

# Utjecaj mjera regulacije prometa na učinkovitost letenja

---

**Trojko, Filip**

**Undergraduate thesis / Završni 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:119:248001>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-23**



*Repository / Repozitorij:*

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



Zagreb, 20. travnja 2016.

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

## **ZAVRŠNI ZADATAK br. 3600**

Pristupnik: **Filip Trojko (0135233168)**  
Studij: **Aeronautika**  
Smjer: **Kontrola leta**

Zadatak: **Utjecaj mjera regulacije prometa na učinkovitost letenja**

### Opis zadatka:

Uvodno objasniti cilj i djelokrug istraživanja. Objasniti europski sustav upravljanja zračnim prometom, podjelu te primjenu njegovih funkcija. Analizirati i objasniti važnost mrežnog upravljanja tokovima prometa u Europi s ciljem povećanja učinkovitosti letenja. navesti i objasniti načine upravljanja troškovima kašnjenja u upravljanju zračnim prometom. Navesti i objasniti mjere provođenja regulacije prometa. Koristeći program NEST, analizirati utjecaj provedenih mjera regulacije prometa na karakteristike tokova prometa za zadane uvjete. Analizirati rezultate. Dati zaključna razmatranja.

Zadatak uručen pristupniku: 22. ožujka 2016.

Mentor:



---

doc. dr. sc. Biljana Juričić

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

---

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Filip Trojko

**UTJECAJ MJERA REGULACIJE PROMETA NA UČINKOVITOST LETENJA**

**ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI  
ZAGREB

**ZAVRŠNI RAD**

**UTJECAJ MJERA REGULACIJE PROMETA NA UČINKOVITOST LETENJA**

**INFLUENCE OF ATFM REGULATIONS ON FLIGHT EFFICIENCY**

Mentor: doc. dr. sc. Biljana Juričić

Student: Filip Trojko

JMBAG: 0135233168

Zagreb, 2017.

## UTJECAJ MJERA REGULACIJE PROMETA NA UČINKOVITOST LETENJA

**SAŽETAK:** Ovaj završni rad se temelji na analizi utjecaja mjera regulacija prometa u sustavu upravljanja zračnim prometom. Kako mjere regulacije prometa koje proizvode kašnjenje zrakoplova utječu na učinkovitost letenja te koji su sve mogući troškovi koji mogu proizaći za letove koji podliježu regulacijom. Na početku rada se ukratko opisuje cjelokupni sustav upravljanja zračnim prometom, upravljanja zračnim prostorom itd. Nadalje se prikazuje prostor nadležnosti, odnosno koji zračni prostor se promatra prilikom analize. Rad također prikazuje i upravljanje mrežom tokova prometa s ciljem povećanja učinkovitosti letenja, pritom prikazujući na koji način se upravlja troškovima proizvedenih kašnjenja. U samoj analizi rada prikazuje se promet te odabrani regulirani letovi pomoću softverskog alata za analizu, simulaciju te modeliranje zračnog prostora i zračnog prometa. Nakon analize su prikazani rezultati analize te su doneseni određeni zaključci.

**KLJUČNE RIJEČI:** upravljanje zračnim prometom; troškovi; kašnjenje; mjere regulacija

**SUMMARY:** This work is based on influence of ATFM regulations on flight efficiency in system of Air Traffic Management. It shows how ATFM regulations produce delays of and airplanes and how that finally influences on flight efficiency of that specific flight, what are the costs, etc. In the beginning of the work it is shortly described how the system of air traffic management functions, what is the area of monitoring in the analysis. Further in the work it is shown management of network air traffic flows with a goal of increasing flight efficiency. In further analysis regulated flights are shown using NEST software tool. After analyzing data from NEST that show route length, fuel consumption, emission of carbon dioxide several conclusions are given at the end.

**KEY WORDS:** air traffic management; costs; delay; ATFM regulations

## Sadržaj

<b>1. Uvod</b>	<b>1</b>
<b>2. Europski sustav upravljanja zračnim prometom</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Općenito o strukturi upravljanje zračnim prometom</b>	<b>3</b>
2.1.1. Upravljanje zračnim prostorom	4
2.1.2. Operativne usluge u zračnom prometu	5
2.1.3. Upravljanje protokom zračnog prometa	5
<b>2.2. Međunarodna i nacionalna regulativa i legislativa</b>	<b>6</b>
2.2.1. Nacionalna regulativa i legislativa	6
<b>2.3. Koncept jedinstvenog europskog neba</b>	<b>6</b>
2.3.1. ATM strategija 2000+	6
2.3.2. Razlozi i opći ciljevi razvoja koncepta jedinstvenog europskog neba – SES-a	7
2.3.3. Paket mjera i propisa SES I	8
2.3.4. Paket mjera i propisa SES II	9
2.3.5. Uloga EUROCONTROL-a u upravljanju zračnim prometom	10
<b>2.4. Načini provođenja i mjerenja učinkovitosti ANSP-ova kroz ključna područja</b>	<b>11</b>
2.4.1. Indikatori ključnog područja sigurnosti	11
2.4.2. Indikatori ključnog područja okoliša	12
2.4.3. Indikatori ključnog područja kapaciteta	12
2.4.4. Indikatori ključnog područja troškovne učinkovitosti	12
<b>2.5. Prognoze zračnog prometa i statistički podatci</b>	<b>13</b>
2.5.1. Prognoze prometa	13
2.5.2. Elementi izračuna prognoza prometa	14
2.5.3. Rizici prognoziranja prometa	14
2.5.4. Prognoza prometa i statistički podatci za Republiku Hrvatsku	15
<b>3. Mrežno upravljanje tokovima prometa u Europi s ciljem povećanja učinkovitosti letenja</b>	<b>17</b>
<b>3.4. Konceptualni model učinkovitosti horizontalnog leta</b>	<b>17</b>
3.4.1. Postignute udaljenosti i doprinos istih na mrežu tokova prometa	18
3.4.2. Raspodjela neučinkovitosti na lokalnu komponentu i na mrežnu komponentu	18
3.4.3. Neovisnost segmenta leta u lokalnom području od ostalih segmenata leta van lokalnog područja	19
<b>3.5. Izračun indikatora za prikaz učinkovitosti horizontalnog leta</b>	<b>20</b>
3.5.1. Prikupljanje rezultata za izračun indikatora učinkovitosti leta	20
3.5.2. Razlika između planirane putanje i stvarne putanje	21
<b>4. Upravljanje troškovima kašnjenja u upravljanju zračnim prometom</b>	<b>22</b>
<b>4.1. Definiranje koncepta kašnjenja</b>	<b>22</b>
4.1.1. Taktički i strateški troškovi kašnjenja – pitanje predvidljivosti	22
<b>4.2. Model za izračun troškova kašnjenja</b>	<b>23</b>
4.2.1. Model “gate-to-gate” za izračun troškova kašnjenja	23
4.2.2. “HARD” troškovi u odnosu na “SOFT” troškove te upravljanje “HARD” troškovima	23
<b>5. Mjere provođenja regulacije prometa</b>	<b>25</b>
<b>5.1. Upravljanje protokom i kapacitetom zračnom prometom</b>	<b>25</b>
5.1.1. Odnos ponude i potražnje te pojava kašnjenja	25
5.1.2. Područje primjene i procesi ATFCM-a	26
5.1.3. Faze djelovanja ATFCM-a	27
5.1.4. Strateška faza	27
5.1.5. Predtaktička faza	27

5.1.6. Taktička faza .....	27
5.1.7. Postoperativna faza .....	27
<b>5.2. Mjere regulacije zračnog prometa i podjela .....</b>	<b>28</b>
5.2.2. <i>Level capping</i> .....	29
5.2.3. <i>Re-routing</i> .....	29
5.2.4. <i>SLOT swapping</i> .....	29
5.2.5. <i>Cherry picking</i> .....	30
<b>6. Korištenje programa NEST i analiza karakteristika tokova prometa i provedenih mjera regulacije prometa.....</b>	<b>31</b>
6.1. NEST alat za analizu tokova prometa i samog prometa.....	31
6.2. Analiza kašnjenja za određeni AIRAC datum u hrvatskom zračnom prostoru .....	35
6.2.1. Analiza kašnjenja za odabrani sektor u hrvatskom zračnom prostoru za odabrani AIRAC datum .....	35
6.2.2. Analiza zračnog prometa za odabrani AIRAC datum u hrvatskom zračnom prostoru.....	36
6.3. Analiza uvedenih mjera regulacija te prikaz kašnjenja za odabrane regulirane letove .....	37
6.3.1. Prikaz sektora zahvaćenih regulacijama .....	37
6.3.2. Odabir najznačajnijih reguliranih letova za analizu te prikaz kašnjenja.....	40
6.4. Korišteni podatci za analizu.....	43
<b>7. Rezultati provedene analize.....</b>	<b>44</b>
7.1. Rezultat veće potrošnje goriva nastale duljim trajanjem leta zbog uvedene regulacije i ukupnog kašnjenja zrakoplova.....	44
7.2. Rezultat veće emisije CO <sub>2</sub> prouzrokovane zbog nastalog kašnjenja.....	46
7.3. Prikaz odnosa planirane duljine rute i stvarne prijedene udaljenosti na ruti .....	47
<b>8. Zaključak .....</b>	<b>50</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>51</b>
<b>Popis grafikona .....</b>	<b>52</b>
<b>Popis slika .....</b>	<b>53</b>
<b>Popis tablica.....</b>	<b>54</b>

## 1. Uvod

Stalan trend povećanja broja zrakoplova u zračnom prometu i općenito velika ekspanzija zračnog prometa imaju znatan utjecaj na kapacitet zračnog prometa, a samim time i na učinkovitost letenja. Posljedica takvog povećanja zračnog prometa dovodi prvotno do zasićenja kapaciteta sektora zračnog prostora, a potom i do velikih prometnih zagušenja, kašnjenja te su krajnja posljedica veliki financijski gubitci za zrakoplovne kompanije i pružatelje zrakoplovnih usluga. U svrhu smanjenja vršnih opterećenja u pojedinom volumenu zračnog prostora uvode se mjere regulacija za pojedine letove. Mjere regulacija te analiza njihovog utjecaja na učinkovitost letenja biti će spomenute u daljnjoj razradi ovog završnog rada.

Ovaj rad bavi se mjerama regulacije prometa koje se primjenjuju u upravljanju zračnim prometom te analizom njihovog utjecaja na učinkovitost letenja. Svrha rada je koristeći se programom NEST<sup>1</sup> analizirati utjecaj provedenih mjera regulacije prometa na karakteristike tokova prometa za zadane uvjete. Na temelju analize provedenoj u NEST alatu potrebno je objasniti i navesti načine upravljanja troškovima kašnjenja u upravljanju zračnim prometom te dati zaključna razmatranja.

Rad je podijeljen u 8 cjelina:

1. Uvod
2. Europski sustav upravljanja zračnim prometom
3. Mrežno upravljanje tokovima prometa u Europi s ciljem povećanja učinkovitosti letenja
4. Upravljanje troškovima kašnjenja u upravljanju zračnim prometom
5. Mjere provođenja regulacije prometa
6. Korištenje programa NEST i analiza karakteristika tokova prometa i provedenih mjera regulacije prometa
7. Rezultati provedene analize
8. Zaključak

U drugom poglavlju ukratko će se definirati koncept europskog sustava upravljanja zračnim prometom. Točnije kako je koncipiran sustav upravljanja zračnim prometom, koje su organizacije koje vrše nadzor i kontrolu zračnog prostora te kako je zadovoljena pravna i regulatorna forma. Ukratko će biti objašnjena organizacija zračnog prostora, kako su definirane nacionalne granice, zone vojnog operativnog letenja te općenita upotreba europskog zračnog prostora. Biti će definiran pojam i razvoj jedinstvenog europskog neba te koja je njegova uloga u europskom zračnom prometu. Nadalje će biti objašnjen odnos ponude i potražnje u zračnom prometu te kako se njime i na koji način upravlja. Objasniti će se ključna područja djelovanja u kojima se mjeri učinkovitost europskog zračnog prometa. Na kraju drugog poglavlja biti će prikazane prognoze i statistički podatci u europskom zračnom prometu.

---

<sup>1</sup> NEST – Network Statistics Tool



U trećem poglavlju biti će definiran pojam mrežnog upravljanja tokova prometa kojem je cilj povećanje učinkovitosti horizontalnog leta te kako postignute udaljenosti zrakoplova doprinose mreži tokova prometa. Također još jedna bitna stavka koje će biti prikazana u trećem poglavlju je izračun indikatora koji određuje učinkovitost horizontalnog leta. U narednom, četvrtom poglavlju prikazati će se proces upravljanja troškovima kašnjenja tokom upravljanja zračnim prometom te također objašnjenje i prikaz modela za izračun troškova kašnjenja. U petom poglavlju definirati će se same mjere regulacije prometa te kakav je njihov utjecaj na pojedinačne letove te na mrežu tokova prometa. U šestom poglavlju će se koristiti softverski alat za analizu karateristika tokova prometa te utjecaj mjera regulacija na učinkovitost letenja. Te će za kraj u sedmom poglavlju biti prikazani rezultati provedene analize odnosno prikaz troška za više potrošeno gorivo uzrokovano regulacijom te sukladno više potrošenom gorivu i količina emitiranog ugljičnog dioksida po kilogramu potrošenog goriva.

## 2. Europski sustav upravljanja zračnim prometom

Prvotno treba definirati općenito pojam pružanja zrakoplovnih usluga, odnosno usluge u zračnoj plovidbi ANS (*eng. Air Navigation Services*). Taj termin pružanja usluga u zračnoj plovidbi sastoji se od četiri komponente:

1. komunikacija, nadzor i navigacija (*eng. Communication, navigation and surveillance – CNS*)
2. meteorološke usluge
3. upravljanje zračnim prometom (*eng. Air Traffic Management – ATM*)
4. usluge zrakoplovnog informiranja (*eng. Aeronautical Information Services – AIS*) [1]

### 2.1. Općenito o strukturi upravljanje zračnim prometom

Upravljanje zračnim prometom uključuje sve usluge usko povezane sa zrakoplovnom navigacijom te se stoga cjelokupno područje upravljanja zračnim prometom dijeli na tri komponente:

1. upravljanje zračnim prostorom (*eng. Air Space Management – ASM*)
2. operativne usluge u zračnom prometu (*eng. Air Traffic Services – ATS*)
3. upravljanje protokom zračnog prometa (*eng. Air Traffic Flow Management – ATFM*)

Zadatak upravljanja zračnim prostorom (*eng. Air Space Management – ASM*) je planiranje i objava izgleda zračnog prostora koji je podijeljen na zrakoplovne rute, civilne i vojne rute te područja rezervirana za aerodrome tako da u isto vrijeme osigura siguran i fluidan zračni promet. ASM i ATFM zajedno efektivno podupiru upotrebu raspoloživog zračnog prostora, uključujući aerodromski kapacitet smanjujući vrijeme čekanja. Općenito govoreći upravljanje zračnim prometom je skup funkcija u zrakoplovu i na zemlji (operativne usluge u zračnom prometu, upravljanje zračnim prostorom i upravljanje protokom zračnog prometa) potrebnih radi osiguranja sigurnog i učinkovitog kretanja zrakoplova tijekom svih faza operacija zrakoplova.

### 2.1.1. Upravljanje zračnim prostorom

Upravljanje zračnim prostorom je funkcija planiranja čiji je primarni cilj maksimiziranje uporabe raspoloživog zračnog prostora putem dinamične raspodjele vremena korištenja i, povremeno, raspodjelom zračnog prostora između različitih kategorija korisnika zračnog prostora na temelju kratkoročnih potreba. [2]

S obzirom na navedeno postoje sljedeće kategorije korisnika zračnog prostora, odnosno kategorije zračnog prometa:

- Opći zračni promet (*eng. General Air Traffic – GAT*) – to su svi letovi civilnih zrakoplova, kao i letovi državnih i vojnih zrakoplova koji se obavljaju sukladno postupcima ICAO-a<sup>2</sup>
- Civilni zračni promet (*eng. Civil Air Traffic – CIVIL*) – to je sav zračni promet osim vojnog zračnog prometa
- Operativni zračni promet (*eng. Operational Air Traffic – OAT*) – to su vi letovi civilnih zrakoplova, kao i letovi državnih i vojnih zrakoplova koji se obavljaju sukladno posebno utvrđenim postupcima koji odstupaju od pravila i postupaka za opći zračni promet
- Vojni zračni promet (*eng. Military Air Traffic – MILITARY*) – to je zračni promet u kojem sudjeluju hrvatski i/ili inozemni vojni zrakoplovi [3]

Kako bi sustav upravljanja zračnim prostorom savršeno funkcionirao potrebno je udovoljiti različitim zahtjevima učesnika u zračnom prometu te međusobno usuglasiti zahtjeve na obostrano zadovoljstvo. Potrebno je postići kontinuum koji je fleksibilan i reaktivan na kratkoročne promjene potreba korisnika zračnog prostora. Postizanje takvog kontinuumu biti će bazirano na upravljanju konfiguracijom zračnog prostora i podupiranjem neprestanog dijeljenja informacija između korisnika i partnera. Takav način upravljanja zračnim prostorom i međusobna koordinacija i suradnja između korisnika zračnog prostora pridonijeti će optimalnoj upotrebi zračnog prostora.

Neki od zahtjeva civilnog zrakoplovstva su dodatni kapacitet zračnog prostora s obzirom na prometnu potražnju, smanjenje kašnjenja, smanjenje operativnih troškova uzrokovanih kašnjenjem, kratko i jednostavno ispunjavanje plana letate fleksibilnost i raspoloživost pri odabiru zrakoplovnih ruta. Pošto korisnici zračnog prostora nisu samo civilni zrakoplovi već i vojni zrakoplovi potrebno je s druge strane sagledati zahtjeve vojnog zrakoplovstva. Neki od zahtjeva vojnog zrakoplovstva su potreba za slobodnijim korištenjem zračnog prostora, posebna pozornost na zrakoplovne koji su prioritetni te potreba za rezervacijom odnosno restrikcijom pojedinom volumena prostora radi izvođenja vojnih operacija.

---

<sup>2</sup> ICAO – International Civil Aviation Organization

### 2.1.2. Operativne usluge u zračnom prometu

Operativne usluge u zračnom prometu jedna su od komponenti sustava upravljanja zračnim prometom uz već spomenuti sustav upravljanja zračnim prostorom te je svakako od esencijalne važnosti za spomenuti koje su podkomponente koje čine operativne usluge i koje je njihovo područje djelovanja i primjene.

Pa tako operativne usluge u zračnom prometu možemo podijeliti na 3 podkomponente:

- Kontrola zračnog prometa (eng. Air Traffic Control – ATC) – kontrolu zračnog prometa čine 3 podvrste kontrole zračnog prometa zadužene za pojedini segment leta zrakoplova ovisno u kojem dijelu zračnog prostora se zrakoplov nalazi u pojedinoj fazi leta. Za polijetanja, slijetanja i sve ostale operacije koje se odvijaju na manevarskim površinama aerodroma nadležna je aerodromska kontrola zračnog prometa. Nadležnost aerodromske kontrole zračnog prometa prostire se do određene propisane visine do koje zrakoplov penje te je dalje za zrakoplov nadležna druga vrsta kontrole zračnog prometa, a to je prilazna kontrola koja brine za sve odlazne i dolazne zrakoplove. Treća podvrsta kontrole zračnog prometa je oblasna kontrola zračnog prometa koja brine za sigurnost zrakoplova u krstarenju, odnosno u *en-route* segmentu leta. [4]
- Usluge zrakoplovnog informiranja (eng. Flight Information Services – FIS) – usluga zrakoplovnog informiranja obuhvaća prikupljanje, inicijalnu obradu, uređivanje, formatiranje, objavu, pohranu i distribuciju zrakoplovnih informacija neophodnih za sigurnost, redovitost i učinkovitost međunarodne i domaće zračne plovidbe.[4] [5]
- Usluga uzbunjivanja (eng. Alerting Service - ALRS) – usluga uzbunjivanja pruža se radi izvješćivanja nadležnih organizacija o zrakoplovu kojem je potrebna pomoć potrage i spašavanja, kao i radi pružanja pomoći tim organizacijama tijekom potrage i spašavanja zrakoplova, po potrebi.[4] [6]

### 2.1.3. Upravljanje protokom zračnog prometa

Kao uvod u ovo podpoglavlje biti će definiran pojam protoka. Protok je po definiciji broj operacija koje mogu proći jediničnom površinom ili volumenom u definiranom vremenskom periodu u određenim uvjetima.

Sustav upravljanja protokom zračnog prometa treća je i zadnja komponenta velikog sustava upravljanja zračnim prometom. To je funkcija uspostavljena u svrhu podrške odvijanja sigurnog, redovitog i ubranog protoka zračnog prometa uz maksimalno korištenje kapaciteta kontrole zračnog prometa i uz opseg prometa sukladan kapacitetima koje su objavili određeni pružatelji usluga kontrole zračnog prometa. Cilj upravljanja protokom zračnog prometa je optimizacija kapaciteta kontrole zračnog prometa i efikasnosti leta uzimajući u obzir zahtjeve za sigurnost prometa.

## 2.2. Međunarodna i nacionalna regulativa i legislativa

U ovom podpoglavlju ukratko će biti definirano koje su to međunarodne, ali i nacionalne organizacije, odnosno institucije koje propisuju regulative i odredbe u zračnom prometu kojih se svi korisnici zračnog prometa dužni pridržavati.

### 2.2.1. Nacionalna regulativa i legislativa

Nacionalnu regulativu provodi Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture Republike Hrvatske, odnosno agencija osnovana od strane iste. Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo osnovana je Zakonom o izmjenama I dopunama Zakona o zračnom prometu, kojeg je Hrvatski sabor donio na sjednici 20. travnja 2007. godine. Osnivač agencije je Republika Hrvatska, a osnivačka prava u skladu s odredbama ovoga Zakona obavlja Vlada Republike Hrvatske. [7]

Djelatnost Agencije obuhvaća poslove vezane za sigurnost zračnog prometa, a osobito certificiranje, nadzor i inspekciju u cilju osiguravanja kontinuiranog udovoljavanja zahtjevima za obavljanje zračnog prijevoza i drugih djelatnosti u zračnom prometu, vođenje propisanih registara i evidencija te obavljanje drugih poslova utvrđenih Zakonom o zračnom prometu. [7]

## 2.3. Koncept jedinstvenog europskog neba

Europski sustav upravljanja zračnim prometom trenutno upravlja s otprilike 26 000 letova dnevno. Predviđanja nalažu kako će se zračni promet do 2020. godine udvostručiti. Nadalje, europski sustav upravljanja zračnim prometom svake godine potroši otprilike tri milijarde eura, što je iznimno puno u usporedbi sa sličim sustavima u ostatku svijeta. Postavlja se pitanje kako će se europski ATM<sup>3</sup> nastaviti nositi s ekspanzijom zračnog prometa uz istovremeno smanjenje troškova i zadržavanje učinkovitosti. Odgovor na to pitanje dala je inicijativa da se cjelokupni europski zračni prostor podijeli na funkcionalne blokove, ali ne sukladno nacionalnim granicama već sukladno adekvatnim tokovima prometa. Takav projekt nije moguće ostvariti bez stvaranja zajedničkih pravila i procedura na europskoj razini. [8]

### 2.3.1. ATM strategija 2000+

ATM strategija 2000+ je strategija donesena s ciljem povećanja kapaciteta radi povećanja prometne potražnje u zračnom prometu, ali iz zadržavanje minimalnih troškova i simultano povećanje sigurnosti u zrakoplovstvu. Donesena je 1998. godine. [3]

Opći cilj ATM strategija 2000+ je za sve faze leta omogućiti siguran, efikasan i redovan protok prometa pružajući usluge upravljanja zračnim prometom prilagodljive i fleksibilne za zahtjeve svih korisnika europskog zračnog prometa. Usluge trebaju zadovoljiti prometnu potražnju uzimajući u obzir troškove i dobiti, trebaju se koristiti na

---

<sup>3</sup> ATM – Air Traffic Management

jedinstvenom principu uzimajući u obzir ekološku održivost i nacionalne zahtjeve o sigurnosti i zaštiti u zračnom prometu. [3]

Sami odnos, točnije plan razvoja cjelokupnih promjena u ATM-u prikazan je na slici ispod. (slika 2.3.) Prvotno sami proces kreće od ATM strategije 2000+ gdje se dalje grana na razvijanje strategije na ključne ANS usluge, a to su komunikacija, navigacija i nadzor, potom na strategiju istraživanja i razvoja, strategija na području usluga kontrole zračnog prometa te na kraju strategija na području upravljanja zračnim prostorom. Nakon toga slijedi razvoj strategije u upravljanju protokom i kapacitetom zračnog prometa, pošto je glavni cilj razviti strategiju kako povećati kapacitet, potom slijedi evolucijski plan i poslovni plan same implementacije na razini centralne jedinice upravljanja zračnim protokom ten a kraju na pojedinu državu članicu koja implementaciju provodi na svojoj nacionalnoj razini.

### 2.3.2. Razlozi i opći ciljevi razvoja koncepta jedinstvenog europskog neba – SES-a

Temelj stvaranja velikih strukturalnih promjena je povećanje kapaciteta, odnosno za potrebe ATM-a, europski zračni prostor će se smatrati kontinuumom kojeg neće prekidati nacionalne granice. Regionalni odnosi, koji u obzir uzimaju nacionalne zahtjeve, se podržavaju i preporučuju.

Smjer uvođenja promjena temelji se na:

- putu promjena i mrežnim efektima
- novim konceptima za uvođenje strukturalnih promjena u procesu ATM-a
- operativnim poboljšanjima
- podršci infrastrukturi

Nakon iznošenja ATM stretegije 2000+, 1999. godine Europska komisija upućuje Europskom vijeću i parlamentu uputu o kreiranju jedinstvenog europskog neba. Razlozi kreiranja i upućivanja upute su sljedeći:

- stalan trend povećanja prometne potražnje
- zagušenja prometa u zraku i na manevarskim površinama aerodrome
- velika kašnjenja prometa
- rascjepkanost prometa
- nepromijenjeni sustav organizacije zračnog prostora od 60-ih godina 20. stoljeća [3]

Dogovor je pronaći nova tehničko-tehnološka rješenja koja će podrazumijevati zajedničko upravljanje zračnim prostorom, odnosno reorganizaciju i novu strukturu prostora s ciljem povećanja kapaciteta kroz uspostavu novih ruta i sektorizaciju prostora neovisno o nacionalnim granicama te uspostava nove podjele korištenja prostora od strane civilnog i vojnog zrakoplovstva koja će osigurati veću efikasnost.

Za kraj se iznose opći ciljevi projekta jedinstvenog europskog neba, a to je efikasniji zračni promet (veći profit zrakoplovnih kompanija, smanjenje troškova, zadovoljstvo putnika, smanjenje vremena putovanja), što u konačnici znači uvođenje velikog broja direktnih linija od aerodroma polijetanja do aerodroma slijetanja.

### 2.3.3. Paket mjera i propisa SES I

Propis Europske komisije (REGULATION (EC) No. 549/2004) iz 2004. godine pod službenim nazivom: *“The framework for the creation of the Single European Sky”*, tzv. “SES I” je dio većeg paketa propisa kojeg čine i 3 tehnička propisa s ciljem povećanja postojećih sigurnosnih standarada i efikasnosti zračnog prometa u Europi radi optimiziranja kapaciteta uzimajući u obzir zahtjeve korisnika te smanjenje kašnjenja na najmanju moguću mjeru. Pod time se taj paket mjera i propisa odnosi na IFR letove u generalnom zračnom prometu.

Propis europske komisije (REGULATION (EC) No. 551/2004) iz 2004. godine pod službenim nazivom : *“Organisation and use of airspace in the Single European Sky”* definira kako je koncipirana organizacija europskog zračnog prostora te kako upravljati istim. Uzrok donošenja takvog paketa propisa odnosno potreba za reorganizacijom i upravljanjem zračnim prostorom je rascjepkanost zračnog prostora, pa čak i u zemljama Europske unije. Posljedice koje nastaju rascjepkanošću prostora su velika kašnjenja, financijski gubitci, narušavanje sigurnih i efikasnosnih tokova zračnog prometa.

Ciljevi ovog paketa mjera je kreirati jedinstveno europsko nebo bez granica zračnog prostora u kojem će vladati ista pravila i propisi, a osigurati će povećanje kapaciteta sustava kontrole zračnog prometa, povećati sigurnost prometa, dokinuti rascjepkanost prostora i postojanje granica, poboljšati integraciju vojnog zrakoplovstva u novu organizaciju prostora i olakšati uvođenje novih tehnologija. Glavna rješenja paketa “SES I” su mrežno upravljanje i dizajn zračnog prostora u funkciji tokova zračnog prometa te uvođenje koncepta FUA (*eng. Flexible Use of Airspace*). To je koncept fleksibilnije upotrebe zračnog prostora, odnosno implementacija generalne avijacije u komercijalnu avijaciju.

#### 2.3.4. Paket mjera i propisa SES II

Nakon paketa rješenja "SES I" 2008. godine dolazi do revizije tog istog paketa rješenja ka velikom objedinjavanju europskog zračnog prostora. Taj novi paket rješenja se službeno na engleskom naziva: "*Single European Sky II: towards more sustainable and better performing aviation*". Taj novi paket rješenja, odnosno revizija prijašnje donesenog se temelji na 4 faktora razvoja:

- regulacija izvedbe
- jedinstveni sigurnosni okvir pod nadležnošću EASA-e
- nove tehnologije u sklopu SESAR<sup>4</sup> program
- upravljanje kapacitetom na zračnim lukama

Prvi faktor razvoja, regulacija izvedbe, podrazumijeva uvođenje sljedećih mjera:

- vođenje izvedbe sustava kontrole zračnog prometa (donošenje europskog master plana upravljanja zračnim prometom)
- olakšavanje integracije pružanja usluga kroz uspostavu funkcionalnih zračnih blokova
- ojačavanja funkcije upravljanja mrežom ruta (dizajn ruta i mreže ruta, koordinacija i dodjeljivanje slotova i upravljanje korištenjem različitih novih SESAR tehnologija)
- EASA – nadzor provedbe zračnog prometa u Europskoj uniji [9]

Regulativom Europske komisije iz 2007. godine donosi se plan i program razvoja nove generacije sustava upravljanja europskim zračnim prometom pod nazivom SESAR. Cilj SESAR-a je pronaći, osmisliti nove tehnologije koje će omogućiti povećanu potražnju zračnog prometa u godinama koje slijede preda nama. Dosadašnja oprema i sustavi postaju ograničavajući čimbenik pri povećanju prometne potražnje. Očekuje se dvostruki porast prometa u odnosu na 2007. godinu, a u nekim regijama i trostruki porast.

Implementacija SESAR-a odvija se u tri faze:

- faza definiranja plana razvoja koja se odvijala od 2005. do 2007. godine
- faza razvoja trajala je od 2008. do 2013. godine te je omogućila razvoj osnovnih tehnologija koje će poduprijeti uvođenje novih generacija sustava
- faza primjene započela je 2014. godine te traje sve do 2020. godine te podrazumijeva instaliranje novih sustava i široku primjenu funkcije sustava

Nakon objavljivanja SES II programa, objavljen je SES II+ koji uključuje poboljšanja i napredke svojeg predhodnika.

---

<sup>4</sup> SESAR – Single European Sky ATM Research



### 2.3.5. Uloga EUROCONTROL-a u upravljanju zračnim prometom

Uloga EUROCONTROL-a u upravljanju zračnim prometom su sljedeće navedene funkcije:

- upravljačka jedinica za upravljanje protokom, mrežom ruta i kapacitetom zračnog prometa Europe naziva se NM (*eng. Network Manager*) proaktivno upravlja cijelom ATM mrežom te pritom usko surađuje s pružateljima zrakoplovnih usluga, korisnicima zračnog prostora, vojskom i aerodromima
- MUAC (*eng. Maastricht Upper Area Control Centre*) pruža usluge kontrole zračne plovidbe za Nizozemsku, Belgiju, Luksemburg i sjeverni dio Njemačke.
- centralni ured za naplatu korištenja ruta kontrolira izračun, prikuplja te redistribuira naplatu zrakoplovnim prijevoznicima
- jedna od funkcija je razvoj inicijative centralnih usluga, otvara pojedine usluge tržištu stvarajući značajne uštede i povećanje operativne učinkovitosti
- podupire Europsku komisiju, EASA-u i nacionalne nadzorne vlasti u njihovim regulatornim aktivnostima
- istraživanje, razvoj i validacija te stvaranje znatnog utjecaja na SESAR. Cilj je donijeti rezultate koji će pomoći pri razvitku srednjeročnih i dugoročnih performansi ATM sustava pruža jedinstvenu koordinaciju između civilnog i vojnog zrakoplovstva [10]

## 2.4. Načini provođenja i mjerenja učinkovitosti ANSP-ova kroz ključna područja

U ovom podpoglavlju definirati će se ključna područja u kojima se mjeri učinkovitost ANSP-ova<sup>5</sup> odnosno pokazatelji kojima se određuje ta učinkovitost. Indikatori ključnih područja trebali bi biti izabrani kao specifični i mjerljivi kako bi mogli ukazati na potrebu promjene, odnosno poboljšanja performansi u pojedinom području. KPI (*eng. Key Performance Indicators*) su mjerljivi indikatori pomoću kojih možemo odrediti kvalitetu usluge u kontroli zračnog prometa. Ključni pokazatelji učinkovitosti su pokazatelji učinkovitosti koji se upotrebljavaju za postavljanje cilja učinkovitosti. [11]

Ključna područja mjerenja, odnosno indikatori ključnih područja su:

- Indikatori ključnog područja sigurnosti
- Indikatori ključnog područja okoliša
- Indikatori ključnog područja kapaciteta
- Indikatori ključnog područja troškovne učinkovitosti

### 2.4.1. Indikatori ključnog područja sigurnosti

Efikasnost upravljanja sigurnošću se mjeri razinom implementacije sljedećih elemenata:

- politika sigurnosti
- upravljanje rizicima sigurnosti
- osiguravanje sigurnosti
- promocija sigurnosti
- safety kultura

Indikator sigurnosti je postotak primjene klasa ozbiljnosti RAT-a (*eng. Risk Analysis Tool*) u svrhu harmoniziranog izvještavanja o procjenama ozbiljnosti narušavanja separacijske norme, neovlaštenog ulaska na uzletno-sletnu stazu i ATM specifičnih događaja.

Sustav klasifikacije ozbiljnosti događaja može se podijeliti na ozbiljan incident, veliki incident, značajan incident, događaj bez utjecaja na sigurnost te događaj gdje nije moguće klasificirati događaj.

---

<sup>5</sup> ANSP – Aeronautical Service Provider

#### 2.4.2. Indikatori ključnog područja okoliša

Indikator okoliša je prosječna učinkovitost za vrijeme horizontalne (*eng. en-route*) faze leta. Računa se kao odstupanje duljine stvarne putanje od one optimalne. Horizontalna faza leta se definira kao udaljenost koju zrakoplov preleti van kruga od 40 nautičkih milja oko aerodroma. Mjeri se za sve komercijalne IFR<sup>6</sup> letove unutar europskog zračnog prostora. Ako let započinje ili završava van ovog područja, mjeri se samo let unutar europskog zračnog prostora. Isključuju se kružni letovi i letovi s ortodromom kraćom od 80 nautičkih milja između terminalnih područja. [12]

Indikator okoliša je efikasno korištenje civilno – vojnih struktura zračnog prostora. Odnosi se na specifične usluge navigacije pojedinih aerodroma.

Indikatori utjecaja na okoliš su:

- količina izgaranja ispušnih plinova
- potrošnja goriva zrakoplova
- buka zrakoplova
- smanjenje prijeđenih nautičkih milja

#### 2.4.3. Indikatori ključnog područja kapaciteta

Indikator kapaciteta je broj minuta kašnjenja ostvarenog tokom en-route segmenta po pojedinačnom letu. Računa se kao razlika između zahtjevanog vremena polijetanja od strane operatora u zadnjem predanom planu leta i izračunatog vremena polijetanja. Izračunato vrijeme polijetanja se dodjeljuje od strane centralne jedinice ATFM-a.

ATFM kašnjenje se mjeri za sve IFR letove u europskom zračnom prostoru za razdoblje od godinu dana. Indikatori kapaciteta su vezani uz prostor, mogućnosti kontrolora zračnog prometa te uz smanjenje kašnjenja.

#### 2.4.4. Indikatori ključnog područja troškovne učinkovitosti

Indikator troškovne učinkovitosti je prosječna cijena za naplatu usluga u kontroli zračnog prometa za horizontalni segment leta.

Indikator je rezultat odnosa između određenog troška, odnosno cijene i procijenjenog prometa izraženo u valuti euro te se određuje jednom godišnje na europskoj razini. Indikator troškovne učinkovitosti je prosječna cijena naplate usluga u kontroli zračne plovidbe za terminalnu fazu.

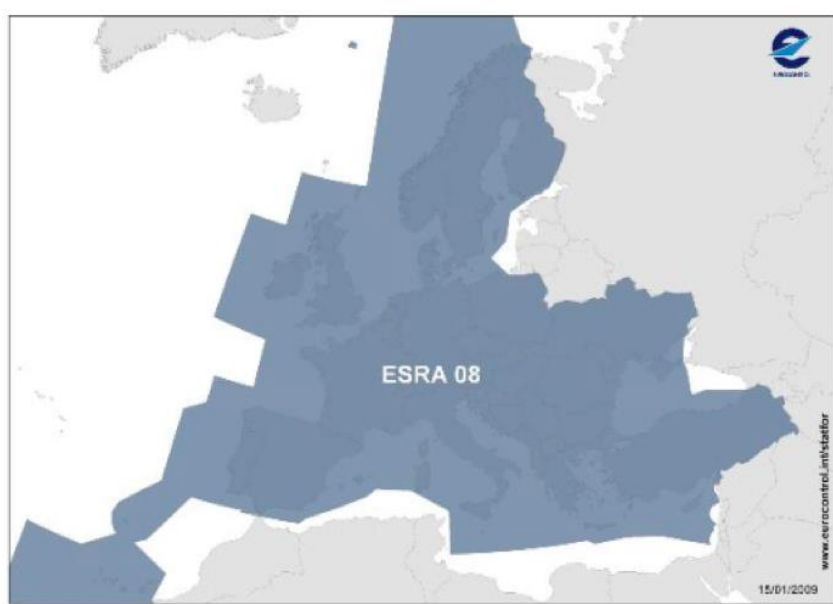
---

<sup>6</sup> IFR – Instrument Flight Rules

## 2.5. Prognoze zračnog prometa i statistički podatci

Prognoze zračnog prometa služe kao alat za predviđanje nadolazećeg zračnog prometa kako bi se i pružatelji zrakoplovnih usluga, ali i zrakoplovni prijevoznici mogli pripremiti i poduzeti određene radnje za taj nadolazeći promet.

Statistički podatci nam služe za praćenje zračnog prometa iz prošlosti te usporedbu sa sadašnjim stanjem prometa. Važno je konstantno pratiti statistiku zračnog prometa pošto nam i malo odstupanje od ponekog rezultata može uvelike pomoći u analizi zračnog prometa. Na slici broj 1.. prikazano je referentno statističko područje europskog zračnog prostora.



Slika 1. Referentno statističko područje europskog zračnog prostora

Izvor: [13]

### 2.5.1. Prognoze prometa

Prognoze zračnog prometa mogu biti:

- kratkoročne – za godinu do dvije godine unaprijed
- srednjeročne – za period do 7 godina
- dugoročne – za period do 20 godina [13]

## 2.5.2. Elementi izračuna prognoza prometa

Način na koji se izračunava prognoza prometa sadrži sljedeće elemente:

- ekonomski rast koji je dobiven zbrojem BDP rasta u realnim cijenama u lokalnoj valuti
- trendovi i događaji
- povećanje nisko-tarifnih operacija što stvara dodatna kretanja
- mreža vlakova velikih brzina, uračunata kao promjene u vremenu putovanja željeznicom za parove gradova koji su povezani za vezama velikih brzina u usporedbi s temeljnom godinom
- kapacitet zračnih luka, prema broju operacija tijekom jedne godine za velike zračne luke
- faktori punjenja za koje se predpostavljalo da se mijenjaju linearno od sadašnje do buduće razine, a koja može varirati s obzirom na regiju i scenarij
- promjene na mreži, podešavanja u postotcima za dolaske i odlaske po prometnoj zoni, koje se mogu koristiti, uz dodatne izvore podataka, za prikazivanje modela efekata konsolidacije, nepravilnosti u smjernicama ili lokalnim specifičnim efektima
- demografske promjene, koje imaju vrlo malen utjecaj kod modela potražnje. Ti modeli se dobivaju od UN-ovih<sup>7</sup> prognoza populacije [13]

## 2.5.3. Rizici prognoziranja prometa

Prilikom prognoziranja prometa postoje određeni rizici koje treba analizirati te klasificirati u prihvatljive odnosno neprihvatljive. Zbog mogućih velikih utjecaja nepredviđenih okolnosti, analitičari prometa trebaju u obzir uzimati odstupanja, odnosno donju i gornju granicu prognoze prometa.

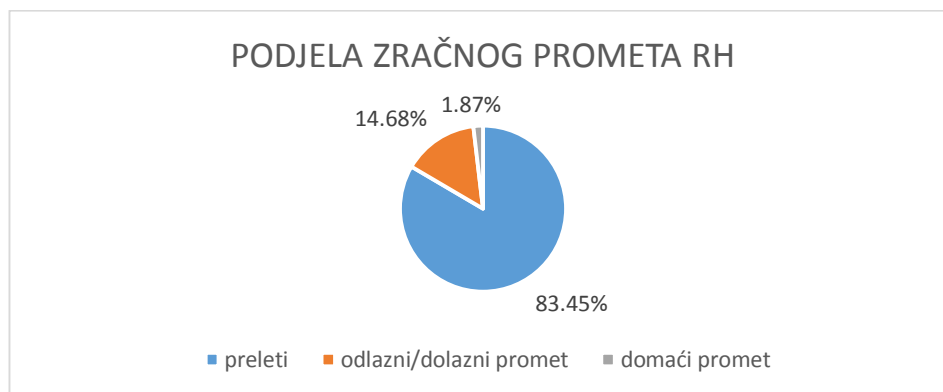
Rizici mogu utjecati individualno na državu i njenu prognozu prometa, ali i na čitave regije.

---

<sup>7</sup> UN – United Nations

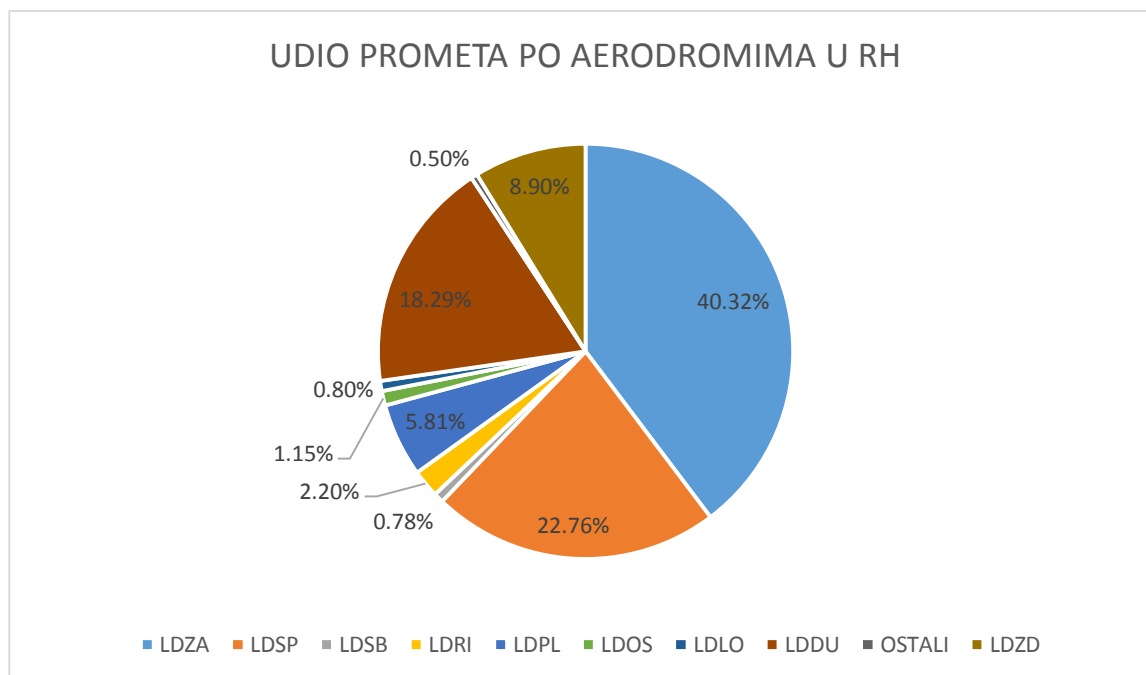
#### 2.5.4. Prognoza prometa i statistički podatci za Republiku Hrvatsku

Na razini Republike Hrvatske naglašena je sezonska varijabilnost prometa koja se očituje u velikom udjelu preleta kroz hrvatski zračni prostor što možemo uočiti i na slici broj 2. gdje čak 83,45% prometa u Hrvatskoj čine preleti te se taj podatak odnosi na 2016. godinu. [14]



Slika 2. Podjela zračnog prometa u HR  
Izvor: [14]

Kod podjele prometa po aerodromima u Hrvatskoj prednjači Zračna luka Zagreb s 40,32% prometa, potom ju slijedi Zračna luka Split s 22,76% te ostale zračne luke u Hrvatskoj kako je i prikazano na slici 3. [14]



Slika 3. Udio prometa po aerodromima u HR  
Izvor: [14]

Južnoistočna os je glavni tok prometa koji se proteže od Sjeverozapadne Europe i Jugoistočne Europe. To je tipični ljetni sezonski tok prometa koji uglavnom zahvaća određene centre oblasne kontrole počevši od svibnja pa sve do kraja listopada tekuće godine.

U tu južnoistočnu os, odnosno južnoistočni tok prometa ubraja se i Hrvatska, točnije nas COK<sup>8</sup> Zagreb. Sukladno saznanju kako se Hrvatska svrstava u jugoistočni tok prometa svojim geografskim položajem važno je spomenuti i određene statistične podatke o povećanju prometa. Prema srednjeročnim podacima STATFOR<sup>9</sup>-a iz 2013. godine očekivani rast prometa za Hrvatsku je 3,5%, a za funkcionalni blok zračnog prostora kojem pripada (FAB CE<sup>10</sup>) je 3,2%. Što se tiče prognoze prometa za 2016. godinu kratkoročna prognoza o povećanju prometa je 3,7%, a dugoročna je 0,1%. [13]

---

<sup>8</sup> COK – Centar oblasne kontrole

<sup>9</sup> STATFOR – Statistical Forecast

<sup>10</sup> FAB CE – Functional Airspace Block Central Europe

### 3. Mrežno upravljanje tokovima prometa u Europi s ciljem povećanja učinkovitosti letenja

U ovom poglavlju potrebno je odrediti i definirati pojam indikatora koji prikazuje učinkovitost horizontalnog leta. Za usporedbu učinkovitosti će se koristiti dva dodatna indikatora, a to su oni na temelju stvarne putanje te onaj temeljen na planiranoj putanji leta.

U drugom dijelu ovog poglavlja biti će prikazani podatci koji se koriste za prikaz izračuna učinkovitosti horizontalnog leta te kako pojedini lokalni segment, odnosno svaki pojedini let utječe na mrežu tokova prometa.

#### 3.4. Konceptualni model učinkovitosti horizontalnog leta

Učinkovitost horizontalnog leta (eng. HFE – Horizontal Flight Efficiency) je pojam koji definira usporedbu između putanje leta i najkraću moguću udaljenost između početne i završne točke. Za cijeli let potrebno je izračunati dodatnu prevaljenu udaljenost između polijetanja i slijetanja poštivajući najkraću moguću udaljenost koju zrakoplov mora preletjeti da bih stigao od polazišnog do odredišnog aerodroma. [15]

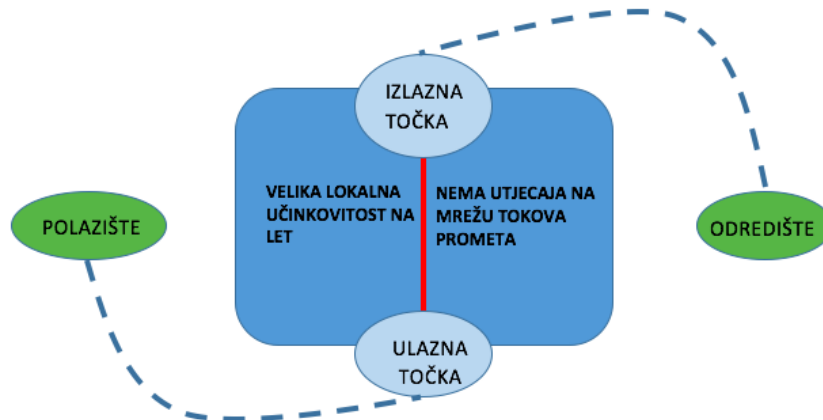
Potreba za detaljnijom analizom horizontalnog leta zrakoplova proizlazi iz činjenice da je tokom analize potrebno uzeti u obzir određene situacije koje mogu utjecati na let tokom putanje, a potom utjecati i na krajnji rezultat analize. Kao jedna od mogućnosti može biti da se jedan aerodrom, ako ne i oba ne pripadaju u područje gdje mjerimo učinkovitost horizontalnog leta.

Područje koje promatramo tokom mjerenja učinkovitosti je područje jedinstvenog europskog neba, odnosno zemlje koje pripadaju tom području. Zrakoplov tokom svog leta mora prije nekoliko FAB-ova, ali ponekad prolazi i zračnim prostorom zemlje koja ne pripada funkcionalnim zračnim blokovima.



### 3.4.1. Postignute udaljenosti i doprinos istih na mrežu tokova prometa

Kada bismo mjerili duljinu leta koju zrakoplov mora prevaliti u lokalnom području koje promatramo u usporedbi sa stvarnom putanjom leta u istom području takvo mjerenje ne bi moglo biti sagledano iz perspektive mreže tokova prometa pošto nema učinkovitosti unutar same mreže, nego samo na lokalnoj razini. [15]



Slika 4. Utjecaj na učinkovitost na lokalnom području

Izvor: [15]

Promatrajući sliku broj 4. može se zaključiti kako bi crveno označena linija koja spaja ulaznu točku N i izlaznu točku X bila znatno učinkovitija za let, ali isključivo na lokalnoj razini dok ne bi imala utjecaja na mrežu, odnosno na cijelu putanju leta. Pošto zrakoplov ne bi bio bliže odredištu niti išta dalje od polazišta.

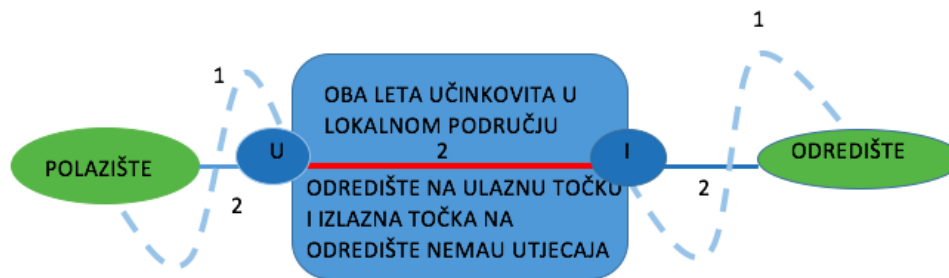
### 3.4.2. Raspodjela neučinkovitosti na lokalnu komponentu i na mrežnu komponentu

Vrijednost postignute udaljenosti između dviju točaka po konstrukciji je manja od direktne udaljenosti između tih dviju točaka. To omogućuje raspodjelu neučinkovitosti na lokalnu komponentu i na mrežnu komponentu. Točna vrijednost koja bi prikazivala utjecaj na mrežu ovisila bi o položaju ulazne i izlazne točke poštivajući polazište i odredište putanje leta.

Kada bi obje promatrane točke bile jednako udaljene od polazišta odnosno odredišta postignuta udaljenost bila imala nultu vrijednost, a vrijednost koja prikazuje utjecaj na mrežu bila bi jednaka direktnoj udaljenosti između ulazne i izlazne točke. Gledano sa stajališta mreže tokova prometa pošto nema napretka u cilju postizanja bolje učinkovitosti od putovanja od polazišta do odredišta, svaka udaljenost prijeđena između te dvije točke smatra se dodatno prijeđenom udaljenošću.

### 3.4.3. Neovisnost segmenta leta u lokalnom području od ostalih segmenata leta van lokalnog područja

Da bi se uzela u obzir vrijednost postignute udaljenosti pojedinog leta za izračun učinkovitosti horizontalnog leta moraju se najprije odrediti ulazne i izlazne točke tog pojedinog segmenta leta, odnosno lokalnog područja koje se promatra. Pritom se mora poštivati polazište i odredište putanje leta. Kao posljedica, vrijednost neučinkovitosti leta u lokalnom području će biti neovisna od ostatka putanje. [15]



Slika 5. Utjecaj dva leta na lokalnu i mrežnu učinkovitost

Izvor: [15]

Kao primjer se mogu uzeti dva leta koja su prikazana na slici broj 5. Oba leta prolaze kroz određeni prostor (FAB), odnosno već spomenuti lokalni prostor, odnosno putanju leta kroz taj određeni prostor promatra se kao zasebni segment leta. Kod oba leta taj dio putanje leta je jednak. Kod prvog leta putanja izvan FAB-a je neučinkovita, tj. nije direktna, ali zato to nije slučaj kod drugog prikazanog leta gdje je putanja leta direktna od polazišta do odredišta tokom cijelog leta.

Za postignutu udaljenost vrijednost koja se uzima za izračun učinkovitosti horizontalnog leta kroz FAB biti će jednaka za oba leta pošto je putanja leta kroz FAB identična za oba leta. Predlaže se za izračun lokalne učinkovitosti segmenta leta kroz taj prostor promatrati prosjeke tih vrijednosti, uzimajući u obzir sve letove koji su prošli kroz taj prostor. U navedenom primjeru na slici iako su oba segmenta oba leta jednaka tokom prolaska kroz lokalni prostor, njihov utjecaj na ukupnu učinkovitost horizontalnog leta će biti drugačija iz razloga što kod prvog navedenog leta će dio putanje izvan lokalnog prostor također biti uzet u obzir za izračun, a kako što je već navedeno taj dio putanje ima neučinkovit. [15]

### 3.5. Izračun indikatora za prikaz učinkovitosti horizontalnog leta

Za potrebe izračuna indikatora koji prikazuje učinkovitost horizontalnog leta (HFE) uzimaju se određene vrijednosti koje će biti prikazane u ovom podpoglavlju kao i njihov utjecaj na HFE.

#### 3.5.1. Prikupljanje rezultata za izračun indikatora učinkovitosti leta

Jednom kada su poznati polazište i odredište određenog leta, putem postignutih udaljenosti u svakom segmentu leta može se odrediti vrijednost indikatora učinkovitosti između bilo koje dvije točke leta na prijeđenoj putanji zrakoplova.

Važno je za napomenuti da se za izračun učinkovitosti leta uzimaju prosječne vrijednosti prijeđenih udaljenosti tokom leta u svakom segmentu između svake pojedine točke, a ne za cjelokupnu putanju leta. Ovo je posebice korisno za sljedeća tri posebna slučaja:

- Prilikom izračuna učinkovitosti leta za *en-route* fazu leta isključuje se dio leta koji se nalazi unutar zamišljenog radijusa od 40 nautičkih milja od aerodroma polazišta pa tako i aerodroma odredišta. Izračun ne počinje sve dok putanja leta nije presjekla zamišljeni radijus 40 nautičkih milja od aerodroma polazišta i izračun ne završava sve dok putanja leta ne presječe zamišljeni radijus od 40 nautičkih milja od aerodroma odredišta.
- Izračun lokalne neučinkovitosti. Indikator koji se bazira na postignutoj udaljenosti dobro je definiran iako direktna putanja određenog leta ne prolazi kroz lokalno područje gdje je taj segment leta neučinkovit. Također je dobro definiran i kod slučaja kada putanja leta izlazi te ponovno ulazi u lokalno područje promatranja pošto je promatranje u tom lokalnom području neovisno od ostataka putanje leta.
- Izračun neučinkovitosti kada je putanja leta prekinuta, odnosno putanja leta se razlikuje od inicijalno planirane. Izračun učinkovitosti leta je dobro definiran za svaki pojedini segment leta, pa nije potrebno uvijek dovršiti planiranu putanju, što može biti u slučaju da zrakoplov nije iz određenog razloga mogao sletjeti na aerodrome odredišta već je morao sletjeti na alternativni aerodrom naveden u planu leta. [15]

Prilikom promatranja pojedinog leta, svaki let se može podijeliti na više segmenata te određeni dijelovi neće biti uzeti u izračun učinkovitosti horizontalnog leta zbog nekih od gore vanedenih slučajeva.

Kod izračuna učinkovitosti horizontalnog leta uspoređuju se stvarna duljina putanje koju je zrakoplov preletio s najkraćom mogućom udaljenošću koju zrakoplov može preletjeti, odnosno s duljinom "velike kružnice". Indikator učinkovitosti je izražen

kao odnos duljine putanje zrakoplova, tj. najkraćom mogućom udaljenošću koju zrakoplov treba preletjeti s postignutom udaljenošću i to putem sljedeće formule:

$$HFE_j = \frac{\sum L_{fjp} - \sum H_{fjp}}{\sum H_{fjp}} \% = \left( \frac{\sum L_{fjp}}{\sum H_{fjp}} - 1 \right) \% [15]$$

Indikator učinkovitosti horizontalnog leta za referentno područje izabranog segmenta leta se uzima tako da se sumiraju svi razdvojeni segmenti leta te vrijednosti cjelokupnog stvarnog leta.

### 3.5.2. Razlika između planirane putanje i stvarne putanje

Ne postoji razlika u metodologiji izračuna vrijednosti indikatora učinkovitosti planirane i stvarne putanje. KEP<sup>11</sup> indikator je indikator učinkovitosti korizontalnog leta te se prilikom njegovog izračuna koriste finalne verzije podnešenih planova leta, odnosno planirane putanje leta, dok KEA<sup>12</sup> indikator koristi podatke generirane od strane sekundarnog radara, tj. to je stvarna putanje leta koja se uvelike razlikuje od planirane.

Kako bi se izuzeo utjecaj nepovoljnih i neplaniranih događaja tokom izračuna, prilikom podnošenja godišnjih izvještaja i vrijednosti, deset najboljih i deset najlošijih dana za svako referentno područje mjerenja se isključuje iz izračuna.

---

<sup>11</sup> KEP –Key performance Environment indicator based on last filed flight plan

<sup>12</sup> KEA – Key Performance Environment indicator based on actual trajectory

## 4. Upravljanje troškovima kašnjenja u upravljanju zračnim prometom

U četvrtom poglavlju biti će objašnjen način upravljanja troškovima kašnjenja u upravljanju zračnim prometom te na koji se način definira koncept kašnjenja. Objasnit će serazliku između taktičkih i strateških troškova kašnjenja te ukratko prikazati statistiku kašnjenja u europskom zračnom prostoru. U drugom dijelu ovog poglavlja prikazati će se model za izračun troškova kašnjenja.

### 4.1. Definiranje koncepta kašnjenja

Na početku ovog poglavlja potrebno je definirati sam pojam kašnjenja u zračnom prometu i koncept kašnjenja te kako on utječe na troškove prijevoza zrakoplovnim kompanijama. Iako kašnjenje stvara troškove i drugim tijelima, kao što su aerodromi, pružateljima zrakoplovnih usluga, te u krajnjoj liniji i samim putnicima, u ovom poglavlju troškovi kašnjenja biti će bazirani na zrakoplovnim prijevoznicima te kako kašnjenje utječe na njihovu učinkovitost letenja.

Kašnjenje je u svakom pogledu loše za zrakoplovnu kompaniju te ju pogađa u dva aspekta. Prvi puta prilikom planiranja samog rasporeda letenja, a to se naziva strateški trošak kašnjenja te drugi puta kada se zrakoplovne kompanije nose sa samim kašnjenjem na dan leta, odnosno na dan operacije te takve troškove nazivamo taktičkim troškovima kašnjenja.

Kada se pružatelji zrakoplovnih usluga nose s manjkom kapaciteta u svojem zračnom prostoru, odnosno kada moraju primjenjivati određene mjere kako bi optimizirali zračni promet te prihvatili što veći broj zrakoplova u svom zračnom prostoru bez obzira na manjak kapaciteta dovodi se novi pojam, a to je ATFM slot. ATFM slot možemo opisati kao vrijeme za dopušteni polazak koji zrakoplovnim kompanijama dodjeljuje upravitelj protokom zračnog prometa. Slot je zapravo period vremena u kojem zrakoplov mora polijetjeti. Slot se definira kao period vremena od 5 minuta prije CTOT-a pa sve do 10 minuta nakon CTOT-a. zrakoplov mora biti na stazi u svom CTOT-u. [16]

#### 4.1.1. Taktički i strateški troškovi kašnjenja – pitanje predvidljivosti

Troškovi kašnjenja zrakoplovnih prijevoznika rastu s manjkom predvidljivosti. Kašnjenje letova uzrokovano je mnogobrojnim uzrocima, kao što može biti kašnjenje putnika na ukrcavanje, neraspoloživa parkirna pozicija na aviomostu za zrakoplov, pa sve do razloga od strane ATM-a kao što može biti manjak kapaciteta te uvođenje mjere regulacije. Bez obzira o kojem se razlogu kašnjenja radi, 30 minutno kašnjenje leta će obično imati negativan utjecaj na troškove aviokompanije bilo da se radi o putniku koji je zakasnio na ukrcavanje ili je razlog kašnjenja utjecaj lošeg vremena. [16]

Postavlja se pitanje predvidljivosti prilikom odnosa taktičkih i strateških troškova kašnjenja, odnosno može li se unaprijed predvidjeti trošak kašnjenja određenog leta ako je poznata vrijednost tog kašnjenja. Strateške troškove kašnjenja aviokompanije već osjete i prije samog leta i to puno mjeseci prije nego se sami let izvrši, odnosno oni su uračunati u red letenja aviokompanije. Prilikom rada na rasporedu letenja određena aviokompanija

zna da će se određeno kašnjenje dogoditi međutim ne znaju kada i koliko će troškovi iznositi. Što više zrakoplovna kompanija pokuša utjecati na strateške troškove kašnjenja unaprijed prije dana izvršenja leta tim više će se moći nositi s kašnjenjem i taktičkim troškovima kašnjenja na dan samo leta.

## 4.2. Model za izračun troškova kašnjenja

Prilikom izračuna troškova kašnjenja, netočno je pretpostaviti da su svi troškovi jedinični troškovi. Minuta taktičkog troška obično generira marginalni trošak, odnosno dodatni trošak, kao primjer se može navesti da je zrakoplov čekao na stajanci minutu dulje od planiranog. Neki od proizvedenih troškova su povezani s jediničnim troškovima, za primjer se može uzeti horizontalni let na ruti te naplata rutne naknade koja se promatra kao jedinični trošak i ne ovisi o tome hoće li zrakoplov stići na nacionalnu granicu neke države u 7:00 ili 9:00 sati po lokalnom vremenu. [16]

Drugi troškovi su posve drugačiji te ovise o vremenu kada će se dogoditi, a to su marginalni odnosno dodatni troškovi koji su posve različiti od jediničnih troškova. Svaki trošak koji je povezan s taktičkim troškom, odnosno troškom nastalim na sam dan leta, tj. operacije te ovisi o vremenu kada se određeni događaj koji je uzrokovao kašnjenje dogodio te ovisi o trajanju tog događaja. Strateški troškovi teže biti slični ili čak i isti kao jedinični troškovi. [16]

### 4.2.1. Model “*gate-to-gate*” za izračun troškova kašnjenja

Model “*gate-to-gate*” za izračun troškova kašnjenja letova je razvijen od strane EUROCONTROL-a za svaku fazu leta, što znači od samog kašnjenja zrakoplova na *gate-u*, pa sve do slijetanja zrakoplova na aerodrome odredišta i dolaska zrakoplova na *gate* na aerodromu odredišta, koristeći time dvanaest različitih tipova zrakoplova od turbo-prop zrakoplova do širokotrupnih mlaznih zrakoplova. Kod ovog modela se prikazuju različiti rasponi troškova, od onih najnižih do onih najviših sukladno podjeli dvojog trajanja kašnjenja, kratko i dugo kašnjenje.

Kratko kašnjenje se prikazuje kao kašnjenje od 15 minuta što je minimalno kašnjenje te se proteže do kašnjenja od 65 minuta što se smatra dugim kašnjenjem. Kratko kašnjenje od 15 minuta je ovdje odabrano kako bi prikazalo niže troškove koje ono može proizvesti, a to su naprimjer situacije gdje će zrakoplovnoj kompaniji biti naplaćeni troškovi zbog duže zdržavanja na *gate-u* ili će putnik propustiti svoj transferni let, dok su troškovi i vrijednosti kod duže kašnjenja do 65 minuta znatno veći. [16]

### 4.2.2. “*HARD*” troškovi u odnosu na “*SOFT*” troškove te upravljanje “*HARD*” troškovima

U tablici 1. Prikazani su izračunati troškovi za različita trajanja kašnjenja, odnosno prethodno spomenuta kratka i duga kašnjenja za sve segmente leta i to za dvanaest tipova zrakoplova sukladno *gate-to-gate* metodi. Iz tablice se može zaključiti kako su troškovi koji su nastali kratkim kašnjenjem do 15 minuta znatno manji od troškova nastalih dužim kašnjenjima do 65 minuta. To se odnosi na svaki od prikazanih segmenata kašnjenja,

počevši od kašnjenja zrakoplova na *gate-u*, pa sve do kašnjenja zrakoplova prilikom rerutiranja tokom krstarenja te kašnjenja dok se zrakoplov nalazi u terminalnoj zoni aerodroma odredišta, odnosno zrakoplov je uvršten u *holding*. Troškovi kašnjenja bilo da se radi o kratkim bilo o dugim kašnjenjima nastali u *en-route* fazi leta su s razlogom veći od troškova nastalih dok je zrakoplov čekao na aerodromu s ugašenim motorima pošto prilikom krstarenja zrakoplov troši gorivo te proizvodi znatno više emisija ugljičnog dioksida. [16]

Tablica 1. Raspodjela troškova po segmentima leta i tipovima zrakoplova

Tip zrakoplova	Broj sjedala	Trošak "kratkog" kašnjenja: €/min			Trošak "dugog" kašnjenja: €/min		
		Na zemlji		U zraku	Na zemlji	U zraku	
		Na gate-u	krstarenje	TMA zona	Na gate-u	krstarenje	TMA zona
B737-300	125	0.9	13.7	15.2	74.4	87.2	88.6
B737-400	143	1.0	13.6	14.5	84.4	97.1	97.9
B737-500	100	0.9	12.5	14.0	62.7	74.3	75.8
B737-800	174	0.9	14.2	12.1	99.4	112.7	110.7
B757-200	218	1.0	18.4	15.6	122.5	139.9	137.1
B767-300	240	1.2	26.0	21.7	142.2	167.0	162.6
B747-400	406	2.3	52.3	39.8	238.8	289.1	276.6
A319	126	1.0	13.1	10.7	75.2	87.3	84.9
A320	155	0.9	13.2	11.7	90.1	102.4	100.9
A321	166	1.0	15.7	14.7	95.4	110.1	109.1
ATR42	46	0.6	2.8	2.6	31.3	33.6	33.3
ATR72	64	0.7	4.0	3.3	40.8	44.1	43.4

Izvor: [16]

## 5. Mjere provođenja regulacije prometa

U petom poglavlju biti će definiran proces upravljanja protokom i kapacitetom zračnog prometa te na koji se način upravlja s prometnom potražnjom i kapacitetom zrakoplova koji se u određenom trenutku mogu prihvatiti u određenom sektoru, odnosno volumenu zračnog prostora. Nadalje će biti objašnjenje i to svaka pojedinačna mjera regulacija prometa koje se mogu uvesti u cilju optimiziranja zračnog prometa te što ekspeditivnijeg prolaska zrakoplova kroz određeni zračni prostor.

### 5.1. Upravljanje protokom i kapacitetom zračnom prometom

Upravljanje protokom i kapacitetom zračnog prometa je usluga uspostavljena u sklopu veće jedinice za upravljanje zračnim prometom. Uspostavljena je s ciljem ostvarivanja zračnog prometa sigurnim, redovitim i ekspeditivnim, ali u isto vrijeme osiguravajući maksimalno iskorištavanje dostupnog i raspoloživog kapaciteta zračnog prostora.

#### 5.1.1. Odnos ponude i potražnje te pojava kašnjenja

Kapacitet označava ponudu, odnosno broj operacija koje može pružiti subject u definiranom vremenskom periodu u određenim uvjetima. U svrhu ATFCM-a<sup>13</sup>, kapacitet je operativno prihvatljiv obujam zračnog prometa (broj zrakoplova koji mogu ući u neki prostor u promatranom vremenskom period).

Odnos ponude, tj. kapaciteta i prometne potražnje može se prikazati u tri sljedeća odnosa. Pritom će kapacitet, odnosno ponuda biti označena slovom "c" (*eng. capacity*), a prometna potražnja slovom "d" (*eng. demand*):

- $d < c$  – u ovom slučaju prometna potražnja je manja od raspoloživog kapaciteta odnosno od ponude te u takvom slučaju nema zastoja i čekanja
- $d = c$  – kada su ponuda i prometna potražnja sasvim izjednačene dolazi do pojave idealnog homogenog toka
- $d > c$  – kada je prometna potražnja znatno veća od kapaciteta dolazi do pojave reda čekanja i kašnjenja te se takve situacije nastoje izbjeći određenim mehanizmima. U ponekim situacijama ih je teško izbjeći te je krajnja mjera uvođenje mjera regulacija prometa

Do kašnjenja dolazi kada je potražnja veća od ponude u određenom vremenskom periodu. Do pojave kašnjenja također dolazi zbog mogućnosti pojave višestrukih zahtjeva za prostorom ili USS-om<sup>14</sup> u vrlo kratkom vremenskom period.

---

<sup>13</sup> ATFCM – Air Traffic Flow and Capacity Management

<sup>14</sup> USS – uzletno – sletna staza



### 5.1.2. Područje primjene i procesi ATFCM-a

Network Management funkcija unutar EUROCONTROL-a pruža uslugu upravljanja protokom zračnog prometa korisnicima zračnog prostora unutar država članica ECAC-a.

Kasnije je ATFM evoluirao te postao ATFCM. Ta evolucija proširuje mogućnost ATFM-a tako da ima mogućnost optimizacije zračnog prometa i upravljanje kapacitetom zračnog prometa.

Optimizirano upravljanje kapacitetom podrazumijeva organizaciju ATM kapaciteta i kapaciteta prihvata zrakoplovu na aerodromu sukladno predviđenoj prometnoj potražnji.

Proaktivna optimizacija prometnih kapaciteta sastoji se od:

- maksimizaciju kapaciteta linijski usporedno s prometnom potražnjom
- identifikacija i korištenje adekvatnog raspoloživog kapaciteta

Optimizirano upravljanje protokom podrazumijeva razvoj mjera regulacije prometa, o kojima će biti riječi kasnije u petom poglavlju ovog rada, i procedura kako bi se bolje upravljalo uslugama kontrole zračnog prometa i očekivanim nadolazećim prometom.

Proces upravljanja protokom i kapacitetom zračnog prometa ima za cilj optimizirati kapacitet zračnog prostora kako bi se ispunili svi zahtjevi svih korisnika zračnog prostora. Tamo gdje optimizacija kapaciteta nije pogodna i ne rješava kapacitivni problem, potražnja se može regulirati koristeći različite ATFCM mjere. To uključuje kolaborativni odnos donošenja odluka između centralne jedinice za upravljanje protokom zračnog prometa, pozicije za upravljanje letovima te zrakoplovnih operatera.

Dva glavna cilja ATFCM-a:

- pružiti optimalan protok prometa uz najbolje raspolaganje raspoloživim kapacitetom (bazira se na principu prvog posluživanja, odnosno ravnopravnog pružanja usluga svim korisnicima) – bitno je ujednačiti kapacitet i prometnu potražnju
- cilj je zaštititi kontrolu zračnog prometa od prekomjernog usluživanja korisnika

Područja pružanja ATFCM usluga su države članice EUROCONTROL-a, pridružene države članice, zrakoplovni operateri, organizacije i udruženja kao što su IACA<sup>15</sup>, IATA<sup>16</sup>, EBAA<sup>17</sup>, IAOPA<sup>18</sup> itd. [12]

---

<sup>15</sup> IACA – International Air Carriers Association

<sup>16</sup> IATA – International Air Transport Association

<sup>17</sup> EBAA – European Business Aviation Association

<sup>18</sup> IAOPA – International Council of Aircraft Owner and Pilot Association

### 5.1.3.Faze djelovanja ATFCM-a

Postoje četiri faze djelovanja ATFCM-a:

- strateška faza ( $\geq$  D-7)
- predtaktička faza (D-6 – D-1)
- taktička faza (na dan)
- post operativna faza (D+1 i više)[12]

### 5.1.4.Strateška faza

Strateška faza se planira nekoliko mjeseci unaprijed do 7 dana prije uporabe. NM odnosno CFMU pomaže nacionalnim pružateljima usluge zračne plovidbe da predvide koji kapacitet će objaviti za sve centre kontrole zračnog prometa. Priprema se shema zračnih ruta, odnosno struktura rutne mreže duž Europe s ciljem balansiranja tokova prometa i maksimizacije kapaciteta. [12]

### 5.1.5.Predtaktička faza

Predtaktička faza se provodi od 6 dana prije primjene do dana prije dana primjene. NM odnosno CFMU ima za zadatak koordinirati i definirati dnevni plan rada te informirati prijevoznike i jedinice koje pružaju uslugu kontrole zračnog prometa o mjerama regulacije prometa koje će vrijediti za sljedeći dan, odnosno dan primjene. [12]

### 5.1.6.Taktička faza

Taktička faza se provodi na dan primjene. Provodi se konačna optimizacija kapaciteta za postojeću prometnu potražnju u Europi te upravljanje mogućim kašnjenjem u područjima gdje je potrebna regulacija prometa na taj način da se zrakoplovu ponude alternativna rješenja radi kraćeg kašnjenja (dodjela slotova, rerutiranje radi izbjegavanja preopterećenih područja te alternativnih planova leta radi maksimiziranja kapaciteta. [12]

### 5.1.7.Postoperativna faza

Postoperativna faza se provodi dan poslije odvijanja leta te služi za analizu planiranja procedura i koordinacije. Provedbom postoperativne faze se dobivaju povratne informacije za planiranje procesa za daljnje razmatranje.

## 5.2. Mjere regulacije zračnog prometa i podjela

Kada je planovi leta zrakoplova podneseni i zaprimljeni odnos ponude i potražnje se uspoređuje prateći sljedeće korake:

1. uskladiti ponudu s potražnjom u suradnji s FMP<sup>19</sup>-om tako da se eventualno podesi konfiguracija sektora bez uvođenja mjera regulacija
2. uskladiti ponudu s potražnjom u suradnji s FMP-om i/ili zrakoplovnim operaterom bez uvođenja mjera regulacija – *level capping*, rerutiranje tokova prometa ili pojedinih letova
3. uskladiti ponudu s potražnjom uvođenjem ATFCM mjera regulacija kada je to najpotrebnije

Kod slučaja uvođenja mjera regulacija prometa potrebno je pružiti korisnicima informaciju o uvođenju mjera regulacija, eventualni savjeti te upute vezane uz provođenje mjera regulacija. Takve poruke se nazivaju AIM<sup>20</sup> poruke. [12]

ATFCM rješenja kod pada kapaciteta u određenom sektoru su prikazana u tablici broj 2. U prvom stupcu se nalazi pojašnjenje optimizacije raspoloživog kapaciteta u određenom sektoru te se tada kako je već ranije spomenuto upravlja sa sektorima te konfiguracijama sektora, nastoji se iskoordinirati civilni od vojnog prometa, smanjiti kompleksnost prometa te izbalansirati kapacitet dolazaka i odlazaka. U slučaju kada već ima naznaka da će doći do pada kapaciteta tada se nastoji upotrijebiti preostali raspoloživi kapacitet na način da uvodi rerutiranje tokova prometa ili eventualno pojedinačnih letova. Kada je u krajnjem slučaju, odnosno u zadnjem prikazanom stupcu već došlo do prevelike potražnje u odnosu na samu ponudu odnosno kapacitet određenog sektora mora se regulirati ta potražnja na način da se uvode mjere regulacija prometa, a to su dodijela SLOT-ova zrakoplovima na zemlji te ograničavanje zrakoplova na određeni način kada se već nalaze u zraku. Na temelju EUROCONTROL-ovog ATFCM korisničkog priručnika SLOT je vrijeme polijetanja dobiveno na temelju CTOT<sup>21</sup>-a. Slot je zapravo period vremena u kojem zrakoplov mora polijetjeti. Slot se definira kao period vremena od 5 minuta prije CTOT-a pa sve do 10 minuta nakon CTOT-a. zrakoplov mora biti na stazi u svom CTOT-u. U slučaju da zrakoplov ne stigne polijetjeti unutar svog slota ili je vidljivo da iz određenih razloga neće stići polijetjeti dodijeljuje mu se novi slot. Slotovi se dodijeljuju zbog uvođenih mjera regulacija prometa. [12]

---

<sup>19</sup> FMP – Flight Management Position

<sup>20</sup> AIM - Air Traffic Flow and Capacity Management Information Message

<sup>21</sup> CTOT – Calculated Take-Off Time

Tablica 2. ATFCM rješenja za pad kapaciteta u sektoru zračnog prometa

Optimizacija raspoloživog kapaciteta	Upotreba preostalog raspoloživog kapaciteta	Regulacija potražnje
<ul style="list-style-type: none"> <li>• upravljanje sektorima (određivanje broja potrebnih sektora i konfiguracije sektora)</li> <li>• koordinacija civilnog i vojnog prometa</li> <li>• redukcija kompleksnosti prometa</li> <li>• balansiranje kapaciteta s dolascima i odlascima</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rerutiranje tokova prometa i/ili pojedinačnog leta</li> <li>• upravljanje razinama leta</li> <li>• ubrzavanje prometa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dodijela SLOT-ova</li> <li>• regulacija zrakoplova koji su već u zraku</li> </ul>

Izvor: [12]

### 5.2.2. Level capping

*Level capping* je ATFCM mjera regulacija prometa koja limitira najveću razinu leta zrakoplova koji je zrakoplov podnio u planu leta između svog polazišnog aerodroma i odredišnog aerodroma ili između dvije točke na ruti te se tom mjerom zrakoplovu onemogućuje ulazak u drugi sektor koji je primjerice preopterećen.

### 5.2.3. Re-routing

Re-routing je ATFCM mjera koja zahtjeva od zrakoplovnog prijevoznika da ponovno podnese novi plan leta s alternativnom rutom ili razinom leta u cilju rješavanja smanjenog kapaciteta u sektoru zračnog prostora. Cilj ove mjere je također smanjiti kašnjenja.

### 5.2.4. SLOT swapping

*SLOT swapping* nije mjera regulacije prometa već funkcionalnost da zrakoplovni prijevoznik ukoliko to želi se zamjeni za neki drugi SLOT odnosno da pružatelj zrakoplovnih usluga zrakoplovnom operateru ponudi drugi SLOT. Također postoji i mogućnost da se dva zrakoplovna prijevoznika međusobno zamjene za SLOT-ove.

### 5.2.5. *Cherry picking*

*Cherry picking* je metoda kojom se nastoji smanjiti kašnjenje u dolasku zrakoplova na određeni aerodrom te svakako poboljšava upravljanje tokovima prometa. Metoda se u principu sastoji od dva aspekta. Prvi aspekt je izbjeći uvođenje mjera regulacija prometa tako da se izabere određeni let za koji se smatra da će u određenom trenutku "probiti" kapacitet sektora te se tom zrakoplovu daje kašnjenje na zemlji kako bi kasnije ušao u sektor. Drugi aspekt je takav da umjesto da se zrakoplovu da kašnjenje na zemlji da se zrakoplovu uvjetuje da u određeno vrijeme stigne na aerodrome određena.

## 6. Korištenje programa NEST i analiza karakteristika tokova prometa i provedenih mjera regulacije prometa

U ovom poglavlju koristiti će se softverski alat NEST<sup>22</sup> za prikaz te analizu utjecaja mjera regulacija prometa na odabrane letove koji su bili podložni provedbi mjere regulacije te kako je ta regulacija utjecala na učinkovitost toka određenog leta odnosno letova. Također će se uz pomoć tog istog alata analizirati tokovi prometa za vrijeme provedbe mjere regulacije prometa te utjecaj mjera regulacija na učinkovitost letenja odabranih letova.

### 6.1. NEST alat za analizu tokova prometa i samog prometa

U navedenoj analizi tokova prometa korišten je NEST alat verzija 1.5. te korisnički priručnik za NEST alat. NEST alat se inače koristi za analizu, modeliranje, simulacije zračnog prometa te krajnju vizualizaciju analiziranog. Neki od primjera izvedenih studija u NEST-u su:

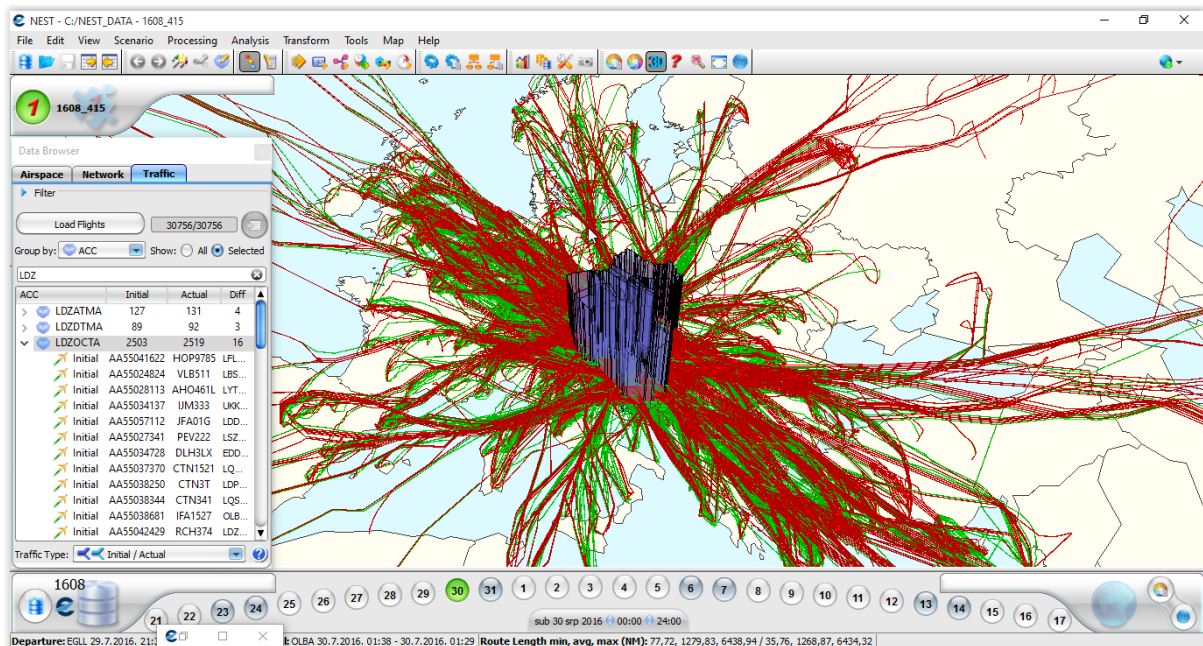
- koncept slobodnih ruta
- fleksibilna upotreba zračnog prostora
- razvoj terminalnih zona zračnog prostora
- strateško planiranje mrežnih operacija
- studije vezane uz funkcionalne blokove zračnog prostora[17]

Kompletno grafičko sučelje NEST-a, odnosno sve što NEST prikazuje čita se iz TDV datoteke koja sadrži grafičke naredbe za NEST. Na slici 7. je prikazano grafičko sučelje s jednom od mogućih konfiguracija u hrvatskom kontroliranom zračnom prostoru.

---

<sup>22</sup> NEST – Network strategic tool

Na slici broj 6. je prikazano kompletno korisničko sučelje u NEST-u s 3D mapom, pretraživačem podataka, prikaznik odabranog AIRAC datuma, statusnom trakom, odabirom AIRAC dana i/ili sata, statusna traka te traka zadatka.



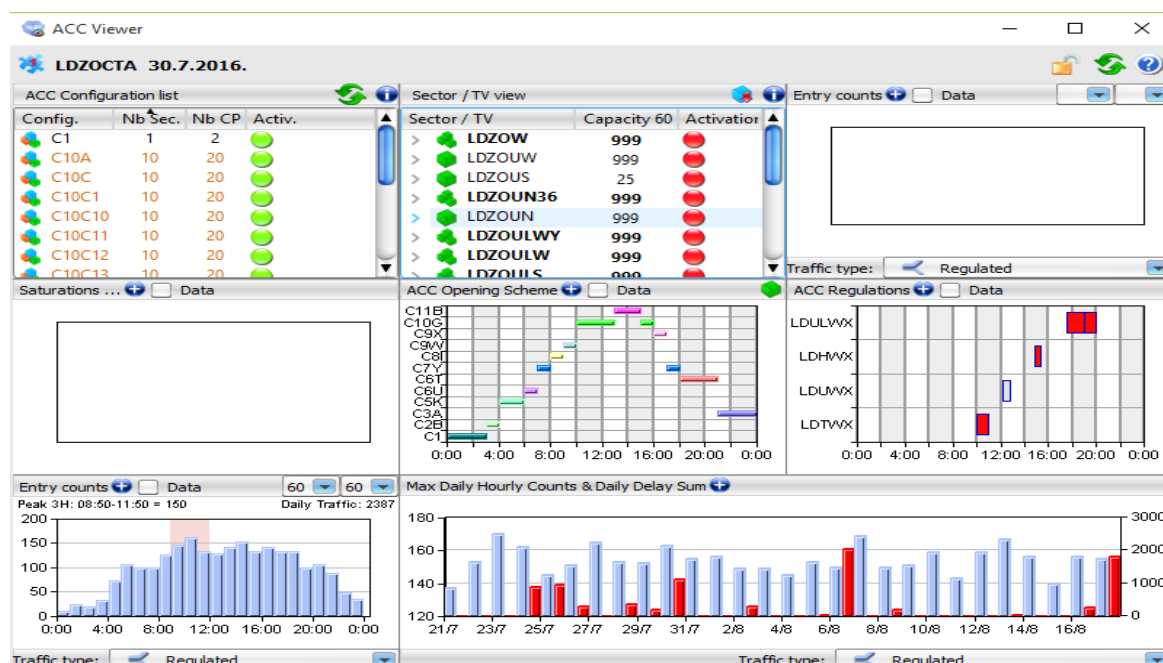
Slika 6. Kompletno korisničko sučelje u NEST-u

Izvor: [17]

U pretraživaču podataka mogu se pretraživati zračni prostori tako da se odabere željeni filter. Pa se stoga mogu odabrati različiti filteri poput centra kontroliranog područja, sektori, udruženi sektori, konfiguracije sektora te zračni blokovi.

Nakon što se odabere željeno područje za analizu putem izbornika pregledaj nudi se mogućnost otvaranja preglednika za odabrani kontrolirani zračni prostor kao što je prikazano na slici broj 7. U ovom slučaju odabrano je kontrolirano područje zračnog prostora Hrvatske za datum 30. srpnja 2016. godine koji će se koristiti tokom cijele analize.

U navedenom pregledniku pojavljuje se niz podataka bitnih za odabrani kontrolirani zračni prostor, popis aktivnih konfiguracija, shema otvaranja određenih konfiguracija, shema ATFM regulacija koje su bile taj dan uvođenje te svakako sumirano kašnjenje za taj dan po satima.



Slika 7. Preglednik odabranog kontroliranog zračnog prostora

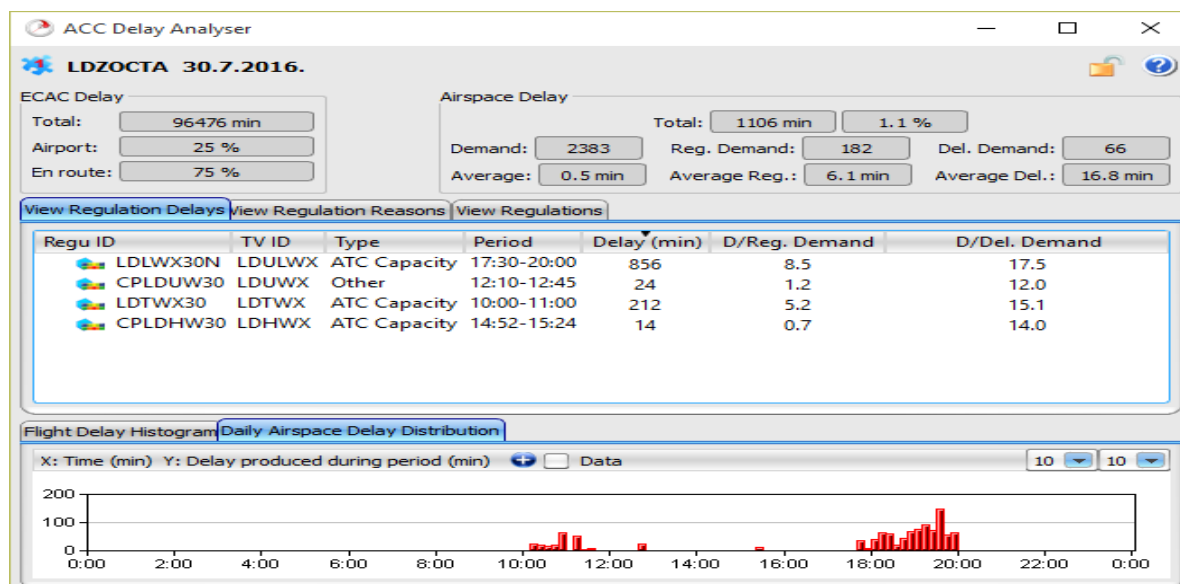
Izvor: [17]

Nastavno na spomenute regulacije postoji niz razloga za uvođenje regulacija, neki od razloga mogu biti:

- smanjen kapacitet sektora
- kapacitet aerodrome
- vrijeme
- oprema
- industrijske akcije
- vojna aktivnost
- raspoloživost ATCO-a
- specijalni slučajevi



Ono što je posebno bitno za spomenuti je analiza kašnjenja uzrokovana raznim utjecajima, između ostalog i mjerama regulacija. Analiza kašnjenja prikazana je na slici broj 8. Na toj slici prikazan je popis regulacija uvođenih za odabrani AIRAC datum te podatci kao što je kašnjenje uzrokovano prikazanom regulacijom.



Slika 8. Preglednik analize kašnjenja

Izvor: [17]

## 6.2. Analiza kašnjenja za određeni AIRAC datum u hrvatskom zračnom prostoru

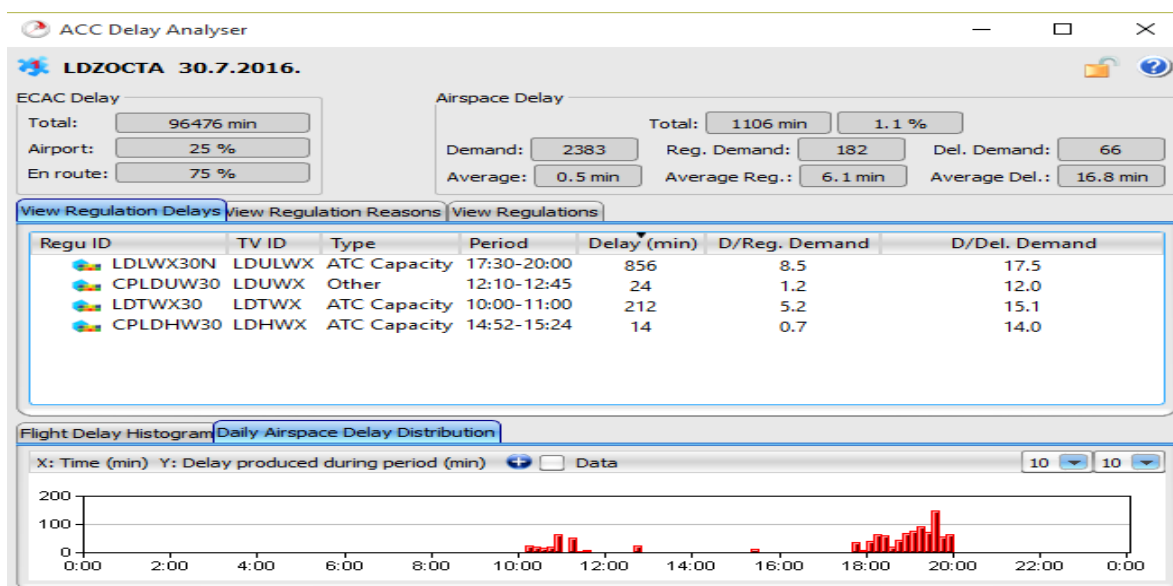
Kao što je već navedeno odabran je datum 30. srpnja 2016. iz AIRAC ciklusa oznake 1607 koji je započeo 16. srpnja 2016. godine za analizu kašnjenja i provedenih mjera regulacija te kako su one utjecale na regulirane letove. Taj datum je odabran iz razloga jer su taj dan prouzrokovana najveća kašnjenja te je najviše mjera regulacije prometa bilo uvedeno koje su najduže trajale.

### 6.2.1. Analiza kašnjenja za odabrani sektor u hrvatskom zračnom prostoru za odabrani AIRAC datum

Na slici broj 9. prikazan je preglednik kašnjenja za odabrani hrvatski zračni prostor. U gornjem lijevom kutu slike prikazano je ukupno kašnjenje za zemlje ECAC-a u koje također pripada u Republika Hrvatska. U gornjem desnom kutu prikazano je kašnjenje u odabranom zračnom prostoru te ono ukupno iznosi 1106 minuta za navedene četiri regulacije koje su toga dana bile uvođene. Nadalje su navedene same mjere regulacije, njihovo trajanje, razlog te prouzrokovano kašnjenje. Razlozi uvođenja regulacija su u konkretnom slučaju nedostatak kapaciteta sektora i jedna regulacija kod koje je kao razlog navedeno ostalo.

Najznačajnija regulacija koja je i najdulje trajala je LDLWX30N, a trajala je od 17:30 sati do 20:00 sati računajući po UTC vremenu. To bi značilo da je regulacija bila uvedena u optjecaj od 19:30 sati do 22:00 sat po lokalnom vremenu pošto se u navedenom peridou radi o ljetnom računanju vremena. Regulacija je zahvatila sve zrakoplove koji su ili bi trebali proći kroz zahvaćeni sektor, a radi se o sektoru *lower-upper west* koji se proteže od 0 ft-a nadmorske visine do 35 500 ft-a, odnosno razine leta 355.

Navedena regulacija je prouzrokovala ukupno kašnjenje svih reguliranih zrakoplova od 856 minuta što je 77% sveukupnog kašnjenja za regulacije uvođene toga dana. Još jedna od korisnih informacija koju možemo saznati u prikazniku kašnjenja je distribucija svih uvedenih regulacija tokom cijelog dana.



Slika 9. Preglednik uvedenih mjera regulacija i analiza istih

Izvor: [17]

Zasigurno najvažnija informacija koju možemo saznati iz liste regulacija je kapacitet određenog sektora, odnosno broj zrakoplova koje taj sektor može zaprimiti u vršnom satu, a to je prikazano na slici broj 10.

The screenshot shows the ACC Regulation List for LDZocta on 30.7.2016. It displays a table with 4 regulations, including details on Regu ID, TV ID, Ref. Loc., Period Start, Period End, Capacity, Reason, and Delay.

Regu ID	TV ID	Ref. Loc.	Period Start	Period End	Capacity	Reason	Delay
LDLWX30N	LDULWX	LDZOULW	30.7.2016. 17:30	30.7.2016. 20:00	(43-47)	ATC Capacity	856
LDTWX30	LDTWX	LDZOTW	30.7.2016. 10:00	30.7.2016. 11:00	37	ATC Capacity	212
CPLDUW30	LDUWX	LDZOUW	30.7.2016. 12:10	30.7.2016. 12:45	60	Other	24
CPLDHW30	LDHWX	LDZOHW	30.7.2016. 14:52	30.7.2016. 15:24	60	ATC Capacity	14

Slika 10. Lista regulacija prikazana u NEST-u

Izvor: [17]

## 6.2.2. Analiza zračnog prometa za odabrani AIRAC datum u hrvatskom zračnom prostoru

U ovom podpoglavlju analizirati će se raspodjela zračnog prometa za 30. srpnja 2016. godine u hrvatskom zračnom prostoru. Točnije prikazati će se koliko je zrakoplova prošlo kroz hrvatski zračni prostor te koliki je broj zrakoplova morao biti reguliran zbog uvedenih mjera regulacije prometa.

U tablici broj 3. prikazana je podjela zračnog prometa koji je prošao kroz hrvatski zračni prostor. Inicijalne vrijednosti navedene u tablici su one vrijednosti dobivene iz zadnje

podnesenih planova leta, a stvarne vrijednosti se temelje na podacima dobivenima od radara koji prikazuju stvarno stanje stvari.

Tablica 3. Podjela zračnog prometa koji je prošao kroz zračni prostor RH

Kontrolirano područje	Zrakoplovi koji su prošli kroz hrvatski zračni prostor		Zrakoplovi koji su regulirani zbog uvedenih mjera regulacija	
	inicijalno	stvarno	inicijalno	stvarno
LDZOCTA	2503	2519	184	195

Izvor: [17]

### 6.3. Analiza uvedenih mjera regulacija te prikaz kašnjenja za odabrane regulirane letove

Tablica broj 4. prikazuje distribuciju uvedenih regulacija te broj reguliranih letova koji su potpali pod utjecaj mjera regulacija prometa te pripadajuće kašnjenje za svaku regulaciju. U tablici je za svaku regulaciju navedeno prouzrokovano kašnjenje. Prva regulacija je zahvatila najveći broj letova te time prouzrokovala i najveće kašnjenje. Na temelju tog podatka lako se da zaključiti kako što više letova dobije kašnjenje sumarno će kašnjenje biti veće pošto se akumulira s vremenom.

Tablica 4. Distribucija regulacija tokom dana regulacije te statistika reguliranog prometa

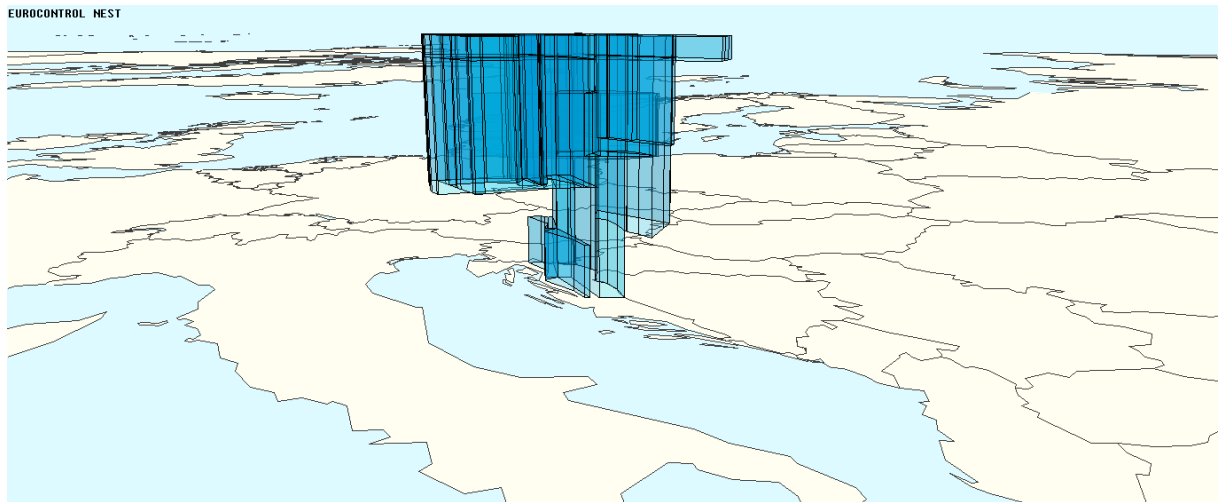
Naziv regulacije	Broj reguliranih letova		Trajanje i kašnjenje	
	inicijalno	stvarno	Trajanje regulacije (sati)	Kašnjenje uzrokovano regulacijom (min)
LDLWX30N	103	119	17:30-20:00 (UTC)	856
CPLDUW30	20	26	12:10-12:45 (UTC)	24
LDTWX30	41	30	10:00-11:00 (UTC)	212
CPLDHW30	20	20	14:52-15:24 (UTC)	14
<b>Ukupno:</b>	<b>184</b>	<b>195</b>	<b>4 sata i 37 minuta</b>	<b>1106</b>

Izvor: [17]

Prva regulacija koje su prouzrokovala najveće kašnjenje te koja će biti promatrana u analizi je LDLWX30N koja je bila uvedena u *lower-upper west* sektoru. Druga regulacija LDTWX30 koja je prouzrokovala ukupno kašnjenje od 212 minuta i trajala 60 minuta bila je uvedena u *top west* sektoru.

#### 6.3.1. Prikaz sektora zahvaćenih regulacijama

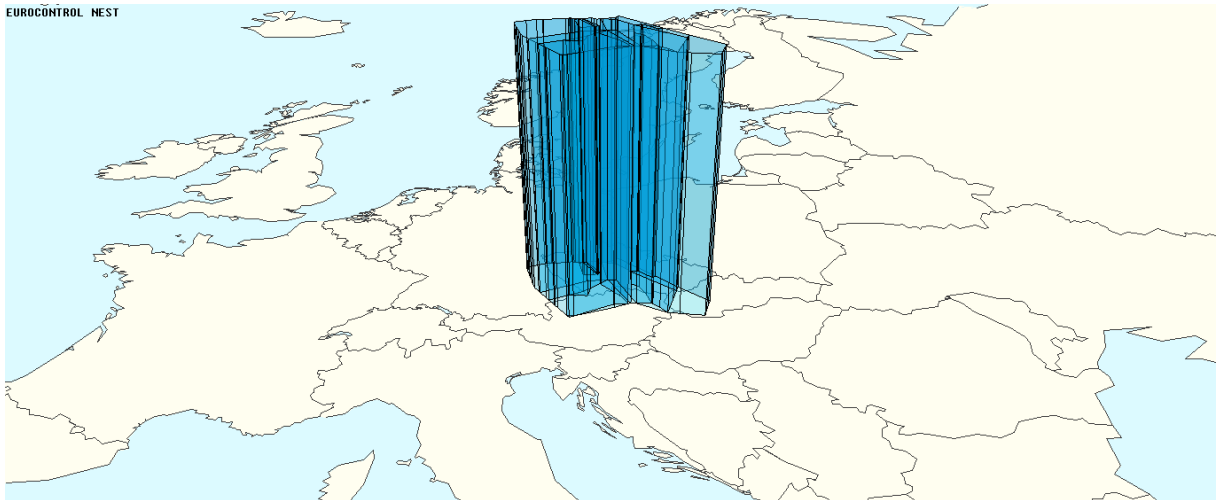
Slika broj 11. prikazuje lower-upper west sektor prikazan u bokocrtu u kojem je bila uvedena prva navedena regulacija. Lower-upper west sektor se proteže od 0 ft-a do 35 500 ft-a, odnosno do razine leta 355.



Slika 11. Prikaz *lower-upper west* sektora iz bokocrta

Izvor: [17]

Slika broj 12. prikazuje drugi sektor u kojem je bila uvođena druga spomenuta regulacija, a radi se od top west sektoru koji geografski pokriva zapadni dio Hrvatske te se proteže od razine leta 375 do 660, odnosno od 37 500 ft-a do 66 000 ft-a jer je to gornja granica sektora.



Slika 12. Prikaz *top west* sektora iz bokocrta

Izvor: [17]

### 6.3.2. Odabir najznačajnijih reguliranih letova za analizu te prikaz kašnjenja

Prilikom odabira najznačajnijih letova za analizu utjecaja mjera regulacija prometa na njihovu učinkovitost uzeto je u obzir najveće dobiveno kašnjenje na letu te da se let nalazi u listi regulacija letova, odnosno da je let bio reguliran. Za svaku od već prijašnje spomenutih regulacija koje su prouzrokovale najveće kašnjenje, odabrana su po tri leta s najvećim dobivenim kašnjenjem te su njihovi podaci prikazani u tablicama 5. i 6.

Za prvo spomenutu regulaciju LDLWX30N koja je trajala sveukupno 150 minuta te prouzrokovala kašnjenje od 856 minuta za sve regulirane zrakoplove odabrana su tri leta koja su imala najveće kašnjenje. Ti letovi su prikazani u tablici broj 5. U tablici su prikazani svi podaci o svakom letu gdje se između ostalog nalaze i podaci koji su nam bitni za izračun rezultata o potrošnji goriva i krajnje za izračun emisija ugljičnog dioksida u atmosferu temeljen na potrošnji goriva. Svi podaci o vremenima su izraženi u UTC vremenu. Za izračun će biti bitni podaci o planiranom vremenu slijetanja odnosno o stvarnom vremenu slijetanja gdje se razlikom dobije vrijeme koje je zrakoplov proveo u zraku duže od planiranog, to vrijeme se poklapa s vremenom kašnjenja u minutama te se u krajnjoj liniji na temelju podatka o kašnjenju dobije podatak o više potrošenom gorivu svakog zrakoplova.

Tablica 5. Odabrani regulirani letovi s prikazom podataka za regulaciju LDLWX30N

Oznaka leta u NEST-u	Pozivni znak zrakoplova	Aerodrom polijetanja	Aerodrom slijetanja		ATOT (UTC)	Planirano vrijeme slijetanja (UTC)	Stvarno vrijeme slijetanja (UTC)
			Inicijalni	stvarni			
AA55047649	GW18HP	EDDL	LDZD	LDZD	17:08	17:52	18:33
AA55049420	TVF3723	LDZD	LFPO	LFPO	19:27	20:23	21:06
AA55065049	AFL2049	LDSP	UUEE	UUEE	19:07	21:15	21:48

Izvor: [17]

Tablica 6. Odabrani regulirani letovi s prikazom podataka za regulaciju LDLWX30N

Oznaka leta u NEST-u	Pozivni znak zrakoplova	RFL	Tip zrakoplova	Planirana duljina rute (NM)	Stvarna duljina rute (NM)	Dobiveno kašnjenje (min)
AA55047649	GW18HP	350	A320	581.50	601.17	42
AA55049420	TVF3723	360	B738	631.59	632.59	41
AA55065049	AFL2049	340	A320	1147.29	1150.71	38

Izvor: [17]

Za drugu regulaciju LDTWX30 koja je trajala 60 minuta također su odabrana 3 leta po istom kriteriju kao i za prethodnu regulaciju te također isto vrijedi za ove letove kao što je prethodno objašnjeno. Podatci o letovima za drugu regulaciju su prikazani u tablicama broj 7. i 8.

Tablica 7. Odabrani regulirani letovi s prikazom podataka za regulaciju LDTWX30

Oznaka leta u NEST-u	Pozivni znak zrakoplova	Aerodrom polijetanja	Aerodrom slijetanja		ATOT <sup>23</sup> (UTC <sup>24</sup> )	Planirano vrijeme slijetanja (UTC)	Stvarno vrijeme slijetanja (UTC)
			inicijalni	stvarni			
AA55051658	NJE607D	EGKB	LGMK	LGMK	9:31	11:52	12:43
AA55039674	ISS71KV	LIMC	LGRP	LGRP	9:58	11:45	12:18
AA55058072	PGT34K	LTFJ	LFML	LFML	9:44	12:24	12:47

Izvor: [17]

Tablica 8. Odabrani regulirani letovi s prikazom podataka za regulaciju LDTWX30

Oznaka leta u NEST-u	Pozivni znak zrakoplova	RFL	Tip zrakoplova	Planirana duljina rute (NM <sup>25</sup> )	Stvarna duljina rute (NM)	Kašnjenje (min)
AA55051658	NJE607D	410	H25B	1390.75	1396.59	49
AA55039674	ISS71KV	390	B738	1070.41	1072.65	26
AA55058072	PGT34K	390	B738	1170.13	1177.88	20

Izvor: [17]

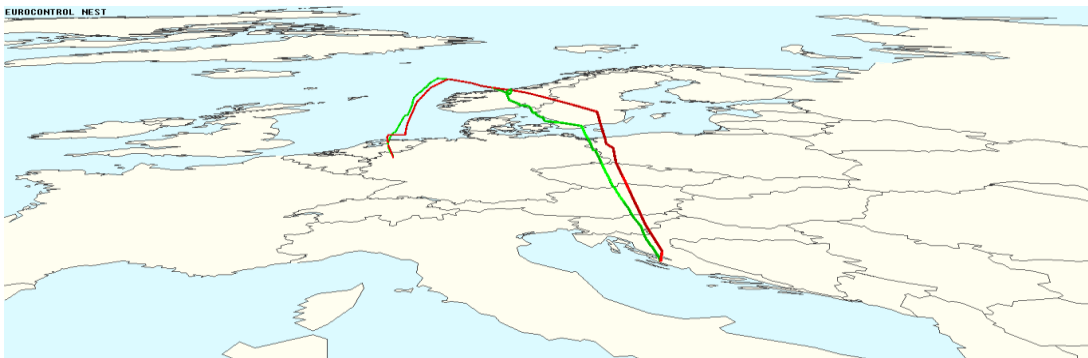
<sup>23</sup> ATOT – Actual Take Off Time – stvarno vrijeme polijetanja

<sup>24</sup> UTC – Universal Time Coordinated – univerzalno koordinirano vrijeme

<sup>25</sup> NM – Nautical Mile – nautička milja

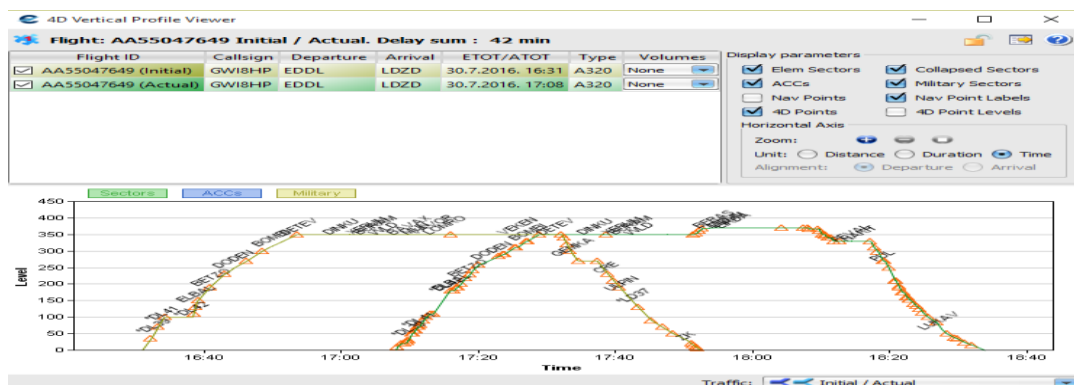


Svi prikazani letovi imaju veliko kašnjenje te će svi letovi biti prikazani u rezultatima analize. Kao primjer, može se navesti let s kašnjenjem od 42 minute u slijetanju, a to je let sadašnje kompanije *Eurowings*, tadašnje *Germanwings* od *Düsseldorf-a* do Zadra. Zrakoplov je poletio u 9:31 po UTC vremenu te je sletio 42 minute kasnije od planiranog, što znači da je 42 minute duže letio te time potrošio više goriva sukladno potrošnji za taj tip zrakoplova. U ovom slučaju se radi o *Airbus-u* 320 s motorima CFM56-5A1 koji koriste JETA1 zrakoplovno gorivo. Rezultat potrošnje goriva i emisije ugljičnog dioksida je prikazana u sljedećem poglavlju. Vertikalni profil leta GWI8HP te prikaz inicijalne (označeno na slici crveno) i stvarne putanje leta u grafičkom sučelju NEST-a je prikazan na slikama broj 13. i 14.



Slika 13. Prikaz stvarne putanje i planirane putanje odabranog leta u NEST-u

Izvor: [17]



Slika 14. Prikaz vertikalnog profila odabranog leta GWI8HP

Izvor: [17]

## 6.4. Korišteni podatci za analizu

Za analizu potrošnje goriva koristiti će se podatci o zrakoplovima, neki od bitnih podataka su potrošnja goriva po satu, vrsta pogona, odnosno model mlaznog motora, vrsta pogonskog goriva koju zrakoplovni motori koriste te za finalni izračun biti će potreban podatak o kilogramu ugljičnog dioksida u kilogramu mlaznog goriva. Podatci o zrakoplovima bitni za izračun prikazani su u tablici broj.

Tablica 9. Podatci o zrakoplovima odabranih reguliranih letova

Naziv Zrakoplova	ICAO kod	Model motora	Tip mlaznog goriva	Potrošnja goriva po satu (kg/h)	Kilograma $CO_2$ u kilogramu goriva po satu
Airbus 320	A320	CFM56-5A3	JET A1	2 293	7 482.059
Boeing 737 – 800	B738	CFMI CFM56-7B	JET A1	2 592	8 457.696
Raytheon Hawker 800	H25B	Garrett TFE 731-5BR-1H	JET A1	794	2 590.822

Izvor: [17]

Pošto sva tri navedena zrakoplova koriste JET A1 mlazno gorivo koristiti ćemo podatak da se iz kilograma izgorenog JET A1 mlaznog goriva u atmosferu emitira 3.263 kilograma  $CO_2$  po kilogramu izgorenog JET A1 goriva te je to prikazano oznakom  $g_{CO_2}$ . [18]

$$g_{CO_2} = 3.263 [kgCO_2 / kg goriva][18]$$

Za izračun količine izgorenog  $CO_2$  u kilogramima po kilogramu izgorenog goriva po satu, odnosno za jednosatni let koristiti će se formula potpunog izgaranja, a ta formula je prikazana na sljedeći način:

$$G_{CO_2} = m_f * g_{CO_2} [kg CO_2/h][18]$$

U formulu je potrebno uvrstiti masu goriva  $m_f$  te količinu emitiranog  $CO_2$  po kilogramu izgorenog goriva te se množenjem ta dva podatka dobiva količina emitiranog ugljičnog dioksida po satu leta  $G_{CO_2}$ .

## 7.Rezultati provedene analize

U ovom poglavlju prikazati će se rezultati provedene analize, odnosno finalni izračun veće potrošnje goriva te štetno emitiranje ugljičnog dioksida po satu leta kao posljedica kašnjenja, točnije kao posljedica uvedene mjere regulacije prometa.

### 7.1. Rezultat veće potrošnje goriva nastale duljim trajanjem leta zbog uvedene regulacije i ukupnog kašnjenja zrakoplova

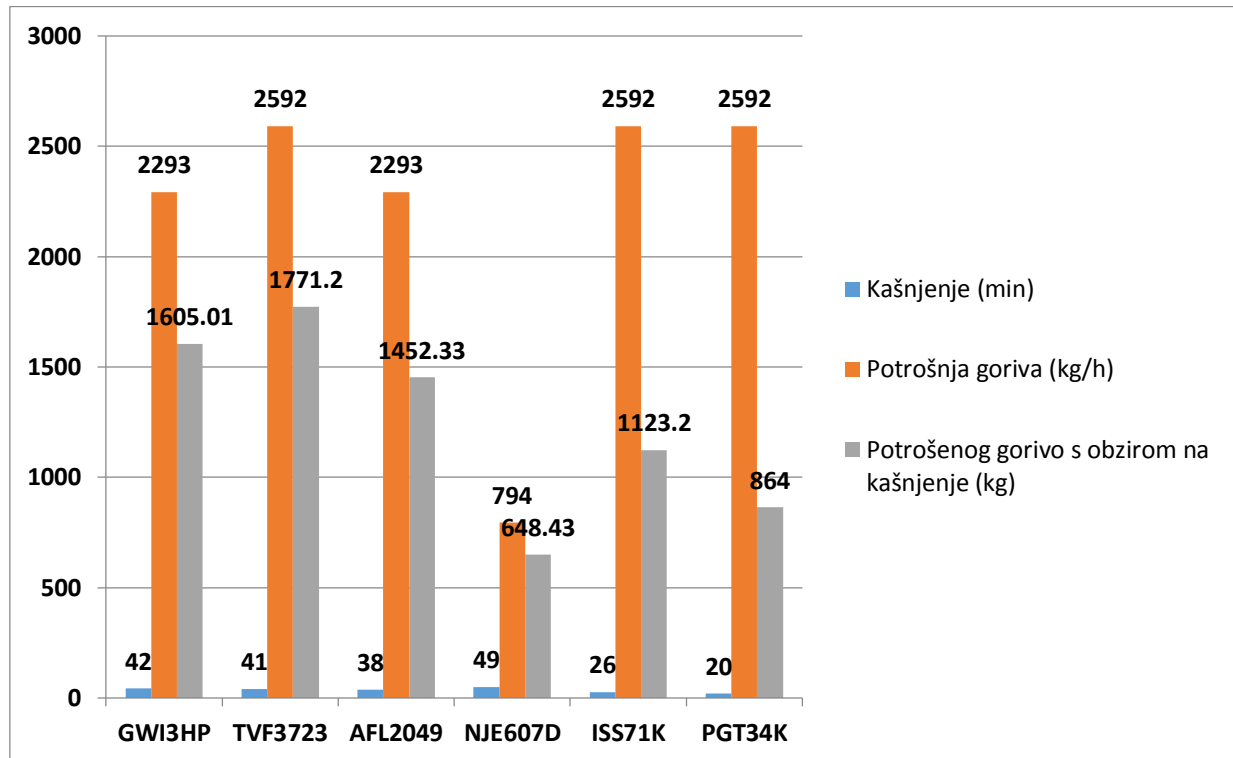
Kao što je spomenuto u predhodnom potpoglavlju koristit će se podatci o potrošnji goriva po satu za izračun više potrošenog goriva s obzirom na vrijeme koje je zrakoplov proveo u zraku dulje od planiranog. Rezultati za svih šest reguliranih letova iz predhodnog poglavlja se nalaze u tablici broj te u pripadajućem dijagramu broj 1.

Tablica 10. Rezultati potrošnje goriva sukladno kašnjenju reguliranih letova

Naziv leta	Tip zrakoplova	Potrošnja kilograma goriva po satu (kg/h)	Vrijeme na ruti dulje od planiranog (min)	Potrošeno gorivo s obzirom na kašnjenje (delay)
GW13HP	A320	2 293	42	1 605.1 kg
TVF3723	B738	2 592	41	1 771.2 kg
AFL2049	A320	2 293	38	1 452.33 kg
NJE607D	H25B	794	49	648.43 kg
ISS71KV	B738	2 592	26	1 123.2 kg
PGT34K	B738	2 592	20	864 kg
<b>UKUPNO POTROŠENO GORIVA ZA ODABRANE REGULIRANE LETOVE:</b>				<b>7 464.26 kg</b>

Izvor: [17]

U grafikonu broj 1. prikazano je kašnjenje za svaki regulirani let, potrošnja goriva po satu s obzirom na tip zrakoplova te potrošeno gorivo s obzirom na kašnjenje.



Grafikon 1. Grafički prikaz više potrošenog goriva zrakoplova ovisno o kašnjenju

## 7.2. Rezultat veće emisije CO<sub>2</sub> prouzrokovane zbog nastalog kašnjenja

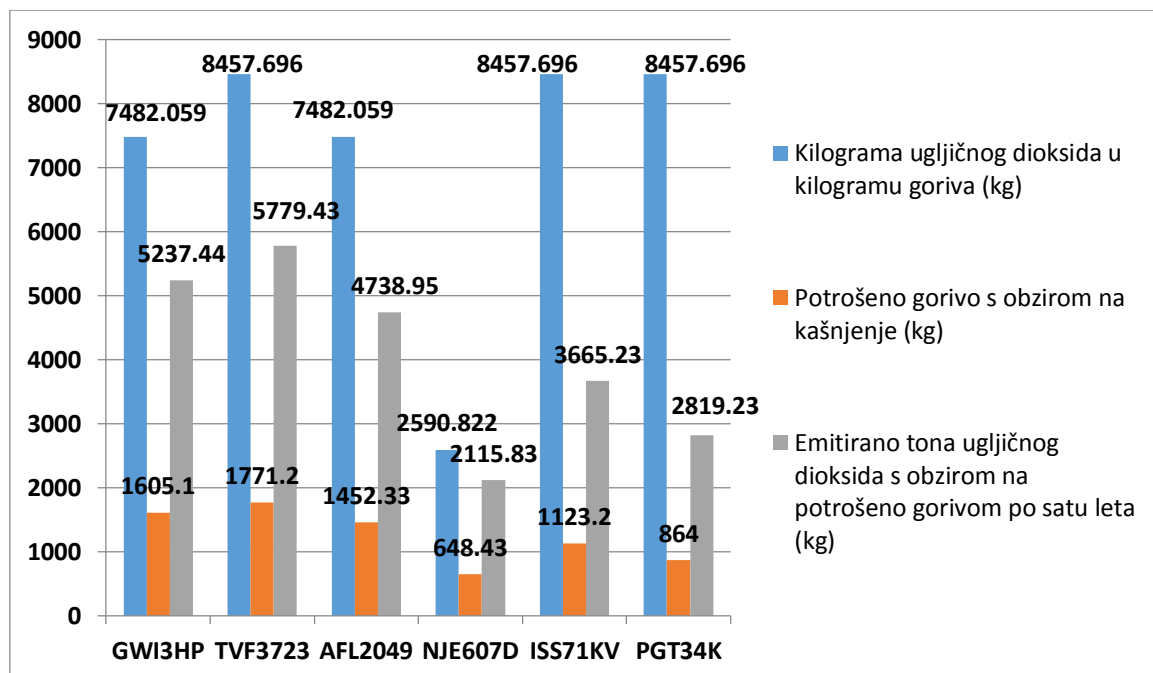
U ovom podpoglavlju prikazati će se rezultati emisije ugljičnog dioksida ovisno o rezultatima više potrošenog goriva. Rezultati za svih šest reguliranih letova iz predhodnog poglavlja se nalaze u tablici broj te u pripadajućem dijagramu broj 2.

Tablica 11. Prikaz štetnih emisija ugljičnog dioksida s obzirom na potrošeno gorivo i kašnjenje

Naziv leta	Tip zrakoplova	Potrošnja kilograma goriva po satu (kg/h)	Kilograma CO <sub>2</sub> u kilogramu goriva	Potrošeno gorivo s obzirom na kašnjenje (delay)	Emitirano kilograma CO <sub>2</sub> s obzirom na potrošeno gorivo i kašnjenje (kg)
GW13HP	A320	2 293	7 482.059	1 605.1 kg	5 237,44
TVF3723	B738	2 592	8 457.696	1 771.2 kg	5 779,43
AFL2049	A320	2 293	7 482.059	1 452.33 kg	4 738,95
NJE607D	H25B	794	2 590.822	648.43 kg	2 115,83
ISS71KV	B738	2 592	8 457.696	1 123.2 kg	3 665,00
PGT34K	B738	2 592	8 457.696	864 kg	2 819,23
<b>UKUPNO EMITIRANO KILOGRAMA CO<sub>2</sub> S OBZIROM NA IZBOGRENO GORIVO:</b>					<b>24 355,88 kg</b>

Izvor: [17]

U grafikonu broj 2. grafički je prikazano potrošeno gorivo s obzirom na kašnjenje te sukladno tome i količina emitiranog ugljičnog dioksida s obzirom na potrošeno gorivo u jednosatnom letu.



Grafikon 2. Grafički prikaz štetnih emisija ugljičnog dioksida ovisno o kašnjenju i potrošenom gorivu

### 7.3. Prikaz odnosa planirane duljine rute i stvarne prijeđene udaljenosti na ruti

U ovom potpoglavlju prikazati će se odnos planirane duljine rute leta i stvarne prijeđene udaljenosti zrakoplova na ruti, odnosno razlika planirane udaljenosti i stvarno prijeđene udaljenosti. Rezultati, tj. razlika u stvarno prijeđenoj udaljenosti od inicijalno planirane je izrazito mala. Međutim, potrebno je uzeti u obzir da se radi o jednom letu jedne kompanije tokom cijelog dana, kada bi se razlike sumirale dobio bi se znatno veći broj. Iz ovoga se može zaključiti kako se udaljenosti koje zrakoplovi više prevale od planiranog kao posljedica kašnjenja akumuliraju tokom dana na letovima koje jedna zrakoplovna kompanija ostvari.

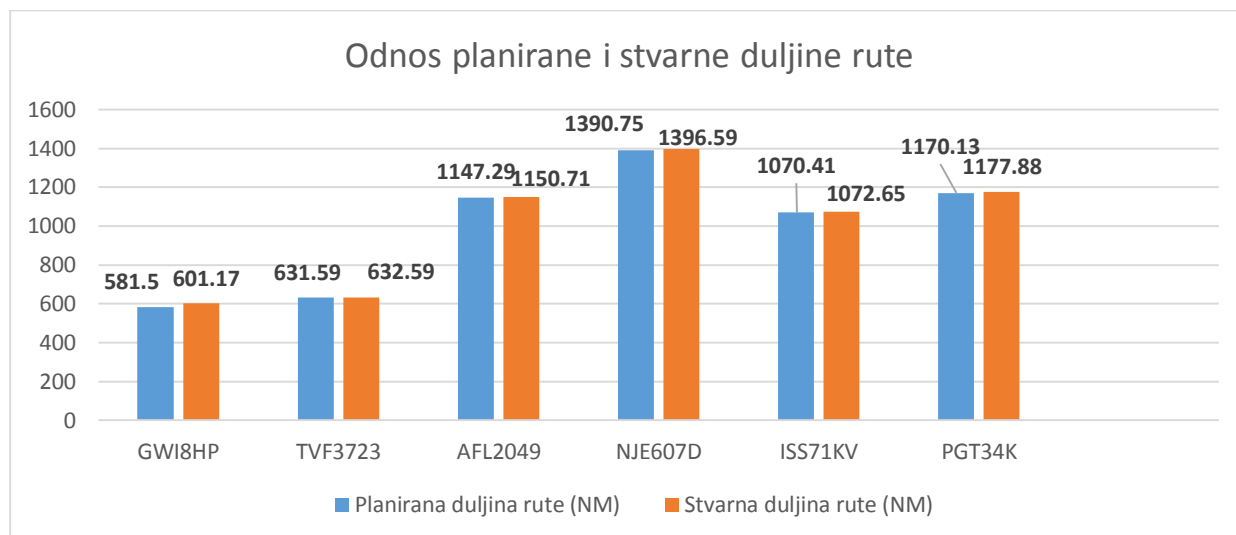
U tablici broj 12. prikazani su podatci o planiranoj udaljenosti koju je zrakoplovna kompanija planirala preletjeti na letu te podatci o stvarno prijeđenoj udaljenosti na letu. Podatci se odnose na regulirane letove koji su potpali mjerama regulacija. Također je prikazana i ukupna planirana duljina rute za sve regulirane letove te stvarna duljina rute za sve navedene regulirane letove. Razlika u sumiranim duljinama rute iznosi 39,92 NM. To potvrđuje navedeno da se s obzirom na kašnjenje razlika u prijeđenoj udaljenosti akumulira s letovima te je u tablici prikazano samo šest reguliranih letova.

Tablica 12. Prikaz planirane duljine rute i stvarne duljine rute

Oznaka leta u NEST-u	Pozivni znak zrakoplova	Planirana duljina rute (NM)	Stvarna duljina rute (NM)
AA55047649	GW18HP	581.50	601.17
AA55049420	TVF3723	631.59	632.59
AA55065049	AFL2049	1147.29	1150.71
AA55051658	NJE607D	1390.75	1396.59
AA55039674	ISS71KV	1070.41	1072.65
AA55058072	PGT34K	1170.13	1177.88
<b>Ukupne duljine planirane i stvarne rute:</b>		<b>5991.67</b>	<b>6031.59</b>

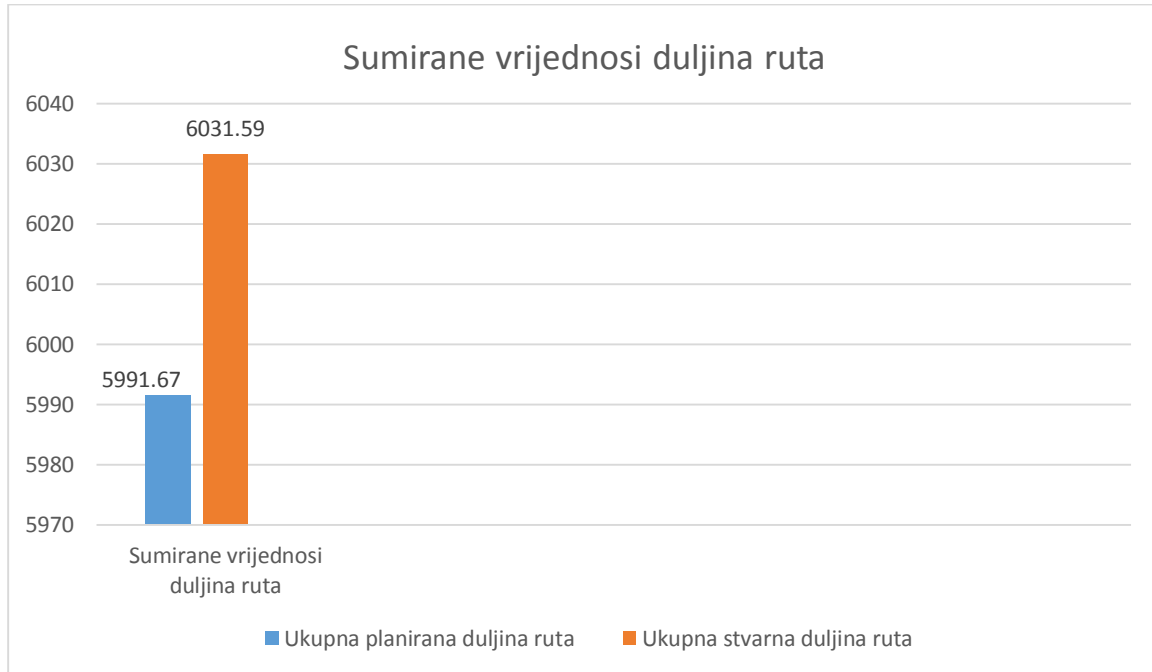
Izvor: [17]

Grafikon broj 3. prikazuje odnos planirane i stvarne duljine rute leta za odabrane regulirane letove te konačnu razliku sumiranih vrijednosti duljina ruta.



Grafikon 3. Odnos planirane i stvarne duljine rute za regulirane letove

U grafikonu broj 4. prikazane su sumirane vrijednosti duljina ruta za regulirane letove. Grafikon prikazuje ukupnu planiranu duljinu ruta za regulirane letove te je u drugom stupcu prikazana stvarna ukupna duljina ostvarene rute za regulirane letove. Lako se može uočiti kako je razlika sumiranih vrijednosti znatno veća nego promatrano zasebno za svaki let.



Grafikon 4. Sumirane vrijednosti duljina ruta



## 8. Zaključak

Stalan trend povećanja zračnog prometa u današnje vrijeme, veći broj zrakoplova te povećanje broja putnika imaju određene posljedice koje utječu na učinkovitost letenja u svim njegovim segmentima. Uzimajući u obzir te posljedice zračni promet i dalje treba ostati siguran, redovit, ekspeditivan i efikasan.

Posljedica takvog povećanja zračnog prometa dovodi prvotno do zasićenja kapaciteta sektora zračnog prostora, a potom i do velikih prometnih zagušenja, kašnjenja te su krajnja posljedica veliki financijski gubitci za zrakoplovne kompanije i pružatelje zrakoplovnih usluga. U krajnju liniju nakon troškova povećava se i emisija štetnih plinova u atmosferu kao što je ugljični dioksid. U svrhu smanjenja vršnih opterećenja u pojedinom volumenu zračnog prostora uvode se mjere regulacija za pojedine letove.

Mjere regulacija koje se uvode, uvode se iz raznih razloga. Na neke od razloga se jednostavno ne može utjecati, a to su primjerice meteorološki uvjeti za koje će se u svakom slučaju uvoditi mjere regulacija prometa kako bi zrakoplovi izbjegli nepovoljne meteorološke uvjete. Kada se radi o drugim razlozima uvođenja mjera regulacija prometa koji nisu meteorološke prirode, kao naprimjer manjak kapaciteta sektora za prihvatiti traženi broj zrakoplova, tada su to uvjeti na koje čovjek može utjecati tako da optimizira zračni promet na način da uskladi ponudu i potražnju. U onim slučajevima kada to nije moguće izvršiti, tek tada se uvode mjere regulacije prometa kao krajnji odgovor na optimizaciju zračnog prometa.

Zrakoplovi koji su izneseni u analizi ovoga rada su potpali po uvođene mjere regulacija prometa koje su nepovoljno utjecale na njihovu učinkovitost letenja. Utjecale su na način da su zrakoplovi letjeli duže od planiranog, odnosno duljina rute im se produžila za određen broj nautičkih milja od inicijalno planirane duljine rute. Nadalje, mjere regulacija su prouzrokovale kašnjenje tih istih letova što dovodi do veće potrošnje goriva uzimajući u obzir tip zrakoplova te potrošnju goriva po satu. Potrošnja goriva prikazana u analizi je generalizirana jer nije bilo moguće dobiti najtočniju potrošnju goriva iz razloga jer potrošnja goriva ovisi o razini leta na kojoj zrakoplov krstati te kojom brzinom po minuti zrakoplov penje ili spušta. Povećana potrošnja goriva je naravno prouzrokovala i povećanu emisiju štetnih plinova ugljičnog dioksida u jednosatnom letu u atmosferu što nije nikako povoljno za okoliš.

Unatoč tome što mjere regulacija nepovoljno utječu na učinkovitost letenja one su svakako krajnji odgovor na usklađivanje prometne potražnje i kapaciteta sektora zračnog prostora, odnosno optimizaciju zračnog prometa. Iako uzrokuju kašnjenja letova koja se potom sumiraju i akumuliraju u sektoru mjere regulacija su neizbježne na siguran, redovit, efikasan i ekspeditivan protok zračnog prometa. Uz neizbježan trend povećanja potražnje za zračnim prometom, ali i nove tehnologije koje se razvijaju u cilju smanjanja prometnog zagušenja, povećanja kapaciteta, smanjenja troškova te očuvanja okoliša zračni promet mora i dalje ostati siguran, redovit i ekspeditivan. Razvoj novi prometnih tehnologija u zračnom prometu će svakako pridonijeti tome.

## Literatura

- [1] Air Navigation Services Economics Manual, ICAO Document 9161, 2013.
- [2] Air Space Management Handbook, EUROCONTROL, 2014.
- [3] Juričić, B.: Autorizirana predavanja- <http://e-student.fpz.hr/>, preuzeto: 5. kolovoza 2016.
- [4] Procedures for Air Navigation Services, Air Traffic Management, ICAO Document 4444, 2007.
- [5] <http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=12>, preuzeto 27. srpnja 2016.
- [6] <http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=30>, preuzeto 10. travnja 2017.
- [7] <http://www.mppi.hr/default.aspx?id=408>, preuzeto 28. srpnja 2016.
- [8] <http://www.eurocontrol.int/dossiers/single-european-sky>, preuzeto 28. srpnja 2016.
- [9] EU Regulations 249/2011, European Commission, 2011.
- [10] EUROCONTROL online stranica, <http://www.eurocontrol.int/articles/who-we-are>, preuzeto: 6. travnja 2017.
- [11] EU Regulations 390/2013, European Commission, 2013.
- [12] ATFCM Users Manual, Network Manager, EUROCONTROL, 2016.
- [13] STATFOR, EUROCONTROL, <http://www.eurocontrol.int/statfor>, preuzeto: 6. travnja 2017.
- [14] Statistika, Hrvatska kontrola zračne plovidbe d.o.o, <http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=3551>, preuzeto: 6. travnja 2017.
- [15] Dokument Performance Indicator – Horizontal Flight Efficiency - [http://ansperformance.eu/references/methodology/horizontal\\_flight\\_efficiency\\_pi.html](http://ansperformance.eu/references/methodology/horizontal_flight_efficiency_pi.html), preuzeto: 26. ožujka 2017.
- [16] Cook, A.J. : , 2007., European air traffic management: principles, practice, and research. Aldershot Ashgate, London.
- [17] NEST Manual, Network Strategic Tool softverski alat
- [18] Domitrović, A., Bazijanac, E. : Autorizirana predavanja – <http://e-student.fpz.hr/>, 24. ožujka 2017.

## Popis grafikona

GRAFIKON 1. GRAFIČKI PRIKAZ VIŠE POTROŠENOG GORIVA ZRAKOPLOVA OVISNO O KAŠNJENJU .....	45
GRAFIKON 2. GRAFIČKI PRIKAZ ŠTETNIH EMISIJA UGLJIČNOG DIOKSIDA OVISNO O KAŠNJENJU I POTROŠENOM GORIVU .....	46
GRAFIKON 3. ODNOS PLANIRANE I STVARNE DULJINE RUTE ZA REGULIRANE LETOVE .....	48
GRAFIKON 4. SUMIRANE VRIJEDNOSI DULJINA RUTA.....	49

## Popis slika

SLIKA 1. REFERENTNO STATISTIČKO PODRUČJE EUROPSKOG ZRAČNOG PROSTORA .....	13
SLIKA 2. PODJELA ZRAČNOG PROMETA U HR.....	15
SLIKA 3. UDIO PROMETA PO AERODROMIMA U HR .....	15
SLIKA 4. UTJECAJ NA UČINKOVITOST NA LOKALNOM PODRUČJU .....	18
SLIKA 5. UTJECAJ DVA LETA NA LOKALNU I MREŽNU UČINKOVITOST .....	19
SLIKA 6. KOMPLETNO KORISNIČKO SUČELJE U NEST-U.....	32
SLIKA 7. PREGLEDNIK ODABRANOG KONTROLIRANOG ZRAČNOG PROSTORA .....	33
SLIKA 8. PREGLEDNIK ANALIZE KAŠNJENJA .....	34
SLIKA 9. PREGLEDNIK UVEDENIH MJERA REGULACIJA I ANALIZA ISTIH .....	36
SLIKA 10. LISTA REGULACIJA PRIKAZANA U NEST-U.....	36
SLIKA 11. PRIKAZ <i>LOWER-UPPER WEST</i> SEKTORA IZ BOKOCRTA .....	38
SLIKA 12. PRIKAZ <i>TOP WEST</i> SEKTORA IZ BOKOCRTA .....	39
SLIKA 13. PRIKAZ STVARNE PUTANJE I PLANIRANE PUTANJE ODABRANOG LETA U NEST-U .....	42
SLIKA 14. PRIKAZ VERTIKALNOG PROFILA ODABRANOG LETA GWI8HP.....	42

## Popis tablica

TABLICA 1. RASPODJELA TROŠKOVA PO SEGMENTIMA LETA I TIPOVIMA ZRAKOPLOVA .....	24
TABLICA 2. ATFCM RJEŠENJA ZA PAD KAPACITETA U SEKTORU ZRAČNOG PROMETA.....	29
TABLICA 3. PODJELA ZRAČNOG PROMETA KOJI JE PROŠAO KROZ ZRAČNI PROSTOR RH .....	37
TABLICA 4. DISTRIBUCIJA REGULACIJA TOKOM DANA REGULACIJE TE STATISTIKA REGULIRANOG PROMETA....	37
TABLICA 5. ODABRANI REGULIRANI LETOVI S PRIKAZOM PODATAKA ZA REGULACIJU LDLWX30N .....	40
TABLICA 6. ODABRANI REGULIRANI LETOVI S PRIKAZOM PODATAKA ZA REGULACIJU LDLWX30N .....	40
TABLICA 7. ODABRANI REGULIRANI LETOVI S PRIKAZOM PODATAKA ZA REGULACIJU LDTWX30 .....	41
TABLICA 8. ODABRANI REGULIRANI LETOVI S PRIKAZOM PODATAKA ZA REGULACIJU LDTWX30 .....	41
TABLICA 9. PODATCI O ZRAKOPLOVIMA ODABRANIH REGULIRANIH LETOVA .....	43
TABLICA 10. REZULTATI POTROŠNJE GORIVA SUKLADNO KAŠNJENJU REGULIRANIH LETOVA .....	44
TABLICA 11. PRIKAZ ŠTETNIH EMISIJA UGLJIČNOG DIOKSIDA S OBZIROM NA POTROŠENO GORIVO I KAŠNJENJE .....	46
TABLICA 12. PRIKAZ PLANIRANE DULJINE RUTE I STVARNE DULJINE RUTE.....	47

## METAPODACI

**Naslov rada:** Utjecaj mjera regulacije prometa na učinkovitost letenja

**Student:** Filip Trojko

**Mentor:** doc. dr. sc. Biljana Juričić

**Naslov na drugom jeziku (engleski):** Influence of ATFM regulations on flight efficiency

**Povjerenstvo za obranu:**

- izv. prof. dr. sc. Doris Novak predsjednik
- doc. dr. sc. Biljana Juričić mentor
- dr. sc. Tomislav Radišić član
- doc. dr. sc. Anita Domitrović zamjena

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

**Zavod:** Zavod za aeronautiku

**Vrsta studija:** Preddiplomski

**Studij:** Aeronautika

**Datum obrane završnog rada:** 02.05.2017.



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ završni rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

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

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu \_\_\_\_\_ završnog rada

pod naslovom **Utjecaj mjera regulacije prometa na učinkovitost letenja**

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

U Zagrebu, \_\_\_\_\_ 12.4.2017 \_\_\_\_\_

Student/ica:  
*Triglav Filip*  
\_\_\_\_\_  
(potpis)