnim troškovima kompanije i flote, te profitu koji ovisi o poslovnom modelu kompanije.

Uz predviđanja EUROCONTROL-a da će se prosjećna udaljenost leta po osobi povećati za 8% (Graf 2.1.).



Graf 2.1. Postotak putnika prema udaljenosti leta[3]

[3] www.eurocontrol.int/STATFOR, 15.1.2017.

Iz grafa se može pretpostaviti da će se povećati potražnja zrakoplovnih kompanija za zrakoplovima velikog dometa koji mogu primiti velik kapacitet putnika. Manje zrakoplovne kompanije će se fokusirati ili na povećanje frekvencija zračnih linija ili na veće zrakoplove koji pružaju veći kapacitet putnika. Također bi se mogao povećati broj saveza između kompanija. Tim savezima bi zrakoplovne kompanije dobile pristup zračnim lukama čvorištima (Hub), te bi imale veći broj mogućih linija za obavljanje zrakoplovnih operacija. Povećanjem prometa, povećat će se i konkurentnost na tržištu, što bi putnicima smanjilo troškove putovanja i povećalo povezanost s više destinacija.

2.2. Aerodromi

Aerodromi su jedan od elemenata infrastrukture zračnog prometa. Veličina aerodroma je svakako jedna od njenih glavnih prikaznika poslovanja. Veći aerodromi imaju više prostora za fiksnu infrastrukturu poput uzletno-sletne staze, voznih staza i stajanke koji čine zračnu stranu aerodroma te terminala i objekata za prihvat i otpremu tereta koji čine zemaljsku stranu aerodroma. Veći aerodromi imaju veće kapacitete za prihvat i otpremu zrakoplova donoseći im veću zaradu.

Uz konstantan porast zračnog prometa, kapaciteti aerodroma će se također morati povećavati. Kapacitet aerodroma može biti ograničen i sa zračne strane i sa zemaljske strane. Sa zračne strane, kapaciteti aerodroma mogu biti ograničeni brojem parkirnih mjesta na stajanci, brojem uzletno-sletnih staza zbog kojih je/nije moguće obavljati nekoliko operacija paralelno te kapacitetom uzletno-sletnih staza. Sa zemaljske strane aerodromi mogu biti ograničeni prostorom za prihvat putnika, brojem sigurnosnih kontrolnih točaka, pa čak i brojem parkirnih mjesta. Predviđanja su da će se kapaciteti aerodroma u Europi do 2035.g. povećati za 17%[4]. Međutim, zračni promet brže raste od povećanja kapaciteta aerodroma, pa će 2035.g. 1.9 miliona letova biti izgubljeno zbog kapaciteta aerodroma (Tablica 2.1.).

[4] Eurocontrol: Challenges of Growth 2013, Task 4: European Air Traffic in 2035

Tablica 2.1. Predviđanja neprihvaćenih letova[5]

	Neprihvaćeni IFR letovi (miliona)				Neprihvaćena potražnja (%)			
Godina	2020.	2025.	2030.	2035.	2020.	2025.	2030.	2035.
Predviđene vrijednosti	0.2	0.5	1.2	1.9	1%	4%	8%	12%

Iz tablice je vidljiv trend povećanja neprihvaćenih letova, pa će do 2035.g. 12% potražnje biti neprihvaćeno.

2.3. ATM

Upravljanje zračnim prometom (ATM) je skup funkcija koji se odvijaju u zraku i na zemlji potrebnih kako bi se osiguralo sigurno i učinkovito kretanje zrakoplova tijekom svih faza leta. ATM kroz niz službi kao što su: operativne usluge u zračnom prometu, upravljanje zračnim prostorom te upravljanje protokom zračnog prometa uvelike doprinosi sigurnosti, efikasnosti i protočnosti zračnog prometa. Zbog stalnog povećanja zračnog prometa, potrebno je konstantno unaprijeđivati cijeli ATM sustav. Tako se od dvadesetih godina do danas upravljanje zračnim prometom drastično promjenilo. Uvode se direktne rute, free route airspace i ostali projekti kojima je svrha povećanje kapaciteta zračnog prostora, a ujedno i smanjenje letne udaljenosti kako bi zrakoplovne kompanije uštedile na gorivu. Smanjenje goriva je bitan čimbenik na koji će se obratiti posebna pažnja u ovom radu.

Europska Unija je 2004. godine pokrenula reformu ATM strukture u Europi. Reforma se naziva Single European Sky (SES) i svrha joj je povećati kapacitet i sigurnosne potrebe u budućnosti. Cilj SES-a je jedinstveno europsko nebo, odnosno da se zračni prostor iznad Europe defragmetira, dakle da se umjesto pedesetak zračnih prostora diljem Europe stvore zračni blokovi takozvani FAB-ovi (Functional

[5] Challenges of Growth 2013, Task 4: European Air Traffic in 2035, Eurocontrol, Lipanj 2013.g.

Airspace Block) kroz koje će kompanije jednostavnije i jeftinije planirati svoje letove. Unutar SES sustava, postoji i SESAR (SES ATM Research) projekt kojem je zadatak unaprijediti tehnologiju i procedure u zračnom prometu.

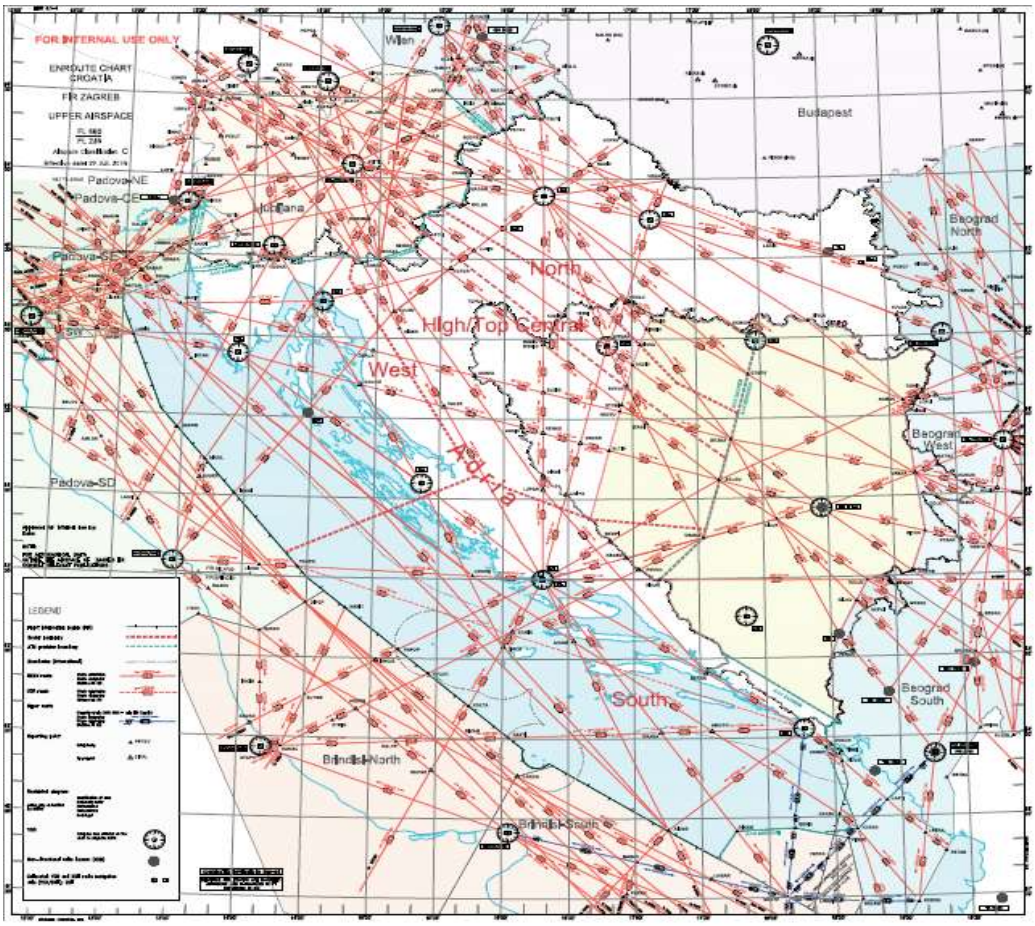
2.4. Uređaji i sustavi

Tehnologija koja se koristi u kontroli zračnog prometa uvelike je napredovala. Prvi radari koji se pojavljuju nakon Drugog svjetskog rata, kontrolirali su zrakoplove oko aerodroma na udaljenosti od 40 nautičkih milja, dok danas postoje radari koji imaju domet 200 nautičkih milja. Također sami sustavi u ATM-u uvelike idu u korist kontrolora. 1990-ih godina počinje se razvijati takozvani *stripless* sustav koji bi trebao pomoći kontrolorima leta da ne moraju zapisivati podatke o pojedinom letu na papir, već ih unose direktno na radarski ekran. Ovaj sustav je povećao kapacitet kontrolora i sigurnost, jer kontrolori ne moraju skretati pogled s radara kako bi zapisali određeni podatak.

Danas kontrolor na radnom mjestu jednim klikom miša može doći do potrebnih informacija o turbulenciji, aktivnim uzletno-sletnim stazama na pojedinim aerodromima, planu leta svakog zrakoplova koji prolazi kroz njegov prostor, te o još mnogo toga što mu značajno olakšava posao. Sav ovaj napredak je bitan jer omogućava kontroloru da prihvati više zrakoplova u određenom trenutku.

2.5. Zračni prostor

Zračni prostor je dio atmosfere iznad kopna i teritorijalnog mora koji kontrolira pojedina država. Unutar zračnog prostora pojedine države, postoje zračne rute po kojima zrakoplovi lete (Slika 2.1.).



Slika 2.1. Zračni putevi iznad FL285 do FL325[6]

S povećanjem prometa, te rute postaju prenapućene te države moraju odbijati zrakoplove kako se sigurnost ne bi ugrozila. Unutar ATM strukture postoji grana pod nazivom Upravljanje zračnim prostorom (ASM). Cilj upravljanja zračnim prostorom je iskoristiti zračni prostor na najveći mogući način kako bi država mogla primiti što više zrakoplova. ASM to ostvaruje dinamičnom raspodjelom vremena korištenja zračnog prostora između različitih kategorija korisnika (vojnih i civilnih).

[6] Hrvatska kontrola zračne plovidbe, Odjel kartografije

3. Pojam i čimbenici održivosti zračnog prometa

Iako zračni promet pozitivno utječe na ekonomski napredak, on ima i svoje negativne efekte: zagađenje okoliša preko ispušnih plinova, buke, vibracije, zauzimanje velikih površina zemlje za izgradnju aerodroma, pa i zrakoplovne nesreće. Zato se počelo razmišljati o balansiranju između pozitivnih i negativnih efekata zračnog prometa. U današnje vrijeme nije dovoljno gledati samo 10 ili 15 godina u budućnost, potrebno je gledati 50 godina kako bi se budućim generacijama mogla osigurati ostavština koju će oni zatim koristiti.

Iako ne postoji točna definicija održivosti prometa, postoje nekoliko različitih, a opet sličnih tumačenja:

„Održivost je jednakost i harmonizacija produžena u budućnost, oprezno putovanje bez kraja, neprekinuta težnja ko-evoluciji ekoloških, ekonomskih i socijalno kulturalnih ciljeva.[7]“

„Održivi promet je onaj koji je pristupačan, siguran, ekološki i financijski dostupan[8].“

„Održivi promet je promet koji ne ugrožava javno zdravlje ili ekosustav i koji zadovoljava potrebe za stalan pristup: a) korištenju obnovljivih izvora energije i drži ih ispod njihove stope regeneracije. b) korištenju neobnovljivih izvora energije i drži ih ispod stope razvoja obnovljivih zamjena.[9]“

„Iako se održivo planiranje fokusira na ekološke ciljeve, kao na primjer smanjenje ispušnih plinova i očuvanje staništa životinja, istraživanje općinske vlasti je dalo zaključak da se njihova politika održivosti temelji i na ekonomskim ciljevima kao na primjer smanjenje troškova infrastrukture i ekonomski razvoj[10].“

„Održivi promet je onaj u kojem potrošnja goriva, emisija vozila, sigurnost, zagušenost, i socijalno ekonomski pristup su na takvoj razini da mogu biti održivi u

[7] Mega and Pedersen, 1998.g.
[8] European Conference of Ministers of Transport, 2004.g.
[9] Organisation for Economic Co-operation and Development, 1998.g.
[10] Binghamton University, 2016.g.

beskonačnu budućnost bez stvaranja velike ili nepopravljive štete budućim generacijama ljudi čitavog svijeta.[11]“

Postoje tri čimbenika na koje se mora obratiti pozornost prilikom razmatranja održivosti zračnog prometa:

- Ekonomski
- Socijalni
- Ekološki

S ekonomskog pogleda, održivi promet mora biti efikasan, prilagođen transportnom sustavu i financijski dostupan. Bitno je da ima mogućnost ekonomskog i poslovnog napretka te da su mu troškovi goriva svedeni na minimum. Svim građanima mora biti omogućena dostupnost osnovnih usluga i aktivnosti održivog prometa. Učinkovitost upravljanja troškovima se mora ocijeniti i efikasno maksimizirati.

Sa socijalnog pogleda, svakom korisniku, neovisno o invalidnosti, malim primanjima i ostalim ograničenjima, mora biti omogućeno korištenje održivog prometa. Vjerojatnost rizika od nesreća i napada mora biti minimalna. Mora se poštivati kulturalna raznolikost i poticati prihvatljivo društvo.

Kako bi održivi promet zadovoljio ekološke zahtjeve, njegovi utjecaji moraju doprinijeti u smanjenju ispušnih plinova koji uzrokuju globalno zatopljenje, ublažiti utjecaje na klimatsku promjenu, smanjiti zagađenje bukom, minimizirati zagađenje vode i korištenje zemlje za transportne svrhe te osigurati visoko kvalitetna staništa.

[11] Emmerson Richardson, 1999.g.

4. Potrošnja neobnovljivih te prisustvo obnovljivih i neobnovljivih izvora energije u zračnom prometu

Danas se u svijetu proizvodi oko 86,8 miliona barela nafte po danu[12]. Dok je svjetska potrošnja 91.3 miliona barela po danu[4]. Uz postojeće rezerve, smatra se da će nafte ponestati za 25 godina. Gledajući s zrakoplovnog aspekta, u svijetu se dnevno troši oko 5,5 miliona barela[13] kerozina što iznosi 6% svjetske potrošnje. Uz potrošnju goriva, zračni promet također daje svoj danak zagađenju okoliša zbog velike visine leta što dodatno šteti atmosferi zbog ispušnih plinova CO_2 i NO_x.

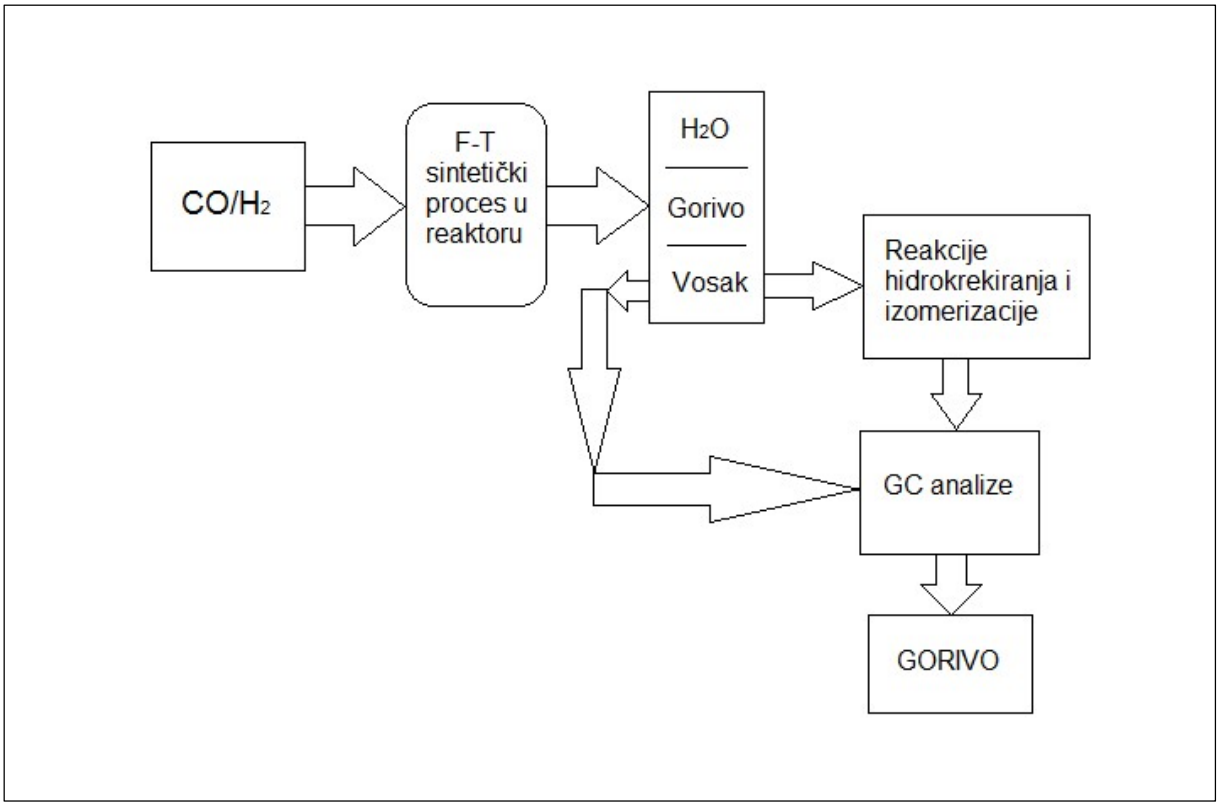
4.1. Obnovljivi izvori energije u zrakoplovstvu

Obnovljivi izvori energije u zrakoplovstvu su aktualna tema. Razmatra se da bi kerozin trebalo zamijeniti nekoliko drugih izvora energije poput: metanola, etanola, bioplina, vodika, Fischer-Tropsch kerozina i biodizela. No, metanol, etanol i bioplin su odbačeni zbog njihove niske energetske gustoće što znači da ne proizvode dovoljno energije po volumenu da bi se koristili za pogon zrakoplova. Dok se vodik, F-T kerozin i biodizel mogu koristiti kako bi smanjili emisiju štetnih plinova i donijeli uštede u korištenju neobnovljivih izvora energije.

4.1.1. Fischer-Tropsch Kerozin

Sintetički F-T kerozin se proizvodi od biomase, prirodnih plinova i ugljena (slika 4.1.1.). Fischer-Tropsch proces koristi mješavinu plinova ugljikovog monoksida i vodika koji se pretvaraju u razne tekuće ugljikovodike. Taj proces proizvodi čišću frakciju dizelskog goriva sa većim cetanskim brojem.

[12] www.energytrendsinsider.com, 27.12.2016.
[13] www.indexmundi.com, 27.12.2016.



Slika 4.1. Fischer-Tropsch proces[14]

Prednosti ove vrste goriva su što proizvode manje CO_2 nego mineralni kerozin, te ne proizvodi SO_x spojeve jer ne sastoji sulfate. Iz razloga što je kemijski i fizički sličan mineralnom kerozinu, kompatibilan je s trenutnim skladišnim procesima i trenutnim mlaznim motorima.

Nedostaci su što F-T kerozin ima niski aromatksi sadržaj i ne sadrži sulfate što vodi do lošeg podmazivanja motora. Ti nedostaci se mogu riješiti dodavanjem aditiva. Također, F-T kerozin ima nešto manju energetsku gustoću nego mineralni kerozin te dovodi do posljedice da zrakoplovi s F-T kerozinom bi imali nešto manji maksimalni domet što zrakoplovu smanjuje efikasnost.

4.1.2. Vodik

Tekući vodik prilikom uporabe u zrakoplovstvu uvelike ide u korist okolišu ako je dobiven iz biomase ili elektrolitskim putem iz vode koristeći obnovljivo proizvedenu

[14] www.ntrs.nasa.gov., 16.2.2017.

struju. Prvi zrakoplov koji je letio na vodik bio je američki bombarder B-57[15]. Jedini primarni produkt prilikom izgaranja vodika je voda i jedini sekundarni produkt je NO_x. Međutim, izgaranje vodika proizvodi 2.6 puta više vodene pare (H_2O) nego izgaranje kerozina. Vodena para je također staklenički plin i na visinama većim od 6000m se kondenzira i stvara tanak sloj oblaka. Efekt staklenika po molekuli je veći za vodenu paru nego za CO_2, ali CO_2 treba oko 100 godina da se razgradi u atmosferi dok je vrijeme potrebno za razgradnju vodene pare 3-4 dana na površini zemlje, a u stratosferi oko 0.5–1 godine.

Tekući vodik ima veću energetsku gustoću od kerozina. Što znači da bi uporaba vodika dovela do smanjenja težine zrakoplova u odnosu na kerozin, ali iz razloga što vodik ima 4 puta veći volumen od kerozina, potrebno je prilagoditi strukturu zrakoplova kako bi se mogle smjestiti veće količine vodika. Tako se ugradnjom većih spremnika za gorivo, dodatne opreme za dovod goriva poput sigurnosnih ventila i izmjenjivača topline, kompenzira manja težina vodika naspram kerozina.

4.1.3. Biodizel

Biodizel je gorivo koje se proizvodi esterifikacijom uljanih usjeva poput uljane repice i soje, ili iz otpadnih ulja. Biodizel se može koristiti kao dodatak kerozinu, što znači da se može pomiješati sa kerozinom kako bi se koristio u mlaznom motoru. Omjer miješanja bio dizela prema kerozinu je 1/10 do 3/10.

Prednosti biodizela su te što se smanjuje proizvodnja CO_2 emisije i mlazni motor troši manje čistog kerozina što također doprinosi održivosti.

Postoji nekoliko nedostataka u upotrebi biodizela, no najveći je da biodizel smanjuje mogućnost rada mlaznog motora pri vrlo niskim temperaturama koje se susreću na velikim visinama. 10% biodizela pomiješanog s kerozinom povećava temperaturu pri kojoj se kerozin pojavljuje u maglovitoj formi s -51°C na -29°C.

[15] https://archive.org>19790008828_djvu, 31.1.2017.

4.2. Neobnovljivi izvori energije u zrakoplovstvu

Današnje zrakoplove uglavnom pokreću klipni motori s unutarnjim sagorijevanjem, te mlazni motori. Klipni motori koriste avgas (***av**iation **gas**oline*), dok mlazni motori koriste kerozin Jet A-1, Jet B.

4.2.1. Avgas

Avgas se za civilnu upotrebu proizvodi u tri razreda:

- Avgas 80
- Avgas 100
- Avgas 100LL (*Low Lead*)

Prilikom leta na velikim visinama u vrućim danima, normalni benzini koji se koriste u cestovnom prometu imaju tendenciju blokiranja gorivnih cijevi i pumpa gorivnim parama, te može doći do predpaljenja i detonacije. Avgas je proizveden kako bi prevladao te probleme.

4.2.2. Kerozin

Kerozin se dijeli u nekoliko podtipova. Tako za različite namjene postoje različiti tipovi kerozina: Jet A-1, Jet A, Jet B. Jet A-1 je univerzalno gorivo za mlazne motore sa točkom smrzavanja od -47°C. U sebi sadrži aditive protiv smrzavanja i aditive protiv korozije te za podmazivanje. Specifična gustoća mu iznosi između 0.78 – 0.82 kg/m^3. Jet A i Jet B goriva nemaju nikakve dodatke i nisu lako dostupna. Točka smrzavanja Jet A goriva je na oko -40°C, a specifična gustoća mu je slična kao i Jet A-1 gorivu. Specifična gustoća Jet B goriva je oko 0.76 kg/m^3.

5. Utjecaj područja učinkovitosti zračnog prometa na održivost

Da bi se odredila područja učinkovitosti zračnog prometa, potrebno je odrediti indikatore učinkovitosti (KPI). Postoje preko dvadeset indikatora učinkovitosti, ali pružatelj usluga u zračnoj plovidbi (ANSP) će odabrati one koji mu odgovaraju po kompleksnosti i sustavu koji koristi. ANSPu je bitno da se fokusira na dva cilja:

1. Upravljanje potražnjom i kapacitetom kako bi maksimizirao uporabu raspoloživog kapaciteta
2. Pružati najefikasnije moguće smjernice prilikom ispunjavanja ciljeva koji se tiču sigurnosti i kapaciteta

Sigurnost je glavni prioritet ANSP-a. Iz tog razloga, veliki dio KPI-a su povezani sa sigurnosti. Iz prakse je vidljivo da mnogi ANSP-ovi prikupljaju podatke i mjere učinkovitost u mnogim sličnim područjima. No, iz nekih razloga poput kompleksnosti zračnog prostora, dostupnih podataka, te broja sudionika, broj mjera se može povećati.

ANSP-ovi se koriste malim brojem KPI-a koji su praktični za generalno upravljanje i pružaju usmjerenost na prioritete i donošenje odluka.

Glavna područja učinkovitosti su[16]:

1. Kapacitet
2. Učinkovitost
3. Ostala područja učinkovitosti
4. Predviđanje

5.1. Kapacitet

Kapacitet je indikator koji mjeri gornje granice dopuštenog protoka kroz sektor. Mnogi preporučeni indikatori učinkovitosti zahtjevaju da se odrede kapaciteti aerodroma i sektora zračnog prostora kako bi se mogao balansirati omjer potražnje i kapaciteta. Te kalkulacije bi trebale uzeti u obzir mnoge faktore uključujući:

[16] Recomended Key Performance Indicators for Measuring ANSP Operational Performance, CANSO, 2015.g.

- Red letenja kompanija, flotu kompanija, dnevni vrhunac polijetanja/slijetanja
- Zadovoljavajuću toleranciju na kašnjenje koja poboljšava korištenje sustava
- Infrastrukturu uključujući poletno-sletnu stazu i voznu stazu za brzo izlaženje
- Dostupnost otvaranja sektora (ograničeno osobljem)
- Ograničenja zračnog prostora
- Nepovoljni vremenski uvjeti i ostala kratkotrajna ograničenja
- Dostupnost opreme poput ILS-a
- Broj parkirnih mjesta na stajanci i popratnih usluga
- Broj putnika koji mogu biti otpremljeni kroz putnički terminal

Za mnoge ograničene objekte je razumljivo da imaju određena kašnjenja kako bi se osigurao stalan tok potražnje u objektu. Kapacitet je važna mjera u određivanju ANSP-ove uloge u učinkovitom sustavu jer ANSP mora djelovati unutar ograničenja sustava. Ako je potražnja veća od kapaciteta, dolazi do kašnjenja, a uloga ANSP-a je da ublaži posljedice te nejednakosti. Kako bi ANSP mogao djelovati na kašnjenja, on monitorira potražnju i kapacitet kao dio jednog mjernog podatka.

Indikatori učinkovitosti kapaciteta su: deklarirani kapacitet, iskorištenost kapaciteta i kašnjenje koje se pripisuje kapacitetu.

Deklarirani kapacitet se koristi kao faktor u upravljanju protokom zračnog prometa u realnom vremenu, te prilikom mjerenja i nadziranja pružanja usluge i efikasnosti. Iz trenutnih operativnih razloga, pojedini ANSP-ovi ne objavljuju fiksni kapacitet, već ga objavljuju na dnevnoj bazi. Kapacitet aerodroma ili zračnog prostora varira ovisno o operativnim faktorima, ANSP mora objaviti operativni kapacitet uzimajući u obzir operativne faktore u stvarnom vremenu.

Iskorištenost kapaciteta određuje koliko efektivno je kapacitet upravljan od strane ANSP-a. To je odnos prihvaćene potražnje i dostupnog kapaciteta nekog sustava ili stvarne potražnje[17].

$$IK \quad \frac{PP\ (Prih \quad ćena\ potražnja)}{DK\ (dostupni\ kapacitet)/\ SP\ (stvarna\ potražnja)}$$

- [17] Recomended Key Performance Indicators for Measuring ANSP Operational Performance; CANSO; 2015.g.

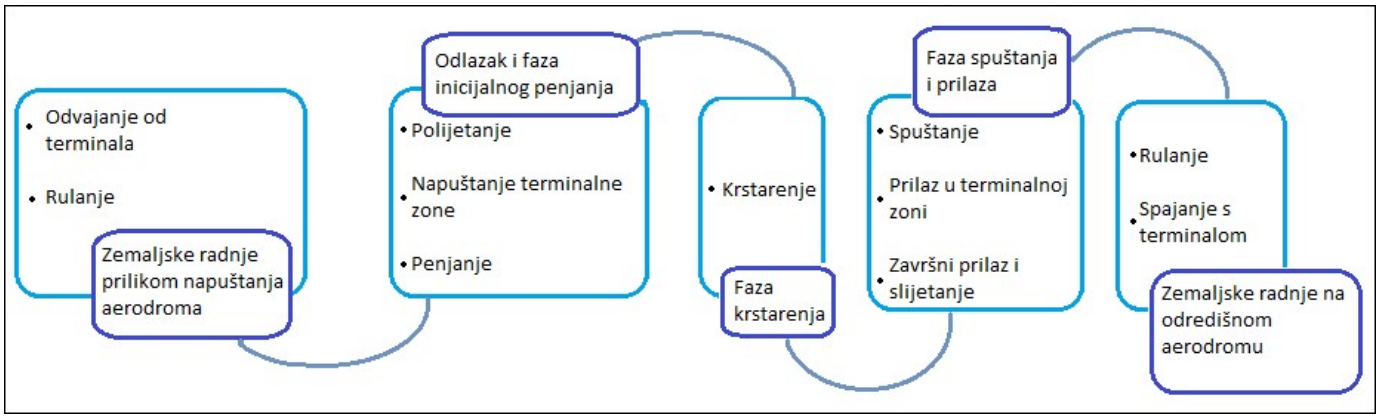
Kako bi ANSP mogao odrediti iskorištenost kapaciteta, mora poznavati kapacitete svojih sustava i potražnju koju ima na svoj prostor.

Npr. ako je stvarna potražnja 35 zrakoplova, a kapacitet nekog sektora 32 zrakoplova, tada će taj sektor moći prihvatiti 32 zrakoplova i imat će 100% iskorišten svoj kapacitet. No ako sa istom stvarnom potražnjom i kapacitetom, sektor prihvati 30 zrakoplova, tada je iskorištenost sektora 93,75%.

Kašnjenje zrakoplova je često posljedica veće potražnje nad kapacitetom. Kako bi se odredile mjere koje bi smanjile kašnjenje, potrebno je detektirati kašnjenja prekomjerne potražnje kroz sve faze leta jer je to primarni indikator smanjenja kapaciteta.

5.2. Učinkovitost

Indikatori učinkovitosti mogu se podijeliti po fazama leta (slika 5.1.). Učinkovitost se mjeri omjerom predviđenog vremena trajanja leta i stvarnog vremena trajanja leta, dakle kašnjenje. Dvije stvari se moraju uzeti u obzir prije nego se neki događaj (let) smatra neefikasnim. Prva stvar je zadovoljavanje vremenskog ograničenja od 5, 10 ili 15 minuta unutar kojih zrakoplov mora biti na pisti spreman za polijetanje. Ako je za pojedini aerodrom određeno vremensko razdoblje od 5 minuta, tada se smatra da zrakoplov nije kasnio ako je poletio unutar tih 5 minuta. Svaka minuta nakon tih određenih 5 minuta se smatra kašnjenjem. Druga stvar su uzročne informacije, događaji koje pružatelj usluga (ANSP) navodi kao razlog kašnjenja (nepovoljni vremenski uvjeti, zrakoplovne kompanije, aerodromi).



Slika 5.1. Segmenti učinkovitosti za različite faze leta

5.2.1. Učinkovitost prilikom napuštanja aerodroma

U početnoj fazi leta, bitna je učinkovitost aerodroma i njihovog osoblja. Kako ne bi došlo do kašnjenja u početnoj fazi, stvari koje utječu na to su da osoblje zrakoplova dođe na vrijeme, da se na vrijeme odrade predpoletne pripreme, da oprema i osoblje na aerodromu budu dostupni, te upute kontrole leta. Ako je potrebno odleđivanje zrakoplova prije polijetanja, to će produžiti vrijeme koje će zrakoplovu trebati za polijetanje, ali se ne smije svrstavati pod uzroke kašnjenja jer se obavlja u svrhu povećanja sigurnosti. Iz razloga što svaki ANSP drugačije djeluje i svaki aerodrom je jedinstven, u smislu operativnih zadataka, nije moguće odrediti iste ciljeve za sve aerodrome. U ovom segmentu leta, postoje dvije vrste kašnjenja koje su indikatori učinkovitosti: kašnjenje prilikom odvajanja od terminalne zgrade i kašnjenje prilikom vožnje po voznim stazama.

5.2.2. Učinkovitost prilikom odlaska i faze inicijalnog penjanja

U fazi odlaska i inicijalnog penjanja je bitno da ATM što efikasnije koristi raspoložive uzletno slijetne staze. Na učinkovitost uzletno sletne staze utječe kapacitet kontrole leta i odgovornost pilota kada se nalazi na stazi.

Tijekom napuštanja terminalne zone, efikasnost leta se mjeri u horizontalnoj i vertikalnoj komponenti. Neefikasnost u ovim segmentima za posljedicu ima povećanu

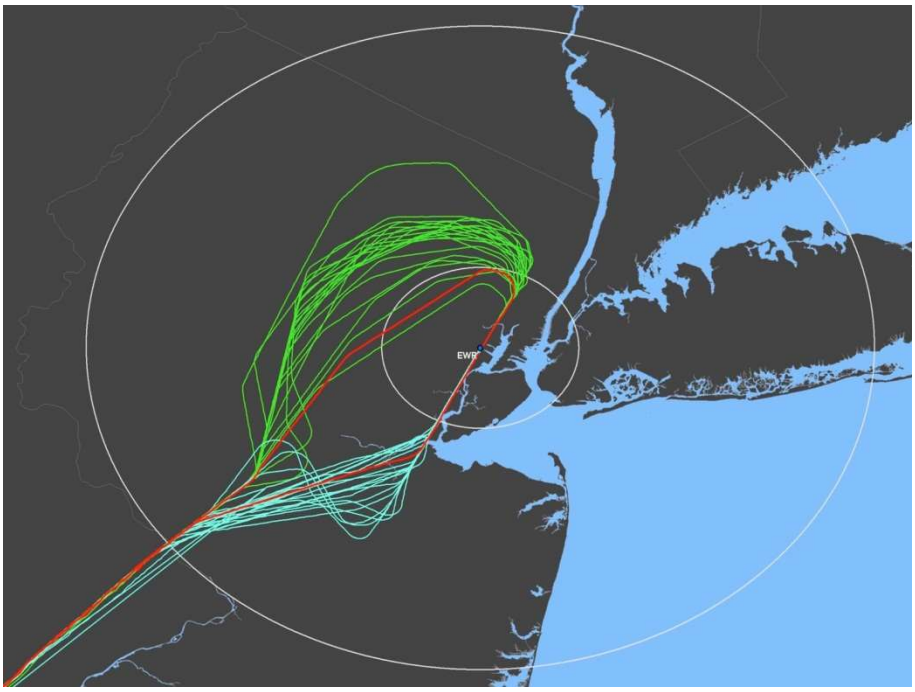
potrošnju goriva što negativno utječe na održivost zračnog prometa. U idealnom slučaju, zrakoplovu bi bilo omogućeno da ima kontinuirano penjanje do željene visine krstarenja i direktnu rutu prema izlaznoj točci iz sektora. Horizontalnu učinkovitost mjerimo pomoću direktnih letova. Mjera horizontalne učinkovitosti se mjeri tako da se uzme stvarna putanja i usporedi se putanjom po velikoj kružnici (*Great circle*) ili se usporedi stvarna putanja i idealna putanja koja se je mogla ostvariti. Prilikom razmatranja vertikalne učinkovitosti, uzima se u obzir da zrakoplov koristi kontinuirano penjanje do željene visine krstarenja. Točka u kojoj zrakoplov dostiže svoju željenu visinu leta ovisi o mnogo faktora poput: tipa zrakoplova, vjetar, vremenu, težine tereta pa čak i ograničenja protiv buke.

5.2.3. Učinkovitost prilikom faze krstarenja

Učinkovitost tijekom faze krstarenja se određuje kao razlika između stvarne putanje od izlazne točke terminalne zone odlaska do ulazne točke terminalne zone dolaska i udaljenosti velike kružnice ili udaljenosti prikazane u planu leta ili direktne rute između izlazne točke terminalne zone odlaska i ulazne točke terminalne zone dolaska.

5.2.4. Učinkovitost prilikom faze spuštanja i prilaza

Učinkovitost u ovoj fazi se kao i kod prethodnih faza računa kao odstupanje stvarne putanje zrakoplova u odnosu na idealu putanju. Na slici 5.2. je prikazano odstupanje stvarnih putanja (zeleno i plavo) koje su nastale zbog razdvajanja zrakoplova, što se ne uzima kao neefikasnost jer je sigurnost bitan faktor u zrakoplovstvu, ili zbog vremenskih neprilika od idealne putanje (crveno).



Slika 5.2. Odstupanje stvarnih prilaza od idealnog prilaza[18]

Jedinica upravljanja zračnim prometom koja učinkovito koristi kapacitete i koja prilagođava protok prometa imat će minimalna odstupanja od idealnih putanja u terminalnim zonama.

Učinkovitost prilikom završnog prilaza ovisi o vremenu zauzimanja uzletno sletne staze. Svaki zrakoplov koji sleti mora napustiti uzletno sletnu stazu kako bi drugi zrakoplov mogao sigurno sletjeti. Vrijeme zauzimanja uzletno-sletne staze se smanjuje ako aerodrom ima vozne staze za brzo napuštanje uzletno-sletne staze što povećava učinkovitost, a time i gorivo.

5.2.5. Učinkovitost prilikom zemaljskih radnji na odredišnom aerodromu

ATM puno ne utječe na učinkovitost u završnoj fazi leta. O kašnjenju prilikom zemaljskih radnji puno ovisi kompleksnosti aerodroma, dostupnosti voznih staza za brzo napuštanje uzletno sletne staze, dostupnosti parkirnih mjesta i aerodromskom

- [18] Recomended Key Performance Indicators for Measuring ANSP Operational Performance; CANSO; 2015.g.

osoblju. Kašnjenje prilikom taksiranja se može odrediti tako da se odredi neko referentno vrijeme koje je potrebno za taksiranje te se prilikom odstupanja od te vrijednosti određuje kašnjenje. Referentno vrijeme se može odrediti tako da se izmjeri udaljenost taksiranja i pomoću prosječne brzine taksiranja se odredi referentno vrijeme.

5.3. Ostala područja učinkovitosti

Kako bi se ocijenio sustav efikasnosti, osim kapaciteta i učinkovitosti, koriste se i ostali pokazatelji efikasnosti poput: kašnjenje koje se pripisuje ANSP-u, prosječno vrijeme leta između dva para gradova, operativna dostupnost.

Razlozi kašnjenja koji se pripisuju ANSP-u su: nedovoljan broj osoblja, otkazi opreme, uvođenje novih procedura. ANSP mora provoditi školovanja osoblja i održavanje opreme kako bi držao efikasnost na zadovoljavajućoj razini. S povećanjem prometa, dolazi do povećane potražnje za osobljem.

Prosječno vrijeme leta između dva para gradova se određuje tako da se zbroje vremena leta koja su zrakoplovi istog tipa ili iste grupacije tipova odradili i podijeli se s brojem letova. Ovaj indikator je vrlo jednostavan, jer potražuje informacije koje su lako dostupne.

Operativna dostupnost je pokazatelj dostupnosti ATM opreme kako bi se mogla pružati usluga kontrole zračnog prometa. Sigurnost, kapacitet i efikasnost su čimbenici na koje utječe operativna dostupnost. Operativna dostupnost se može smatrati kao indikator ANSP učinkovitosti, jer ANSP je taj koji ulaže u održavanje opreme, u školovanje osoblja za njeno održavanje, pa i kupnju nove opreme.

5.4. Previđanje

Predviđanje je područje učinkovitosti koje služi kao alat za efikasnije planiranje budućih kapaciteta, vremena putovanja i odstupanja od plana leta. Svaki ANSP objavljuje svoj kapacitet (eng. „*rate*“) koji se ovisno o vremenu mijenja. Ako prilikom povećane potražnje koja dostigne objavljeni kapacitet nekog sektora, ANSP mora uvesti ograničenja zbog kapaciteta što za posljedicu ima kašnjenje i neefikasnost.

Planiranje vremena putovanja odvija se u dvije faze: strateškoj i taktičkoj koja se odvija na dan obavljanja leta. Strateška predviđanja vremena leta se odrađuju prema redovima letenja koje kompanije objavljuju mjesecima prije dana leta. Taktička predviđanja koriste se trenutačnim podacima koji su ispunjeni i približno odgovaraju stvarnom stanju. Unutar ovog područja učinkovitosti također se svrstava i odstupanje od plana leta. Dakle, proučavaju se sezonske varijacije ili varijacije po danima. Određuje se odstupanje stvarne putanje od putanje ispunjene u planu leta.

6. Utjecaj suvremenih tehnologija ATM-a na održivost zračnog prometa

Zbog konstantnog povećanja zračnog prometa, ATM se mora također unaprijeđivati kako bi držao korak. 90-tih godina prošlog stoljeća, zračni promet je bio uređen zračnim putevima, granicama kontroliranih regija, bilateralnim i multilateralnim ugovorima. Za upravljanje zrakoplovima, koristili su se stripovi na kojima su bile informacije o zrakoplovima kojima kontrolor leta upravlja. No, s povećanjem prometa pojavila su se neka pitanja: kako urediti zračni prostor da prati trendove rasta, koje tehnologije koristiti?

Europa ima problem što je jedna od najprometnijih područja na svijetu s oko 30 000 letova dnevno[19] a ima veoma rascjepkan prostor što upravljanje zračnim prometom čini veoma kompleksnim. Tako je 2004. godine pokrenut projekt Single European Sky ATM Research (SESAR).

6.1. Model sposobnosti ATM-a

Jedna od grana na koju se SESAR fokusira je povećanje sposobnosti ATM-a. Pod sposobnosti ATM-a se misli na aerodromske operacije, organizaciju i upravljanje zračnog prostora, balansiranje potražnje i kapaciteta, operacije korisnika zračnog prostora, sinkronizacija prometa, upravljanje konfliktima, te upravljanje informacijama.

6.1.1. Aerodromske operacije

Sposobnost aerodromskih operacija se odnosi na slijetanja, kretanje po stajanci i polijetanja prilikom nepovoljnih vremenskih uvjeta, na surađivanje svih sudionika u zračnom prometu u planiranju i odrađivanju operacija na aerodromu, na sposobnost određivanja vremena dolaska na aerodrom zbog optimizacije aerodromskih operacija. Također je bitno da aerodrom ima sposobnost vođenja zrakoplova prilikom

[19] www.eurocontrol.int, 17.2.2017.

taksiranja, da ima službu za vuču zrakoplova, i da ima rutnu mrežu za kretanje po zemlji. Pod rutnu mrežu za kretanje po zemlji se misli na vozne staze i ulazno izlazne točke sa uzletno sletne staze. Poboljšanje ovih sposobnosti doprinosi uštedi goriva i smanjenju kašnjenja letova, što povećava efikasnost zračnog prometa.

6.1.2. Organizacija i upravljanje zračnog prostora

Organizacija i upravljanje zračnog prostora se dijeli na dizajn zračnog prostora i upravljanje zračnim prostorom. Pod dizajn zračnog prostora spada privremena rezervacija zračnog prostora od strane određenih kategorija korisnika zračnog prostora (npr. vojno letenje). Ovaj koncept se naziva FUA (flexible use of airspace) koncept. Cilj mu je povećati efikasnost leta kroz smanjivanje letne udaljenosti, vremena i goriva, uspostavu rutnih mreža i popratnih sektorizacija koje bi povećale kapacitete zračne kontrole i smanjile kašnjenja u generalnoj avijaciji, pronaći efikasnije načine kako razdvojiti operativni promet od generalnog prometa, te poboljšati civilno-vojnu koordinaciju u stvarnom vremenu. Također u dizajn zračnog prostora spada i koncept Free Route Airspace (FRA). FRA je koncept zračnog prostora bez zračnih ruta u kojem se korisnicima zračnog prostora omogućuje svojevoljno planiranje letenja kroz zračni prostor od ulazne do izlazne točke. Pod upravljanje zračnim prostorom smatra se upravljanje rezervacijama zračnog prostora od strane posebnih kategorija korisnika u stvarnom vremenu, dakle određivanje točnog trajanja zona kako bi se prilikom ne korištenja mogao propuštati ostali promet. Zatim je bitno određivanje sektorizacije prostora kako bi se što efikasnije koristili kapaciteti, mogućnost dodjele zrakoplovima dolazne i odlazne rute, planiranje i dodjela zračnog prostora u svrhu pružanja korisnicima zračnog prostora samostalno planiranje ruta kroz zračni prostor.

6.1.3. Balansiranje potražnje i kapaciteta

Jedna od mogućnosti koje bi doprinijele održivosti zračnog prometa su sposobnost monitoriranja i određivanja trenutnih i budućih kapaciteta aerodroma kako bi bilo moguće prilagođavati kapacitete ovisno o uvjetima. Kod aerodroma s

više uzletno-sletnih staza, mogućnost selekcije aktivnih uzletno-sletnih staza ovisno o prometnoj situaciji doprinosi uštedi goriva i smanjenju kašnjenja zbog kraćih faza završnog prilaženja. Monitoriranje i optimizacija zauzetosti parkirnih pozicija zrakoplova je također bitna kako zrakoplovi koji imaju kratko vrijeme zadržavanja na aerodromu imaju mogućnost brzog ukrcaja i iskrcaja putnika i tereta.

Osim balansiranja kapaciteta i potražnje aerodroma, bitno je balansirati kapacitete i potražnju zračnog prostora. Zračni promet koji prolazi kroz neki zračni prostor može biti više ili manje kompleksan. Kako bi se mogao rješavati utjecaj kompleksnosti zračnog prometa na kapacitet zračnog prostora, potrebno je pronaći, predvidjeti i monitorirati problem kompleksnosti. Mogućnost određivanja trenutne i buduće potražnje je također važan faktor kako bi se mogle detektirati neravnoteže između potražnje i kapaciteta koje bi se rješavale mjerama upravljanja protokom zračnog prometa. Osim određivanja trenutne i buduće potražnje, bitno je određivati trenutne i buduće kapacitete. Prilikom ovih predviđanja, potrebno je uzeti u obzir i mogućnost izvanrednih događaja koji smanjuju kapacitete.

6.1.4. Operacije korisnika zračnog prostora

Mjere upravljanja protokom zračnog prometa ne mogu se uvijek koristiti za rješavanje neravnoteže između potražnje i kapaciteta, stoga je potrebno prioritizirati zrakoplove koji se nalaze u zračnom prostoru. Korisnici zračnog prostora također mogu pridonijeti sposobnosti ATM-a. Postoji nekoliko načina poput ASAS (Airborne Separation Assistance System) i ATSAW (Airborne Traffic Situation Awareness) sustava. ASAS sustav omogućava održavanje vremenske separacije određenih zrakoplova koji lete na istoj ruti ili lete direktno na točku susreta. ATSAW sustav je sustav koji je u mogućnosti pružiti pilotima sliku trenutne situacije okolnog prometa tijekom svih faza leta. Pomoću ADS-B sustava, piloti imaju mogućnost mjenjanja visine u područjima koji nisu pod radarskim pokrićem. Osim ASAS i ATSAW sustava, prilikom slijetanja zrakoplova u povoljnim vremenskim uvijetima, piloti mogu prilagoditi intenzitet kočenja kako bi izašli na preporučenoj izlaznoj stazi za vožnju. Ako je prilikom inicijalnog penjanja omogućeno od strane kontrole leta, pilot može penjati određenim profilom koji umanjuje efekte buke i zagađenja atmosfere. Također

prilikom spuštanja s ciljem slijetanja, pilot može prilagoditi profil leta kako bi smanjio iste efekte.

Procijenjeno je da ako se prilikom spuštanja brzina prilaza smanji za 8 KIAS (Knots Indicated Airspeed), moguće je uštedjeti 250 tona goriva i 800 tona CO_2 godišnje za aerodrom s oko 6.5 miliona putnika godišnje[20]. Koristeći RNAV (Area Navigation) opremu, zrakoplovi mogu letjeti po RNP (Required Navigation Performance) rutama što olakšava protok prometa, a time povećava kapacitete zračnog prostora. Korisnicima zračnog prostora se može i izdati vremensko ograničenje koje ih limitira da moraju biti iznad određene točke u određeno vrijeme te sukladno tome prilagođavaju brzinu u fazi krstarenja.

6.1.5. Sinkronizacija prometa

U upravljanju i sinkronizaciji prometa u svrhu postizanja redoslijeda kojim bi zrakoplovi slijetali, pomaže sustav ASAS koji je ranije naveden a postiže se korištenjem vremenskog ograničenja da zrakoplov bude iznad određene točke. Zrakoplovi koji dolaze iz različitih smjerova moraju biti ugrupirani u prilazne točke prema aerodromu koristeći prikladne tehnike razdvajanja imajući na umu razdvajanje zrakoplova po težinskoj kategoriji.

6.1.6. Upravljanje konfliktima

Upravljanje konfliktima je mogućnost razdvajanja i monitoriranja zrakoplova koji su blizu minimalnoj normi za razdvajanje. Zrakoplove nije dovoljno samo međusobno razdvojiti, potrebno ih je razdvajati i od terena i objekata na zemlji. Iz tog razloga se prilikom dizajniranja zračnog prostora određuju minimalne visine iznad kojih je zrakoplov siguran od svih prepreka na zemlji. Ako postoje nepovoljne vremenske prilike, zrakoplove se mora razdvajati i od grmljavinskih oluja i jakih vjetrova. Pozornost se mora obratiti na zrakoplove koji ako postoji zračni prostor koji je rezerviran za određenu kategoriju korisnika (vojska) da ne ulaze u taj prostor. Kada

[20] EcoDescend Project Report, Patrik Berviken, 2013.g.

je zrakoplov na zemlji, mora se osigurati razdvajanje od drugih vozila i objekata prilikom vožnje po voznim stazama.

6.1.7. Upravljanje informacijama

Izdavanje instrukcija zrakoplovima je jedna vrsta upravljanja informacijama. Razmjena informacija o zrakoplovu između različitih sektora je važna kako bi svi uključeni sudionici znali o kakvom se letu radi i koje je postupke potrebno poduzeti za upravljanje tim letom. Ako se dogodi promjena u dostavljenim informacijama sljedećem sektoru, npr. zrakoplov traži veću visinu, potrebno je obavijestiti sljedeći sektor o promjenama.

Razmjena informacija je bitna i prije obavljanja samog leta. Tako je bitno da je posada zrakoplova upoznata s vremenskim prilikama na odredišnom aerodromu i po ruti, da zna ako postoje neka ograničenja u zračnim prostorima ili ako se dogodio otkaz nekog radionavigacijskog sredstva po ruti.

Bitan je prijenos informacija o promjeni određenih postupaka. U istraživanju švedskog ANSP-a LFV za Ecodescend proceduru, procjenjeno je da određen broj zrakoplova kojima je promjenjena prilazna brzina na odredišni aerodrom nije bila upoznata s tom promjenom. Da je prijenos informacija bio kvalitetniji ušteda goriva na godišnjoj razini bi bila veća za 350 tona i ušteda CO_2 bi se povećala za 1100 tona.

6.2. ATM tehnologija

Da bi se mogla postići operativna promjena potrebno je da sudionici u zračnom prometu provedu jednu ili više tehnoloških prilagodbi. Promjene u ATM tehnologiji su grupiranje povezanih individualnih tehnoloških izmjena. One pružaju uvid u ono što je potrebno da bi se podržale operativne promjene i pokazuju kada je ta tehnologija dostupna.

6.2.1. Optimizirane ATM mrežne usluge

Informacije o promjeni statusa zračnog prostora moraju se izmjeniti između svih dotičnih korisnika osobito između EUROCONTROL-a, ANSP-a i korisnika zračnog prostora poput zrakoplovnih kompanija. Procedure i procesi upravljanja zračnim prostorom se moraju nositi s okolinom gdje je zračni prostor upravljan dinamički bez fiksnih rutnih mreža. Prijenos podataka se mora unaprijediti kako bi struktura zračnog prostora poduprla implementaciju dinamičnijeg upravljanja zračnim prostorom i FRA (*Free Routing Airspace*). FRA je zračni prostor definiranih lateralnih i vertikalnih granica u kojem je dozvoljeno samovoljno određivanje ruta kroz set ulazno/izlaznih točaka i međutočaka[21].

Implementacija FRA u hrvatskom zračnom prostoru je krenula uvođenjem noćnih direktnih ruta 2011.g. Od tada se svake godine povećavao broj direktnih ruta i njihovo trajanje je produljeno na 24h. Prvo su povezivale ulazno izlazne točke iz hrvatskog zračnog prostora, a kasnije su povezivale ulazno izlazne točke kroz nekoliko susjednih zemalja poput Slovenije, Srbije, Crne Gore te Bosne i Hercegovine. U travnju 2014.g. uvodi se noćni FRA kroz zračni prostor Hrvatske, Bosne i Hercegovine te Srbije. Krajem 2016.g. dolazi do pune implementacije FRA u zračnim prostorima Hrvatske, Srbije, Crne Gore te Bosne i Hercegovine iznad FL 325 pod nazivom SouthEast Axis Free Route Airspace (SEAFRA). Nakon uvođenja FRA u hrvatskom zračnom prostoru ustanovljena je prosječna ušteda od 2,79 NM po letu[22]. No, analiza prometa se obavljala u kratkom zimskom periodu od tri mjeseca kada promet nije tako gust. Također mnoge zrakoplovne kompanije ne koriste FRA potpunim kapacitetom, pa se očekuju puno veće uštede.

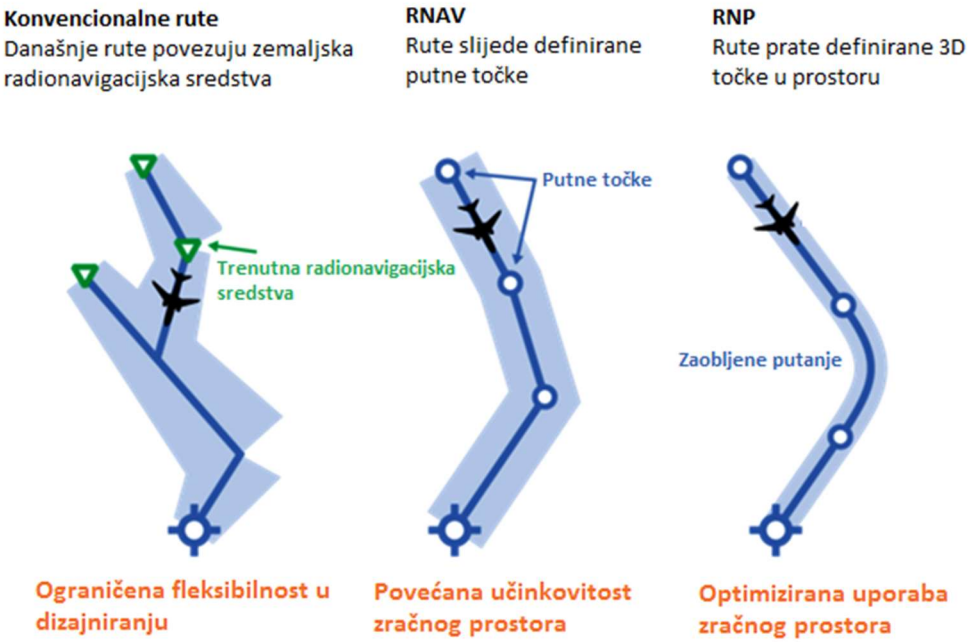
6.2.2. Unaprijeđene operativne usluge u zračnom prometu

Operativne sluge u zračnom prometu se unaprijeđuju kroz nekoliko projekata poput AMAN i DMAN projekata. Prošireni AMAN (*Arrival Management*) je mogućnost upravljanja zrakoplovima koji su još u fazi krstarenja na horizontalnoj udaljenosti od

[21] www.atmmasterplan.eu, 18.2.2017.
[22] Hrvatska kontrola zračne plovidbe d.o.o., odjel za planiranje zračnog prometa i organizaciju i uporabu zračnog prostora

180-200 NM od odredišnog aerodroma s ciljem bolje pripreme redoslijeda za slijetanje i smanjenja vremena čekanja u krugu za čekanje. Koristi se od strane toranjske i prilazne kontrole leta, a sektor od kojeg dolazi određeni zrakoplov mora ispoštovati ograničenja AMAN-a. AMAN surađuje s FDPS (*Flight Dana Processing System*) i RDPS (*Radar Data Processing System*). Korištenje AMAN-a održava kapacitet na propisanoj razini s boljom okolinom za rad zbog manjeg vremena čekanja zrakoplova u krugu za čekanje i manje potrebe za vektoriranjem zrakoplova. DMAN (*Departure Management*) je sustav sličan AMAN-u, ali se koristi prilikom odlaska zrakoplova s određenog aerodroma. Ako postoji neko ograničenje zbog kojeg zrakoplov mora čekati na polijetanje, tada se uz pomoć predviđanja određuje vrijeme koje je pogodno za pokretanje motora zrakoplova kako ne bi nepotrebno trošio gorivo.

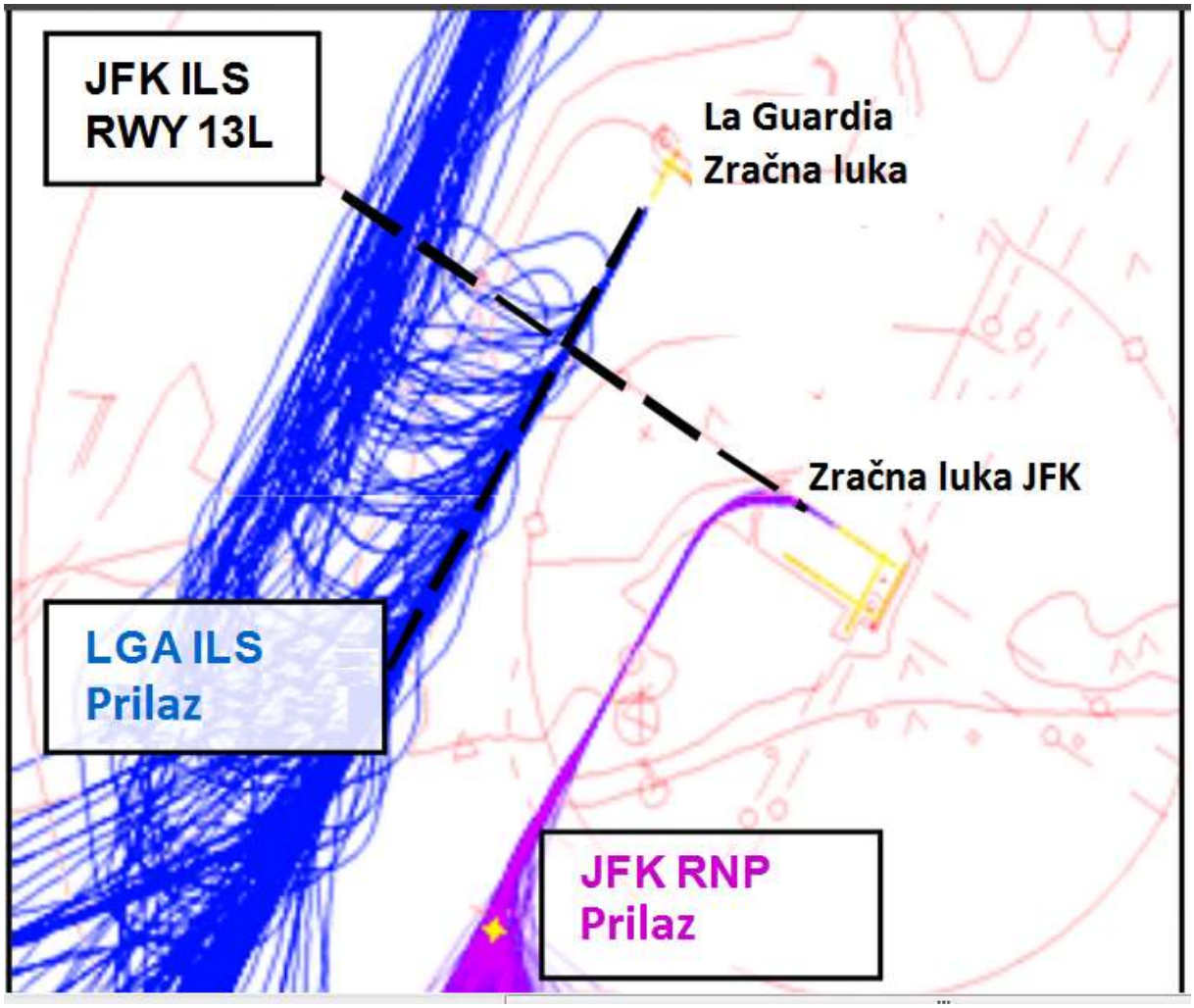
Budući napredni terminalni zračni prostor će koristiti RNP (*Required Navigation Performance*) operacije (Slika 6.1.), a sastoji od implementacije ekoloških procesa za prilaz/odlet kroz PBN (*Performance Based Navigation*) (Slika 6.2.).



Slika 6.1. RNP ruta[23]

[23] www.macnoise.com/faq/what-performance-based-navigation-pbn-rnavrnp, 19.2.2017.

Pomoću RNP-a se može unaprijediti i rutna mreža tako da se smanji udaljenost između ruta na mjestima gdje je to potrebno i moguće, a da zadovoljava tehničke i sigurnosne standarde.



Slika 6.2. RNP prilaz na zračnu luku J.F. Kennedy[24]

Nova organizacija operativnih timova na sektoru kontrole leta omogućuje rad jednog planerskog kontrolora koji pruža operativnu potporu dvama izvršnim kontrolorima na različitim sektorima. Također se može koristiti u prilaznim kontrolama gdje postoji pozicija planerskog kontrolora. Ušteda goriva je povezana s izvršenjem leta unutar zračnog prostora ta dva povezana sektora bez devijacija i potrebe dodatnih koordinacija.

Pomoćni alati koji predviđaju putanju zrakoplova su: MTCD (*Medium Term Conflict Detection*), SEP (*Separation Tool*), MONA (*MONitoring Aids*). Ovi alati

[24] www.macnoise.com/pdf/pbn-open-house-brochure.pdf, 19.2.2017.

povećavaju kapacitet sektora jer pomažu kontroloru u uočavanju konflikata i bržem određivanju njihove minimalne udaljenosti, te pomažu u uštedi goriva tako da zrakoplovi dobivaju konstantno penjanje do tražene visine leta.

6.2.3. Visoko učinkovite aerodromske operacije

Sigurnosni alati koji se koriste na aerodromu u svrhu povećanja učinkovitosti se sastoje od pronalaženja i upozoravanja konfliktnih odobrenja od strane kontrole zračnog prometa prema zrakoplovima te odstupanja zemaljskih vozila i zrakoplova od izdane instrukcije, procedure ili rute koja može potencijalno uzrokovati sudar. Kontrolor zračnog prometa mora unijeti sve instrukcije koje su izdane zrakoplovima i vozilima u sustav kontrole zračnog prometa. Uz pomoć zemaljskog radara A-SMGCS (*Advanced Surface Movement Guidance & Control System*) sustav detektira svako odstupanje zrakoplova i zemaljskih vozila od izdanog odobrenja.

A-SMGCS pruža mogućnost automatskog generiranja rute za vožnju po voznim stazama s odgovarajućim predviđenim trajanjima vožnje koji odgovaraju trenutnoj prometnoj situaciji i upravljanjem potencijalnih konflikata. Kontrolor leta može manualno modificirati tu rutu prije nego ju izda zrakoplovu ili vozilu.

Predpoletno određivanje redoslijeda zrakoplova koji napuštaju aerodrom je dio DMAN-a. Računa se ciljano vrijeme polijetanja i ciljano vrijeme paljenja motora za svaki let uzimajući u obzir nekoliko ograničenja i preporuka. Nakon određivanja tih vremena, određuje se redoslijed i ruta voženja zrakoplova na polijetanje imajući na umu kapacitet uzletno-sletne staze. Cilj DMAN-a je poboljšati protok prometa na uzletno-sletnoj stazi uspostavljajući redoslijed s minimalnim separacijama.

Samo osvjetljenje voznih staza može pridonijeti sigurnosti i protočnosti prometa. Uz korištenje *follow-the-green* opcije, potrošnja goriva se smanjuje tako da se prilagodi brzina vožnje kako zrakoplov ne bi čekao na sjecištima nekoliko voznih staza te kako ne bi promašio rutu vožnje. *Follow-the-green* opcija smanjuje radno opterećenje kontrolora i posade zrakoplova povećavajući prometnu svjesnost.

Kao dodatni alat koji treba povećati kapacitete aerodroma se uvodi datalink. Razmjena podataka pomoću datalinka osigurava bolje razumijevanje rute za vožnju te bolju prometnu svjesnost kontrolora, pilota i vozača ostalih vozila.

Za veću preciznost prilikom slijetanja u uvjetima slabe vidljivosti upotrebljava se GBAS (*Ground Based Augmentation System*) koji se može koristiti prilikom Cat II/III prilaza. GBAS je sustav koji pruža korekcije i monitoriranje GNSS (*Global Navigation Satellite System*) prilikom navigacije i prilaza u krugu od 23NM[25] od odredišnog aerodroma.

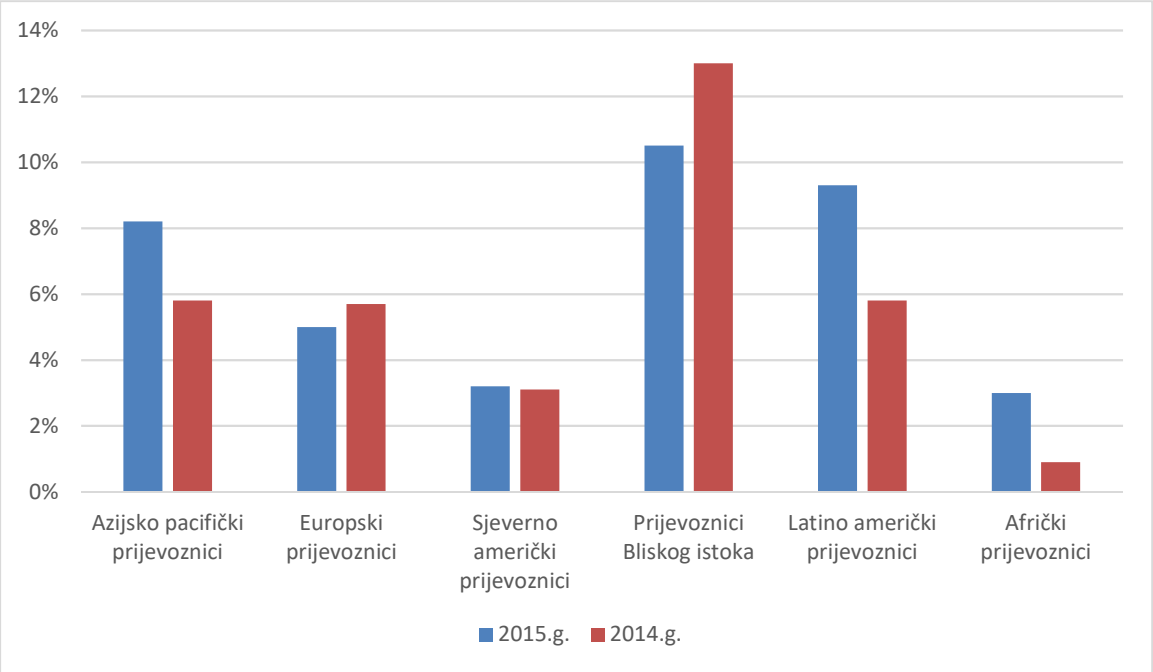
[25] https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/laas , 19.2.2017.

7. Analiza utjecaja prometne potražnje na održivost zračnog prometa

Prema istraživanjima IATA-e, prometna potražnja mjerena u putničkim kilometrima (RPK – revenue passenger kilometer) u 2015.g. je porasla za 6.5% u odnosu na 2014.g. To je daleko iznad desetogodišnjeg prosjeka koji iznosi 5.5% i najveći porast nakon krize 2010.g. Porast internacionalnog prometa je 6.5%, dok je kapacitet porastao za 5.9%. U Eurocontrol-ovom izvješću za 2015. godinu[26] stoji da se broj putnika povećao za 5.2% u odnosu na 2014. godinu, te da se ostvario porast IFR prometa od 1.5%.

Zračni prijevoznici Bliskog istoka su doživjeli najveći porast prometa od 10.5%. Kao rezultat toga, ukupni postotak internacionalnog prometa koji obavljaju zračni prijevoznici Bliskog istoka je porastao na 14.2%. Europski prijevoznici su doživjeli porast prometa od 5%, dok je kapacitet porastao za 3.8%. Porast prometa od 8.2% su imali zračni prijevoznici Azijsko pacifičke regije, a najmanji porast od 3% su imali afrički prijevoznici. Porast prometa od 3.2% su imali i sjevernoamerički prijevoznici s porastom kapaciiteta od 3.1%. Porast od 9.3% su doživjeli latino američki prijevoznici (Graf 7.1.).

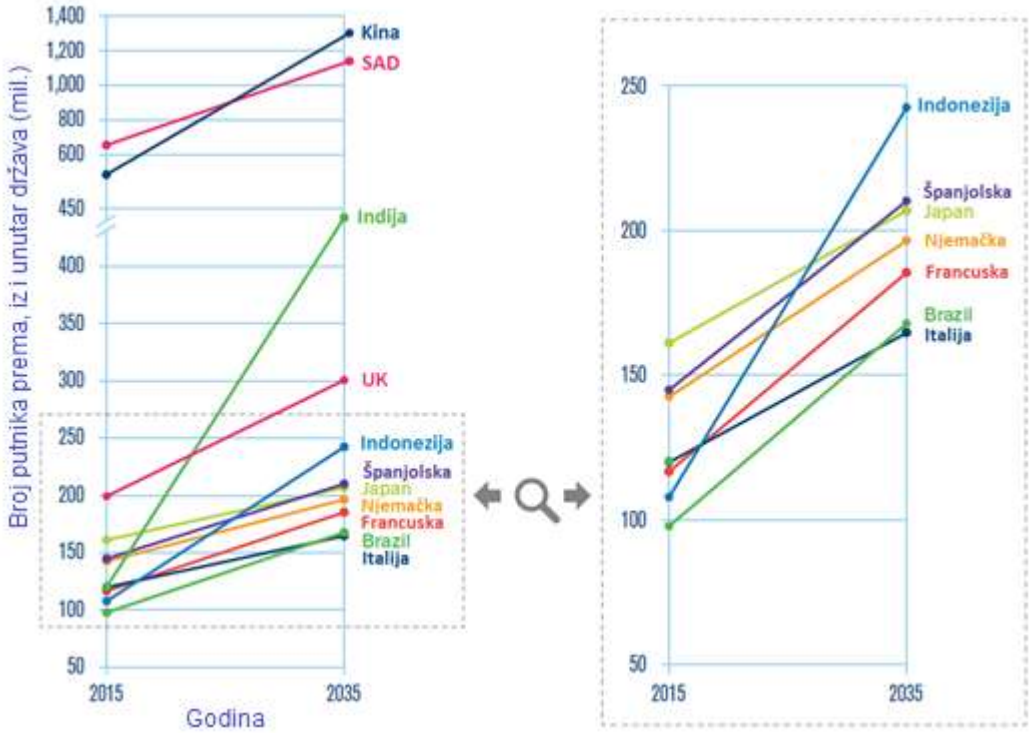
[26] Eurocontrol: Performance review report 2015., lipanj 2016.g.



Graf 7.1. Porast internacionalnog prometa od 2015.g. i 2014.g.[27]

U idućih 20 godina IATA predviđa da će se prometna potražnja povećati 3.7% godišnje što bi donijelo 7.2 milijarde putnika 2035.g., što je gotovo duplo u odnosu na 2016.g. kada je ukupan broj putnika iznosio 3.8 milijarde. Kina bi trebala zamjeniti SAD kao najvećeg svjetskog zrakoplovnog tržišta, dok bi Indija trebala prestić UK i zauzeti treće mjesto (Graf 7.2.). Velikim povećanjem prometne potražnje u Aziji i pacifičkom prostoru prometna potražnja u tom prostoru će biti veći od pola svjetske potražnje.

[27] http://www.iata.org/pressroom/pr/Pages/2015-02-05-01.aspx, 20.2.2017.



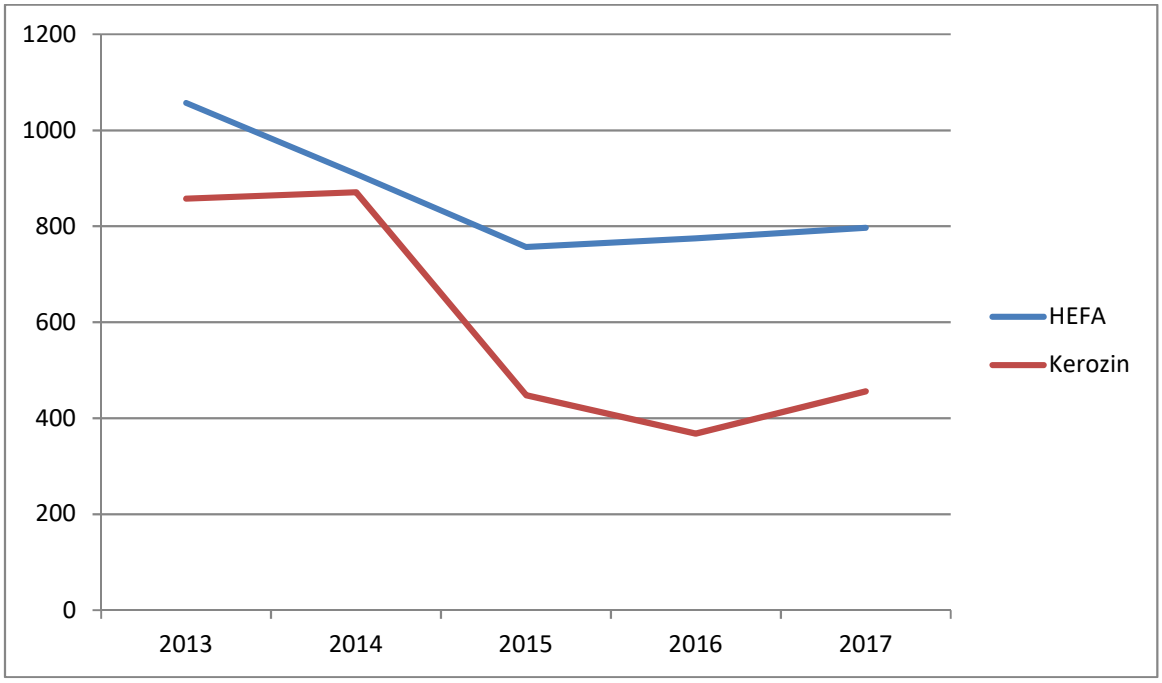
Graf 7.2. Predviđanje povećanja internacionalne i domaće potražnje

Povećanje prometne potražnje uzrokovat će povećanje broja letova što će negativno utjecat na održivost zračnog prometa. No, trenutnim kapacitetima i tehnologijama zračni promet se uspješno nosi sa time.

7.1. Analiza korištenja alternativnih goriva na ruti ROTAR-PETAK

Kako bi se analizirao utjecaj korištenja alternativnih goriva na održivost zračnog prometa, kao primjer će se koristit zračni prostor Republike Hrvatske i zračni prostor Crne Gore u kojem uslugu kontrole zračnog prometa pruža SMATSA (Serbia and Montenegro Air Traffic Services Agency). Do 2016.g. dva tipa sintetičkog goriva su dobila certifikaciju da se mogu koristiti kao zamjena za obični kerozin, to su: Fischer-Tropsch Kerozin i Hydrogenated Esters and Fatty Acids (HEFA). Ta dva tipa sintetičkog kerozina su još u ranoj fazi razvoja, te su im troškovi proizvodnje dvostruko veći od klasičnog kerozina. Uvođenjem naknade Europske Unije pod nazivom *Emissions Trading System (ETS)* kojim se naplaćuje ispuštanje jedne tone CO_2, EU pokušava natjerati kompanije koje koriste fosilna goriva da počinju koristiti

obnovljive izvore energije. Trenutno ETS naknada iznosi oko 6€[28], no stručnjaci smatraju da je ta naknada premala da bi natjerala kompanije na prelazak na obnovljive izvore. Kada bi naknada iznosila 30€ po toni za CO_2 emisiju[28], razlika između klasičnog i sintetičkog kerozina bi se smanjila, te daljnim unapređenjem tehnologije proizvodnje sintetičkog goriva, u bliskoj budućnosti bi trebao postati konkurentan klasičnom kerozinu. HEFA kerozin se proizvodi od sojinog ulja čija je trenutna cijena 797$/t[29] dok je cijena kerozina 1,55$/gal[30], što je jednako 455.7$/t (Graf 7.3.).



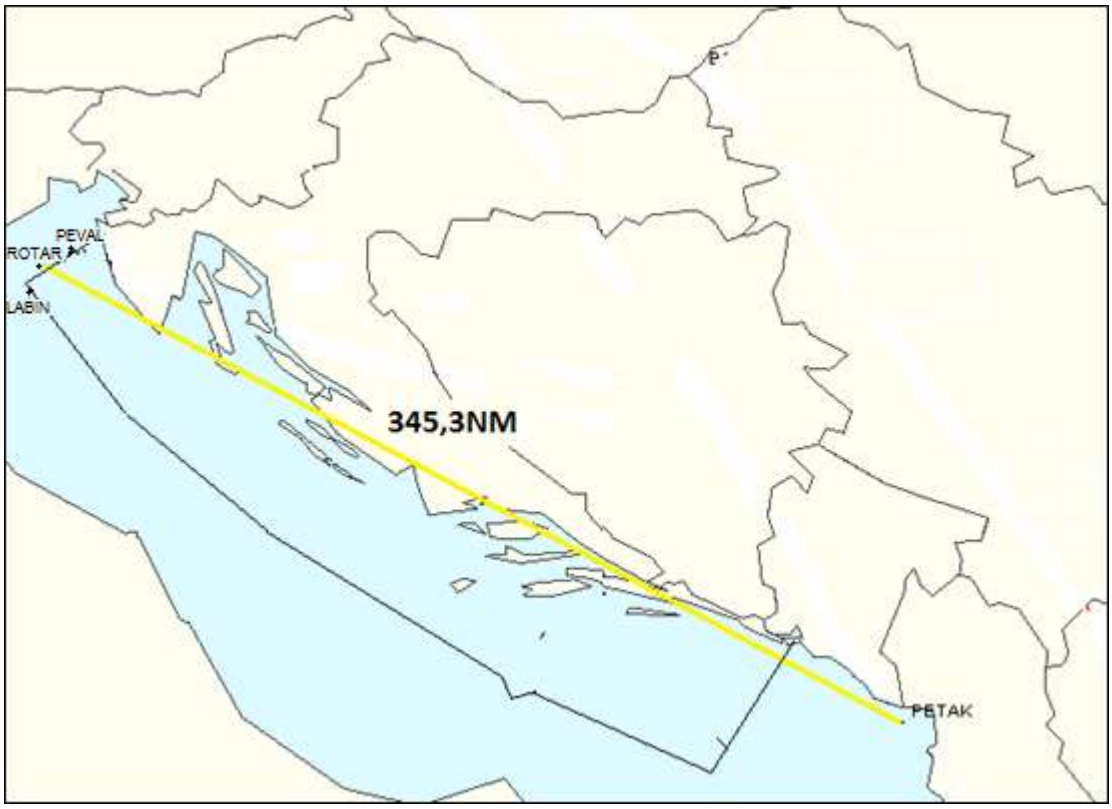
Graf 7.3. Kretanje cijena kerozina i sojinog ulja gdje y os označava cijenu proizvoda u $/t

Na grafu 7.3 je vidljivo da je cijena HEFA kerozina veća od cijene klasičnog kerozina, no predviđa se da će u budućnosti cijena HEFA kerozina padati, dok će cijena klasičnog kerozina rasti.

Na ruti ROTAR-PETAK kroz zračni prostor Hrvatske i zračni prostor Crne Gore (Slika 7.1.) prikazat će se razlika u troškovima zrakoplova tipa Airbus A320 koji leti na

[28] www.euobserver.com, 27.4.2017.
[29] www.pub.docs.worldbank.org, 22.2.2017
[30] www.eia.gov, 22.2.2017

klasični kerozin i koji leti na HEFA kerozin. Ova ruta je odabrana iz razloga što je jedna od najdužih ruta koje prolazi kroz Hrvatski zračni prostor s ukupnom dužinom od 345,5 NM. Prema rezultatima dobivenih iz programa NEST, na dan 6.8.2016. na rutama ROTAR-PETAK, LABIN-PETAK i PEVAL-PETAK ukupno je letjelo 173 zrakoplova, te je ruta ROTAR-PETAK odabrana kao primjer tih triju.



Slika 7.1. Ruta ROTAR-PETAK

Da bi se odredili troškovi leta zrakoplova po ovoj ruti potrebne su informacije o duljini rute (D), prosječnoj brzina zrakoplova (TAS) kako bi se odredilo vrijeme koje je potrebno zrakoplovu da odleti tu rutu i potrošnja goriva (FB) za tu dionicu.

D=345.3NM TAS=450kt[31] FB=2500kg/h[32]

$$t = \frac{D}{TAS} = \frac{345,3}{450} = 0,77h$$

[31] https://contentzone.eurocontrol.int/aircraftperformance/details.aspx?ICAO=A320&, 22.2.2017.
[32] https://www.airberlin.com/en/site/seatplan.php?seatTyp=A320_200, 22.2.2017.

$$FB = \frac{m}{t}$$

$$m = FB \times t = 2500 \times 0{,}77 = 1925kg$$

Iz rješenja je vidljivo da zrakoplov na ruti ROTAR-PETAK potroši 1925kg kerozina. Zatim slijedi:

Tablica 7.1. Troškovi korištenja klasičnog i HEFA kerozina na ruti ROTAR-PETAK

	Cijena u $/t	**Potrošeno gorivo na ruti ROTAR-PETAK u kg**	**Troškovi u $**
HEFA	797	1925	1534,2
Klasični kerozin	455.7	1925	877,2

Iz tablice 7.1. je vidljivo da je trošak leta zrakoplova na ruti ROTAR-PETAK na klasični kerozin 877,2$, dok je trošak leta na HEFA sintetičko gorivo 1534,2$ što donosi gubitak od 657$, te se da zaključiti da alternativna goriva još nisu kompetitivna klasičnim gorivima.

Pošto se alternativna goriva još ne mogu koristiti kao zamjena za alternativna, koriste se tehničko-tehnološka rješenja iz SESAR programa. Jedna od metoda koje utječu na održivost zračnog prometa je FRA koji je uveden u zračni prostor Republike Hrvatske.

7.2. Analiza uštede goriva uvođenjem SEAFRA

Razvojem zračnog prostora u Hrvatskoj i Srbiji omogućilo se je letenje kroz zračni prostor slobodnih ruta, direktno od ulazne točke prema izlaznoj (SEAFRA). Takvim planiranjem zrakoplovnim kompanijama je omogućeno letenje kraćim rutama što im donosi uštedu goriva. Analizirat će se nekoliko primjera uporabe FRA prostora kako bi se utvrdio u kolikoj mjeri doprinosi održivosti prometa.

Na Slici 7.2. prikazane su rute iz Beča (Austrija) do Preveza (Grčka). Crvena ruta je ruta koju je kompanija Austrian Airlines planirala prije nego je uveden FRA u zračni prostor dakle prema rutnoj mreži, dok je zelena ruta ruka koju je kompanija ispunila nakon uvođenja FRA.



Slika 7.2. Ruta LOWW-LGPZ prije i poslije uvođenja SEAFRA

Prije uvođenja SEAFRA, let se planirao preko Mađarske, Srbije, Kosova, Makedonije i Grčke, te je duljina rute iznosila 636,56NM. Nakon uvođenja SEAFRA, omogućeno je planiranje preko Hrvatske što bitno skraćuje udaljenost i vrijeme leta. Let se planirao preko Mađarske, Hrvatske, Bosne i Hercegovine, Crne Gore, Albanije i Grčke, te je duljina rute iznosila 602,35NM. Ušteda u udaljenosti iznosi 34,21NM. Prema podacima dobivenim koristeći program NEST, vrijeme leta prije uvođenja SEAFRA je iznosilo 92,9 min, dok je nakon uvođenja vrijeme leta skraćeno na 88,3 min. Zrakolov koji se je koristio na ovom letu je Airbus A320. Najveća ušteda u udaljenosti se ostvaruje u rutnom segmentu leta, te se može pretpostaviti da je zrakoplov prilikom polijetanja i slijetanja imao jednake potrošnje. Ušteda u vremenu leta iznosi:

$$92{,}2min \quad 88{,}3min = \frac{4{,}6min}{60} = 0{,}077h$$

Poznata je potrošnja A320 od 2500kg/h pa se može odrediti ušteda goriva u kilogramima:

$$0{,}077h \times 2500\,{}^{kg}/_{h} = 191{,}67\,kg$$

Dakle, na letu koji prije uvođenja SEAFRA nije išao preko Hrvatske ostvarila se ušteda goriva od 191,67kg. Osim uštede goriva, ostarila se i ušteda u plaćanju usluga kontrole zračnog prometa (Tablica 7.2. i Tablica 7.3.).

Tablica 7.2. Troškovi plaćanja usluga zračne plovidbe prije uvođenja SEAFRA

Zemlja	Trošak (€)
Albanija	102,34
Grčka	55,87
Mađarska	115,67
Austrija	41,51
Srbija	250,88
Ukupno	566,27

Tablica 7.2. Troškovi plaćanja usluga zračne plovidbe nakon uvođenja SEAFRA

Zemlja	Trošak (€)
Albanija	122,25
Hrvatska	58,82
Grčka	51,58
Mađarska	69,11
Austrija	51,41
Bosna i Hercegovina	106,82
Srbija	83,79
Total:	543,78

Iz tablica je vidljivo da su troškovi usluge zračne plovidbe kompaniji prije uvođenja SEAFRA iznosili 566,27€, dok su troškovi nakon uvođenje SEAFRA 543,78€. Dakle, ostvarena je ušteda od 22,49€.

8. Zaključak

Porastom prometa i većim udaljenostima po letu koji se očekuju, zrakoplovi će trošiti veće količine goriva.

U pogledu učinkovitosti, zrakoplovne kompanije i ostali korisnici zračnog prostora bi htjeli kontrolirati svoje letove kako to njima odgovara. Željeli bi birati vremena polijetanja i slijetanja kako to odgovara njihovim poslovnim potrebama, no kada potražnja postane veća od kapaciteta, takav tip operacija ponekad nije moguć. Stoga je potrebno pratiti preporuke i nove tehnologije kako bi se pratio trend povećanja potražnje.

Procjene da će se izvori nafte iscrpiti u bliskoj budućnosti nisu optimistične za zračni promet pa se treba pronaći alternativna riješenja kako bi se zadovoljila prometna potražnja. Današnje alternative poput F-T kerozina i HEFA su dobri počeci koji doprinose održivosti prometa, a daljnim razvojem i novim tehnologijama će moguće zamjeniti alternativni neobnovljivi kerozin. Dok alternativna goriva ne postanu konkurentna, održivost zračnog prometa će se ostvarivati pomoću tehničko-tehnoloških riješenja iz SESAR programa uključujući i navedeni FRA.

Prema izvršenoj analizi može se zaključiti da u današnje vrijeme alternativna goriva još nisu ekonomski isplativa, no cijena klasičnog kerozina će se s godinama povećavati zbog sve skuplje cijene izvlačenja nafte i zbog troškova plaćanja zbog emisije CO_2 kojih kod alternativnih goriva ima znatno manje. Povećanjem cijena klasičnog kerozina i novim tehnologijama proizvodnje, alternativni kerozin će postati ekonomski isplativ te će to pozitivno utjecati na održivost zračnog prometa.

Također, u radu je prikazana analiza uvođenja SEAFRA kroz zračni prostor Hrvatske, Srbije, Crne Gore te Bosne i Hercegovine, prilikom čega su na primjeru jednog leta ustanovljene uštede od 190kg goriva na tom letu. Osim uštede goriva, ustanovljena je i ušteda u vremenu što dopinosi učinkovitosti ATM-a. Planiranjem direktnih ruta kroz zračni prostor, ušteda je vidljiva i na troškovima plaćanja usluga kontrole zračnog prometa koji je na analiziranom letu iznosila 22,49€.

Kratice

A-SMGCS – Advanced-Surface Movement Guidance and Control System

ADS-B – Automatic Dependent Surveillance-Broadcast

AMAN – Arrival Management

ANSP – Air Navigation Service Provider

ASAS – Airborne Separation Assistance System

ASM – Airspace Management

ATM – Air traffic Management

ATSAW – Airborne Traffic Situation Awareness

D - Distance

DMAN – Departure Management

ECAC – European Civil Aviation Conference

ETS – Emmision Traing System

FAB – Functional Airspace Block

FB – Fuel Burn

FDPS – Flight Data Processing System

FLAS – Flight Level Allocation Scheme

FRA – Free Route Airspace

FUA – Flexible Use of Airspace

GBAS – Ground Based Augmentation System

GNSS – Global Navigation Satellite System

IATA – International Air Transport Association

ILS – Instrument Landing System

KPI – Key Performance Indicator

MONA – Monitoring Aids

MTCD – Medium Term Conflict Detection

PBN – Performance Based Navigation

RDPS – Radar Data Processing System

RNAV – Area Navigation

RNP – Required Navigation Performance

SEAFRA – South East Axis Free Route Airspace

SEP – Separation tool

SES – Single European Sky

SESAR – Single European Sky ATM Research

TAS – True Airspeed

TOD – Top Of Descent

Popis slika

Slika 2.1. Zračni putevi iznad FL285 do FL325

Slika 4.1. Fischer-Tropsch proces

Slika 5.1. Segmenti učinkovitosti za različite faze leta

Slika 5.2. Odstupanje stvarnih prilaza od idealnog prilaza

Slika 6.1. RNP ruta

Slika 6.2. RNP prilaz na zračnu luku J.F. Kennedy

Slika 7.1. Ruta ROTAR-PETAK

Slika 7.2. Ruta LOWW-LGPZ prije i poslije uvođenja SEAFRA

Popis Tablica

Tablica 2.1. Predviđanja neprihvaćenih letova

Tablica 7.1. Troškovi korištenja klasičnog i HEFA kerozina na ruti ROTAR-PETAK

Tablica 7.2. Troškovi plaćanja usluga zračne plovidbe prije uvođenja SEAFRA

Tablica 7.3. Troškovi plaćanja usluga zračne plovidbe nakon uvođenja SEAFRA

Popis dijagrama

Graf 2.1. Postotak putnika prema udaljenosti leta

Graf 7.1. Porast internacionalnog prometa od 2015.g. i 2014.g.

Graf 7.2. Predviđanje povećanja internacionalne i domaće potražnje

Graf 7.3. Kretanje cijena kerozina i sojinog ulja ($/t)

Literatura

1. Janić, Milan: The Sustainablity of Air Transportation, Ashgate Publishing Limited, Hampshire, 2007.g.
2. Leach, M., Saynor, B., Bauen, A.: The Potential for Renewable Energy Sources in Aviation, Imperial College; 2003.g.
3. CANSO: Recomended Key Performance Indicators for Measuring ANSP Operational Performance, 2015.g.
4. Nordian aviation training system: Powerplant, Aircraft General Knowledge, Nordian AS, 2010.g.
5. Eurocontrol: Challenges of Growth 2013, Task 4: European Air Traffic in 2035, Lipanj 2013.g.
6. www.energytrendsinsider.com (prosinac 2016.)
7. www.indexmundi.com (prosinac 2016.)
8. www.eurocontrol.int (veljača 2017.)
9. www.eurocontrol.int/STATFOR (siječanj 2017.)
10. www.industrialoutpost.com/will-ever-really-run-oil/ (prosinac 2016.)
11. www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/laas/ (veljača 2017.)
12. www.atmmasterplan.eu (veljača 2017.)
13. www.ntrs.nasa.gov (veljača 2017.)
14. www.macnoise.com (veljača 2017.)
15. www.contentzone.eurocontrol.int/aircraftperformance/details.aspx?ICAO=A320&, (veljača 2017.)
16. www.airberlin.com/en/site/seatplan.php?seatTyp=A320_200 (veljača 2017.).
17. www.euobserver.com (travanj 2017.)