

Usporedba pokazatelja rutnog prometa unutar Centra oblasne kontrole Zagreb od 2017. do 2019. godine

Ribić, Ilaria

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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:119:650698>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-15**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Ilaria Ribić

**USPOREDBA POKAZATELJA RUTNOG PROMETA
UNUTAR CENTRA OBLASNE KONTROLE ZAGREB OD
2017. DO 2019. GODINE**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2020.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, 2. travnja 2020.

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

ZAVRŠNI ZADATAK br. 5670

Pristupnik: **Ilaria Ribić (0135250664)**
Studij: **Aeronautika**
Smjer: **Kontrola leta**

Zadatak: **Usporedba pokazatelja rutnog prometa unutar Centra oblasne kontrole Zagreb od 2017. do 2019. godine**

Opis zadatka:

Uvodno definirati cilj i opseg završnog rada. Analizirati i objasniti zračni prostor Centra oblasne kontrole Zagreb. Navesti i objasniti pokazatelje rutnog prometa. Obraditi prometne podatke za definirane AIRAC cikluse u 2017., 2018. i 2019. godini koristeći program NEST. Usporediti podatke o prometu i analizirati rezultate. Dati zaključna razmatranja.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

izv. prof. dr. sc. Biljana Juričić

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**USPOREDBA POKAZATELJA RUTNOG PROMETA
UNUTAR CENTRA OBLASNE KONTROLE ZAGREB OD
2017. DO 2019. GODINE**

**COMPARISON OF THE EN-ROUTE AIR TRAFFIC
INDICATORS WITHIN ZAGREB AREA CONTROL CENTER
FROM 2017 TO 2019**

Mentor: izv.prof.dr.sc. Biljana Juričić

Studentica: Ilaria Ribić
JMBAG: 0135250664

Zagreb, rujan 2020.

Sažetak

Zadatak ovog rada je usporediti rutni promet Centra oblasne kontrole Zagreb od 2017. do 2019. godine preko pokazatelja. U radu je opisan zračni prostor Centra oblasne kontrole Zagreb i prostor slobodnih ruta te pokazatelji rutnog prometa. Za analizu i usporedbu prometa korišteni su podaci o stvarnom prometu koji se odnose na IFR GAT promet dobiveni preko EUROCONTOL-ovog programa NEST te su pokazatelji za usporedbu definirani podacima o broju letova kroz zračni prostor Centra oblasne kontrole Zagreb, kašnjenjima na rutama i razlozima njihovog javljanja te podacima koji se koriste za analizu unutar samog programa NEST. Pokazatelji programa NEST odnose se na prosječnu udaljenost i vrijeme preleta te na vertikalnu promjenu visine pojedinog leta. Svrha analize i usporedbe pokazatelja je praćenje razvoja i promjena zračnog prometa kroz period od tri godine zračnog prostora Centra oblasne kontrole Zagreb.

Ključne riječi: Zagreb ACC; NEST; zračni prostor; LDZOCTA; pokazatelji

Summary

The task of this paper is to compare en-route traffic of the Zagreb Area Control Centre from 2017 to 2019 through indicators. The paper describes the airspace of Zagreb Area Control Centre and free route airspace, as well as indicators of en-route traffic. For the analysis and comparison of traffic, data on actual traffic related to IFR GAT traffic obtained through EUROCONTOLS program NEST were used and indicators for comparison were defined as the number of flights through the airspace of the Zagreb Area Control Centre, route delays and reasons for delays as well as data used for analysis within the NEST program itself. Indicators of the NEST program refer to the average distance and flight time and to the vertical level change of an individual flight. The purpose of the analysis and comparison of indicators is to monitor the development and changes of air traffic over a period of three years for the Zagreb Area Control Centre airspace.

Keywords: Zagreb ACC; NEST; airspace; LDZOCTA; indicators

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Zračni prostor Centra oblasne kontrole Zagreb	3
2.1. Horizontalna podjela zračnog prostora	3
2.2. Vertikalna podjela zračnog prostora	5
2.3. SESCO FRA.....	7
3. Pokazatelji rutnog prometa	9
3.1. Horizontalna učinkovitost leta	9
3.2. Kašnjenja na ruti	10
3.3. Broj letova.....	12
3.4. Opterećenje po sektorima	13
3.5. Pokazatelji rutnog prometa programa NEST	14
4. Obrada podataka o prometu za definirani AIRAC ciklus u 2017. godini.....	16
4.1. Broj letova.....	16
4.2. Kašnjenja na ruti	17
4.3. Opterećenje po sektorima	19
4.4. Pokazatelji rutnog prometa programa NEST za AIRAC 1708	21
4.4.1. Prosječna udaljenost preleta	22
4.4.2. Prosječno vrijeme preleta	22
4.4.3. Prosječan broj promjena visine	22
4.4.4. <i>Vertical Mix</i>	23
5. Obrada podataka o prometu za definirani AIRAC ciklus u 2018. godini.....	24
5.1. Broj letova.....	24
5.2. Kašnjenja na ruti	25
5.3. Opterećenje po sektorima	27
5.4. Pokazatelji rutnog prometa programa NEST za AIRAC 1808	29
5.4.1. Prosječna udaljenost preleta	30
5.4.2. Prosječno vrijeme preleta	30
5.4.3. Prosječan broj promjena visine	30
5.4.4. <i>Vertical Mix</i>	31
6. Obrada podataka o prometu za definirani AIRAC ciklus u 2019. godini.....	32
6.1. Broj letova.....	32

6.2.	Kašnjenja na ruti	33
6.3.	Opterećenje po sektorima	35
6.4.	Pokazatelji rutnog prometa programa NEST za AIRAC 1908	37
6.4.1.	Prosječna udaljenost preleta	38
6.4.2.	Prosječno vrijeme preleta	38
6.4.3.	Prosječan broj promjena visine	38
6.4.4.	<i>Vertical Mix</i>	39
7.	Usporedba podataka o prometu	40
7.1.	Usporedba podataka o broju letova	40
7.2.	Usporedba kašnjenja na ruti	42
7.3.	Usporedba opterećenja po sektorima	45
7.4.	Usporedba pokazatelja rutnog prometa programa NEST	46
7.4.1.	Prosječna udaljenost preleta	46
7.4.2.	Prosječno vrijeme preleta	47
7.4.3.	Prosječan broj promjena visine	47
7.4.4.	<i>Vertical Mix</i>	48
8.	Zaključak	49
	Literatura	51
	Popis slika	53
	Popis tablica	54
	Popis grafikona	55

1. Uvod

Sve veća potražnja za zračnim prometom uzrokuje svakodnevno povećanje zračnog prometa na svjetskoj i europskoj razini pa tako i na lokalnim razinama. Za zadovoljavanje te potražnje kao i održavanje sigurnog, učinkovitog i ekspeditivnog prometa na svim razinama potreban je pravilan razvoj i odgovarajuće promjene koje se dobivaju istraživanjima i analizom zračnog prometa.

Jedan od načina istraživanja i analize zračnog prometa je kroz EUROCONTROL-ov program NEST. Za potrebe ovog rada korišteni su podaci o stvarnom prometu zračnog prostora pod nadležnošću Centra oblasne kontrole Zagreb iz tog programa, a odnose se na period od 2017. do 2019. godine. Svrha završnog rada je analizirati i prikazati pokazatelje rutnog prometa za svaku godinu navedenog perioda zračnog prostora Centra oblasne kontrole Zagreb, a cilj je završnog rada na temelju analize izvršiti usporedbu dobivenih podataka i donijeti zaključna razmišljanja. Rad je podijeljen u osam cjelina:

1. Uvod
2. Zračni prostor Centra oblasne kontrole Zagreb
3. Pokazatelji rutnog prometa
4. Obrada podataka o prometu za definirani AIRAC ciklus u 2017. godini
5. Obrada podataka o prometu za definirani AIRAC ciklus u 2018. godini
6. Obrada podataka o prometu za definirani AIRAC ciklus u 2019. godini
7. Usporedba podataka o prometu
8. Zaključak.

U drugom poglavlju opisan je zračni prostor pod nadležnošću Centra oblasne kontrole Zagreb, njegove horizontalne i vertikalne granice te inicijativa prostora slobodnih ruta u koju spada navedeni zračni prostor.

Analiza zračnog prometa može se izvršiti preko pokazatelja zračnog prometa, a za potrebe ovog rada opisani su pokazatelji rutnog prometa u trećem poglavlju. Pokazatelji mogu biti razni, a u ovom radu korišteni su neki pokazatelji definirani regulativom i pokazatelji dobiveni programom NEST.

Podaci pokazatelja rutnog prometa dobiveni programom NEST koji su bitni kod analize rutnog prometa prikazani su u četvrtom, petom i šestom poglavlju. Svako poglavlje sadrži isti tip podataka, a razlikuju se u tome što četvrto poglavlje sadrži podatke za 2017. godinu, peto poglavlje za 2018. godinu, a šesto poglavlje sadrži podatke o zračnom prometu 2019. godine. Svi podaci dobiveni programom NEST odnose se na IFR GAT promet, a u spomenutim poglavljima analizirani su podaci o stvarnom prometu (*actual traffic*).

U sedmom poglavlju napravljena je usporedba podataka rutnog prometa svih godina perioda od 2017. do 2019. godine na razini prethodno definiranih pokazatelja rutnog prometa.

Osmo poglavlje, koje je ujedno i završno poglavlje, opisuje zaključna razmatranja dobivena analizom svih podataka ovog završnog rada.

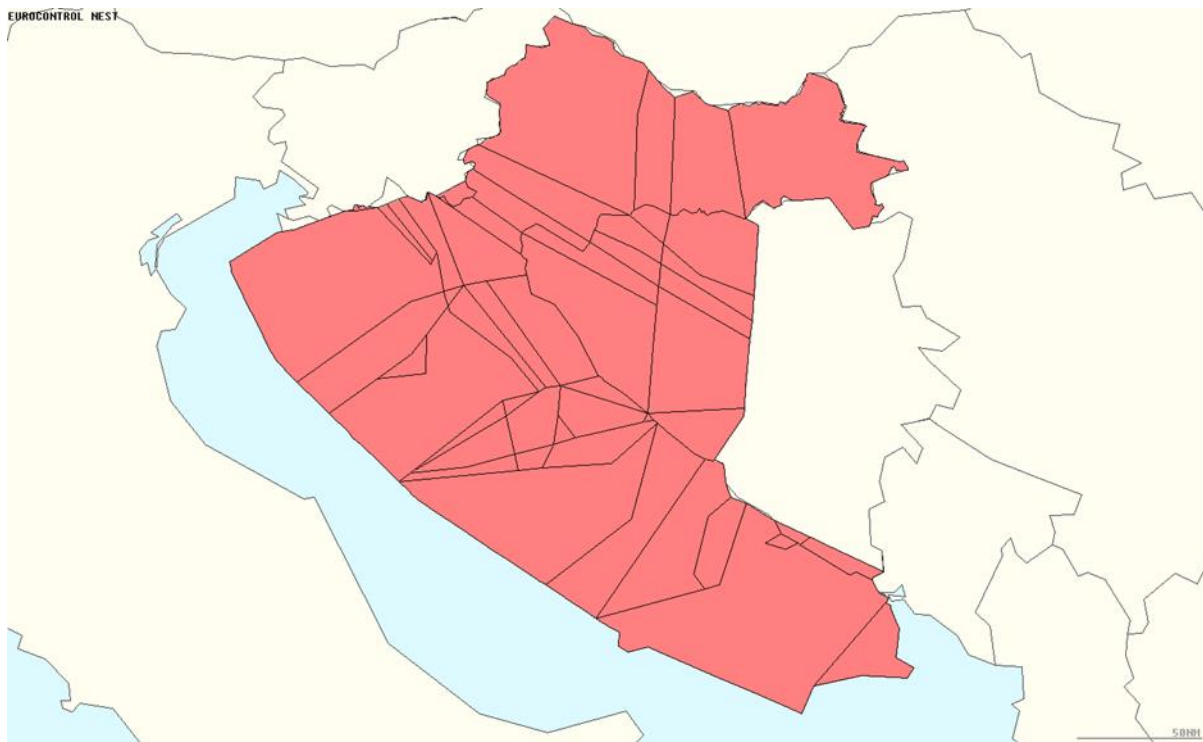
2. Zračni prostor Centra oblasne kontrole Zagreb

Centar oblasne kontrole Zagreb (*Zagreb Area Control Centre-Zagreb ACC*) obavlja uslugu oblasne kontrole zračnog prometa u Republici Hrvatskoj unutar područja letnih informacija Zagreb (*Zagreb Flight Information Region-Zagreb FIR*). Zagreb FIR dijeli se na kontrolirani i nekontrolirani zračni prostor, ovisno o tome da li se pruža ili ne pruža usluga kontrole zračnog prometa. Dio kontroliranog zračnog prostora, koji je također pod nadležnošću Zagreb ACC-a, je i kontrolirano područje (*Control Area-CTA*). Svako područje određeno je lateralnim i vertikalnim granicama koje su propisane u nacionalnom Zborniku zrakoplovnih informacija (*Aeronautical Information Publication-AIP*) [1].

2.1. Horizontalna podjela zračnog prostora

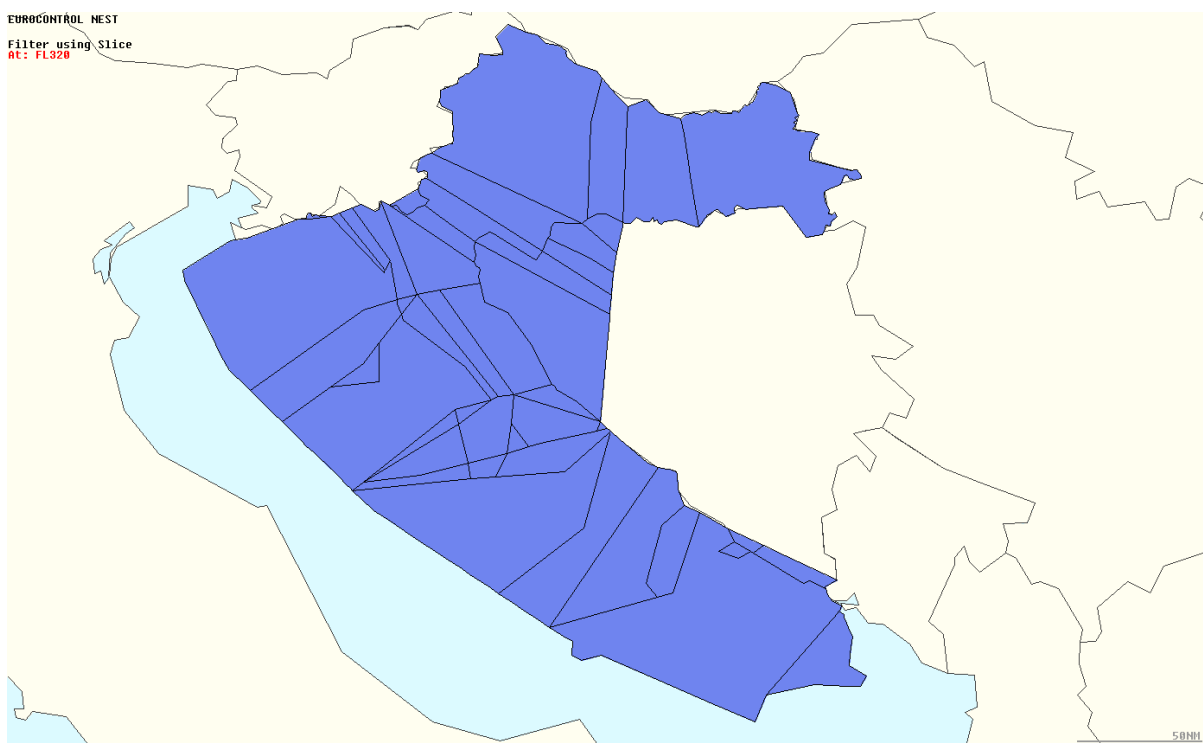
Republika Hrvatska prema Zakonu o zračnom prometu može povjeriti drugoj državi, ili druga država može povjeriti RH, odgovornost za uspostavljanje i pružanje operativnih usluga u zračnom prometu unutar svojeg teritorija u skladu s međunarodnim ugovorima. Na temelju toga postiže se veća efikasnost i protok međunarodnog prometa pa većina država to prakticira [2].

Stoga, međunarodnim ugovorom Republika Hrvatska pruža uslugu zračnog prometa unutar zračnog prostora istočnog dijela teritorija Bosne i Hercegovine pa je Zagreb ACC horizontalno nadležan za dio zračnog prostora Sarajevo FIR-a. Ukupna veličina područja nadležnosti, iako promatrana horizontalno, mijenjat će se u odnosu na razine leta (*Flight level-FL*) gornjeg zračnog prostora gdje je uključen dio zračnog prostora Sarajevo FIR-a od FL325 do FL660 (slika 1.) i donjeg zračnog prostora (slika 2.) gdje je uključen dio zračnog prostora Sarajevo FIR-a iznad 9500 stopa mjereno u odnosu na srednju razinu mora [3].



Slika 1. Gornji zračni prostor u nadležnosti ACC Zagreb

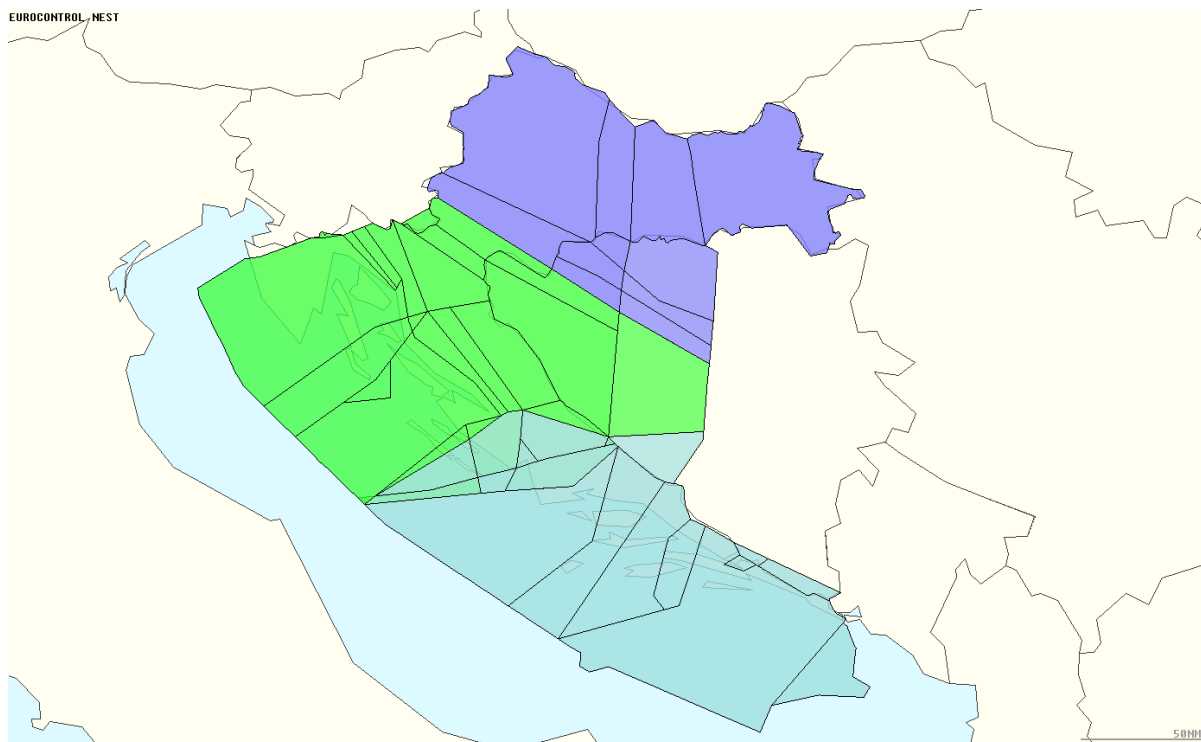
Izvor: [4]



Slika 2. Donji zračni prostor u nadležnosti ACC Zagreb

Izvor: [4]

Horizontalno se zračni prostor Zagreb ACC-a može podijeliti na dva osnovna sektora: *North* i *Adria*. *Adria* sektor se dodatno može podijeliti na *West* i *South* dio, a podjela na te sektore prikazana je na slici 3. Ljubičasta boja prikazuje *North* sektor, zelena boja prikazuje *West*, a tirkizna *South* sektor [4].



Slika 3. Sektori LDZOCTA

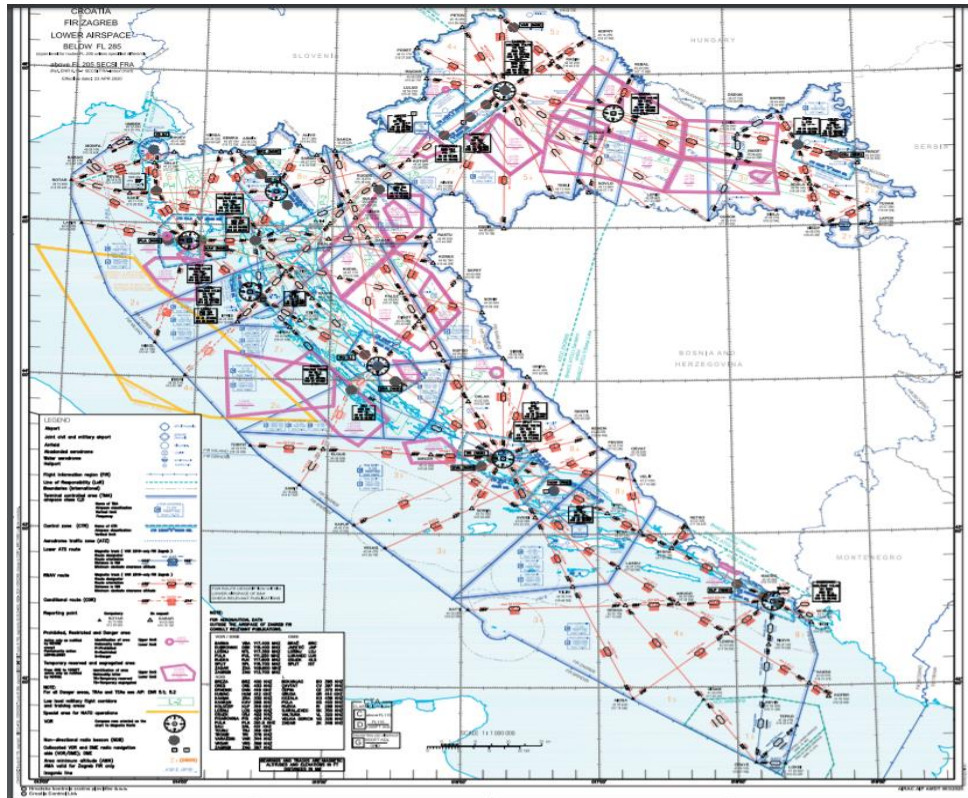
Izvor: [4]

2.2. Vertikalna podjela zračnog prostora

Područje Zagreb FIR-a može se podijeliti na kontrolirani i nekontrolirani zračni prostor koji su određeni vertikalnim granicama. Nekontrolirani zračni prostor proteže se od površine (*ground-GND*) do visine od 1000 stopa iznad površine (*above ground level-AGL*) iznad koje započinje kontrolirano područje sve do FL660 [1].

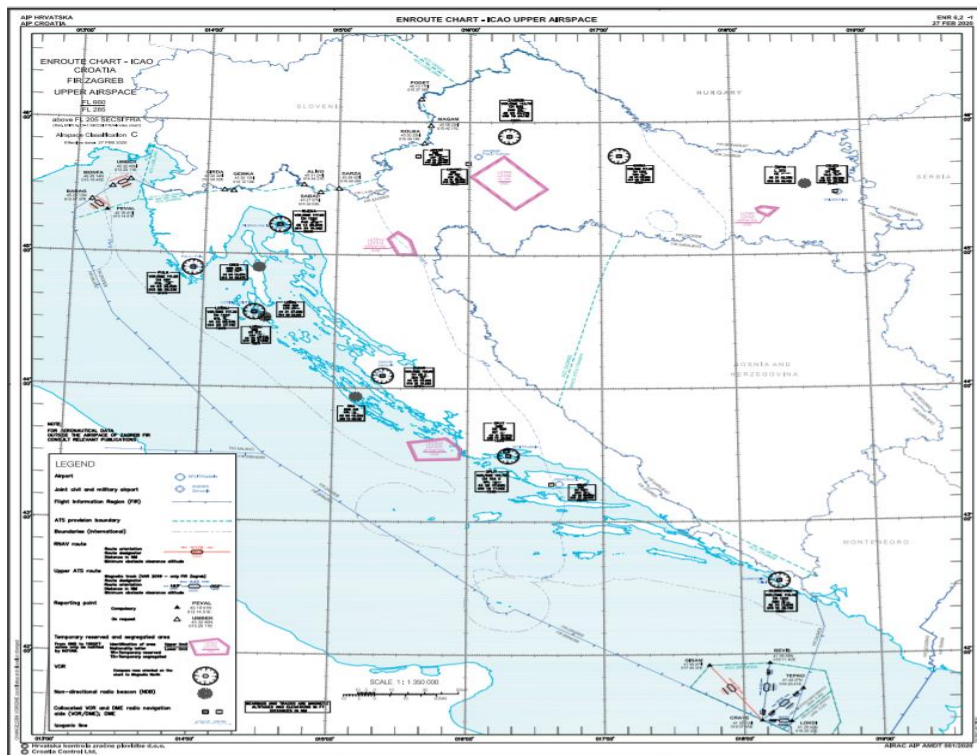
Zagreb FIR se vertikalno još dijeli na donji i gornji zračni prostor. Donji zračni prostor (slika 4.) je područje ispod FL285 koje je unutar CTA dodatno podijeljeno u odnosu na klasu zračnog prostora na [1]:

- Klasa C zračnog prostora: iznad FL115
- Klasa D zračnog prostora: između FL115 i 1000 stopa AGL.



Slika 4. Donji zračni prostor Zagreb FIR-a, [5]

Na donji zračni prostor nastavlja se gornji zračni prostor iznad FL285 sve do FL660, a granice tog prostora prikazane su na slici 5.



Slika 5. Gornji zračni prostor Zagreb FIR-a, [6]

Nadalje, podjela zračnog prostora Centra oblasne kontrole Zagreb na horizontalne sektore može se dodatno vertikalno podijeliti u četiri dijela koja onda daju nove sektore [4]:

- donji (*Lower-L*): do FL325
- gornji (*Upper-U*): od FL325 do FL355
- visoki (*High-H*): od FL355 do FL375
- najviši (*Top-T*): od FL375 do FL660.

2.3. SESCO FRA

South East Common Sky Initiative Free Route Airspace (SESCI FRA) je inicijativa prekograničnog zračnog prostora slobodnih ruta koja obuhvaća zračni prostor Austrije, Slovenije, Hrvatske, Bosne i Hercegovine, Crne Gore i Srbije. Nastala je spajanjem prethodnih inicijativa SAXFRA (zračni prostor Slovenije i Austrije) i SEAFRA (zračni prostor Hrvatske, Crne Gore, Srbije te Bosne i Hercegovine) 1. veljače 2018. godine [7].

SESCI FRA korisnicima zračnog prostora pruža mogućnost korištenja najkraćih ruta iz središnje ka jugoistočnoj Europi, odnosno po Jugoistočnoj prometnoj osi. Omogućava letove po najkraćim rutama, poboljšanja u pogledu prijeđenih udaljenosti pa samim time i vremenskog trajanja leta što vodi do smanjenja potrošnje goriva uz izravno smanjenje utjecaja emisija štetnih plinova na okoliš. Osim povoljnih pogodnosti koje pruža korisnicima zračnog prostora, SESCO FRA daje bolju predvidljivost u planiranju letenja koja doprinosi smanjenju radnog opterećenja kontrole zračnog prometa [7].

Zračni prostor Zagreb FIR-a koji spada pod zračni prostor SESCO FRA inicijative proteže se od FL205 do FL660, a cijelo područje svih država SESCO FRA-a prikazano je na slici 6. [7].

3. Pokazatelji rutnog prometa

Pokazatelji u zračnom prometu su mjere kojima se prate učinkovitosti performansi usluga zračne plovidbe i funkcija mreže prema definiranim shemama. Europska Komisija ih je propisala za opći zračni promet članica Međunarodne organizacije za civilno zrakoplovstvo (International Civil Aviation Organisation-ICAO) za regiju Europe u svrhu pružanja usluga u zračnoj plovidbi koje vode do jeftinijih letova, manjih kašnjenja i uštede te smanjenje utjecaja zračnog prometa na okoliš [9].

Pokazatelji se promatraju kroz 4 ključna područja učinkovitosti: sigurnost, okoliš, kapacitet i troškovna učinkovitost i definirani su za određene faze leta [9]. U ovom radu objašnjeni su pokazatelji vezani uz rutni promet, a osim pokazatelja koje je definirala Europska komisija, objašnjeni su i pokazatelji EUROCONTROL-ovog programa za analizu zračnog prometa koji se naziva *Network Strategic Tool* (NEST).

3.1. Horizontalna učinkovitost leta

Horizontalna učinkovitost leta (Horizontal Flight Efficiency-HFE) definirana je kao usporedba duljine putanje i najkraće udaljenosti između njezinih krajnjih točaka. Pokazatelj horizontalne učinkovitosti zapravo onda uspoređuje prosječnu dodatnu udaljenost na ruti u odnosu na udaljenost po velikoj kružnici koja je ujedno i najkraća udaljenost. Detaljnije objašnjenje definicije horizontalne učinkovitosti leta potrebna je zato što se učinkovitost može mjeriti samo unutar jednog zračnog prostora, što znači da dijelovi putanje zrakoplova koji nisu unutar tog zračnog prostora se ne uzimaju u obzir [10].

Pokazatelj horizontalne učinkovitosti leta na ruti definiran je za ključno područje učinkovitosti okoliša te se prilikom njegovog izračuna koriste prosječne vrijednosti. Tri su vrste pokazatelja horizontalnih učinkovitosti vezane za rutni promet [10]:

- prosječna učinkovitost horizontalnog leta na ruti za stvarnu putanju
- prosječna učinkovitost horizontalnog leta na ruti iz zadnjeg dostavljenog plana leta
- prosječna učinkovitost horizontalnog leta na ruti za najkraću ograničenu putanju.

Od spomenutih prosječnih učinkovitosti horizontalnog leta na ruti, pokazatelj za stvarnu putanju spada u ključni pokazatelj performansi i mjerljiv je, dok preostala dva spadaju pod pokazatelje za praćenje. Primjer prikaza prosječnih učinkovitosti horizontalnog leta na ruti na godišnjoj i mjesečnoj razini područja EUROCONTROL-a za podatke od 2015. do 2019. godine prikazani su na slici 7.



Slika 7. Grafikon horizontalnih učinkovitosti leta na ruti EUROCONTROL područja

Izvor: [11]

Inicijative FRA prostora najznačajnije su za poboljšanje horizontalne učinkovitosti leta jer ne zahtijevaju let po propisanim rutama već daju mogućnost fleksibilnosti korištenja zračnog prostora korisnicima zračnog prostora i na taj način omogućavaju izravne rute. Sve to dovodi do smanjenja vremena putovanja, smanjena potrošnje goriva te time smanjenje proizvodnje štetnih plinova koje narušavaju okoliš [11].

3.2. Kašnjenja na ruti

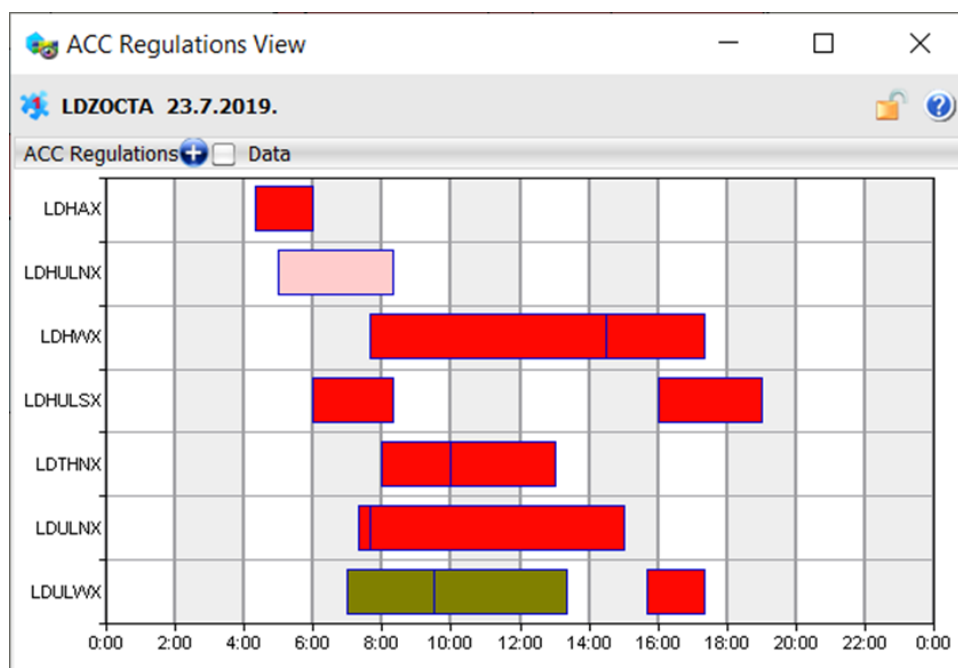
Pokazatelj kašnjenja na ruti spada u ključno područje učinkovitosti vezano uz kapacitet, a zapravo je to kašnjenje usluge upravljanja protokom zračnog prometa (Air Traffic

Flow Management-ATFM) definirano kao prosječne minute kašnjenja na ruti ATFM-a po letu koje se mogu pripisati uslugama u zračnoj plovidbi [9].

ATFM kašnjenja na ruti nastaju uvođenjem regulacija na zahtjev *Flow Management Position*-a (FMP) kako ne bi došlo do preopterećenja sektora. Najčešći uzroci uvođenja regulacija su [4]:

- *Air Traffic Control* (ATC) kapacitet
- *ATC Staffing*
- Vremenski uvjeti
- Vojne aktivnosti
- Ostalo.

Slika 8. prikazuje grafički primjer regulacija iz programa NEST za pojedine sektore za područje LDZOCTA datuma 23.7.2019. Crvena boja pokazuje regulaciju koja je uvedena zbog ATC kapaciteta, roza boja pokazuje regulaciju uvedenu zbog *ATC Staffing*-a dok zelena boja pokazuje regulaciju čiji je razlog uvođenja vojna aktivnost. Prolaskom kursora miša na pojedinu regulaciju otvara se prozor iz kojeg se mogu pročitati podaci o duljini trajanja regulacije, razlogu uvođenja i podaci o kašnjenju u minutama koje je bilo uzrokovano tom regulacijom [4].



Slika 8. Grafički prikaz regulacija programa NEST, [4]

3.3. Broj letova

Broj letova kao pokazatelj daje niz različitih informacija u zračnom prometu. Najznačajniji podatak koji se dobiva iz broja letova je trend rasta ili pada zračnog prometa na temelju kojeg se vrše razne analize i usporedbe za sav zračni promet na godišnjim razinama.

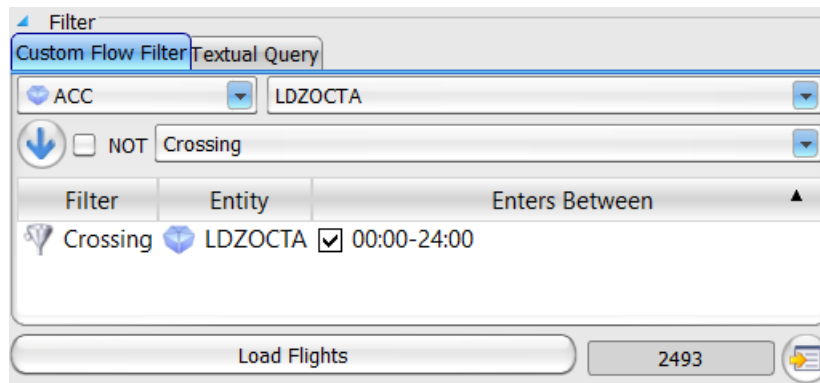
Podaci o broju letova kroz određeni zračni prostor značajan su pokazatelj rutnog prometa jer se preko tih podataka određuje broj potrebnih sektora i broj radnih pozicija kontrolora koji će onda moći provesti tu količinu prometa. Osim toga, preko podataka o dnevnom broju letova unutar određenog zračnog prostora može se odrediti najprometniji sat, preopterećenja i zagušenja koja su se javila te niz drugih podataka [4].

Broj letova može se promatrati na dva načina:

- a) *Entry counts*
- b) *Occupancy counts.*

Entry counts daje podatak o broju ulazaka zrakoplova u određeni sektor u nekom vremenskom razdoblju, dok *Occupancy counts* daje podatak o broju zrakoplova unutar nekog sektora u određenoj minuti [4].

Podaci o broju letova za svaki dan pojedinog AIRAC ciklusa, korištenog za potrebe ovog rada, dobivaju se preko „*Custom Flow Filter-a*“ programa NEST. Primjer izgleda filtera koji se koristio za ovaj rad prikazan je na slici 9. Oznaka ACC je objašnjena u ranijim poglavljima ovog rada, a oznaka LDZOCTA je oznaka za zračni prostor Centra oblasne kontrole Zagreb u programu NEST. Na samom filteru vidljiva je oznaka kvačice koja označuje vremenski period od 00:00 do 24:00 promatranog dana. Nakon što je filter napravljen pritišće se gumb „*Load Flights*“ i dobije se podatak o broju leta koji se može vidjeti u donjem desnom kutu slike 9. Bitno je naglasiti da se podaci o broju letova u ovom radu temelje na stvarnom prometu te da uključuju samo IFR GAT promet.



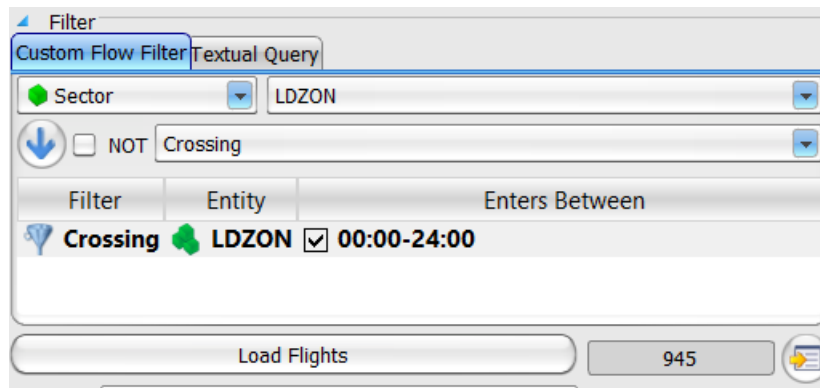
Slika 9. Primjer dobivanja podataka o broju leta u programu NEST, [4]

3.4. Opterećenje po sektorima

Zračni prostor se dodatno može podijeliti na više manjih područja koja se nazivaju sektori. Svrha sektorizacije je smanjiti radno opterećenje kontrolora leta na način da se sektorizacijom podijeli broj zrakoplova na frekvenciji kontrolora. Sektori se aktiviraju dnevno ovisno o prometnom opterećenju i nekim drugim uvjetima, ali zbog nepreciznosti u određivanju tih uvjeta kao i različitim zahtjevima zrakoplovnih operatera, kao što je primjerice najkraća putanja, javljaju se različita opterećenja kroz sektore [4].

Pokazatelj opterećenja po sektorima će u ovom radu biti promatran preko podataka o broju letova kroz elementarne sektore *North*, *South* i *West* te preko broja letova kroz njihove vertikalne podjele po visini (*Lower*, *Upper*, *High* i *Top*) objašnjene u prethodnim poglavljima ovog rada. Podaci za ovaj pokazatelj temelje se na stvarnom prometu te se odnose samo na IFR GAT promet, a u nastavku rada napravljena je analiza i usporedba podataka iz referentnih AIRAC ciklusa za 2017. godinu, 2018. godinu i 2019. godinu.

Primjer filtriranja podataka u programu NEST dan je na slici 10. Podaci se dobivaju na isti način kao i podaci o broju letova kroz područje LDZOCTA, razlika je što se prilikom filtriranja umjesto ACC oznake koristi *Sector* oznaka te umjesto LDZOCTA oznaka za željeni sektor za koji se žele dobiti podaci.



Slika 10. Primjer dobivanja podataka o broju letova za sektor LDZON, [4]

3.5. Pokazatelji rutnog prometa programa NEST

Osim prethodno spomenutih pokazatelja rutnog prometa, za analizu podataka o zračnom prometu mogu se koristiti neki podaci EUROCONTROL-ov program NEST koji su temeljeni na stvarnom prometu. Pronalazak pokazatelja kao i njihova objašnjenja protumačeni su na primjeru zračnog prostora koji je pod nadležnošću Zagreb ACC-a u daljnjem tekstu.

Jedan od načina na koji se dolazi do podataka u programu NEST koji služe kao pokazatelji rutnog prometa je pritisnuti desni gumb na željeni zračni prostor, u ovom slučaju zračni prostor LDZOCTA, i pod opcijom „Analyse“ odabrati područje „ACC Complexity Analyser“ te se na taj se način otvara prozor koji daje nekoliko podataka bitnih za analizu rutnog prometa [4]:

- I. Prosječna udaljenost preleta (*Average Crossing Distance*) je prosječna udaljenost preleta u sektoru po letu izražena u nautičkim miljama
- II. Prosječno vrijeme preleta (*Average Crossing Distance*) je prosječno vrijeme koje je neki zrakoplov proveo unutar sektora mjereno po letu u minutama
- III. Prosječan broj promjena visine (*Average Number Level Changes*) je prosječan broj promjene visine leta za 1000 ft mjereno po letu
- IV. *Vertical Mix* prikazuje postotak letova koji su krstarili, odnosno nisu mijenjali visinu, postotak letova koji su penjali i postotak letova koji su spuštali mjereno po letu.

Primjer prikaza gore navedenih podataka ACC Complexity Analyser-a za zračni prostor LDZOCTA datuma 23.7.2019. prikazan je na slici 11.

The screenshot displays the ACC Complexity Analyser interface for the LDZOCTA airspace on July 23, 2019. The window title is "ACC Complexity Analyser". The main content area is titled "LDZOCTA 23.7.2019." and contains the following data:

Complexity Indicators	
Avg Crossing Distance (NM):	157.2
Avg Crossing Time (min):	21.1
Avg Nb Level Changes (1000 ft):	3.2
Avg Hourly Entries:	107
Entries Number:	2577

Vertical Mix		Traffic Mix	
60	% Cruising	12	% Heavy
17	% Descending	86	% Medium
23	% Climbing	2	% Light

At the bottom, the "Altitude Filter" section shows "Min Altitude" set to 0 and "Max Altitude" set to 999. The "Traffic type" dropdown menu is set to "Actual".

Slika 11. Primjer prikaza podataka ACC Complexity Analyser-a, [4]

4. Obrada podataka o prometu za definirani AIRAC ciklus u 2017. godini

Za obradu i analizu zračnog prometa unutar zračnog prostora Zagreb ACC-a u 2017. godini korišten je AIRAC ciklus 1708 kao referentni ciklus za tu godinu, a podaci tog AIRAC-a prikupljeni su kroz program NEST i odnose se na dane od 20.7.2017. do 16.8.2017.

4.1. Broj letova

Podaci o broju letova koji su ušli u zračni prostor LDZOCTA pod nadležnošću Zagreb ACC-a za AIRAC ciklus 2017. godine prikazani su u tablici 1. tako da je za svaki datum naveden broj letova i njihov ukupan zbroj na dnu tablice.

Tablica 1. Broj letova Zagreb ACC-a za AIRAC 1708

Datum	Broj letova	Datum	Broj letova
20.7.	2097	3.8.	2065
21.7.	2086	4.8.	2192
22.7.	2621	5.8.	2659
23.7.	2313	6.8.	2373
24.7.	2134	7.8.	2109
25.7.	2167	8.8.	2150
26.7.	2178	9.8.	2196
27.7.	2069	10.8.	2117
28.7.	2101	11.8.	2163
29.7.	2684	12.8.	2660
30.7.	2310	13.8.	2262
31.7.	2116	14.8.	2071
1.8.	2154	15.8.	2149
2.8.	2211	16.8.	2160
Ukupan broj letova : 62567			

Izvor: [4]

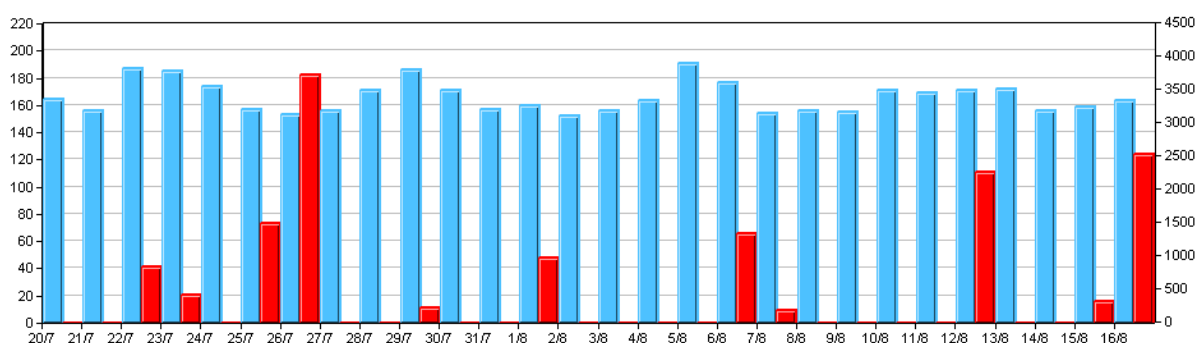
Tablica je napravljena tako da prvi datum u stupcu započinje četvrtkom pa redom dalje dani u tjednu, što znači da polja označena svijetloplavom bojom prikazuju vikende. Analizom tablice može vidjeti da je potrebno naglasiti vikende jer je tada broj letova nešto veći od preostalih dana za definirani period. Dok se kroz ostale dane u tjednu broj letova kreće oko 2100, nedjeljom se on povećava za približno 200 letova, a najznačajniji skok, od otprilike 500

letova, uočava se subotama. Datum s najvećim brojem letova kroz zračni prostor Zagreb ACC-a za definirani AIRAC ciklus u 2017. godini je 29.7. s brojem od 2684 letova dok je 3.8. datum s najmanjim brojem od samo 2065 letova što daje razliku od 619 letova između najvećeg i najmanjeg broja letova.

Ukupan broj letova za AIRAC ciklus 1708 iznosi 62567 leta, a taj podatak korišten je za usporedbu prometa kroz tri godine u daljnjem tekstu u cjelini 7.

4.2. Kašnjenja na ruti

Kašnjenja unutar sektora najčešće nastaju uvođenjem regulacija koje služe za sprječavanje preopterećenja i ovise o broju letova kroz taj sektor jer više letova onda znači više kašnjenja. Podaci o količini kašnjenja i razlozima kašnjenja za AIRAC ciklus 1708 objašnjeni su u nastavku i potkrijepljeni slikama i grafikonima.



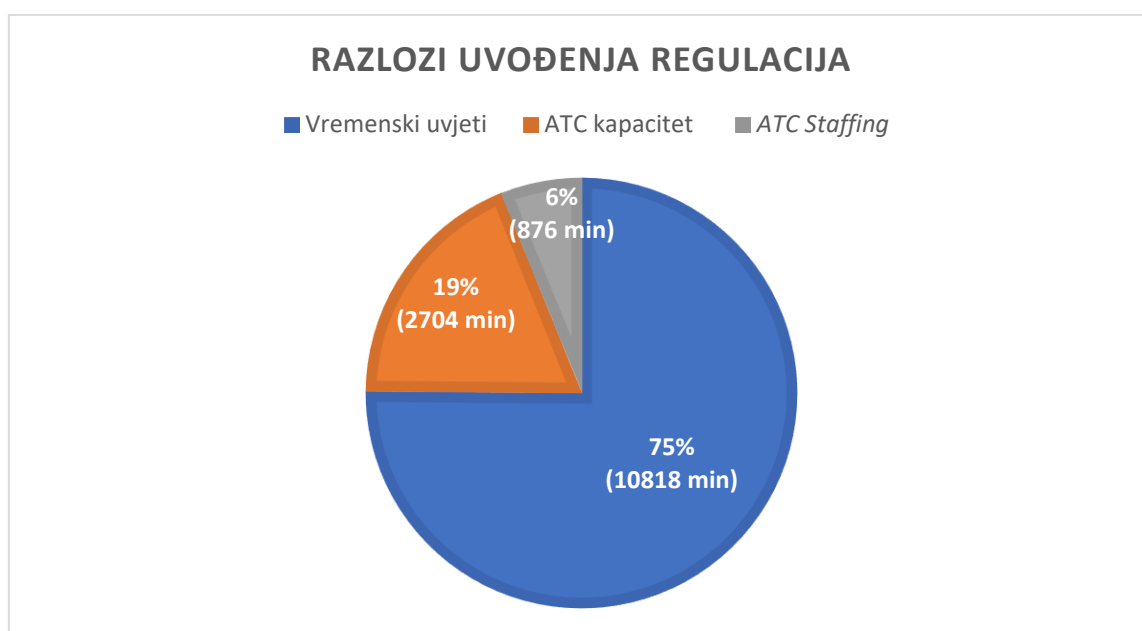
Slika 12. Grafikon kašnjenja i broja letova u satu za AIRAC 1708, [4]

Slika 12. prikazuje grafikon u kojem su crvenom bojom označeni stupci svih kašnjenja za svaki dan AIRAC ciklusa 1708, a količina kašnjenja izražena u minutama može se očitati na desnoj vertikalnoj osi za svaki crveni stupac ili prolaskom kursora miša pri čemu se pojavljuje prozor s informacijom o minutama kašnjenja za svaki dan. Plavom bojom označen je maksimalan broj letova Zagreb ACC-a u jednom satu, a količina se može očitati na lijevoj vertikalnoj osi ili prolaskom kursora miša kao i za kašnjenja.

Iz slike je vidljivo da pojedini dani AIRAC-a 1708 nisu uopće imali kašnjenja, što znači da nisu bile potrebne regulacije, odnosno da nije došlo do preopterećenja te da se mogao savladati sav promet bez kašnjenja. Najviše kašnjenja javlja se tijekom vikenda što se može

povezati s povećanjem broja letova u odnosu na prethodne dane kao što je opisano u prethodnom potpoglavlju, ali postoje odstupanja. Jedno takvo odstupanje vidljivo sa slike 12. je za datum 26.7. gdje kašnjenje iznosi 3738 minuta i ujedno je najveće za cijeli AIRAC ciklus 1708, a ne odnosi se na vikend.

Za detaljnije objašnjenje kašnjenja potrebno je analizirati razloge uvođenja regulacija. Razlozi uvođenja regulacija koje su dovele do kašnjenja prikazani su grafikonom 1. iz kojeg se vidi da su za cijeli period definiranog AIRAC-a postojala tri razloga uvođenja regulacija: vremenski uvjeti, ATC kapacitet i *ATC Staffing*. Najveće kašnjenje, od čak 75% od ukupnog kašnjenja, uzrokovano je nepovoljnim vremenskim uvjetima, a iznosilo je 10818 minuta, zatim slijedi ATC kapacitet koji čini 19% kašnjenja od ukupnog s 2704 minuta kašnjenja i na poslijetku *ATC Staffing* sa samo 6% kašnjenja od 876 minuta.



Grafikon 1. Razlozi uvođenja regulacija AIRAC ciklusa 1708

Izvor: [4]

Ukupno kašnjenje uzrokovano svim navedenim regulacijama za AIRAC ciklus 1708 iznosi 14398 minuta, a taj podatak poslužit će za usporedbu podataka o kašnjenju s 2018. i 2019. godinom u daljnjem tekstu u poglavlju 7.

4.3. Opterećenje po sektorima

Podaci o broju letova kroz određene sektore zračnog prostora Centra oblasne kontrole Zagreb za referentni AIRAC ciklus 2017. godine prikazani su u tablici 2. na način da su dane prosječne dnevne vrijednosti broja letova za svaki sektor navedenog ciklusa.

Tablica 2. Podaci prosječnih vrijednosti opterećenja LDZOCTA po sektorima za AIRAC ciklus 1708

	Elementarni	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>	<i>High</i>	<i>Top</i>
<i>North</i>	982 (LDZON)	186 (LDZOLN)	365 (LDZOUN)	405 (LDZOHN)	260 (LDZOTN)
<i>South</i>	867 (LDZOS)	200 (LDZOLS)	334 (LDZOUS)	372 (LDZOHS)	212 (LDZOTS)
<i>West</i>	1437 (LDZOW)	360 (LDZOLW)	554 (LDZOUW)	589 (LDZOHW)	330 (LDZOTW)

Izvor: [4]

Analizom stupca elementarnih sektora tablice 2. vidljivo je da je najopterećeniji sektor AIRAC ciklusa 1708 bio LDZOW, odnosno *West* sektor s prosječnim dnevnim brojem letova od 1437, slijedi ga LDZON, odnosno *North* sektor s 982 leta, a najmanju opterećenost prema prosječnom dnevnom broju letova od 867 ima LDZOS, odnosno *South* sektor.

Svaki elementarni sektor može se podijeliti na više manjih sektora, a za potrebe analize u ovom radu podijeljeni su visinski na četiri dodatna sektora čije su granice opisane u prethodnim poglavljima ovog rada. Podaci opisanih sektora prikazani su također u tablici 2. iz koje je vidljivo da najviše letova prolazi kroz *High* sektore odnosno, pri čemu je najviše opterećen *High West* sektor (LDZOHW) s prosječno 589 letova dnevno. Prema vrijednostima prosječnih dnevnih brojeva letova *High* sektore slijede *Upper* sektori, a *Upper* sektore slijede *Top* sektori. Najmanje opterećeni sektori su *Lower* sektori, izuzev *Top West* sektora (LDZOTW) za elementarni *West* sektor, a najmanju dnevnu prosječnu vrijednost broja letova ima *Lower North* sektor (LDZOLN) s 186 letova. Bitno je naglasiti da zbroj vrijednosti sektora po visinama ne odgovara broju letova u elementarnim sektorima jer ako je zrakoplov mijenjao visinu na način da je prelazio iz primjerice *Lower* u *Upper* sektor, program NEST će ga računati u oba sektora.

Prosječne vrijednosti opterećenja sektora dobivene su prosjekom stvarnih dnevnih brojeva letova za svaki navedeni sektor, koji su za potrebe ovog rada izvađeni iz referentnog AIRAC-a za 2017. godinu preko programa NEST, a analizom tih stvarnih dnevnih podataka elementarnih sektora dobiva se najveća vrijednost opterećenja od 1779 letova koja se javila na dan 5.8. unutar sektora LDZOW te najmanja vrijednost opterećenja elementarnih sektora koja se javila na dan 27.7. unutar sektora LDZOS i iznosila je 745 letova.

4.4. Pokazatelji rutnog prometa programa NEST za AIRAC 1708

Za analizu rutnog prometa AIRAC ciklusa 1708 korišteni su prethodno definirani pokazatelji dobiveni preko *ACC Complexity Analyser*-a programa NEST. Korištene su prosječne vrijednosti pokazatelja za cijeli ciklus i prosječne vrijednosti za svaki dan ciklusa. Sve vrijednosti odnose se na stvaran promet i prikazane su u tablici 3.

Tablica 3. Prosječne vrijednosti i postoci pokazatelja rutnog prometa AIRAC ciklusa 1708

Datum	Udaljenost [NM]	Vrijeme [min]	Promjena visine	Krstarenje	Spuštanje	Penjanje
20.7.	157,2	21,2	3,5	58%	18%	24%
21.7.	159,7	21,6	3,4	59%	18%	23%
22.7.	156,5	21,1	3,7	55%	19%	26%
23.7.	158,1	21,4	3,4	56%	17%	27%
24.7.	155,1	21,0	3,4	56%	18%	27%
25.7.	155,5	20,7	3,5	58%	18%	24%
26.7.	155,7	20,8	3,4	57%	17%	26%
27.7.	155,5	21,1	3,5	59%	19%	23%
28.7.	159,9	21,8	3,2	61%	18%	22%
29.7.	158,0	21,3	3,7	58%	18%	24%
30.7.	160,0	21,5	3,4	57%	17%	25%
31.7.	161,3	21,8	3,5	59%	18%	24%
1.8.	156,4	21,1	3,5	60%	18%	22%
2.8.	159,6	21,6	3,7	56%	19%	25%
3.8.	159,5	21,4	3,6	58%	18%	24%
4.8.	158,6	21,4	3,3	60%	17%	23%
5.8.	160,1	21,5	3,8	56%	19%	25%
6.8.	158,7	21,4	3,3	57%	17%	26%
7.8.	161,7	21,8	3,3	61%	17%	22%
8.8.	156,8	21,1	3,4	60%	18%	23%
9.8.	160,2	21,6	3,5	59%	18%	24%
10.8.	159,1	21,4	3,6	56%	19%	25%
11.8.	157,8	21,3	3,1	60%	17%	23%
12.8.	158,4	21,4	3,7	55%	19%	26%
13.8.	158,8	21,2	3,4	56%	17%	26%
14.8.	163,0	21,8	3,1	63%	16%	22%
15.8.	161,4	21,6	3,4	60%	16%	24%
16.8.	160,4	21,7	3,4	60%	17%	23%
Prosjek	158,7	21,4	3,5	58%	18%	24%

Izvor: [4]

4.4.1. Prosječna udaljenost preleta

U drugom stupcu tablice 3. prikazani su podaci o prosječnim udaljenostima preleta stvarnog prometa za svaki dan AIRAC ciklusa 1708. Analizom tablice može se vidjeti da se prosječna udaljenost preleta kroz prostor LDZOCTA kreće između 155 NM i 163 NM, pri čemu je najmanje milja prijeđeno 24.7. dok je najviše prijeđeno 14.8. Ako se u obzir uzmu sve vrijednosti, dobiva se prosječna vrijednost cijelog AIRAC ciklusa koja iznosi 158,7 NM i prikazana je na samom dnu tablice. To je referentna vrijednost cijelog ciklusa koja će biti korištena kasnije za usporedbu s ostalim ciklusima za 2018. i 2019. godinu.

4.4.2. Prosječno vrijeme preleta

Prosječno vrijeme u minutama koje je potrebno da zrakoplov preleti prostor LDZOCTA, odnosno prosječne udaljenosti prethodno objašnjene, prikazano je u trećem stupcu tablice 3. U tablici se može vidjeti da zrakoplovi prosječno tijekom jednog ciklusa provedu 21,4 minute unutar prostora. Najmanje vrijeme preleta AIRAC-a 1708, a ujedno i najbrže, iznosilo je 20,7 minuta datuma 25.7. dok se najveće vrijednosti, odnosno najsporije vrijeme preleta, odnosi na više dana ciklusa, a iznosi 21,8 minuta.

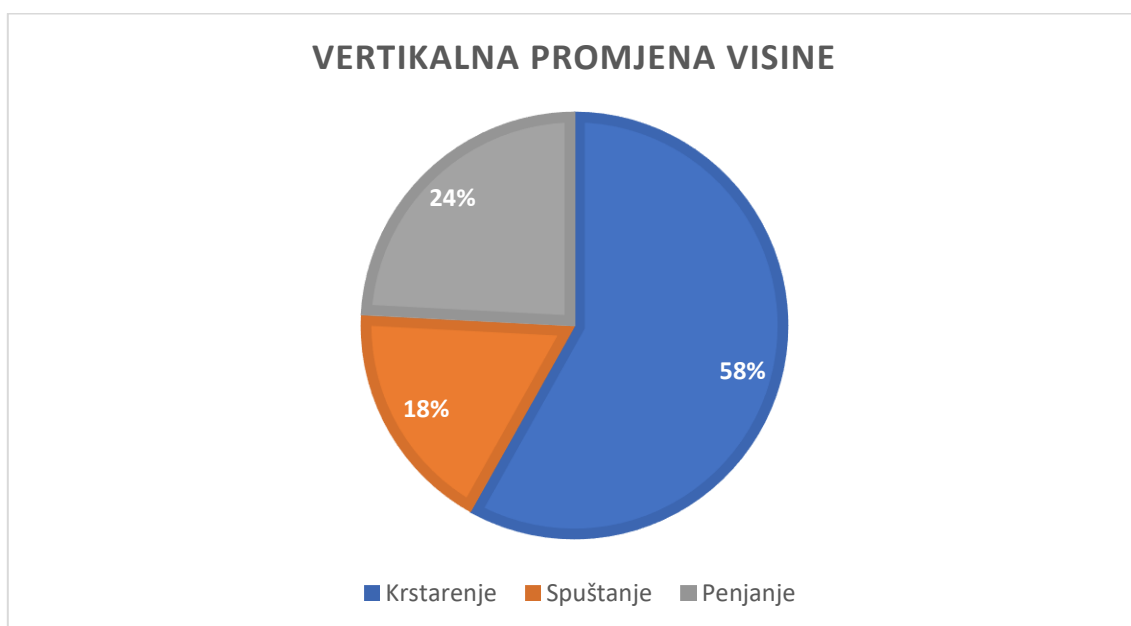
4.4.3. Prosječan broj promjena visine

Promjena visine leta unutar prostora LDZOCTA za 1000 ft mjerena po letu, preko koje je dobivena prosječna vrijednost letova za svaki dan referentnog ciklusa u 2017. godini, prikazana je u četvrtom stupcu tablice 3. Najveći broj promjene visine leta iznosi 3,8 za datum 5.8. dok najmanji broj iznosi 3,1 za datum 11.8., a ukupan prosjek za cijeli ciklus iznosi 3,5. Ti podaci su bitni za postotak vrijednosti krstarenja, penjanja ili spuštanja jer promjena visine ima direktan utjecaj na njih.

4.4.4. Vertical Mix

U tablici 3. u zadnja tri stupca prikazani su podaci vezani uz vertikalnu promjenu visine. Usporedbom tih podataka može se zaključiti da je najveći postotak letova kroz prostor LDZOCTA za referentni ciklus u 2017. godini bio u krstarenju, odnosno nije mijenjao visinu leta, nakon toga slijedi penjanje sa znatno manjim postotkom, ali većim od spuštanja koji ima najmanji postotak. Ti podaci su uzajamno povezani pa tamo gdje je najveći postotak krstarenja najmanji je postotak spuštanja ili penjanja i obrnuto.

Uzimajući u obzir sve dnevne postotke triju vrijednosti, za svaku se može dobiti prosječan postotak za čitav ciklus 1708 što je prikazano grafikonom 2. Iz grafikona se može pročitati da je najveći postotak letova kroz prostor bio bez promjene visine, odnosno u krstarenju i da on nosi postotak od 58%. Najmanji postotak letova bio je u spuštanju i on iznosi 18%, dok je u penjanju bilo 24% letova za referentni AIRAC 1708.



Grafikon 2. Prosječni postoci vertikalnih promjena visine AIRAC ciklusa 1708

Izvor: [4]

5. Obrada podataka o prometu za definirani AIRAC ciklus u 2018. godini

AIRAC ciklus 1808 referentni je ciklus za analizu i obradu podataka zračnog prometa unutar zračnog prostora Zagreb ACC za 2018. godinu u ovom radu, a podaci ciklusa se odnose na dane od 19.7. do 15.8.

5.1. Broj letova

U tablici 4. prikazani su podaci o broju letova AIRAC ciklusa 1808 za zračni prostor Zagreb ACC-a. Broj letova dan je za svaki datum navedenog ciklusa te je na dnu tablice prikazan zbroj svih letova koji se uzima kao referentni za 2018. godinu u ovom radu.

Tablica 4. Broj letova Zagreb ACC-a za AIRAC 1808

Datum	Broj letova	Datum	Broj letova
19.7.	2334	2.8.	2256
20.7.	2355	3.8.	2377
21.7.	2839	4.8.	2843
22.7.	2683	5.8.	2536
23.7.	2356	6.8.	2325
24.7.	2416	7.8.	2398
25.7.	2360	8.8.	2397
26.7.	2341	9.8.	2303
27.7.	2393	10.8.	2394
28.7.	2728	11.8.	2816
29.7.	2517	12.8.	2513
30.7.	2377	13.8.	2218
31.7.	2342	14.8.	2364
1.8.	2454	15.8.	2395
Ukupan broj letova: 68630			

Izvor: [4]

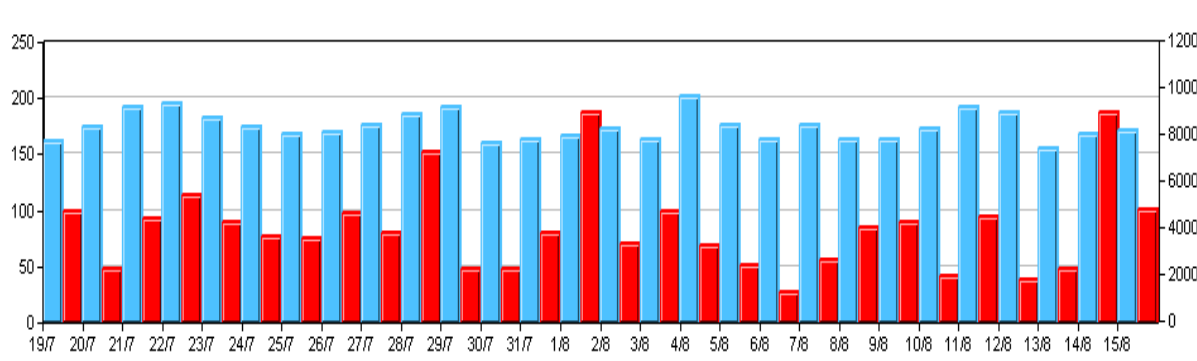
U tablici 4. su svijetloplavom bojom označeni vikendi, a sama tablica je raspoređena tako da započinje datumom koji pada u četvrtak. Broj letova kroz dane u tjednu, bez uzimanja vrijednosti vezane za vikend, kreće se oko 2350, nedjeljom se taj broj povećava za oko 200 letova, a najveći rast može se vidjeti subotama kada broj letova raste za približno 500 letova u odnosu na ostale dane u tjednu.

Za definirani AIRAC ciklus 1808 kroz zračni prostor pod nadležnošću Zagreb ACC-a na datum 4.8. preletjelo je najviše letova s brojem od 2843, što pada na subotu i dodatno potvrđuje veći broj zrakoplova u odnosu na preostale dane u tjednu. Najmanji broj letova kroz isti prostor i za isti ciklus iznosi 2218 letova, a javio se na datum 13.8. što uzrokuje razliku od 625 leta između najprometnijeg i najmanje prometnog dana.

Referentni broj letova za 2018. godinu dobiven preko AIRAC ciklusa 1808 iznosi 68630 i korišten je za daljnju analizu prometa s ostalim referentnim godinama ovog rada u kasnijem tekstu.

5.2. Kašnjenja na ruti

Za analizu kašnjenja na ruti AIRAC ciklusa 1808 korišten je graf „ACC All Dates Overview” iz programa NEST prikazan na slici 13. Podaci o količini kašnjenja i razlozima kašnjenja objašnjeni su u nastavku.

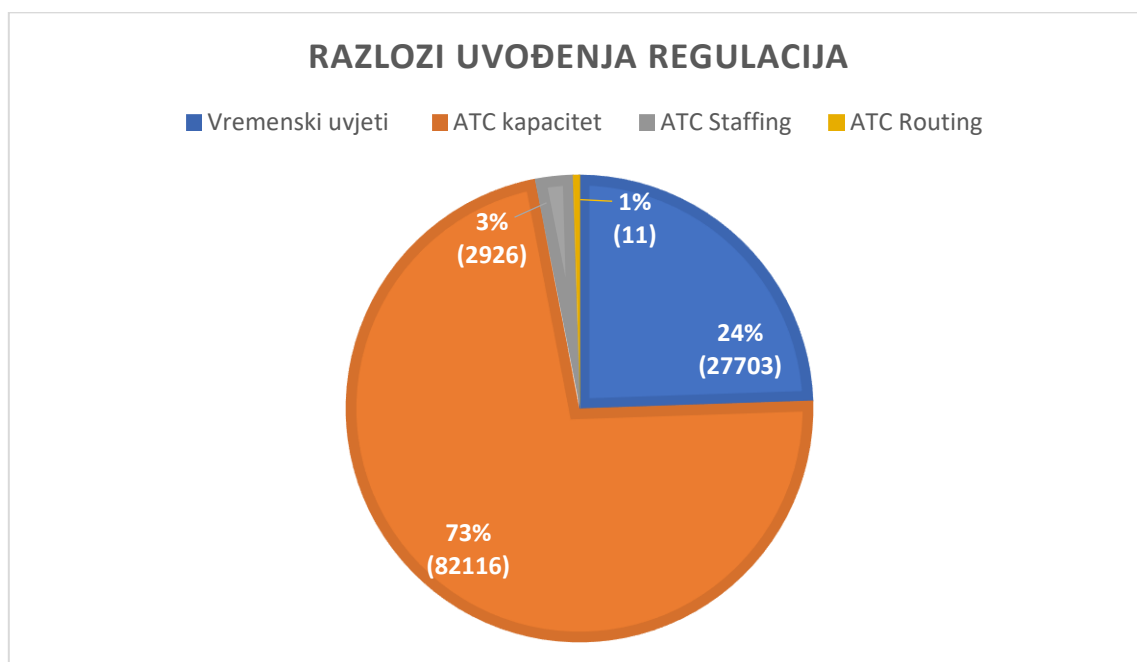


Slika 13. Grafikon kašnjenja i broja letova u satu za AIRAC 1808, [4]

Na grafikonu slike 13. prikazani su podaci svih kašnjenja za sve dane AIRAC ciklusa 1808 stupcima crvene boje, dok su stupcima plave boje označeni maksimalni brojevi letova u jednom satu unutar Zagreb ACC-a za svaki dan. Desna skala grafikona prikazuje količinu kašnjenja izraženu u minutama, lijeva skala prikazuje maksimalni broj letova u jednom satu, a preciznije određivanje tih vrijednosti može se očitati tako da se kursorom miša prijeđe preko stupaca iz kojih se žele pročitati podaci.

Iz slike 13. vidljivo je da svi dani AIRAC-a 1808 imaju kašnjenja što znači da su bile uvedene regulacije kako bi se svladao sav promet i spriječilo preopterećenje. Najveće dnevno kašnjenje od 9017 minuta javilo se na datum 2.8. što je vidljivo iz grafikona. Osim tog kašnjenja još su dva dana koja odstupaju od ostalih dana ciklusa po količini kašnjenja: kašnjenje na datum 14.8. od 8988 minuta i kašnjenje na datum 28.7 od 7273 minuta. Još jedno odstupanje u odnosu na ostale dane je na datum 6.8. gdje je iz grafikona vidljivo da je bilo prouzrokovano najmanje kašnjenja koje iznosi 1334 minuta.

Grafikon 3. prikazuje razloge uvođenja regulacija za AIRAC ciklus 1808 koje služe za detaljnije objašnjenje kašnjenja. Vidljivo je da su četiri razloga uvođenja regulacija: vremenski uvjeti, ATC kapacitet, *ATC Staffing* i *ATC Routing*. 73% u odnosu na ukupno kašnjenje otpada na ATC kapacitet i uzrokuje najveće kašnjenje za referentni period 2018. godine od 82116 minuta, slijedi ga kašnjenje od 27703 minuta koje čini 24% ukupnog kašnjenja, a uzrokovano je nepovoljnim vremenskim uvjetima pa kašnjenje uzrokovano *ATC Staffing*-om od 2926 minuta što čini 3% ukupnog kašnjenja i na kraju kašnjenje od samo 11 minuta koje se pripisuje *ATC Routing*-u i daje postotak manji od 1.



Grafikon 3. Razlozi uvođenja regulacija AIRAC ciklusa 1808
Izvor: [4]

Ukupne minute kašnjenja za referentni ciklus 2018. godine iznose 112756 minuta.

5.3. Opterećenje po sektorima

U tablici 5. prikazani su podaci o broju letova kroz određene sektore AIRAC ciklusa 1808 za zračni prostor Zagreb ACC-a. Prikazani podaci temelje se na prosječnim dnevnim vrijednostima broja letova za cijeli ciklus.

Tablica 5. Podaci prosječnih vrijednosti opterećenja LDZOCTA po sektorima za AIRAC ciklus 1808

	Elementarni	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>	<i>High</i>	<i>Top</i>
<i>North</i>	1141 (LDZON)	199 (LDZOLN)	426 (LDZOUN)	470 (LDZOHN)	302 (LDZOTN)
<i>South</i>	946 (LDZOS)	224 (LDZOLS)	356 (LDZOUS)	411 (LDZOHS)	238 (LDZOTS)
<i>West</i>	1529 (LDZOW)	269 (LDZOLW)	569 (LDZOUW)	632 (LDZOHW)	366 (LDZOTW)

Izvor: [4]

Prvi stupac s podacima tablice 5. prikazuje prosječne dnevne vrijednosti elementarnih sektora referentnog ciklusa za 2018. godinu iz koje se može iščitati da je najopterećeniji sektor bio *West* sektor (LDZOW) s prosječnim dnevnim brojem letova od 1529, slijedi ga *North* sektor (LDZON) s 1141 letova, a najmanji prosječan dnevni broj letova od 946 ima *South* sektor (LDZOS).

U tablici 5. prikazani su i podaci sektora koji se dobivaju vertikalnom podjelom elementarnih sektora. Četiri su dodatna sektora za svaki elementarni sektor dobivena spomenutom vertikalnom podjelom po visinama. Stoga je preko podataka vidljivo da je najopterećeniji sektor *High* za sva tri elementarna sektora, a najveće opterećenje javlja se unutar *High West* sektora (LDZOHW) i iznosi 632 prosječnih dnevnih letova. Nadalje, *High* sektore, prema vrijednostima prosječnih dnevnih brojeva letova, slijede *Upper* sektori, a *Upper* sektore slijede *Top* sektori. Najmanje opterećenje javlja se kod *Lower* sektora, a najmanja dnevna prosječna vrijednost broja letova iznosi 199 unutar *Lower North* sektora (LDZOLN). U slučaju da zrakoplov mijenja visinu leta tako da prelazi iz sektora u sektor, primjerice da penje iz *High* u *Top* sektor, NEST program će prilikom računanja broja letova računati taj let u oba sektora što dovodi do nepodudaranja prilikom zbroja.

Za potrebe ovog rada napravljena je dnevna analiza stvarnih podataka sektora iz koje su dobivene prosječne vrijednosti tablice 5. te je iz tih podataka dobivena najveća vrijednost opterećenja elementarnih sektora od 1861 koja se javila na dan 11.8. unutar sektora LDZOW te najmanja vrijednost opterećenja elementarnih sektora na dan 20.7. unutar sektora LDZOS koja je iznosila 840 letova.

5.4. Pokazatelji rutnog prometa programa NEST za AIRAC 1808

Pokazatelji rutnog prometa programa NEST za referentni period 2018. godine prikazani su u tablici 6. kao prosječne vrijednosti i postoci stvarnog prometa za svaki dan ciklusa. Detaljnije objašnjenje pokazatelja i podataka iz tablice slijedi u daljnjem tekstu ispod tablice.

Tablica 6. Prosječne vrijednosti i postoci pokazatelja rutnog prometa AIRAC ciklusa 1808

Datum	Udaljenost [NM]	Vrijeme [min]	Promjena visine	Krstarenje	Spuštanje	Penjanje
19.7.	156,6	21,0	3,5	59%	17%	24%
20.7.	155,2	20,9	3,2	56%	18%	26%
21.7.	157,3	21,2	3,6	55%	18%	27%
22.7.	155,1	21,0	3,3	57%	17%	27%
23.7.	157,0	21,3	3,3	59%	17%	24%
24.7.	156,0	20,9	3,3	60%	17%	23%
25.7.	159,2	21,5	3,4	59%	17%	23%
26.7.	157,3	21,2	3,6	57%	18%	25%
27.7.	155,5	20,9	3,1	57%	18%	25%
28.7.	154,8	20,9	3,7	54%	19%	27%
29.7.	156,7	21,2	3,3	59%	16%	25%
30.7.	155,9	21,0	3,3	60%	17%	23%
31.7.	157,5	21,2	3,5	58%	17%	24%
1.8.	153,8	20,7	3,4	58%	17%	25%
2.8.	155,8	21,1	3,7	54%	19%	27%
3.8.	158,6	21,5	3,3	59%	17%	24%
4.8.	153,8	20,7	3,4	58%	18%	24%
5.8.	159,2	21,5	3,2	60%	17%	23%
6.8.	159,2	21,5	3,3	60%	17%	22%
7.8.	158,7	21,5	3,5	58%	18%	24%
8.8.	158,2	21,4	3,5	58%	18%	25%
9.8.	157,6	21,2	3,6	58%	19%	24%
10.8.	160,2	21,5	3,2	58%	17%	25%
11.8.	159,5	21,7	3,8	53%	20%	27%
12.8.	159,9	21,6	3,3	59%	17%	24%
13.8.	160,6	21,7	3,1	61%	17%	22%
14.8.	151,3	20,6	3,3	57%	17%	26%
15.8.	158,4	21,4	3,2	61%	17%	23%
Prosjek	157,1	21,2	3,4	58%	18%	25%

Izvor: [4]

5.4.1. Prosječna udaljenost preleta

Vrijednosti dnevnih prosječnih udaljenosti preleta kroz prostor Zagreb ACC za AIRAC 1808 prikazani su u drugom stupcu tablice 6. Pregledom podataka iz tablice može se iščitati raspon prosječnih udaljenosti preleta kroz spomenuti prostor koji se kreće od oko 151 NM do oko 160 NM, gdje je najviše milja prijeđeno na datum 14.8., a najmanje na datum 24.7. Prosječna vrijednost udaljenosti svih preleta za definirani AIRAC prikazana je na dnu tablice i iznosi 157,1 NM i korištena je u poglavlju 7.

5.4.2. Prosječno vrijeme preleta

Prosječno vrijeme preleta kroz zračni prostor LDZOCTA prikazano je u minutama u trećem stupcu tablice 6. Prosječno vrijeme tijekom kojeg su zrakoplovi bili u preletu unutar spomenutog zračnog prostora za referentni period iznosi 21,2 minute, najbrže vrijeme, odnosno najmanje minuta iznosi 20,6 minuta i javlja se u više dana, dok najduže vrijeme preleta traje 21,7 minuta te se također odnosi na više dana definiranog ciklusa.

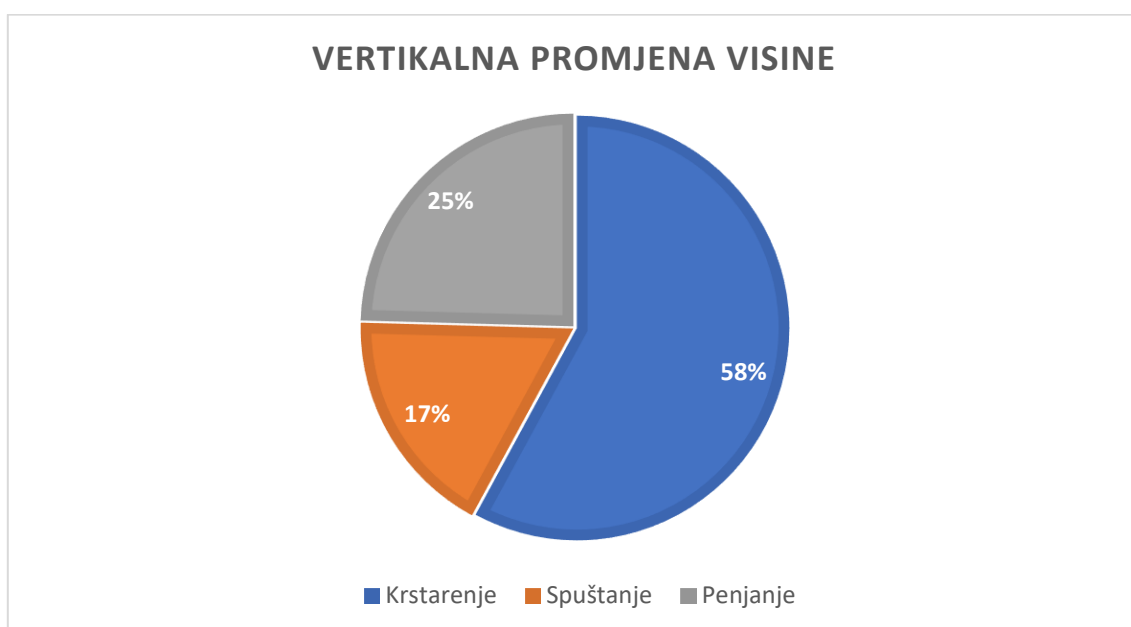
5.4.3. Prosječan broj promjena visine

Prosječan broj promjena visine odnosi se na promjenu visine od 1000 ft za dane AIRAC ciklusa 1808., a podaci su prikazani u tablici 6. u četvrtom stupcu. Iz tablice je vidljivo da je najviše promjena visine bilo datuma 11.8. i da je prosječan broj iznosio 3,8. Suprotno tome najmanje promjena visine bilo je na datume 27.7 i 13.8. i broj je iznosio 3,1. Ukupan prosječan broj promjena visina referentnog ciklusa za 2018. godinu iznosi 3,4 te je dobiven na način da se u obzir uzimaju svi dani navedenog ciklusa.

5.4.4. Vertical Mix

Direktnu povezanost s brojem prosječnih promjena visina imaju podaci o krstarenju, spuštanju i penjanju koji se u tablici 6. nalaze u zadnja tri stupca. Analizom postotaka tih podataka može se zaključiti da je za referentni AIRAC 1808 najveći postotak letova bio bez promjene visine, odnosno da je kroz prostor LDZOCTA najviše letova bilo u krstarenju, zatim slijedi postotak letova u penjanju te onda na kraju postotak letova u spuštanju.

Ukupan postotak za čitav referentni period 2018. može se dobiti za svaku od navedene tri vrijednosti na način da se iz dnevnih vrijednosti izračuna ukupna prosječna, a podaci o tim vrijednostima prikazani su grafikonom 4.



Grafikon 4. Prosječni postoci vertikalnih promjena visine AIRAC ciklusa 1808

Izvor: [4]

Iz grafikona 4. se može iščitati najveći postotak letova kroz prostor bez promjene visine, odnosno postotak letova u krstarenju od 58%, najmanji postotak letova od 17% u spuštanju i postotak letova u penjanju od 25% referentnog AIRAC ciklusa 1808.

6. Obrada podataka o prometu za definirani AIRAC ciklus u 2019. godini

Obrada podataka za 2019. godinu za potrebe ovog rada, kao i analiza istih, temelji se na AIRAC ciklusu 1908 i zračnom prostoru LDZOCTA pod nadležnošću Zagreb ACC-a. AIRAC ciklus 1908 odnosi se na datume od 18.7. do 14.8.

6.1. Broj letova

Tablica 7. prikazuje broj letova za AIRAC 1908 zračnog prostora koji se nalazi pod nadležnošću Zagreb ACC-a. Za svaki datum referentnog AIRAC-a dani su podaci o broju letova, a na dnu iste tablice proračunat je i prikazan ukupan broj letova za navedeni AIRAC.

Tablica 7. Broj letova Zagreb ACC-a za AIRAC 1908

Datum	Broj letova	Datum	Broj letova
18.7.	2493	1.8.	2622
19.7.	2725	2.8.	2586
20.7.	2986	3.8.	3073
21.7.	2801	4.8.	2786
22.7.	2569	5.8.	2623
23.7.	2577	6.8.	2652
24.7.	2678	7.8.	2685
25.7.	2559	8.8.	2607
26.7.	2587	9.8.	2658
27.7.	3067	10.8.	3105
28.7.	2765	11.8.	2854
29.7.	2589	12.8.	2526
30.7.	2681	13.8.	2665
31.7.	2716	14.8.	2594
Ukupan broj letova: 75829			

Izvor: [4]

Tablica 7. sadrži podatke o datumima AIRAC ciklusa 1908 koji su raspoređeni tako da svaki stupac započinje četvrtkom, a svaki datum koji obilježava dan vikenda označen je svijetloplavom bojom. Također za svaki od njih prikazan je i podatak o broju letova. Pregledom tablice može se uočiti da upravo obojani datumima, osobito subote, daju nešto veći broj

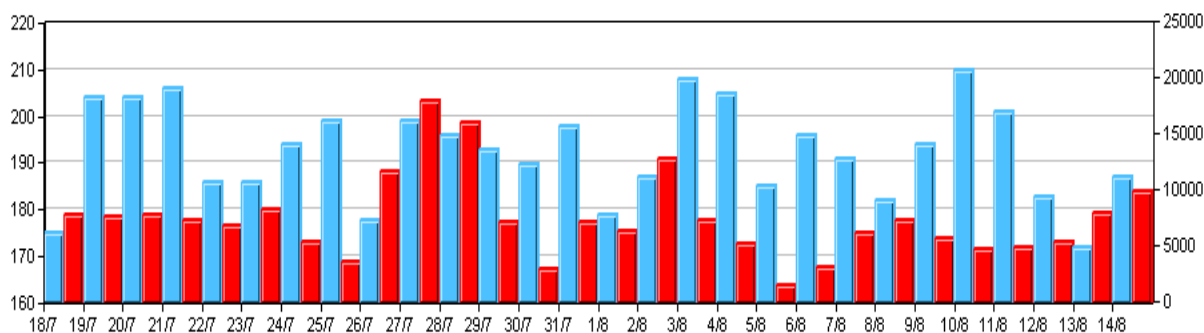
zrakoplova u odnosu na ostale dane. Broj letova za radne dane tjedna iznosi oko 2550 letova, a vikendom se taj broj povećava za oko 250 letova nedjeljama i za oko 400 letova subotama.

Najveći broj letova AIRAC ciklusa 1908 iznosi 3105 letova i javlja se na datum 10.8. dok najmanji broj letova za isti AIRAC iznosi 2493 i javlja se na datum 18.7. Usporedbom najvećeg i najmanjeg broja leta referentnog AIRAC-a dobiva se razlika od 612 letova.

Na samom dnu tablice 7. prikazan je broj 75829 koji prikazuje ukupan broj letova AIRAC ciklusa 1908 i uzima se kao referentna vrijednost za cijelu 2019. godinu u svrhu ovog rada za daljnju usporedbu podataka po godinama.

6.2. Kašnjenja na ruti

Podaci o kašnjenju i razlozima kašnjenja referentni za 2019. godinu, dobiveni su preko AIRAC ciklusa 1908. Analiza podataka napravljena je prema slikama i grafikonima priloženim u nastavku teksta.

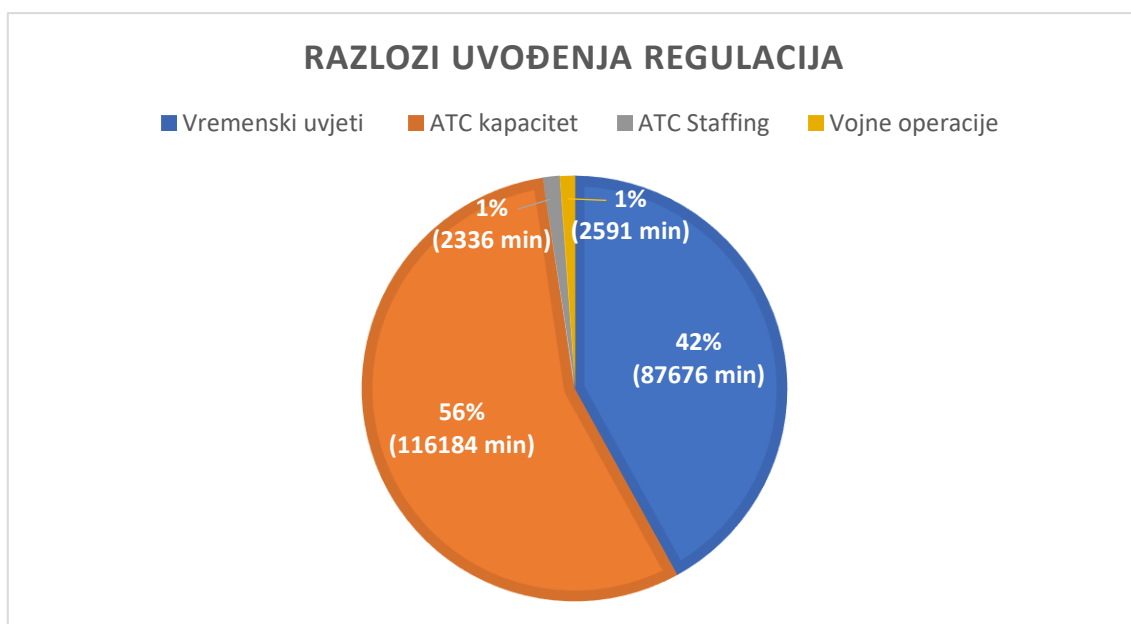


Slika 14. Grafikon kašnjenja i broja letova u satu za AIRAC 1908, [4]

Slika 14. prikazuje podatke o svim kašnjenjima i maksimalnom broju letova u satu unutar Zagreb ACC-a za svaki dan AIRAC ciklusa 1908. Podaci su prikazani pomoću stupčastog grafikona crvene i plave boje gdje crvena prikazuje kašnjenja te se njezine vrijednosti očitavaju na desnoj skali grafikona, a plava boja prikazuje broj letova i njezine vrijednosti se očitavaju na lijevoj strani prikazanog grafikona. Za određivanje preciznih vrijednosti pojedinog stupa, odnosno dana ciklusa, potrebno je kursorom miša proći stup iz kojeg se žele iščitati podaci.

Za sve dane AIRAC ciklusa 1908 postojala su kašnjenja koja su se kretala od oko 1500 minuta do čak 18000 minuta, što je vidljivo na grafikonu slike 14. Najmanje kašnjenja bilo je na dan 5.8. i iznosilo je 1544 minute, a najveće kašnjenje javilo se na dan 27.7. s kašnjenjem od 18017 minuta. Izuzev kašnjenja od 16159 minuta koje se javilo dana 28.7. sva ostala kašnjenja definiranog AIRAC-a nisu prelazila 12000 minuta.

Razlozi uvođenja regulacija, koje doprinose pojavi kašnjenja, za AIRAC ciklus 1908 prikazani su postocima u grafikonu 5. Četiri su razloga uvođenja regulacija: vremenski uvjeti, ATC kapacitet, *ATC Staffing* i vojne operacije. Vidljivo je da najveće kašnjenje stvara regulacija ATC kapaciteta koji čini 56% ukupnog kašnjenja AIRAC-a 1908, a iznosi 116184 minute. Drugo najveće kašnjenje izazvano je nepovoljnim vremenskim uvjetima i čini 42% ukupnog kašnjenja te je izazvalo kašnjenje od 87676 minuta. Najmanja kašnjenja stvaraju regulacije *ATC Staffing*-a i vojnih operacija koje čine oko 1% ukupnog kašnjenja, gdje *ATC Staffing* uzrokuje kašnjenje od 2591 minuta, a vojne operacije kašnjenje od 2336 minuta.



Grafikon 5. Razlozi uvođenja regulacija AIRAC ciklusa 1908

Izvor: [4]

Ukupno kašnjenje koje je referentno za 2019. godinu, a dobiveno preko AIRAC ciklusa 1908 iznosi 208787 minuta.

6.3. Opterećenje po sektorima

Tablica 8. prikazuje podatke o prosječnom dnevnom broju letova kroz određene sektore AIRAC ciklusa 1908 za zračni prostor Zagreb ACC-a. Prikazani podaci odnose se na stvarni IFR GAT promet, a dobiveni su preko programa NEST.

Tablica 8. Podaci prosječnih vrijednosti opterećenja LDZOCTA po sektorima za AIRAC ciklus 1908

	Elementarni	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>	<i>High</i>	<i>Top</i>
<i>North</i>	1275 (LDZON)	245 (LDZOLN)	513 LDZOUN)	542 (LDZOHN)	334 (LDZOTN)
<i>South</i>	988 (LDZOS)	226 (LDZOLS)	384 (LDZOUS)	425 (LDZOHS)	253 (LDZOTS)
<i>West</i>	1599 (LDZOW)	369 (LDZOLW)	589 (LDZOUW)	654 (LDZOHW)	403 LDZOTW)

Izvor: [4]

Iz tablice 8. vidljive su prosječne dnevne vrijednosti elementarnih sektora referentnog ciklusa za 2019. godinu iz kojih se može iščitati najopterećeniji sektor koji je u ovom slučaju *West* sektor (LDZOW) s prosječnim dnevnom brojem letova od 1599. *North* sektor (LDZON) s 1275 letova slijedi *West* sektor (LDZOW), a *South* sektor (LDZOS) je sektor s najmanjim prosječnim dnevnom brojem letova od 988.

U tablici su vidljivi i podaci o prosječnom dnevnom broju letova četiri sektora dobivenih podjelom elementarnih po visinama. Najopterećeniji sektor te podjele s prosječnim brojem dnevnih letova je *High* sektor za sva tri elementarna sektora, a najveće opterećenje javlja se unutar *High West* sektora (LDZOHW) i iznosi 654 prosječnih dnevnih letova. Po opterećenju *High* sektore elementarnih sektora slijede *Upper* sektori dok *Upper* sektore onda slijede *Top* sektori. Najmanje opterećenje vidljivo je kod *Lower* sektora, a najmanja dnevna prosječna vrijednost broja letova iznosi 254 unutar *Lower North* sektora (LDZOLN). Kao i kod prethodnih AIRAC ciklusa i u ovom se mora uzeti u obzir da zbroj vrijednosti sektora dobivenih podjelom po visinama nije jednak ukupnoj vrijednosti elementarnih sektora zbog promjena visine letova prilikom kojih NEST program računa jedan let u više sektora.

Analiza stvarnih dnevnih podataka sektora AIRAC ciklusa 1908, koji su dobiveni programom NEST te korišteni za dobivanje prosječnih vrijednosti u ovom radu, daje podatke o najvećem opterećenju elementarnih sektora od 1928 na dan 10.8. unutar sektora LDZOW te vrijednost najmanjeg opterećenja elementarnih sektora na dan 29.7. unutar sektora LDZOS koja je iznosila 902 letova.

6.4. Pokazatelji rutnog prometa programa NEST za AIRAC 1908

Pokazatelji rutnog prometa programa NEST, referentni za 2019. godinu, dobiveni su preko *ACC Complexity Analyser*-a i AIRAC ciklusa 1908 te su izraženi kao prosječne vrijednosti. Za analizu su korištena četiri pokazatelja koja su prethodno definirana, a podaci se odnose na stvaran promet i prikazani su u tablici 9.

Tablica 9. Prosječne vrijednosti i postoci pokazatelja rutnog prometa AIRAC ciklusa 1908

Datum	Udaljenost [NM]	Vrijeme [min]	Promjena visine	Krstarenje	Spuštanje	Penjanje
18.7.	154,0	21,0	3,3	59%	17%	24%
19.7.	156,7	21,3	2,9	61%	17%	21%
20.7.	155,1	21,0	3,7	58%	19%	23%
21.7.	157,2	21,3	3,3	57%	17%	25%
22.7.	156,9	21,4	3,2	58%	18%	24%
23.7.	157,2	21,1	3,2	60%	17%	23%
24.7.	157,1	21,1	3,2	61%	17%	23%
25.7.	155,3	20,9	3,3	60%	17%	23%
26.7.	157,2	21,2	3,1	58%	17%	25%
27.7.	151,3	20,3	3,6	53%	20%	27%
28.7.	152,9	20,6	3,4	53%	20%	26%
29.7.	153,9	20,6	3,0	60%	18%	22%
30.7.	154,0	20,6	3,2	60%	17%	23%
31.7.	154,2	20,7	3,3	57%	17%	26%
1.8.	154,4	20,9	3,2	59%	17%	24%
2.8.	157,2	21,5	3,3	54%	18%	28%
3.8.	154,2	20,9	3,6	57%	18%	25%
4.8.	155,7	21,1	3,3	60%	17%	23%
5.8.	154,5	21,1	3,1	61%	16%	23%
6.8.	154,8	21,0	3,0	61%	16%	23%
7.8.	154,4	20,9	3,2	59%	18%	23%
8.8.	156,2	21,2	3,4	57%	18%	26%
9.8.	156,7	21,3	3,0	62%	16%	22%
10.8.	155,7	20,9	3,5	58%	18%	25%
11.8.	156,4	21,0	3,2	61%	16%	23%
12.8.	155,6	20,9	2,9	63%	16%	22%
13.8.	152,2	20,5	2,9	59%	16%	25%
14.8.	152,9	20,6	3,1	58%	17%	25%
Prosjek	155,1	21,0	3,2	59%	17%	24%

Izvor: [4]

6.4.1. Prosječna udaljenost preleta

U stupcu „*Udaljenost [NM]*“ tablice 9. prikazane su prosječne udaljenosti svih preleta zračnog prostora pod nadležnošću Zagreb ACC-a za sve dane AIRAC ciklusa 1908. Iz tih podataka vidljivo je da se vrijednosti prosječnih udaljenosti preleta zračnog prostora LDZOCTA za definirani ciklus kreću između 151 NM i 157 NM te da se najmanja prosječna udaljenost preleta javila na dan 27.7. i iznosila je 151,3 NM dok je najveća prosječna udaljenost preleta iznosila 157,2 NM, a javila se kroz više dana. Za lakšu usporedbu podataka po godinama, na dnu tablice izračunata je prosječna vrijednost od 155,1 NM.

6.4.2. Prosječno vrijeme preleta

U trećem stupcu tablice 9. su prikazani podaci prosječnih vremena preleta kroz zračni prostor LDZOCTA izraženi u minutama te se odnose na sve dane AIRAC ciklusa 1908. Prosječno vrijeme preleta za sve letove unutar zračnog prostora LDZOCTA za referentni ciklus 2019. godine iznosi 21 minutu i prikazano je na dnu tablice. Najbrže vrijeme preleta javilo se na dan 27.7. i iznosilo je 20,3 minute, a najsporije vrijeme preleta koje je iznosilo 21,5 minuta na dan 2.8.

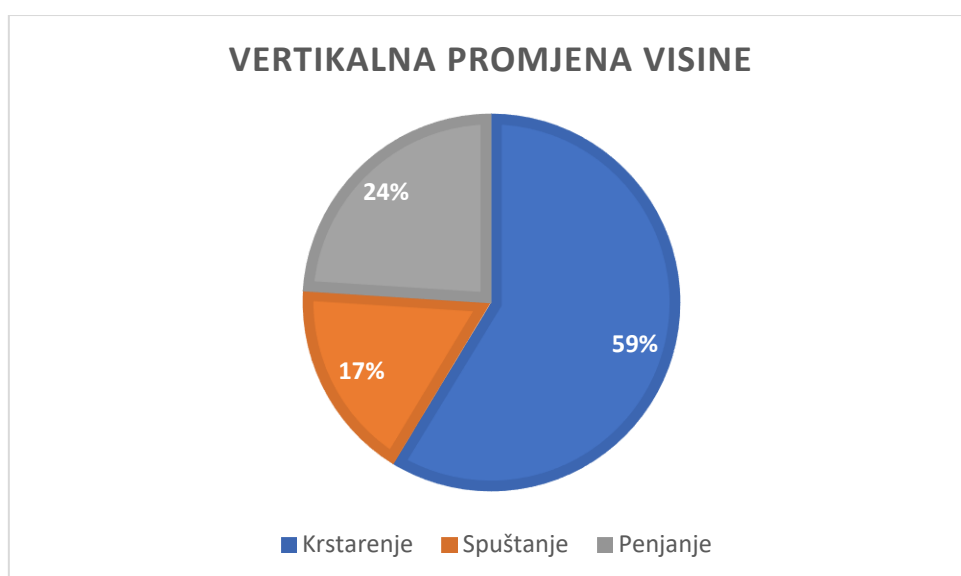
6.4.3. Prosječan broj promjena visine

Podaci prosječnog broja promjena visina za 1000 ft unutar prostora LDZOCTA AIRAC ciklusa 1908 prikazani su u četvrtom stupcu tablice 9. Vidljivo je da je najmanje promjena visina bilo potrebno na dan 12.8. i 13.8. te da je prosječan broj promjena za te dane iznosio 2,9 dok je najviše promjena visina bilo potrebno na dan 20.7. i da je prosječan broj tada iznosio čak 3,7. Ako se u obzir uzmu sve prosječne promjene visine referentnog AIRAC-a 1908 dobiva se prosječna vrijednost za cijeli ciklus koja iznosi 3,2.

6.4.4. Vertical Mix

Vertikalna promjena visine izražena je krstarenjem, spuštanjem i penjanjem, a podaci za AIRAC ciklus 1908 prikazani su u zadnja tri stupca tablice 9. Analizom tablice vidljivo je da je najviše letova bilo bez promjene visine, odnosno da su bili u krstarenju, skoro upola manje letova je bilo u penjanju, a samo mali postotak letova je bio u spuštanju.

Prosječni postoci krstarenja, spuštanja i penjanja za čitav AIRAC ciklus 1908 prikazani su grafikonom 6. iz kojeg se može vidjeti da je čak 59% letova bilo u krstarenju, dok je u penjanju bilo 24%, a u spuštanju samo 17% letova.



Grafikon 6. Prosječni postoci vertikalnih promjena visine AIRAC ciklusa 1908

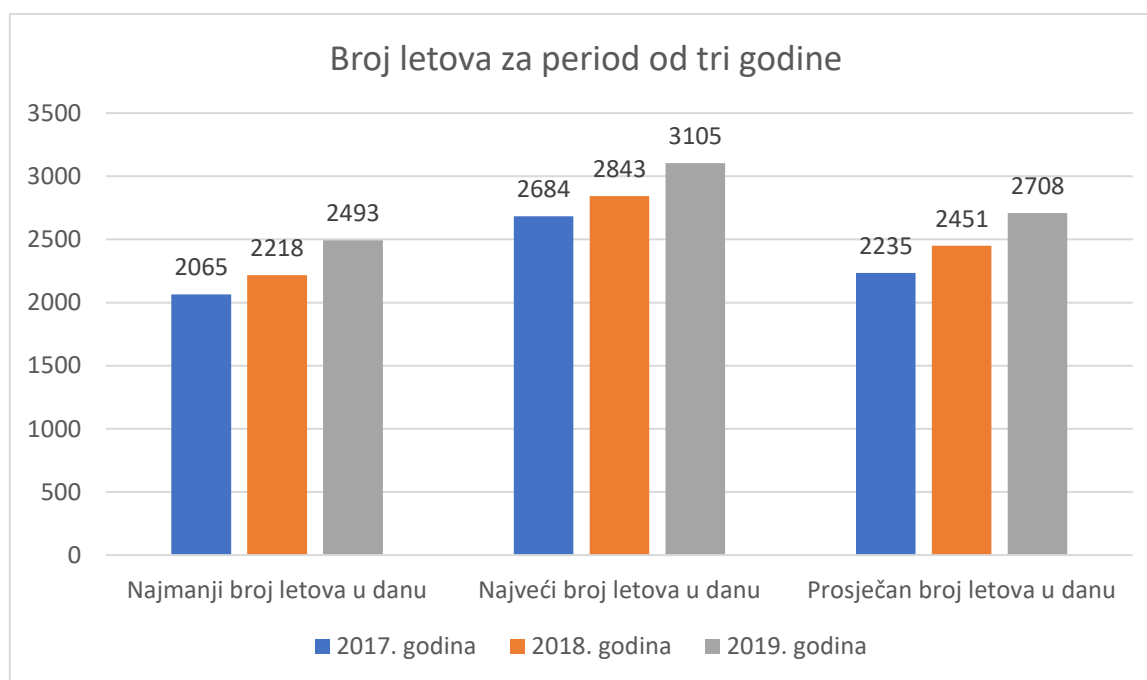
Izvor: [4]

7. Usporedba podataka o prometu

Za potrebe je ovog rada u nastavku teksta napravljena usporedba podataka pokazatelja dobivenih u prethodnim poglavljima iz definiranih AIRAC ciklusa za 2017. godinu, 2018. godinu i 2019. godinu. Usporedbom tih podataka dobivaju se rezultati u obliku razlika koje vode do zaključaka na temelju kojih se onda mogu odrediti razvoj i promjene u zračnom prometu za dio prometa na ruti unutar zračnog prostora Centra oblasne kontrole Zagreb.

7.1. Usporedba podataka o broju letova

Analizom podataka o broju letova AIRAC ciklusa 1708, 1808 i 1908 vidljivo je da je broj letova rastao tijekom vikenda dok se ostalih dana u tjednu zadržavao na manjim i približno istim vrijednostima. Bitna razlika između navedenih godina vidljiva je u samim vrijednostima broja letova koje su se povećavale iz godine u godinu što je znatan pokazatelj povećane potražnje i razvoja zračnog prometa.



Grafikon 7. Usporedba podataka o broju letova od 2017. do 2019. godine

Izvor: [4]

U grafikonu 7. prikazani su podaci o najmanjem, najvećem i prosječnom broju letova za 2017. godinu, 2018. godinu i 2019. godinu, a usporedbom tih podataka vidi se da sve tri navedene vrijednosti rastu svake godine definiranog perioda. Prosječan broj letova u danu za 2017. godinu iznosio je 2235 letova, dok je za 2018. godinu taj broj iznosi 2451 letova, što daje razliku od 216 letova. 2019. godine prosječan broj letova je iznosio 2708, a usporedbom s 2018. godinom dobiva se razlika od 257. Trend rasta broja letova vidi se i u podacima najmanjih i najvećih broja letova u danu gdje je najmanji broj letova za 2017. godinu iznosio 2065, za 2018. godinu 2218, a za 2019. godinu 2493 što daje razliku od 153 letova između 2017. i 2018. godine i razliku od čak 275 letova između 2018. i 2019. godine. Usporedbom najvećih brojeva letova u danu za 2017. i 2018. godinu dobiva se povećanje od 159 letova, dok se usporedbom za 2018. i 2019. godinu dobiva vrijednost razlike od 262 leta.

Podaci koji najbolje prikazuju trend povećanja potražnje, rasta i razvoja zračnog prometa su podaci o ukupnom broju letova, što je u ovom slučaju ukupni broj letova za referentne AIRAC cikluse 1708, 1808 i 1908. Ukupan broj letova iznosi:

- 62567 leta u 2017. godini
- 68630 leta u 2018. godini
- 75829 leta u 2019. godini.

Tablica 10. Usporedba prometa na godišnjoj razini za period od 2017. do 2019. godine

	Godišnji porast prometa	Postotak rasta prometa
2017. godina i 2018. godina	6063	9,7%
2018. godina i 2019. godina	7199	10,5%

Izvor: [4]

Za usporedbu trenda rasta prometa na godišnjoj razini korišteni su podaci iz tablice 10. koja prikazuje godišnji porast i postotak rasta prometa. Ukupni godišnji porast prometa s 2017. na 2018. godinu iznosio je 6063 letova što daje povećanje ukupnog prometa za 9,7%, dok godišnji porast prometa 2019. godine s obzirom na 2018. godinu iznosi 7199 letova i daje povećanje prometa od 10,5%.

Dobiveni postoci dosta se razlikuju u odnosu na prognozirane postotke EUROCONTROL STATFOR-a. Naime, prognozirani porast rutnog prometa s 2017. na 2018. godinu u Republici Hrvatskoj iznosio bi 3,3% prema dokumentu iz veljače 2017. godine, što je skoro trostruko manje od stvarnog povećanja prometa ovog rada. Prema dokumentu iz veljače 2018. godine prognozirano povećanje za isti period bi iznosilo 4,9% što je također manje od dobivenih stvarnih podataka u ovom radu [12]. Nadalje, prognozirano povećanje rutnog prometa s 2018. godine na 2019. godinu iznosi 3,8% prema dokumentu iz veljače 2018. godine što je također manje od stvarnog povećanja od 10,5% koje je dobiveno preko podatka u ovom radu [13].

7.2. Usporedba kašnjenja na ruti

Kašnjenja su usko vezana s povećanjem broja letova. Ako se poveća broj letova povećat će se i kašnjenja na ruti jer će se regulacije koje uzrokuju kašnjenja odnositi na veći broj letova, stoga se na temelju prethodnog potpoglavlja očekuje porast kašnjenja kao posljedica većeg broja letova. Usporedba kašnjenja kao i razlozi kašnjenja za ovaj rad temelje se na podacima AIRAC ciklusa 1708, 1808 i 1908 obrađenih u prethodnim poglavljima.

Tablica 11. Kašnjenja na ruti za trogodišnji period

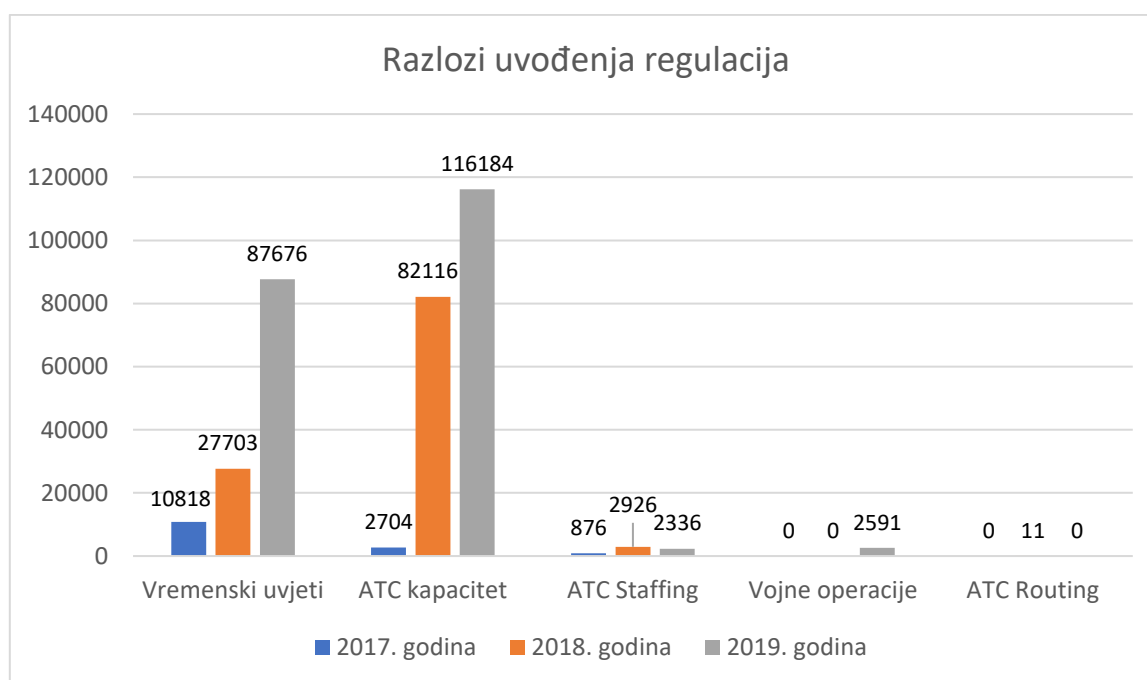
	2017. godina	2018. godina	2019. godina
Najmanje dnevno kašnjenje [min]	0	1334	1544
Najveće dnevno kašnjenje [min]	3738	9017	18017
Ukupno kašnjenje [min]	14398	112756	208787

Izvor: [4]

Tablica 11. prikazuje podatke o najmanjem, najvećem i ukupnom kašnjenju za AIRAC cikluse 1708, 1808 i 1908. U 2017. godini uočljivo je jedno odstupanje u stupcu najmanjeg dnevnog kašnjenja čiji je iznos 0 minuta. Naime, analiza podataka je pokazala da nekoliko dana AIRAC ciklusa 1708 nije uopće imalo kašnjenja što znači da se sav promet tih dana mogao odvijati sigurno, učinkovito i redovito bez potrebe za uvođenjem regulacija koje bi dovele do kašnjenja. Najveće dnevno kašnjenje za taj ciklus iznosilo je 3738 minuta, dok je ukupno kašnjenje referentno za 2017. godinu iznosilo 14398 minuta.

U 2018. godini najmanje dnevno kašnjenje iznosilo je 1334 minute što znači da su se kašnjenja javljala svaki dan referentnog ciklusa, najveće dnevno kašnjenje iznosilo je 9017 minuta što u odnosu na 2017. godinu daje gotovo dvostruko povećanje. Drastična razlika između kašnjenja u 2017. godini i 2018. godini je u ukupnom broju kašnjenja gdje je vidljivo povećanje od čak 683%. Iako je postotak povećanja ukupnog kašnjenja izrazito visok, u obzir se prilikom analize mora uzeti i povećanje broja letova.

Najmanje dnevno kašnjenje 2019. godine iznosilo je 1544 minute, što ne daje veliko povećanje kašnjenja u odnosu na prethodnu godinu. S druge strane, najveće dnevno kašnjenje i ukupno kašnjenje 2019. godine dvostruko su se povećale u odnosu na 2018. godinu što se opet može povezati s porastom broja letova koji se između 2018. i 2019. godine povećao za 10,5%.



Grafikon 8. Razlozi uvođenja regulacija za period od 2017. do 2019. godine
Izvor: [4]

Najčešći razlog kašnjenja u zračnom prometu jest uvođenje regulacija kojima se nastoji spriječiti preopterećenje zračnog prostora. Primjer razloga uvođenja regulacija za period 2017. godine, 2018. godine i 2019. godine s minutama kašnjenja koje je pojedina regulacija izazvala prikazano je na grafikonu 8. Razlozi uvođenja regulacija u zračnom prostoru Zagreb ACC za spomenuti period odnose se na vremenske uvjete, ATC kapacitet, *ATC Staffing*, vojne operacije i *ATC Routing*.

Tijekom 2017. godine regulacije zbog nepovoljnih vremenskih uvjeta uzrokovale su kašnjenja od 10818 minuta, a prema grafikonu je vidljivo da se taj broj sljedeće godine povećao na 27703 minute te se 2019. godine dodatno povećao na 87676 minuta što znači da je 2019. godine kašnjenje uzrokovano nepovoljnim vremenskim uvjetima bilo najveće za definirani period.

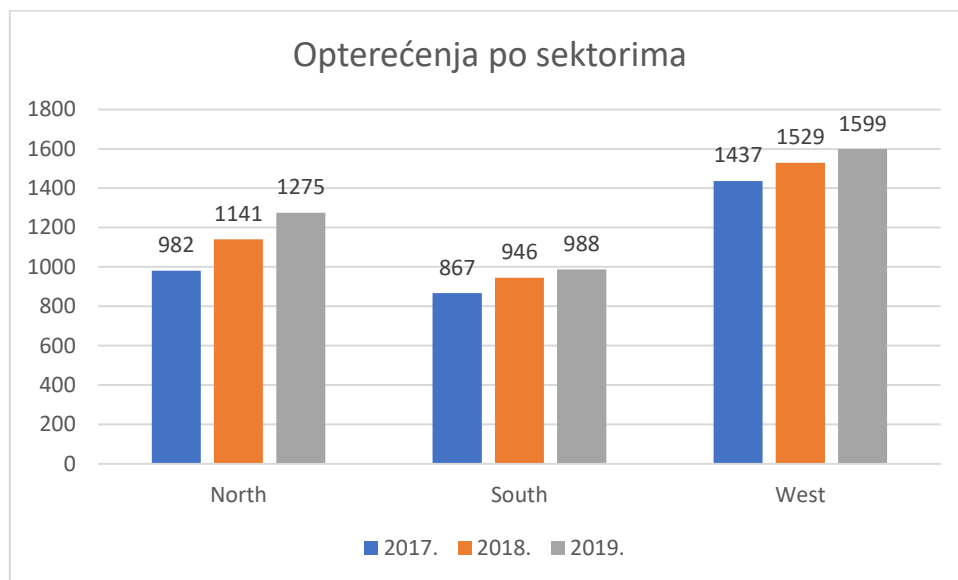
Značajan porast kašnjenja vidljiv je između 2017. i 2018. godine u području ATC kapaciteta gdje je kašnjenje od 2704 minuta poraslo na čak 82116 minuta u 2018. godini. Trend rasta kašnjenja zbog ATC kapaciteta nastavlja se i sljedeće godine te je prouzrokovalo kašnjenje od 116184 minuta i ujedno je najveće kašnjenje u periodu od 2017. do 2019. godine.

Problem *ATC Staffing*-a jedan je od razloga uvođenja regulacija koji je u 2017. godini uzrokovao kašnjenje od 876 minuta. Porast minuta kašnjenja uzrokovano istim razlogom povećao se u 2018. godini te je iznosio 2926 minuta što znači da trend rasta prometa nije bio zadovoljen brojem osoblja koje bi savladalo isti. U 2019. godini vidljivo je smanjenje kašnjenja uzrokovano *ATC Staffing*-om što znači da se problem prethodne godine djelomično riješio.

Iz grafikona 8. vidljivo je da je najmanje kašnjenja uzrokovano vojnim operacijama koje se javilo samo u 2019. godini i *ATC Routing*-om koje se javilo u 2018. godini.

7.3. Usporedba opterećenja po sektorima

Za usporedbu pokazatelja opterećenja po sektorima korišteni su podaci dobiveni analizom broja letova kroz određene sektore za AIRAC cikluse 1708, 1808 i 1908 u prethodnim poglavljima te su prikazani grafikonom 9.



Grafikon 9. Opterećenja elementarnih sektora za period 2017.-2019. godine
Izvor: [4]

Usporedbom podataka grafikona 9. vidljivo je da je najopterećeniji elementarni sektor za sve tri godine *West* sektor, slijedi ga *North* sektor te *South* sektor koji je u sve tri godine sektor s najmanjim opterećenjem. Najveća opterećenja svih sektora javljaju se u 2019. godini. Nešto manja opterećenja javljaju se u 2018. godini dok su najmanja opterećenja vidljiva u 2017. godini. Takvi podaci povezani su s povećanjem prometa, odnosno brojem letova koje je opisano u poglavlju 7.1.

Dodatnom podjelom elementarnih sektora po visinama, za svaki sektor dobiju se četiri nova sektora *Lower*, *Upper*, *High* i *Top*. Analiza podataka takve podjele sektora korištena je u ovom radu, a prema dobivenim podacima o prosječnim dnevnim letovima vidljivo je da je *High* sektor (LDZOH) najopterećeniji, dok je najmanja opterećenost unutar *Lower* sektora za sve tri godine s izuzetkom u 2017. godini unutar sektora *Top West* koji ima nešto manji prosječan dnevni broj letova u odnosu na *Lower South* sektor iste godine.

7.4. Usporedba pokazatelja rutnog prometa programa NEST

Usporedba pokazatelja rutnog prometa programa NEST temelji se na podacima o prosječnoj udaljenosti preleta, prosječnom vremenu preleta, prosječnom broju i postocima promjena visina stvarnog prometa za 2017. godinu, 2018. godinu i 2019. godinu obrađenim po danima AIRAC ciklusa u prethodnim poglavljima ovog rada, a za potrebe usporedbe korištene su prosječne vrijednosti istih te je dodatno napravljena usporedba s inicijalnim prometom (Initial traffic). Podaci stvarnog prometa dani su u tablici 12. dok su podaci inicijalnog prometa prikazani u tablici 13.

Tablica 12. Prosječne vrijednosti i postoci pokazatelja stvarnog rutnog prometa programa NEST 2017.-2019. godine

Godina	Udaljenost [NM]	Vrijeme [min]	Promjena visine	Krstarenje	Spuštanje	Penjanje
2017.	158,7	21,4	3,5	58%	18%	24%
2018.	157,1	21,2	3,4	58%	18%	25%
2019.	155,1	21	3,2	59%	17%	24%

Izvor: [4]

Tablica 13. Prosječne vrijednosti i postoci pokazatelja inicijalnog rutnog prometa programa NEST 2017.-2019. godine

Godina	Udaljenost [NM]	Vrijeme [min]	Promjena visine	Krstarenje	Spuštanje	Penjanje
2017.	160,8	21,7	3,5	53%	22%	25%
2018.	159,5	21,6	3,4	54%	20%	26%
2019.	156,9	21,2	3,3	55%	18%	27%

Izvor: [4]

7.4.1. Prosječna udaljenost preleta

Prosječna udaljenost preleta stvarnog prometa se od 2017. do 2019. znatno ne mijenja što se vidi u podacima tablice 12. gdje je za 2017. godinu ona iznosila 158,7 NM, za 2018. godinu 157,1 NM te za 2019. godinu 155,1 NM. Bez obzira što su promjene vrijednosti male, one mogu imati značaj. Smanjenje udaljenosti preleta znači manje provođenja vremena unutar nekog zračnog prostora što je izravno povezano smanjenom proizvodnjom štetnih plinova pa time i smanjenim utjecajem na okoliš.

Ista promjena vidljiva je i u podacima inicijalnog prometa tablice 13. gdje je prosječna udaljenost preleta u 2017. godini iznosila 160,8 NM, 2018. godine se smanjila na 159,5 NM, a u 2019. godini na 156,9 NM.

Bitan podatak koji se dobiva usporedbom prosječnih udaljenosti preleta stvarnog i inicijalnog prometa je razlika između njihovih vrijednosti preko koje se može izračunati učinkovitost leta. Za 2017. godinu učinkovitost dobivena razlikom iznosi 98,7%, za 2018. godinu 98,5% te za 2019. godinu 98,9%.

7.4.2. Prosječno vrijeme preleta

Izravnu poveznicu s prosječnom udaljenosti preleta ima prosječno vrijeme preleta. Naime, ako zrakoplov leti duljom putanjom koja prouzrokuje veći broj prijeđenih milja unutar nekog zračnog prostora, taj će se zrakoplov zadržavati dulje vrijeme unutar istog, odnosno za veći broj milja potrebno je više vremena. Primjer toga prikazan je u tablici 12. gdje se može vidjeti da povećanje prosječne udaljenosti preleta stvarnog prometa za period od 2017. do 2019. godine, objašnjeno u gornjem tekstu, uzrokuje i veće prosječno vrijeme preleta koje je za 2017. godinu iznosilo 21,4 minute, za 2018. godinu 21,2 minute, a za 2019. godinu 21 minutu. Ista promjena vidljiva je i u podacima inicijalnog prometa prikazanih u tablici 13., a usporedbom podataka stvarnog i inicijalnog prometa dobiva se razlika koja ima isti značaj kao i razlika prosječnih udaljenosti preleta prethodnog odlomka.

7.4.3. Prosječan broj promjena visine

Podatak o prosječnom broju promjena visine stvarnog prometa za AIRAC cikluse 1708, 1808 i 1908 prikazan je u tablici 12. u četvrtom stupcu. Iz njega je vidljivo da se tendencija smanjenja tijekom trogodišnjeg perioda nastavlja i na ovu vrijednost gdje se ta vrijednost s 3,5 promjena u 2017. godini smanjila na 3,4 u 2018. godini, a u 2019. godini na 3,2 promjene. Isto smanjenje vidljivo je i u podacima inicijalnog prometa prikazanih u tablici 13. Broj promjena visine izravno je povezana s podacima o postotku vertikalne promjene visine čije objašnjenje slijedi u daljnjem tekstu.

7.4.4. Vertical Mix

Vertikalna promjena visine izražena je krstarenjem, spuštanjem i penjanjem, a podaci za promatrani trogodišnji period stvarnog prometa prikazani su u zadnja tri stupca tablice 9. Analizom tablice vidljivo je za sve tri godine naviše letova kroz zračni prostor Zagreb ACC-a bilo u krstarenju i to oko 58%, odnosno da prolaskom kroz taj prostor nisu imali promjenu visine. Isto tako za sve tri godine najmanje letova oko 18% je bilo u spuštanju dok je oko 24% letova bilo u penjanju. Slični podaci odnose se i na inicijalna promet, a vidljivi su u posljednja tri stupca tablice 13. Usporedbom s podacima o prosječnom broju promjene visine, može se vidjeti povezanost tih vrijednosti.

8. Zaključak

Analizom podataka referentnih AIRAC ciklusa za 2017. godinu, 2018. godinu i 2019. godinu može se doći do zaključka da je došlo do značajnih promjena koje su uzrokovale razvoj zračnog prometa unutar zračnog prostora Zagreb ACC-a.

Prva značajna promjena bio je porast broja letova koji je s 2017. godine na 2018. godinu iznosio 9,7%, a s 2018. godine na 2019. godinu 10,5%. Analizom dnevnih podataka pojedinog AIRAC ciklusa može se zaključiti da su najveći doprinos porastu imali vikendi, tijekom kojih se primjećuje lagani porastu u odnosu na ostale dane u tjednu. Usporedbom dobivenih postotaka s prognoziranim postocima EUROCONTROL-a, vidljivo je da su stvarna godišnja povećanja referentnih AIRAC ciklusa ovog rada skoro trostruko veća od prognoziranih, što znači da se promet povećao više od očekivanog.

Nadalje, povećani broj letova izravno je povezan s količinom kašnjenja. Najznačajniji porast kašnjenja javlja se između 2017. i 2018. godine gdje je vrijednost kašnjenja skočila s 14398 minuta na čak 112756 minuta, a trend rasta nastavlja se i na 2019. godinu kada se kašnjenje u odnosu na 2018. godinu dvostruko povećalo. Najznačajniji uzrok kašnjenja je uvođenje regulacija, a razlog uvođenja regulacije koji je najviše utjecao na količinu kašnjenja promatrano za trogodišnji period je ATC kapacitet koji je ukupno uzrokovao 201004 minuta kašnjenja.

Povećanje broja letova izravno je povezano s povećanjem opterećenja sektora. Analizom podataka može se zaključiti da je za period 2017.-2019. godine West sektor najopterećeniji te da se broj letova kroz taj sektor povećava na godišnjoj razini što je logično u odnosu na ukupno povećanje prometa. Najveći broj letova, gledano prema vertikalnoj podjeli, javlja se na visinama od FL355 do FL375, odnosno unutar *High* sektora što može biti povezano s utjecajem na okoliš jer let na većim visinama daje manju potrošnju goriva što uzrokuje manju proizvodnju štetnih plinova.

Podaci pokazatelja prosječne udaljenosti preleta i prosječnog vremena preleta kroz zračni prostor LDZOCTA za navedene tri godine pokazuju pozitivno smanjenje koje može biti povezano s inicijativom SESCO FRA. Naime, omogućavanjem izravnijih linija unutar zračnog prostora FRA smanjuje se prosječna udaljenost preleta pa time i vrijeme preleta kroz taj

prostor koje dovode do smanjenja utjecaja štetnih plinova na okoliš. Usporedbom podataka stvarnog i inicijalnog prometa može se također vidjeti smanjenje vrijednosti stvarnog u odnosu na inicijalan promet, ali u vrlo malom omjeru što dovodi do zaključka da su zrakoplovi i prije uvođenja inicijative FRA letjeli po najkraćim rutama. Na temelju toga se može zaključiti da je i efikasnost vrlo visoka što potvrđuju postoci dobiveni u ovom radu i mogu se usporediti s podacima učinkovitosti EUROCONTROL-ovog područja grafikona slike 7. prilikom čega se može vidjeti skoro podudaranje.

Temeljem svih analiza ovog rada može se zaključiti da rutni promet unutar zračnog prostora LDZOCTA svake godine raste što je značajan pokazatelj promjena i razvoja zračnog prometa. Negativna posljedica koja se javlja u tom prostoru je povećanje kašnjenja, koje je glavni indikator za područje kapaciteta te će biti potrebno implementirati dodatna rješenja za povećanje kapaciteta navedenog prostora što će dovesti do smanjenja kašnjenja.

Literatura

- [1] Hrvatska kontrola zračne plovidbe. Preuzeto sa: <https://www.crocontrol.hr/UserDocImages/AIS%20produkti/eAIP/2020-08-13-AIRAC/html/index-en-HR.html> [Pristupljeno: srpanj 2020.].
- [2] Zakon o zračnom prometu. Preuzeto sa: <https://www.zakon.hr/z/177/Zakon-o-zra%C4%8Dnom-prometu> [Pristupljeno: srpanj 2020.].
- [3] LSSIP 2019-Croatia Local Single Sky Implementation. Preuzeto sa: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-03/eurocontrol-issip-2019-croatia-level1.pdf> [Pristupljeno: srpanj 2020.].
- [4] *NEST 1.7.*
- [5] Hrvatska kontrola zračne plovidbe. Preuzeto sa: https://www.crocontrol.hr/UserDocImages/AIS%20produkti/eAIP/2020-08-13-AIRAC/graphics/eAIP/5182817_LD_ENR_6_01_en.pdf [Pristupljeno: srpanj 2020.].
- [6] Hrvatska kontrola zračne plovidbe. Preuzeto sa: https://www.crocontrol.hr/UserDocImages/AIS%20produkti/eAIP/2020-08-13-AIRAC/graphics/eAIP/5139868_LD_ENR_6_02_en.pdf [Pristupljeno: srpanj 2020.].
- [7] Hrvatska kontrola zračne plovidbe. Preuzeto sa: <https://www.crocontrol.hr/mediji/novosti/uspjesna-uspostava-zracnog-prostora-slobodnih-ruta-inicijative-za-zajednicko-jugoistocno-nebo-secsi/>. [Pristupljeno: srpanj 2020.].
- [8] Hrvatska kontrola zračne plovidbe. Preuzeto sa: https://www.crocontrol.hr/UserDocImages/AIS%20produkti/eAIP/2020-08-13-AIRAC/graphics/eAIP/5139870_LD_ENR_6_11_en.pdf [Pristupljeno: srpanj 2020.].
- [9] Uredba Komisije (EU) 2019/317. Preuzeto sa: https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/3717947/mod_resource/content/0/CELEX_32019R0317_HR_TXT_NOVA_Performance_regulativa.pdf [Pristupljeno: srpanj 2020.].
- [10] Horizontal Flight Efficiency. Preuzeto sa: https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/2810099/mod_resource/content/0/HFE_Methodology_2014_05_23.pdf [Pristupljeno: srpanj 2020.].
- [11] European ATM Master Plan 2020. Preuzeto sa: [file:///C:/Users/Ilaria/Downloads/European%20ATM%20Master%20Plan%202020%20Exec%20View%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Ilaria/Downloads/European%20ATM%20Master%20Plan%202020%20Exec%20View%20(1).pdf) [Pristupljeno: srpanj 2020.].

- [12] EUROCONTROL Seven-Year Forecast February 2017. Preuzeto sa:
<https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/official-documents/forecasts/seven-year-flights-service-units-forecast-2017-2023-Feb2017.pdf>
[Pristupljeno: rujan 2020.].
- [13] EUROCONTROL Seven-Year Forecast February 2017. Preuzeto sa:
<https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/official-documents/forecasts/seven-year-flights-service-units-forecast-2018-2024-Feb2018.pdf>
[Pristupljeno: rujan 2020.].

Popis slika

Slika 1. Gornji zračni prostor u nadležnosti ACC Zagreb	4
Slika 2. Donji zračni prostor u nadležnosti ACC Zagreb	4
Slika 3. Sektori LDZOCTA	5
Slika 4. Donji zračni prostor Zagreb FIR-a	6
Slika 5. Gornji zračni prostor Zagreb FIR-a	6
Slika 6. SESCO FRA zračni prostor	8
Slika 7. Grafikon horizontalnih učinkovitosti leta na ruti EUROCONTROL područja.....	10
Slika 8. Grafički prikaz regulacija programa NEST	11
Slika 9. Primjer dobivanja podataka o broju leta u programu NEST	13
Slika 10. Primjer dobivanja podataka o broju letova za sektor LDZON.....	14
Slika 11. Primjer prikaza podataka ACC Complexity Analyser-a.....	15
Slika 12. Grafikon kašnjenja i broja letova u satu za AIRAC 1708	17
Slika 13. Grafikon kašnjenja i broja letova u satu za AIRAC 1808	25
Slika 14. Grafikon kašnjenja i broja letova u satu za AIRAC 1908	33

Popis tablica

Tablica 1. Broj letova Zagreb ACC-a za AIRAC 1708	16
Tablica 2. Podaci prosječnih vrijednosti opterećenja LDZOCTA po sektorima za AIRAC ciklus 1708	19
Tablica 3. Prosječne vrijednosti i postoci pokazatelja rutnog prometa AIRAC ciklusa 1708 ..	21
Tablica 4. Broj letova Zagreb ACC-a za AIRAC 1808	24
Tablica 5. Podaci prosječnih vrijednosti opterećenja LDZOCTA po sektorima za AIRAC ciklus 1808	27
Tablica 6. Prosječne vrijednosti i postoci pokazatelja rutnog prometa AIRAC ciklusa 1808 ..	29
Tablica 7. Broj letova Zagreb ACC-a za AIRAC 1908	32
Tablica 8. Podaci prosječnih vrijednosti opterećenja LDZOCTA po sektorima za AIRAC ciklus 1908	35
Tablica 9. Prosječne vrijednosti i postoci pokazatelja rutnog prometa AIRAC ciklusa 1908 ..	37
Tablica 10. Usporedba prometa na godišnjoj razini za period od 2017. do 2019. godine.....	41
Tablica 11. Kašnjenja na ruti za trogodišnji period.....	42
Tablica 12. Prosječne vrijednosti i postoci pokazatelja stvarnog rutnog prometa programa NEST 2017.-2019. godine	46
Tablica 13. Prosječne vrijednosti i postoci pokazatelja inicijalnog rutnog prometa programa NEST 2017.-2019. godine	46

Popis grafikona

Grafikon 1. Razlozi uvođenja regulacija AIRAC ciklusa 1708.....	18
Grafikon 2. Prosječni postoci vertikalnih promjena visine AIRAC ciklusa 1708	23
Grafikon 3. Razlozi uvođenja regulacija AIRAC ciklusa 1808.....	26
Grafikon 4. Prosječni postoci vertikalnih promjena visine AIRAC ciklusa 1808.....	31
Grafikon 5. Razlozi uvođenja regulacija AIRAC ciklusa 1908.....	34
Grafikon 6. Prosječni postoci vertikalnih promjena visine AIRAC ciklusa 1908	39
Grafikon 7. Usporedba podataka o broju letova od 2017. do 2019. godine	40
Grafikon 8. Razlozi uvođenja regulacija za period od 2017. do 2019. godine	43
Grafikon 9. Opterećenja elementarnih sektora za period 2017.-2019. godine.....	45



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 **Usporedba pokazatelja rutnog prometa unutar Centra oblasne
kontrole Zagreb od 2017. do 2019. godine**

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

Student/ica:

U Zagrebu, 7.9.2020 _____

(potpis)