

Utjecaj povećanja prometne potražnje na opterećenje sektora oblasne kontrole Zagreb u uvjetima zračnog prostora slobodnih ruta

Skejić, Emili

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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:119:574452>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-24**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 6. travnja 2018.

Zavod: Zavod za aeronautiku

Predmet: Upravljanje kapacitetom i protokom zračnog prometa

DIPLOMSKI ZADATAK br. 4837

Pristupnik: Emili Skejić (0135225416)

Studij: Aeronautika

Zadatak: **Utjecaj povećanja prometne potražnje na opterećenje sektora oblasne kontrole Zagreb u uvjetima zračnog prostora slobodnih ruta**

Opis zadatka:

Uvodno navesti cilj, teze i djelokrug istraživanja. Analizirati stanje upravljanja zračnim prometom u Europi i ulogu upravitelja mreže. Objasniti koncept Jedinstvenog europskog neba (SES). Objasniti koncept zračnog prostora slobodnih ruta. Usporediti prometnu potražnju u 2016. i 2017. godini. Analizirati utjecaj prometne potražnje na opterećenje sektora FIR Zagreb. Izraditi zračni prostor slobodnih ruta SECSI FRA korištenjem programa NEST. Simulirati promet kroz SECSI FRA temeljem podataka iz 2017. godine. Analizirati rezultate simulacije. Dati zaključna razmatranja.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za

diplomski ispit:

doc. dr. sc. Biljana Juričić

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

DIPLOMSKI RAD

**UTJECAJ POVEĆANJA PROMETNE POTRAŽNJE NA
OPTEREĆENJE SEKTORA OBLASNE KONTROLE ZAGREB U
UVJETIMA ZRAČNOG PROSTORA SLOBODNIH RUTA**

**IMPACT OF INCREASED TRAFFIC DEMAND OF ZAGREB AREA
CONTROL SECTOR LOAD IN FREE ROUTE AIRSPACE**

Mentor: doc. dr. sc. Biljana Juričić

Student: Emili Skejić

JMBAG: 0135225416

Zagreb, rujan 2018.

Sažetak:

Europsko zrakoplovstvo se zbog trenda povećanja prometne potražnje suočava s problemima kapaciteta. Povećanjem prometa povećava se opterećenje zračnih prostora te se poduzimaju razne mjere kako bi kapaciteti mogli zadovoljiti potražnju. Zračni prostor slobodnih ruta jedno je od rješenja, no ono je usko povezano s planiranjem, odnosno s upravljanjem protokom i kapacitetima zračnog prometa. Cilj ovog rada je usporediti razinu opterećenja koja premašuju kapacitet u uvjetima fiksne mreže ruta i zračnih prostora slobodnih ruta u području nadležnosti oblasne kontrole Zagreb te utvrditi razinu opterećenja u različitim uvjetima mreže i ovisnost obujma prometa i opterećenja. Ujedno, rad analizira odnos planiranog opterećenja i onog stvarnog te se navode razlozi zbog kojih je opterećenje u porastu.

Ključne riječi: opterećenje, NEST, zračni prostor slobodnih ruta, prometna potražnja

Summary:

European aviation faces capacity problems due to the trend of increasing traffic demand. With the increasing traffic increases the airspace load and as a result various measures are being taken to enable capacity to meet the demand. Free route airspace is one of the solutions to capacity problems but it is closely related to planning, respectively to the air traffic flow and capacity management. The aim of this thesis is to compare the overload level in conditions of the fixed route network and free route airspace in the area of jurisdiction of Zagreb area control centre and to determine the overload level in different network conditions and the dependence of the traffic volume and overload. The relationship between planned and actual overload is also analyzed as well as the reasons why the overload occurs in the first place.

Keywords: overload, NEST, free route airspace, traffic demand

Sadržaj

1.	UVOD	1
2.	JEDINSTVENO EUROPSKO NEBO	3
2.1.	PRVI ZAKONODAVNI PAKET JEDINSTVENOG EUROPSKOG NEBA	3
2.1.1.	Ciljevi	3
2.1.2.	Zakonski okvir	3
2.1.3.	Rješenja dana legislativom Jedinštenog europskog neba	5
2.2.	DRUGI ZAKONODAVNI PAKET	6
2.2.1.	Implementacija regulacije izvedbe i funkcionalni blokovi zračnog prostora	6
2.2.2.	Single European Sky ATM Research	8
2.2.3.	Jedinstveni sigurnosni okvir	9
2.2.4.	Upravljanje kapacitetima na zračnim lukama	9
3.	ULOGA UPRAVITELJA MREŽE I TRENUTNO STANJE EUROPSKE MREŽE UPRAVLJANJA ZRAČNIM PROMETOM	11
3.1.	UPRAVITELJ MREŽE	11
3.2.	UPRAVLJANJE PROTOKOM I KAPACITETOM ZRAČNOG PROMETA	11
3.3.	UČINAK EUROPSKOG SUSTAVA UPRAVLJANJA ZRAČNIM PROMETOM	12
4.	ZRAČNI PROSTOR SLOBODNIH RUTA	17
4.1.	JUGOISTOČNA PROMETNA OS I SLOVENSKO-AUSTRIJSKI PREKOGRANIČNI ZRAČNI PROSTOR SLOBODNIH RUTA	21
4.2.	ZRAČNI PROSTOR SLOBODNIH RUTA INICIJATIVE ZA ZAJEDNIČKO JUGOISTOČNO NEBO	24
5.	USPOREDBA PROMETNE POTRAŽNJE I OPTEREĆENJA OBLASNE KONTROLE ZAGREB IZMEĐU ZRAČNOG PROSTORA FIKSNE MREŽE RUTA I ZRAČNOG PROSTORA SLOBODNIH RUTA NA JUGOISTOČNOJ OSI	26
5.1.	PODRUČJE NADLEŽNOSTI OBLASNE KONTROLE ZAGREB	26
5.2.	ALAT ZA STRATEŠKO PLANIRANJE MREŽE	28
5.3.	ODNOS PONUDE I POTRAŽNJE	28
5.4.	MJERENJE OPTEREĆENJA	29
5.5.	ANALIZA POVEĆANJA PROMETA I OPTEREĆENJA ZA AIRAC CIKLUSE 1607 I 1707	33
6.	USPOREDBA OPTEREĆENJA OBLASNE KONTROLE ZAGREB U UVJETIMA ZRAČNIH PROSTORA SLOBODNIH RUTA	40
6.1.	IZRADA ZRAČNOG PROSTORA SLOBODNIH RUTA INICIJATIVE ZA ZAJEDNIČKO JUGOISTOČNO NEBO	40
6.2.	SIMULACIJA PROMETA KROZ SECSI FRA	42
6.3.	ANALIZA SIMULACIJE	49
6.4.	USPOREDBA REZULTATA POVEĆANJA PROMETNE POTRAŽNJE NA OPTEREĆENJE	55
7.	ZAKLJUČAK	58

LITERATURA.....	60
POPIS KRATICA	62
POPIS SLIKA	65
POPIS TABLICA.....	66
PRILOG 1. POPIS TOČAKA ZRAČNOG PROSTORA SLOBODNIH RUTA INICIJATIVE ZA ZAJEDNIČKO JUGOISTOČNO NEBO	67

1. Uvod

Porast prometne potražnje započeo je krajem 20. stoljeća te je već tada bilo jasno da će se prometna potražnja udvostručiti do 2020. godine. Jedinstveno europsko nebo je inicijativa koja je nastala kao odgovor na probleme s kojima se susreće europsko zrakoplovstvo, prvenstveno na probleme potražnje i kapaciteta u zračnom prometu. Jedna od mjera Jedinstvenog europskog neba je imenovanje upravitelja mreže (*Network Manager*) na čiju je inicijativu pokrenuta implementacija koncepta zračnog prostora slobodnih ruta kao mjera defragmentacije zračnih prostora u svrhu povećanja kapaciteta, smanjenja štetnog utjecaja na okoliš i povećanja ukupne ekonomičnosti u zrakoplovstvu s naglaskom na korisnike zračnog prostora. Jedan od ciljeva Jedinstvenog europskog neba je uvođenje zračnog prostora slobodnih ruta kroz cijelu Europu.

Primjenom koncepta zračnog prostora slobodnih ruta uz mjere optimizacije upravljanja protokom i kapacitetom zračnog prometa, kapaciteti mogu biti povećani, odnosno pojedini zračni prostori mogu zaprimiti veću količinu prometa. No uslijed planiranja zračnog prostora i dnevnih konfiguracija kontrole leta s porastom prometa u nekim sektorima dogodit će se opterećenje koje premašuje objavljene kapacitete sektora. U ovom radu predmet analize je upravo opterećenje sektora oblasne kontrole Zagreb u uvjetima fiksne mreže ruta i uvjetima zračnih prostora slobodnih ruta iznad definiranih kapaciteta te se analizira kako se ono mijenja s porastom prometa, odnosno naglasak je na odnosu obujma prometa, promjene uvjeta mreže i opterećenja. Rad je podijeljen u sedam cjelina:

1. Uvod
2. Jedinstveno europsko nebo
3. Uloga upravitelja mreže i trenutno stanje europske mreže upravljanja zračnim prometom
4. Zračni prostor slobodnih ruta
5. Usporedba prometne potražnje i opterećenja oblasne kontrole Zagreb između zračnog prostora fiksne mreže ruta i zračnog prostora slobodnih ruta na jugoistočnoj osi
6. Usporedba opterećenja oblasne kontrole Zagreb u uvjetima zračnih prostora slobodnih ruta
7. Zaključak.

U drugom poglavlju opisan je razvitak inicijative Jedinstvenog europskog neba te tijekom nastanka brojnih noviteta, projekata i programa kao rezultat inicijative. Treće poglavlje definira ulogu upravitelja mreže i stanje europske ATM mreže. Jedno od rješenja Jedinstvenog europskog neba je koncept zračnog prostora slobodnih ruta definiran u četvrtom poglavlju zajedno s definicijom prekograničnih primjena koje su se razvijale na prostorima nadležnosti oblasne kontrole Zagreb.

U petom i šestom poglavlju uspoređen je obujam prometa u uvjetima mreže fiksnih ATS ruta i zračnih prostora slobodnih ruta na području nadležnosti oblasne kontrole Zagreb te opterećenje iznad 100% kapaciteta sektora koje je povezano s količinom prometa u različitim uvjetima mreže. Podaci koji su korišteni su oni iz ciklusa mjeseca srpnja 2016. i 2017. godine, a simulacije prometa i podaci su dobiveni korištenjem programa NEST.

2. Jedinostveno europsko nebo

Zrakoplovstvo kao gospodarska grana je u stalnom rastu i razvitku. Procijenjeno je da zračni sektor unutar Europske Unije pridonosi 621 milijardi eura BDP-a te da pruža preko 8,8 milijuna radnih mjesta.[1] Preko 800 milijuna putnika prevezeno je unutar Europe samo u 2011. godini, a prateći rast zračnog prometa, prognoze nalažu da će se do 2020. godine razina zračnog prometa udvostručiti. Stručnjaci za upravljanje zračnim prometom zajedno s Europskom komisijom su predvidjeli nastanak problema u budućnosti prateći trend povećanja prometne potražnje europskog neba te da mora doći do velikih promjena unutar europskog ATM sustava. Kako bi svi kriteriji provođenja sigurne i efikasne zračne plovidbe bili zadovoljeni, 1999. godine pokrenut je program reformacije legislative prema kojoj će se odvijati zračni promet.[2]

Inicijativa Single European Sky bi trebala pružiti odgovor na problem zadovoljavanja potreba kapaciteta i sigurnosti zračnog prometa Europe, a kako bi se to postiglo, potrebna je reformacija zastarjelog ATM sustava i arhitekture kontrole zračnog prometa unutar Europske unije. Promjena unutar tih sustava nije bilo od 60-ih godina 20og stoljeća što je i glavni razlog zagušenja zračnog prometa danas. Bilo je potrebno poboljšati ukupnu učinkovitost usluga u zračnom prometu i upravljanju zračnim prometom što se nije moglo postići tadašnjom podijeljenošću europskog zračnog prostora.[3]

2.1. Prvi zakonodavni paket Jedinstvenog europskog neba

Nakon razmatranja u ožujku 2004. godine Europski Parlament i Vijeće Europe su usvojili prvi zakonodavni paket Jedinstvenog europskog neba (*Single European Sky I- SES I*) danog od strane Europske Komisije, a na snagu je stupio u travnju iste godine.[4]

2.1.1. Ciljevi

Izdvojiti se mogu četiri osnovna cilja SES I zakonodavnog paketa:

- Unaprijediti sigurnost i učinkovitost zračnog prijevoza u Europi;
- Poboljšati usluge i smanjiti troškove putnicima zračnog prijevoza smanjivanjem fragmentacije upravljanja zračnim prometom u Europi;
- Smanjiti kašnjenja poboljšanjem strukture zračnog prostora i resursa zračnih luka;
- Poboljšati integraciju vojnih sustava u europski sustav upravljanja zračnim prometom.[4]

2.1.2. Zakonski okvir

U svrhu ostvarenja ciljeva jedinstvenog europskog neba propisane su četiri uredbe koje su kasnije proširene detaljnijim regulacijama danim od strane Europske Komisije i

Odbora za jedinstveno europsko nebo (*Single Sky Committee -SSC*). Četiri osnovne uredbe su:

- Uredba koja postavlja okvir za stvaranje Jedinstvenog europskog neba (EZ br. 549/2004), te tri tehničke uredbe;
- Uredba o pružanju usluga u zračnoj plovidbi (EZ br. 550/2004);
- Uredba o organizaciji i korištenju zračnog prostora unutar jedinstvenog europskog neba (EZ br. 551/2004);
- I Uredba o interoperabilnosti europske mreže upravljanja zračnim prometom (EZ br. 552/2004).[5]

Uredba koja postavlja okvir za stvaranje jedinstvenog europskog neba određuje odgovornost nadzornih tijela, odnosno propisuje da države moraju nominirati jedno ili više tijela kao državna nadzorna tijela koja će osigurati nadzor nad primjenom uredbi te će biti neovisna o pružateljima usluga, a ovlasti će izvršavati transparentno. Određeno je da će Europskoj Komisiji pomagati Odbor za jedinstveno europsko nebo sastavljeno od dva predstavnika svake članice. Također će biti uspostavljeno savjetodavno tijelo za industriju, a nadzor nad provedbenim pravilima, Europska Komisija ima pravo dati organizaciji Eurocontrol. Isto tako prvi puta se spominje uvođenje funkcionalnih zračnih blokova (*Functional Airspace Block- FAB*), odnosno definiranih zračnih prostora koji se temelje na operativnim zahtjevima, a uspostavljaju se bez obzira na državne granice, unutar kojeg se pružanje usluga u zračnoj plovidbi odvija na optimalan i učinkovit način. Cilj je poboljšana suradnja između pružatelja usluga u zračnoj plovidbi ili uvođenje integriranog pružatelja usluga.[5]

Uredba o pružanju usluga u zračnoj plovidbi uređuje odnose zahtjeva vezanih za sigurnost i nadzor sigurnosti. Propisuje zadaće nacionalnih nadzornih tijela i provedbu licenciranja pružatelja usluga u zračnoj plovidbi, imenovanje istog, odnose između pružatelja usluga te njihove odnose s vojnim tijelima. Određuje se transparentnost i pristup podacima te se postavljaju zajednički zahtjevi o pružanju usluga u zračnoj plovidbi: tehnička i operativna sposobnost i prikladnost, sustavi i postupci za upravljanje sigurnošću i kvalitetom, osiguranje od odgovornosti i rizika, financijska sposobnost, kvaliteta usluge, sustavi izvješćivanja, zaštita, ljudski resursi s planovima zapošljavanja te vlasnička i organizacijska struktura uz sprječavanje sukoba interesa. Određeni su i uvjeti provođenja kreacije funkcionalnih blokova zračnog prostora.[6]

Uredba o organizaciji i korištenju zračnog prostora unutar jedinstvenog europskog neba propisuje izmjenu klasifikacije, konfiguracije i arhitekture europskog zračnog prostora. Isto tako određeno je da se upravljanje protokom zračnog prometa mora voditi na transparentan i djelotvoran način kako bi se kapaciteti koristili s maksimalnom fleksibilnošću u skladu s preporukama Međunarodne organizacije za civilno zrakoplovstvo (*International Civil Aviation Organisation- ICAO*) regionalnog plana zračne plovidbe za Europu. Pravila

upravljanja protokom zračnog prometa odnose se na planiranje leta, korištenje raspoloživog kapaciteta zračnog prostora u svim fazama leta i na korištenje zračnih ruta za opći zračni promet.[7]

Uredba o interoperabilnosti europske mreže upravljanja zračnim prometom odnosi se na europsku mrežu upravljanja zračnim prometom (*European Air Traffic Management Network- EATMN*), odnosno na sustave, njihove dijelove i pripadajuće postupke. To su sustavi za upravljanje zračnim prostorom, za upravljanje protokom zračnog prometa, navigacijski i nadzorni sustavi i postupci, sustavi i postupci za usluge zrakoplovnog informiranja i uporabu meteoroloških informacija, komunikacijski sustavi i sustavi za komunikaciju zrak- zrak, zrak-zemlja, zemlja-zemlja te sustavi i postupci za pružanje usluga zračnog prometa, posebno oni za obradu letnih informacija, nadzornih podataka i korisničkih sučelja. Također je potrebno osigurati usklađeno i brzo uvođenje novih usuglašenih i potvrđenih tehnologija i koncepata u području upravljanja zračnim prometom.[8]

2.1.3. Rješenja dana legislativom Jedinственog europskog neba

Osnovna rješenja propisana SES I zakonskim okvirom za postizanje ciljeva su:

- uvođenje europskog područja letnih informacija u gornjem zračnom prostoru (*European Upper Information Region- EUIR*). Uredba ne dovodi u pitanje odgovornost država članica u pružanju usluga letnih informacija u njihovim zemljopisnim granicama, ali odlučeno je da će se uvesti koordinacija razvoja jedinstvenog objavljivanja zrakoplovnih informacija unutar EUIR-a koju će voditi Europska Komisija u suradnji s organizacijom Eurocontrol. Također je postavljena granica odvajanja gornjeg i donjeg zračnog prostora na visini leta 285, a područje EUIR-a obuhvaća zračni prostor svih članica i sporazumno može uključivati zračni prostor trećih zemalja Europe.
- Mrežno upravljanje i design zračnog prostora u funkciji tokova zračnog prometa. Zbog nejedinstvenosti europskog zračnog prostora nije moguće izolirano razvijati mreže zračnih ruta i struktura, zbog toga je odlučeno da će se izvršavati promjena arhitekture zračnog prostora tako da se poštuju zajednički kriteriji za oblikovanje ruta i sektora. Postepeno će se usklađivati i klasifikacija zračnog prostora u svrhu kontinuiteta pružanja usluga u Jedinственom europskom nebu, te se spominju funkcionalni blokovi zračnog prostora u svrhu rekonfiguracije gornjeg zračnog prostora. [8]

- Uvodi se Eurocontrolov koncept fleksibilnog korištenja zračnog prostora (*Flexible Use of Airspace- FUA*), a odnosi se na način podijele zračnog prostora koja nije više isključivo civilna i vojna već je zračni prostor kontinuum unutar kojega je sva potrebna segregacija i rezervacija zračnog prostora za isključivu ili specifičnu uporabu određenih kategorija korisnika privremena, a primjenjuje se samo u ograničenim vremenskim razdobljima i ovisno o stvarnoj uporabi. Isto tako nacionalne granice ne ograničavaju neposredne volumene zračnog prostora. FUA se vrši u tri razine upravljanja zračnim prostorom (*Airspace Management- ASM*) uslijed vojno-civilne koordinacije, a to su: strateška, predtaktička i taktička razina te su međusobno zavisne. [9]

2.2. Drugi zakonodavni paket

Prema Uredbi (EZ) br. 549/2004 Europskog parlamenta i Vijeća, Europska Komisija je dužna preispitivati primjenu *Single Sky* legislative i periodično podnositi izvješća u svrhu procjene rezultata postignutih provedbom iste legislative s informacijama o razvitku u sektoru za ostvarenje prvobitnih ciljeva i procjenu budućih potreba. Nakon objave prvog izvješća impementacije zakonskog okvira Jedinstvenog europskog neba krajem 2007. Godine gdje su identificirana područja nedovoljnog napretka, Europska Komisija je odlučila dati konkretne prijedloge za drugi *Single Sky* zakonodavni paket krajem 2008. godine.[10]

Od svojih početaka pa sve do danas, inicijativa *Single European Sky* doživjela je mnoge promjene u smislu stalnog razvitka i dopune legislative u skladu s potrebama zračnog prometa koje su se razvijale zajedno sa svjetskim zrakoplovstvom. Prvim izvješćem 2007. godine o implementaciji *Single Sky* legislative nadležna tijela dobila su uvid o prednostima uvođenja iste te o poljima na kojima još treba poraditi. Zbog nedovoljnog napretka u ključnim područjima (uspostava FAB-ova, efikasnost arhitekture zračnog prostora i korištenja struktura ruta te nikakav napredak u pitanjima okoliša i učinkovitosti leta), Europska Komisija je krajem 2008. godine dala prijedloge za stvaranje drugog zakonodavnog paketa SES II koji se sastoji od četiri stupa koja drže ključ napretka europske ATM mreže:

- Prvi stup odnosi se na zakonodavni prijedlog za više održivo i izvedivo zrakoplovstvo, a predstavlja regulaciju izvedbe;
- Drugi se odnosi na tehnologiju, odnosno SESAR;
- Treći stup predstavlja jedinstveni sigurnosni okvir, organizaciju EASA;
- Četvrti stup je uvođenje upravljanja kapacitetima na zračnim lukama.

2.2.1. Implementacija regulacije izvedbe i funkcionalni blokovi zračnog prostora

Uredbom Komisije (EU) br. 691/2010 o utvrđivanju plana performansi za usluge i o utvrđivanju zajedničkih zahtjeva za pružanje usluga u zračnoj plovidbi, uspostavlja se

regulacija izvedbe (*Performance Scheme*). Ovom uredbom određeno je da će Tijelo za procjenu uspješnosti (*Performance Review Body- PRB*) pomagati Europskoj Komisiji u provedbi regulacije izvedbe te će uspješnost mjeriti preko ključnih područja učinkovitosti (*Key Performance Areas- KPAs*), odnosno pratiti izvedbu u područjima sigurnosti, kapaciteta, ekonomičnosti i očuvanja okoliša. Prvi referentni period za shemu izvedbe pokriva je kalendarske godine 2012.-2014. uključujući i 2014., a svaki sljedeći će biti petogodišnji referentni period. Izvedba u svakom području učinkovitosti se prati predodređenim ključnim indikatorima učinkovitosti (*Key Performance Indicators- KPIs*) te je Europska Komisija odredila indikatore za svako područje koji će vrijediti za sve članice Europske Unije.[11] Ista uredba zamijenjena je Uredbom 390/2013 te je Eurocontrol postavljen kao Tijelo za procjenu uspješnosti (PRB) uz pomoć Povjerenstva za ocjenu uspješnosti (*Performance Review Commission- PRC*), a koje podržava Jedinica za ocjenu uspješnosti (*Performance Review Unit- PRU*). Europska komisija usvaja ciljeve učinka na razini cijele Europske Unije i prosljeđuje ih nacionalnim nadzornim tijelima (*National Safety Authority- NSA*).[12]

Zbog nedovoljnog napretka u području uspostave FAB-ova, donesena je Uredba (EZ) br. 1070/2009 koja određuje da države članice moraju poduzeti sve mjere za uspostavu FAB-ova do 2012. godine u svrhu povećanja kapaciteta i učinkovitosti zračne plovidbe. Ovom uredbom je određeno i da, ukoliko to bude potrebno, Europska Komisija može imenovati fizičku osobu kao koordinatora sustava FAB-ova.[13] Uz postavljanje roka do 2012. godine, također se proširuje opseg djelovanja na donji zračni prostor sve do aerodroma. U svrhu bolje i konkretnije integracije uspostavljeno je devet FAB-ova, a oni su redom:

- Sjeverno europski FAB(*North European FAB- NEFAB*): Estonia, Finska, Latvija, Norveška;
- Danska-Švedska: Danska, Švedska;
- BALTIC FAB: Poljska, Litva;
- FAB Europa, središnja (*FAB Europe Central- FABEC*): Francuska, Njemačka, Belgija, Nizozemska, Luksemburg i Švicarska;
- FAB središnje Europe (*FAB Central Europe- FABCE*): Češka, Slovačka, Austrija, Mađarska, Hrvatska, Slovenija, Bosna i Hercegovina;
- DANUBE: Bugarska i Rumunjska;
- BLUE MED: Italija, Malta, Grčka i Cipar s Egiptom, Tunisom i Albanijom kao partnerima, a Jordanom i Libanom kao promatračima.
- UK- IRELAND: FAB Ujedinjeno kraljevstvo i Irska;
- Jugozapadni FAB (*South-West FAB- SW FAB*): Portugal i Španjolska.[4]

2.2.2. Single European Sky ATM Research

Istraživački program Jedinog europskog neba (*Single European Sky ATM Research- SESAR*) je program koji predstavlja tehnološki stup razvitka Jedinog europskog neba, a podrazumijeva definiranje, razvoj i validaciju implementacije inovativnih tehnoloških i operativnih rješenja u svrhu poboljšanja i modernizacije ATM sustava. Uspostavljen je 2004. godine, a svoj veći napredak doživljava tek nakon uvođenja nove SES II legislative u kojoj je prepoznat i istaknut kao ključno rješenje napretka ATM europske mreže te je započeta faza razvoja programa. Faze razvitka programa SESAR redom su:

- faza definiranja plana razvoja dana prvom legislativom Single Sky-a;
- faza razvoja novih tehnologija;
- faza primjene, odnosno uvođenje i primjena novih sustava;[14]

Krajem 2007. godine, kada su rezultati implementacije SES I legislative bili analizirani, u svrhu razvitka SESAR-a, uspostavljeno je partnerstvo javnog i privatnog karaktera koje pomaže u kontroli i iskorištavanju istraživanja i inovacija nove ATM mreže, (*SESAR Joint Undertaking- SESARJU*). To partnerstvo čini 19 članova koji predstavljaju preko 100 kompanija koje sudjeluju u tehnološkom razvitku, a osnovano je od strane Europske Unije i Eurocontrola. [14]

Drugim zakonodavnim paketom Jedinog europskog neba propisano je da će SESAR biti definiran u glavnom europskom planu za upravljanje zračnim prometom (*ATM Master Plan*).[15] Prva verzija ATM Master Plan-a objavljena je 30.03.2009. godine, a služi kao putokaz za faze razvitka i primjene SESAR programa, odnosno novog ATM sustava. SESAR se smatra konceptom operacija zbog toga što pruža detaljan opis primjene operativnog koncepta, a u prvoj verziji ATM Master Plan-a definiraju se ciljevi koje treba postići do 2020. godine, to su: povećanje kapaciteta za 73% u odnosu na 2004. godinu, poboljšati sigurnost, smanjenje štetnog utjecaja na okoliš, konkretno 10% po letu u odnosu na 2005. godinu i smanjenje troškova u letu za 50% u odnosu na 2004. godinu. Glavne značajke SESAR-a prema ATM Master Planu su:

- s operacija zračnog prostora prijeći na operacije temeljene na putanjama leta;
- kolaborativno planiranje;
- dinamičko upravljanje zračnim prostorom;
- nove tehnologije;
- središnja uloga čovjeka. [16]

Prva revizija *ATM Master Plan-a* bila je predviđena za period do ožujka 2010. godine, a zadnja je izvršena 2016. godine. SESAR danas, uz dovršenu fazu definicije (2005.-2008.), predviđa fazu razvoja koja traje čak do 2024. godine, a faza primjene od 2015. do 2034. godine, no očekivano je da će se periodi faza razvoja i primjene ipak u budućnosti mijenjati ovisno o potrebama europskog i svjetskog zrakoplovstva. Neka od dosadašnjih postignuća

SESAR programa su: prvi svjetski 4D let, 2013. godine razvijeno je 24 rješenja za period između 2015. i 2024. godine koja bi donijela velike uštede, 2014. je otvoren prvi prijenosni kontrolni toranj u Švedskoj te godinu kasnije je demonstriran prvi let velikog civilnog drona u sklopu komercijalnog prometa. No kao i sama inicijativa SES i SESAR još je uvijek u razvitku te se ne može točno predvidjeti koja nova rješenja će donijeti za unaprjeđivanje europske ATM mreže.[16]

2.2.3. Jedinostveni sigurnosni okvir

Europska agencija za sigurnost zrakoplovstva (*European Aviation Safety Agency-EASA*) uspostavljena je Uredbom (EZ) br. 216/2008 u svrhu jedinstvenog sigurnosnog okvira civilnog zrakoplovstva u Europi. Definirano je područje primjene uredbe na projektiranje, proizvodnju i održavanje proizvoda, dijelova i uređaja te osoblja i organizacija koji sudjeluju u tim procesima te operacijama na zrakoplovima, odnosi se i na poštivanje legislative u pitanjima zaštite okoliša te planiranju korištenja zemljišta održavajući sigurnost aerodroma i okoline. Primjenjiva je i na projektiranje, proizvodnju i održavanje upravljanja zračnim prometom i na usluge u zračnoj plovidbi (ATM/ANS) kao i njihovog osoblja i organizacija. Uredbom 1108/2009 područje djelovanja prošireno je u područjima održavanja sigurnosti na aerodromima i ATM/ANS-u, odnosno ovom uredbom pravila se odnose i na projektiranje, održavanje i operacije na aerodromima te dizajn, proizvodnju i održavanje aerodromske opreme te projektiranje, proizvodnju i održavanja ATM/ANS sustava. Uvedena su dva nova dodatka regulativi, Annex Va i Annex Vb. Prvi se odnosi na osnovne zahtjeve za aerodrome, a pokriva fizičke karakteristike, infrastrukturu i opremu, poslovanje i upravljanje te okruženje aerodroma. Drugi se odnosi na osnovne zahtjeve za ATM/ANS i regulatore zračnog prometa te uključuje područja korištenja zračnog prostora, usluge (zrakoplovne i meteorološke informacije, ATS, CNS, ATFM, upravljanje zračnim prostorom i dizajn zračnog prostora), sustave i sastavne dijelove, pružatelje usluga i organizacije za obuku te kvalifikacije kontrolora zračnog prometa. Ova regulativa je dopunjena Uredbom (EU) br. 805/2011 koja definira detaljna pravila za dozvole kontrolora zračnog prometa i određene certifikate.[17]

2.2.4. Upravljanje kapacitetima na zračnim lukama

Uvidjevši važnost aerodroma u ekonomskom aspektu na lokalnoj i globalnoj razini te na osnovu prognoza povećanja prometa kako bi se mogli udovoljiti uvjeti kapaciteta, *Single Sky II* legislativom uspostavljen je „Akcijski plan za kapacitet, učinkovitost i sigurnost aerodroma u Europi“. Smanjenje kapaciteta na zračnim lukama predstavlja veliki problem u europskom zrakoplovstvu, ali i prijetnju u pitanjima sigurnosti i učinkovitosti. Kao odgovor na problem kapaciteta, određene su ključne mjere za sprječavanje daljnjeg razvitka problema zračnih luka:

- Bolje iskorištavanje kapaciteta zračnih luka (zajednički zahtjevi za procjenu kapaciteta i metodologija srednjoročnog planiranja, povećanje predvidivosti i smanjenje kašnjenja na zračnim lukama uz suradnju u odlučivanju

(*Collaborative Decision Making- CDM*) i mjere osiguranja dosljednosti slotova zračnih luka i planova leta);

- Dosljedan pristup sigurnosti zračnih operacija na aerodromima (proširenje odgovornosti EASA-e na regulacije sigurnosti na zračnim lukama, iskorištavanje globalnog satelitskog sustava (*Global Navigation Sattelite System- GNSS*) za povećanu sigurnost na zračnim lukama);
- Promicanje ko-modaliteta, integracija i suradnja uslijed načina transporta (poboljšanje pristupa zračnim lukama i komodalitet, intermodalitet između aerodroma i željeznica);
- Poboljšanje kapaciteta okoliša i planiranje nove infrastrukture zračnih luka (poboljšanje kapacitet okoliša aerodroma prvenstveno se odnosi na buku te poboljšanje planiranja okvira za novu infrastrukturu aerodroma);
- Razviti i provesti ekonomična tehnološka rješenja. [18]

3. Uloga upravitelja mreže i trenutno stanje europske mreže upravljanja zračnim prometom

3.1. Upravitelj mreže

Upravljanje zračnim prometom (*Air Traffic Management- ATM*) podrazumijeva usluge dinamičkog i integriranog upravljanja zračnim prometom i zračnim prostorom na siguran, ekonomičan i učinkovit način. Takvo upravljanje zračnim prometom postiže se pružanjem besprijekornih usluga u suradnji sa svim stranama te uključivanjem zračnih i zemaljskih funkcija, odnosno osiguravanjem da su zrakoplovi vođeni sigurno i učinkovito u zraku i na zemlji prilagođavanjem zračnog prostora promjenjivim potrebama zračnog prometa. ATM uključuje usluge upravljanja zračnim prostorom (*Airspace Management- ASM*), upravljanja protokom zračnog prometa (*Air Traffic Flow Management- ATFM*) i usluge u zračnom prometu (*Air Traffic Services- ATS*).

2011. godine donesena je uredba pod nazivom Uredba Komisije Europske Unije br. 677/2011 u kojoj su iznesena detaljna pravila provedbe implementacije i razvitka mreže za upravljanje zračnim prometom (ATM mreže). Odlučeno je da će taj zadatak obavljati upravitelj mreže (*Network Manager*), odnosno novoformljeno, nepristrano, nadležno tijelo koje će izvršavati funkcije dane Uredbom Europske Komisije br. 551/2004. Za obavljanje zadataka Network Manager-a nominiran je EUROCONTROL s mandatom do kraja 2019. godine, odnosno do 31.12.2019.[19]

Četiri glavne funkcije *Network Manager-a* definirane od strane Europske Komisije su:

- Razviti i kreirati dizajn mreže ruta (*Route Network Design*);
- Osigurati središnju funkciju za dodjelu frekvencija (*Frequency Allocation*);
- Koordinirati poboljšanja dodjele SSR kodova (*SSR Code Allocation*);
- Obavljanje funkcija upravljanja protokom zračnog prometa (ATFM).[19]

3.2. Upravljanje protokom i kapacitetom zračnog prometa

Upravljanje protokom i kapacitetom zračnog prometa (*Air Traffic Flow and Capacity Management- ATFCM*) je usluga koju pruža centar za operacije upravitelja mreže (*Network Manager Operations Center- NMOC*) svim korisnicima zračnog prostora u ECAC području. ATFCM poboljšava ravnotežu ponude i potražnje optimizacijom raspoloživih resursa i koordinacijom odgovarajućih mjera u svrhu poboljšanja kvalitete usluge i performansi ATM sustava, a odvija u tri faze:

- Strateška faza: Strateško planiranje upravljanja protokom i kapacitetom zračnog prometa odvija se u periodu od jedne godine do tjedan dana prije dana operacija leta u stvarnom vremenu. U tom periodu provode se planiranja i koordinacije aktivnosti uz prikupljanje podataka te pregled procedura i mjera usmjerenih na identifikaciju

moguće neravnoteže ponude i potražnje. U ovom procesu centar za operacije upravitelja mreže uz suradnju s pružateljima usluga predviđa i planira potrebne kapacitete, a u slučaju identificiranih neravnoteža ponude i potražnje, upravitelj mreže je odgovoran za koordinaciju optimizacije kapaciteta.

- **Predtaktička faza:** Predtaktička faza odvija se do šest dana prije dana operacija. Glavni cilj je optimizacija učinkovitost kroz organizaciju resursa kao što su upravljanje konfiguracijama sektora i upotreba scenarija prometa koji će se odvijati na dan operacija. Uspoređuju se potražnja i predviđeni raspoloživi kapaciteti dana operacija te se na temelju toga vrše potrebne izmjene plana razvijenog u strateškoj fazi uz proces zajedničkog odlučivanja (*Collaborative Decision Making- CDM*) uključenih strana te se uključene strane obavještava o mjerama regulacije na dan operacija. Ovaj proces rezultira dnevnim ATFCM planom (*ATFCM Daily Plan- ADP*) koji se objavljuje putem portala za plan mrežnih operacija (*Network Operations Plan- NOP*) i obavjesnim porukama (*ATFCM Notification Message- ANM*).
- **Taktička faza:** Taktička faza se odvija na dan operacija te se na taj dan vrše potrebne izmjene ADP-a u skladu s prometom u stvarnom vremenu. Na dan operacija se mogu dogoditi razni problemi koji utječu na definirani plan, kao što su problemi s neočekivanim ograničenjima vezanim za infrastrukture, značajni meteorološki događaji, problemi s osobljem... Također, na dan operacija, na letove utječu potrebne regulacije, a ATFCM nudi alternativna rješenja za smanjenje kašnjenja i maksimizaciju učinkovitost leta kako bi se najbolje iskoristili raspoloživi kapaciteti. Neki od tih rješenja su alternativni profili leta, dodjela individualnih slotova za polaske te usmjeravanje prometa kako bi se izbjegli problematični prometni čvorovi.

Nakon taktičke faze ATFCM-a odvijaju se postoperativne analize. Cilj je usporediti očekivani i stvarni ishod mjera ATFCM-a u svrhu razvoja boljih procedura i poboljšanje postojećih aktivnosti i procesa. Provode se mjerenja, istraživanja i izvješćivanja o operativnim procesima i aktivnostima na način da sudionici u zračnom prometu, koji su bili podložni ATFCM mjerama, pruže povratne informacije o učinkovitosti dnevnog ATFCM plana, planiranja leta i distribucije podataka o zračnom prostoru.[20]

3.3. Učinak europskog sustava upravljanja zračnim prometom

Na godišnjoj razini Komisija za ocjenu uspješnosti (PRC) objavljuje izvješća o pregledu izvedbe (*Performance Review Reports- PRR*) koje predstavlja procjenu učinka europskog ATM sustava kroz ključna područja učinkovitosti (KPAs) sigurnosti, kapaciteta, očuvanja okoliša i ekonomičnosti. [21]

Uz analizu KPA kroz indikatore, bitan podatak je onaj o prometu, odnosno o povećanju ili smanjenju zračnog prometa, kroz koji se prati poklapanje STATFOR¹ prognoza te se može uočiti razina ozbiljnosti prijetnji smanjenja sigurnosti i kvalitete za europsku ATM mrežu u budućnosti.

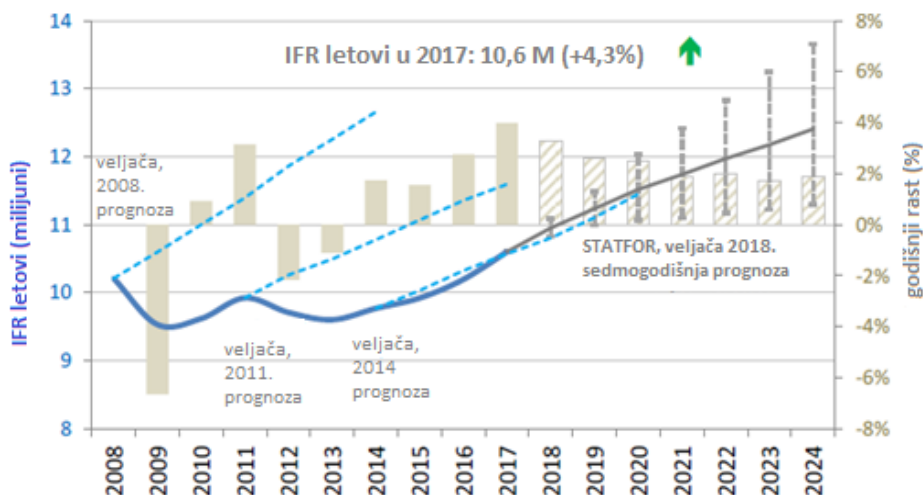
Razina prometa analizira se u godišnjim izvješćima za zemlje Europske konferencije civilnog zrakoplovstva (ECAC), odnosno za članice međuvladine organizacije koja promovira razumijevanje o političkim pitanjima između članica i drugih dijelova svijeta te usklađuje politike i prakse u civilnom zrakoplovstvu između svojih članica. ECAC-u pripadaju 44 države članice, a ECAC regija prikazana je na slici 1.[22]



Slika 1. Regija Europske konferencije civilnog zrakoplovstva [22]

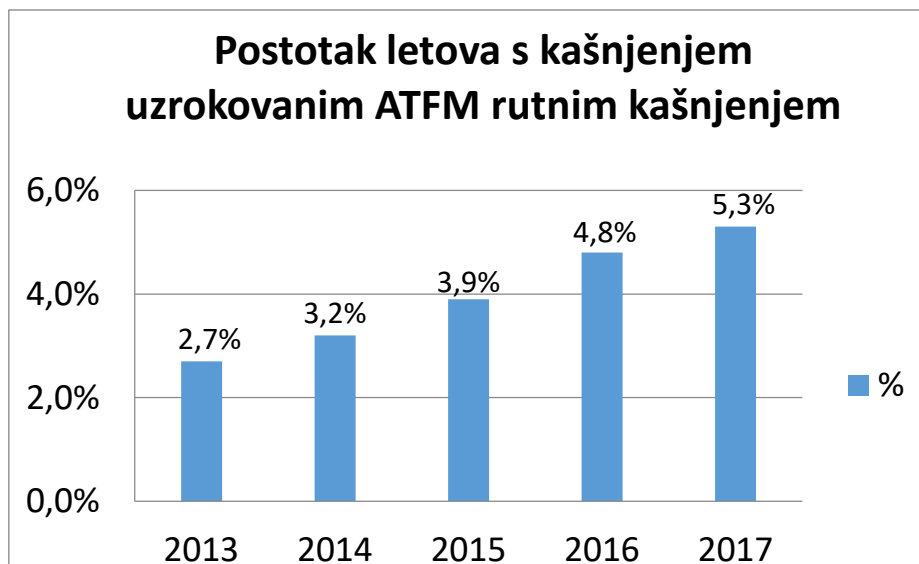
U odnosu na 2016. godinu broj IFR letova, unutar ECAC regije u 2017. godini, povećao se za 4,3%, odnosno opsluženo je 10,6 milijuna letova u godini (slika 2). Podaci o prometu poklapaju se sa STATFOR prognozama za 2017. godinu te se na osnovu istih prognoza očekuje porast prometa i u 2018. godini koja bi bila peta godina porasta prometne potražnje za redom. Prema najnovijim sedmogodišnjim STATFOR prognozama očekuje se porast prometa za ukupno 3,3% do 2024. Vršno prometno opterećenje je raslo u 2017. godini i dostiglo je svoj vrhunac 30.06. s 35.251 letova u danu, a od 41 pružatelja usluga uključenih u analizu, 40 je pokazalo povećanje prometa u istoj godini.[21]

¹ Statistics and forecasts (STATFOR), statistike i prognoze



Slika 2. Dijagram razine stvarnog prometa uz prognoze za period od 2008. do 2024. godine [21]

Analiza stanja kapaciteta europskog zračnog prostora, odnosno rutno ATFM kašnjenje, pokazala je da je ono u porastu zadnjih 5 godina (slika 3). Povećanje prometa dovelo je do smanjenja kvalitete u pružanju usluga, ali iako je u 2017. godini postotak svih letova s kašnjenjima radi ATFM regulacija na ruti 5,3% (4,8% u 2016. godini), taj postotak za ukupna rutna ATFM kašnjenja u 2017. je za 7,1% veći nego za 2016. godinu, a varijacija u povećanju prometa za iste godine je samo 4,3%. Isto tako, ukupno prosječno kašnjenje u odlasku se povećalo za 1 minutu s 11,2 min po odlasku u 2016. godini na 12,2 u 2017., a glavni razlozi kašnjenja u 2017. godini su bili kapaciteti i manjak osoblja pružatelja usluga zračne plovidbe, vremenske prilike i ATC događaji ili aktivnosti koje su izazvale remećenje u pružanju usluga. Ovakvi rezultati nisu poželjni te, kako bi se ukupna učinkovitost područja kapaciteta povećala, PRC je ponudio preporuke državama članicama u rješavanju problema kapaciteta. PRC poziva države članice da poštuju zahtjeve vezane za kapacitet, odnosno da surađuju sa svojim pružateljima usluga kako bi se pružio dovoljan kapacitet i kako bi se identificirala ograničenja kapaciteta zbog negativnog utjecaja na kvalitetu usluge. Uz to PRC traži da se ojača proces provođenja ATFCM-a tako da se umjesto smjernica, koje vode do nedosljednog praćenja performansi kapaciteta, razviju i usvoje stroge procedure za pripisivanje uzroka ATFM kašnjenja. [21]



Slika 3. Postotak letova s kašnjenjem vezanim za upravljanje protokom zračnog prometa (2013.-2017.) [21]

Na slici 4 prikazan je odnos krivulja horizontalne učinkovitosti i učinkovitosti stvarne putanje leta u razdobljima od 2012. do 2017. godine. Ti podaci su bitni za područje učinkovitosti očuvanja okoliša te se mogu uočiti pozitivni rezultati, i horizontalna učinkovitost leta (95,6%) i učinkovitost stvarne putanje (97,3%) su se u 2017. godini povećale za 0,2% u odnosu na prethodnu godinu unatoč povećanju cjelokupnog prometa u 2017. godini. [21]

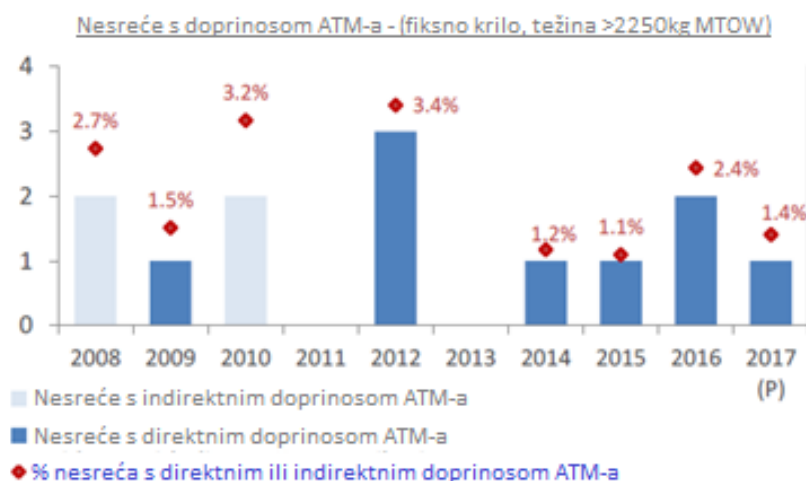


Slika 4. Učinkovitost planirane i stvarne putanje leta [21]

Podaci u području ekonomičnosti iz 2016. godine pokazuju pozitivne rezultate. Rutni ANS jedinični trošak je u 2016. bio 52,9 eura, a terminalni 183,4 eura po jedinici usluge što je manje u odnosu na 2015. godinu. Rutni jedinični trošak smanjio se za 3,5%, a terminalni za 3,6% u odnosu na prethodnu godinu te se predviđa da će se jedinični troškovi redom

godišnje smanjivati za 1,5% i 1,7% do 2019. godine što se poklapa s ciljevima u ovom području.[21]

Nizom regulatornih mjera koje donosi inicijativa SES, od kojih je jedna i stvaranje zajedničkog sigurnosnog okvira, rezultiralo je povećanjem sigurnosti u europskom zrakoplovstvu. Na slici 5 prikazan je dijagram nesreća koje su bile rezultirane, direktno ili indirektno, greškom ili nedostatkom u upravljanju zračnim prometom od 2008. do 2017. godine. Može se primijetiti da je broj nesreća manji za 1% u odnosu na 2016. godinu, točnije prijavljena je samo jedna nesreća s direktnim, te nijedna s indirektnim doprinosom ATM-a. Ukupno se smanjio broj događaja vezanih za tri ključna rizična događaja, a to su narušavanje minimalne separacije, ATM specifični događaji i upadi na uzletno-sletnu stazu dok se povećao broj neovlaštenih prodora u zračni prostor. Unatoč tome što se ukupna sigurnosti u zrakoplovstvu povećala, 2017. godine sastali su se predstavnici EASA-e i PRC-a kako bi dodatno istražili radne koncepte kojim bi što više smanjili rizike za sigurnost zrakoplovstva.[21]



Slika 5. Postotak nesreća s direktnim i indirektnim doprinosom upravljanja zračnim prometom [21]

Ukupna učinkovitost u ključnim područjima se povećava te se osvrtno na zadnje izvješće PRC-a može zaključiti da su regulacije i poduzeti koraci u stvaranju jedinstvenog europskog neba omogućili ostvarenje velikog dijela ciljeva. No napredak ne smije stati zbog sve veće prometne potražnje te, iako su se pozitivni rezultati pokazali u tri od četiri ključna područja učinkovitosti, rastući problem kapaciteta još nije razriješen.

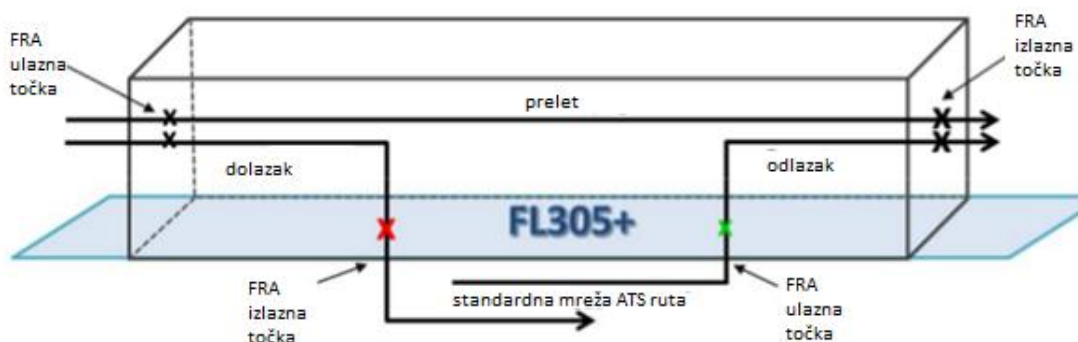
4. Zračni prostor slobodnih ruta

Jedna od zadaća Eurocontrola je analizirati i pratiti izvedbu europske ATM mreže uz pružanje novih rješenja za probleme u područjima sigurnosti, kapaciteta, ekonomičnosti i učinkovitosti leta, odnosno održavanja okoliša. Uvidjevši da će se europsko nebo suočiti s velikim problemima u ključnim područjima zbog trenda povećanja prometne potražnje, 2008. godine, Eurocontrol je dao prijedlog o stvaranju zračnog prostora slobodnih ruta (*Free Route Airspace- FRA*) kao zamjena za dosadašnju strukturu fiksne mreže ruta. Prijedlog je uključen u razvitak Plana učinkovitosti leta u sporazumu između Eurocontrol-a, IATA-e i CANSO-a te u suradnji s pružateljima usluga u zračnoj plovidbi, državama ECAC-a, vojno-civilnim stručnjacima za dizajn zračnog prostora i međunarodnim tijelima. Zračni prostor slobodnih ruta (FRA) je definirani zračni prostor unutar kojeg korisnici mogu planirati svoje rute između definiranih ulaznih i izlaznih točaka uz mogućnost usmjeravanja preko međuprostornih točaka, ovisno o raspoloživosti, a letovi unutar tog zračnog prostora još uvijek su podložni kontroli zračnog prometa. Prijedlog o kreiranju i razvijanju zračnog prostora slobodnih ruta je odobrila i ozakonila Europska Komisija Uredbom (EU) br. 677/2011 kojom se utvrđuju detaljna pravila za provedbu funkcija ATM mreže te kojom je Eurocontrol imenovan zaupravitelja mreže. Uvođenje zračnog prostora slobodnih ruta donosi mnoge prednosti u smislu smanjenja CO2 emisija, smanjenja vremena leta uslijed korištenja najkraćih mogućih ruta, smanjenje potrošnje goriva, optimizacije količine goriva u zrakoplovu zbog smanjenja razlike između udaljenosti planirane i stvarne rute te se očekuje manji broj konflikata u zraku, a prednost su i niski troškovi implementacije FRA. Scenariji implementacije operacija u zračnom prostoru slobodnih ruta osiguravaju kompatibilnost s postojećim operacijama, održavanje sigurnosti, održivost kroz daljnji razvoj, sposobnost proširenja i povezivanja sa susjednim zračnim prostorima te mogućnost primjene na druge regije. [23]

Određeno je da će zračni prostor slobodnih ruta imati jedinstvenu klasifikaciju, odnosno bit će C klase uz određene iznimke. Nema posebnih preporuka o minimalnoj razini leta, odnosno vertikalnoj granici operacija zračnog prostora slobodnih ruta već države i pružatelji usluga određuju način na koji će izvršiti podjelu operacija, ali vertikalna ograničenja moraju biti objavljena u publikacijama usluga zrakoplovnog informiranja (*Aeronautical Information Services- AIS*). Isto tako u obzir se moraju uzeti profili penjanja i spuštanja kod vertikalnih veza između zračnog prostora slobodnih ruta i fiksnih mreža ATS ruta te objavljena nacionalnim AIS publikacijama kao skup putnih točaka ili definiranim prijelaznim slojem koji odražava tipični profil penjanja i spuštanja. Točkama mora biti pripisana njihova definicija, odnosno dali su ulazne, izlazne ili ulazno-izlazne. Sve fiksne mreže ATS ruta koje se održavaju unutar zračnog prostora slobodnih ruta također moraju biti objavljene. Horizontalne granice FRA bi se trebale temeljiti na operativnim zahtjevima, a ne na granicama zračnog prostora pružatelja usluga ili granicama FIR/UIR-a. Zbog bočnih državnih granica primjenjivost zračnog prostora slobodnih ruta treba se temeljiti na

odgovarajućim sporazumima sa susjednim državama i jedinicama kontrole zračnog prometa te ukoliko je FRA uspostavljen između dvije ili više ATS jedinica, operacije moraju u publikacijama imati jasno definiranu prekograničnu primjenu. U slučaju graničnih prostora između FRA i prostora fiksnih ATS mreža ruta bit će osigurana povezanost u tranziciji između takva dva prostora. Sve navedene informacije o horizontalnim granicama FRA moraju biti objavljene nacionalnim AIS publikacijama kao i vertikalne granice. Uvođenjem FRA moguće je da će se mijenjati sektorizacije određenih zračnih prostora uz uvjete da sektori budu neobvezujući s obzirom na FIR/UIR ili državne granice i da imaju mogućnost rekonfiguracije kako bi zadovoljili potrebe stvarnog prometa, a svaka promjena sektorizacije mora biti prijavljena u centralnoj jedinici za upravljanje protokom (*Central Flow Management Unit-CFMU*). Minimalni zahtjevi postavljeni za dizajn sektora podrazumijevaju uzimanje u obzir minimiziranje kratkih prijelaza kroz sektore, položaje rezervacija zračnih prostora, smanjenje sektora i povratak pod ACC kontrolu, glavne prometne protoke i orijentacije, koherentnost sa susjednim sektorima fiksnih ruta, poveznice s odlascima i dolascima te civilno-vojnu koordinaciju. Upravljanje zračnim prostorom, odnosno ASM će se razlikovati unutar FRA u odnosu na fiksnu mrežu ruta tako da informacije o rutnoj dostupnosti više neće biti potrebne već informacije o dostupnosti nekog zračnog prostora, odnosno korisnici zračnog prostora će se morati informirati o aktivnosti i rezervacijama zračnog prostora.[23]

Primjer primjene FRA koncepta prikazan je na slici 6 gdje je donja granica FRA područja razina leta 305, a prikazan je princip direktnog leta između dvije točke te prijelaz iz FRA u područje fiksnih ATS mreža ruta s FRA ulaznim i izlaznim točkama. Na slici 7 prikazana je stvarna primjena prekograničnog FRA koncepta u zračnom prostoru Austrije i Slovenije (SAXFRA).



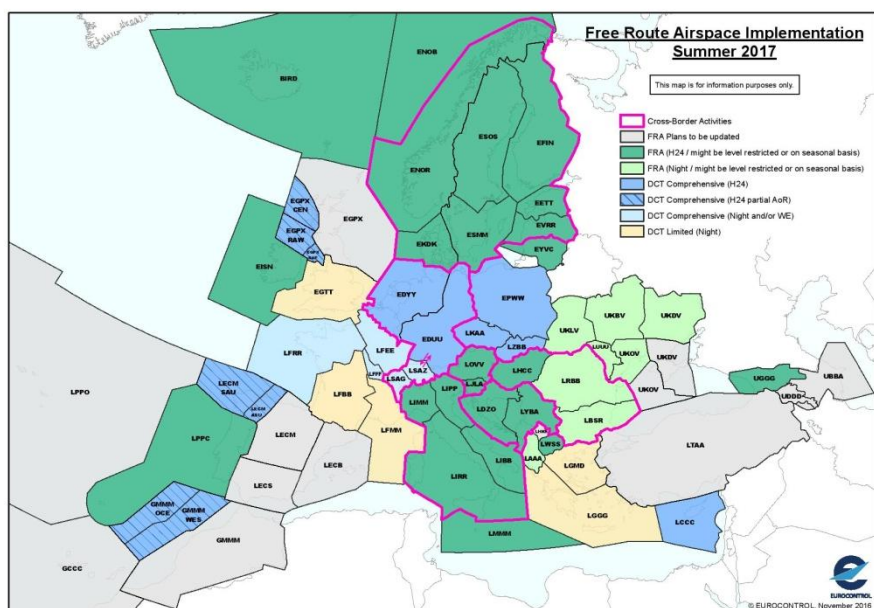
Slika 6. Primjer koncepta zračnog prostora slobodnih ruta [24]



Slika 7. Direktna ruta između ulaznih i izlaznih točaka Slovensko-austrijskog zračnog prostora slobodnih ruta [25]

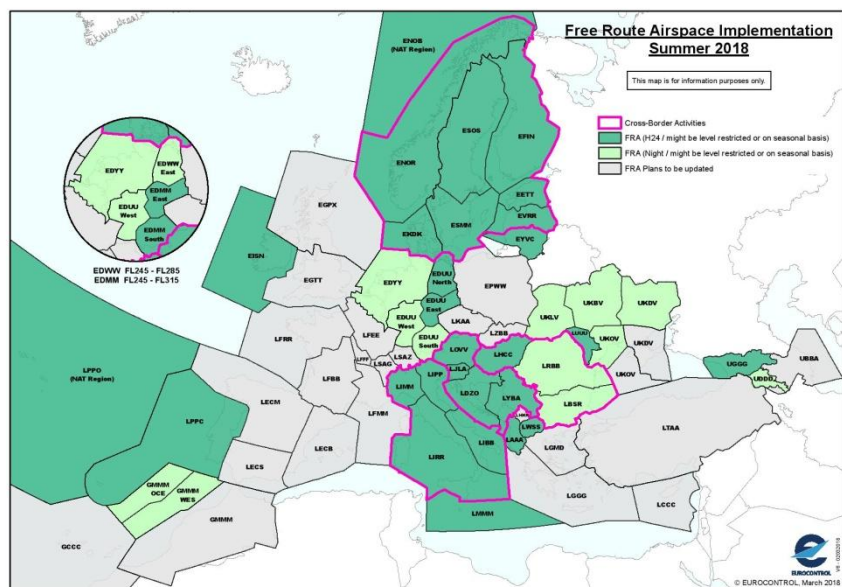
Potaknuti prednostima koje donosi dizajn i operativni postupci zračnog prostora slobodnih ruta, 51 pružatelja usluga unutar Europe je implementiralo FRA do 2017., a prekogranična implementacija FRA već se primjenjuje na neke zračne prostore, točnije Austriju i Sloveniju kao SAXFRA, Rumunjsku, Mađarsku i Bugarsku kao SEENFRA, Zagreb, BIH i Beograd ACC kao SEAFRA, na Estoniju, Latviju, Finsku, Švedsku, Dansku i Norvešku kao NEFRA te na Maltu i Italiju. Ovakav napredak i brza implementacija FRA premašuju ciljeve iz Plana izvedbe Network Managera, a planira se implementacija FRA u cijelom europskom zračnom prostoru do 2021./2022. godine. Primjena FRA donosi velike uštede te prednosti u područjima učinkovitosti potrošnje goriva, okoliša te ekonomičnosti. Već do kraja desetljeća se očekuje ušteda između 60000-75000 NM po danu. Planovi implementacije FRA do 2022. godine su prikazani na slikama 8-11.[26]

Na slici 8 prikazana je implementacija FRA u europskom zračnom prostoru za 2017. godinu. Označena je prekogranična primjena za već navedene zračne prostore, SAXFRA, SEAFRA, NEEFRA i SEENFRA, a uočiti se može i označeno područje prekogranične primjene između Njemačke i Švicarske gdje je FRA implementiran samo djelomično. Tamno zelenom bojom označeno je područje zračnog prostora u kojima je implementiran FRA H24, ali s mogućim ograničenjima razine leta ili na sezonskoj bazi. Svijetlo zelenom bojom označeno je područje gdje se FRA primjenjuje samo noću, a sve druge nijanse označavaju zračne prostore gdje se FRA ne primjenjuje u potpunosti već direktno rutiranje uz određena ograničenja te područja gdje su planovi za FRA tek u razvitku.



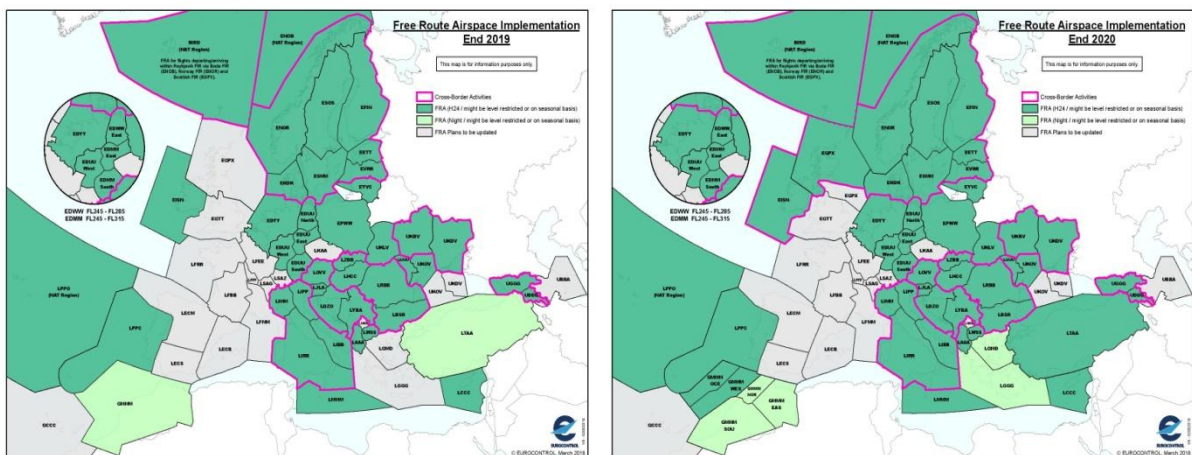
Slika 8. Primjena zračnog prostora slobodnih ruta u ljetu 2017. [26]

Planovi primjene FRA u ljetu 2018. godine prikazano je na slici 9. Može se primijetiti spajanje prekograničnih SAXFRA i SEAFRA prostora, odnosno u jedan FRA prostor pod imenom SECSI (*South East Common Sky Initiative*), a zračni prostor Njemačke implementira noćni FRA za jedan dio zračnog prostora te potpuni FRA za ostatak zračnog prostora.

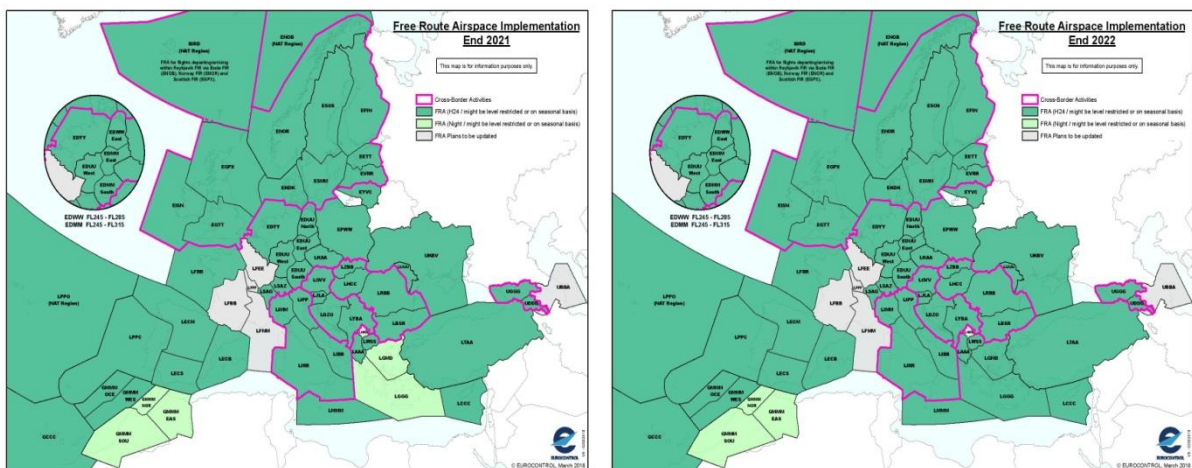


Slika 9. Implementacije zračnog prostora slobodnih ruta u ljetu 2018. [26]

Europa je prva regija na svijetu koja u potpunosti implementira zračni prostor slobodnih ruta, a slike 10 i 11 prikazuju postupnu očekivanu implementaciju FRA na čitav europski zračni prostor do 2022. godine.



Slika 10. Plan primjene zračnog prostora slobodnih ruta u 2019. i 2020. godini [26]

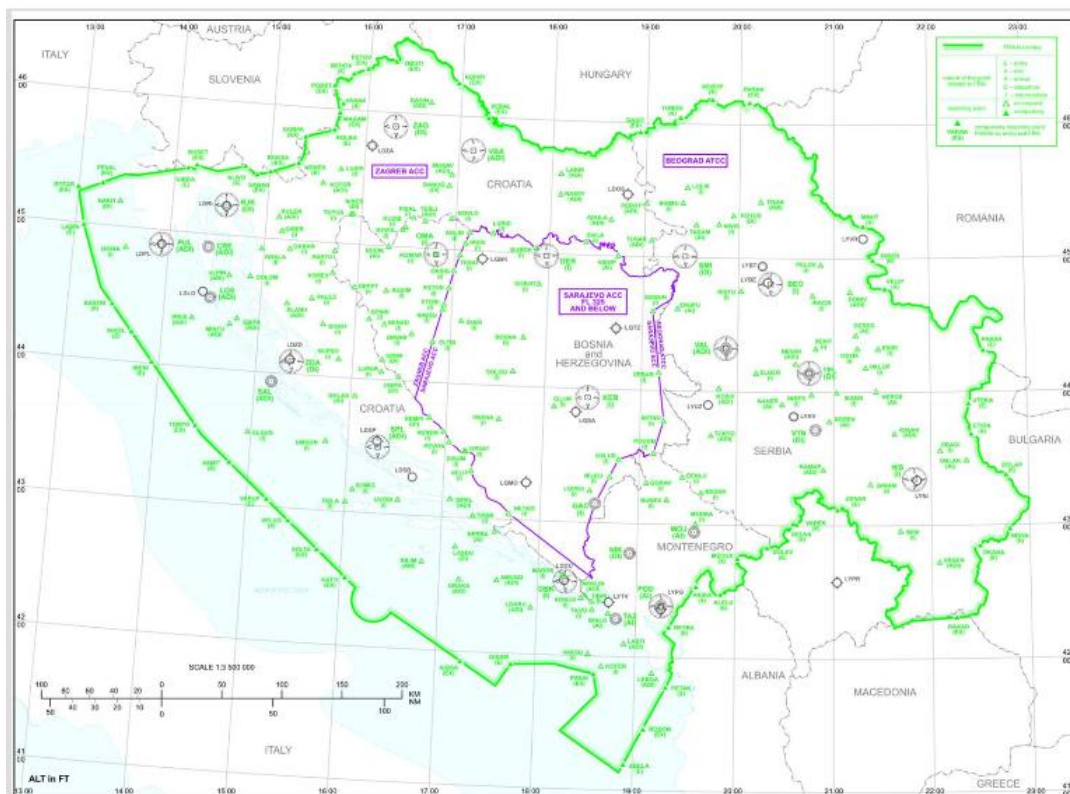


Slika 11. Plan primjene zračnog prostora slobodnih ruta u Europi u 2021. i 2022. godini [26]

4.1. Jugoistočna prometna os i Slovensko-austrijski prekogranični zračni prostor slobodnih ruta

Jugoistočna prometna os (*South-East Axis Free Route Airspace- SEAFRA*) je zračni prostor slobodnih ruta koji se prostire preko četiri države (Hrvatsku, BIH, Srbiju i Crnu goru), odnosno tri pružatelja usluga, Hrvatsku kontrolu zračne plovidbe (*Croatia Control- CC*), BIH pružatelja usluga (*Bosnia and Herzegovina Air Navigation Services Agency- BHANSA*) i pružatelja usluga za Srbiju i Crnu goru (*Serbia and Montenegro Air Traffic Services- SMATSA LLC*). Prvi korak implementacije prekogranične primjene FRA na ovim prostorima bio je 30.04.2015. kada je implementiran noćni SEAFRA, a od 8.12.2016. tijekom cijelog dana iznad razine leta 325.[27]

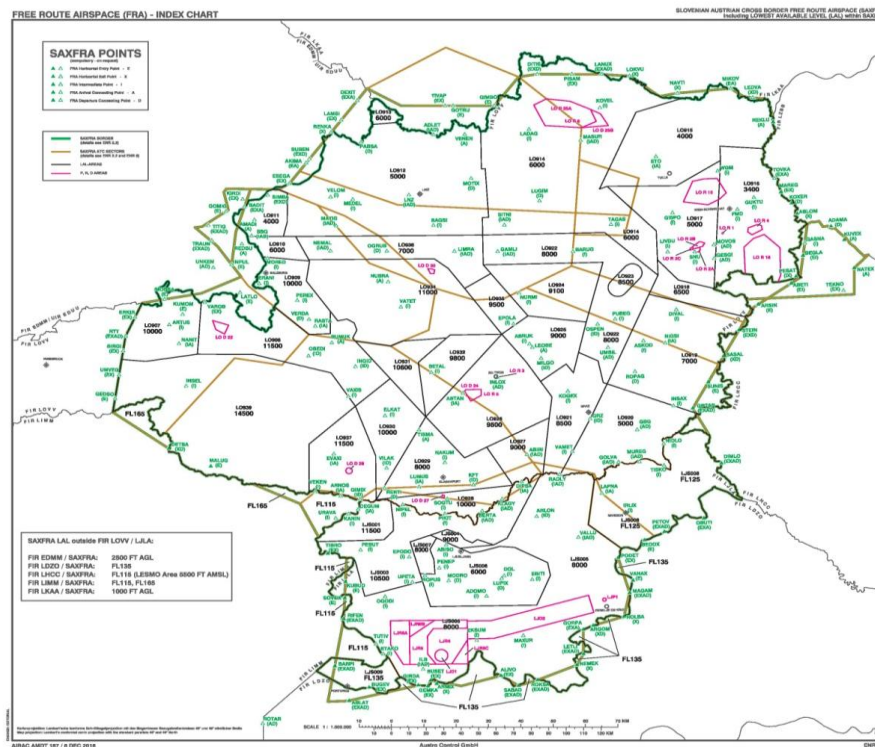
SEAFRA konceptom države i pružatelji usluga uključeni u projekt pokazali su napredak u ostvarenju ciljeva SES-a promovirajući suradnju između država, ne samo članica Europske Unije i FAB CE-a, već i šire okupljajući čak četiri države i tri pružatelja usluga u jedan projekt k boljoj i učinkovitijoj ATM europskoj mreži. Koncept je nastao po uzoru na Uredbu (EU) 716/2014 te je implementiran 5 godina prije planiranog uvođenja FRA unutar Europe, a pridonio je povećanju sigurnosti ATM sustava eliminacijom međutočaka između ulazne i izlazne točke rute što stvara stabilniju trajektoriju leta i mijenja principe koordinacije kontrole leta poboljšanjem alata za određivanje konflikata unutar zračnog prostora. Također je omogućeno povećanje kapaciteta, u budućnosti procijenjeno na 10%, te smanjenje zagušenja frekvencije zbog smanjenja količine ATC odobrenja koja su potrebna omogućenim najkraćim mogućim rutama unutar SEAFRA područja. Prednosti za okoliš koje donosi projekt procjenjuju se na smanjenje potrošnje goriva za 3,4 milijuna kilograma godišnje, smanjenje emisija CO₂ za 11 milijuna kg i NO_x za 40,000 kg godišnje, smanjenje duljine puta za 1,05 milijuna NM također u godini te mogućnost provedbe 700 000 IFR GAT letova godišnje. Uz sve navedene prednosti, SEAFRA koncept je implementiran ekonomično, odnosno uz minimalne troškove zbog suradnje više država i ANSPa tijekom implementacije većeg FRA koncepta umjesto individualnog po pružatelju usluga.[28] Na slici 12 prikazan se SEAFRA prostor.



Slika 12. Zračni prostor slobodnih ruta na jugoistočnoj prometnoj osi [29]

Slovensko-austrijski prekogranični zračni prostor slobodnih ruta (*Slovenian Austrian Cross Border Free Route Airspace- SAXFRA*) prostire se kroz područje Slovenije i Austrije, a implementiran je 10.11.2016. u potpunosti bez vertikalnih ili vremenskih ograničenja, što

SAXFRA čini prvim prekograničnim FRA projektom koji je to postigao. SAXFRA podliježe odgovornosti dva pružatelja usluga, Austrijska Kontrola i Slovenska Kontrola leta, a unutar zračnog prostora ukinute su sve ATS mreže ruta. Implementacijom SAXFRA procjenjuju se uštede od 13,000 kg goriva dnevno i smanjenje CO2 emisija između 42,000 i 43,000 kg također u danu.[30] Sveukupna procjena smanjenja vremena leta za putnike je 385 minuta dnevno, a unutar koncepta je i osmišljeno rješenje po pitanju sigurnosti, odnosno objavljivanje karti najniže raspoložive razine leta (*Lowest Available Level Chart- LAL*) koje su kodirane unutar integriranog sustava planiranja leta Network Manager-a (*Integrated Flight Planing System- IFPS*). IFPS time eliminira sve planove leta koji nisu u skladu sa sigurnosnim kriterijima.[31] SAXFRA područje prikazano je na slici 13.



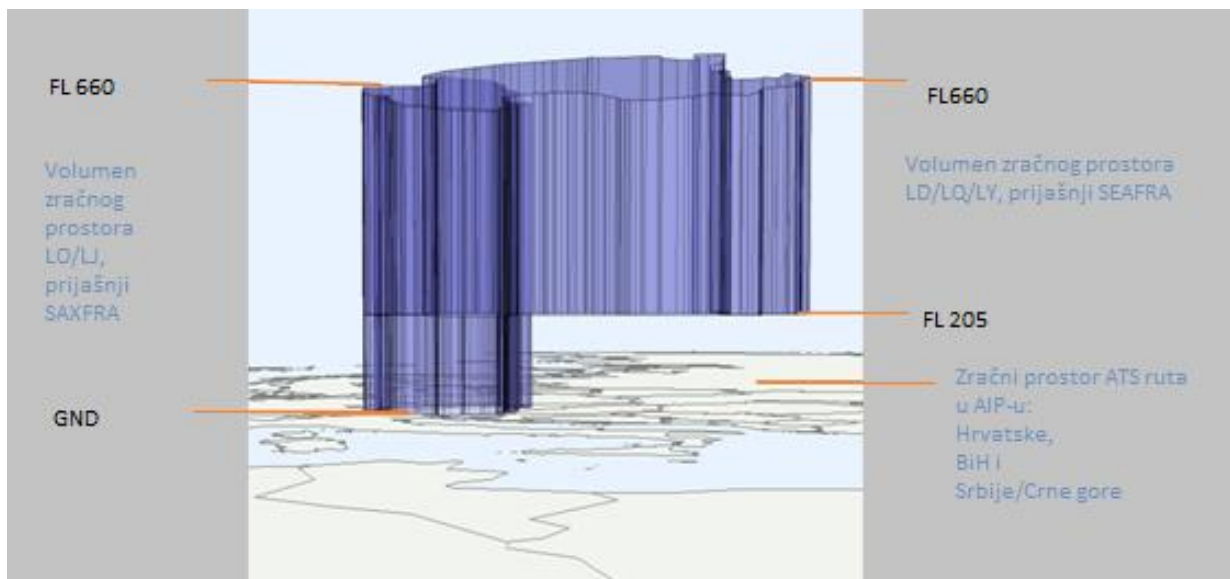
Slika 13. Slovensko-austrijski prekogranični zračni prostor slobodnih ruta [29]

U svrhu ostvarenja ciljeva jedinstvenog europskog neba, planovi za budućnost primjene FRA koncepta podrazumijevaju proširenje primjene na čitav FAB CE prostor postupnim spajanjem prekograničnih FRA prostora i implementacijom koncepta gdje još nije u potpunosti zaživio. SAXFRA, SEAFRA i SEEN FRA su rezultati FAB CE FRA inicijative, a korak dalje je spajanje FRA područja, započeto 2018. godine sjedinjenjem SAXFRA i SEAFRA u jedan zračni prostor slobodnih ruta nazvan SECSI FRA.

4.2. Zračni prostor slobodnih ruta Inicijative za zajedničko jugoistočno nebo

Zračni prostor slobodnih ruta Inicijative za zajedničko jugoistočno nebo (*South East Common Sky Initiative- SECSI*) predstavlja spajanje dva prekogranična zračna prostora slobodnih ruta, SAXFRA i SEAFRA, u jedan. SECSI FRA obuhvaća nadležnost pet pružatelja usluga (SMATSA, Croatia Control, BHANSA, Slovenia Control, Austria Control) i šest zemalja (Austrija, Bosna i Hercegovina, Hrvatska, Slovenija, Srbija i Crna Gora). Inicijativa je implementirana i puštena u operativnu uporabu 1.02.2018. 24 sata dnevno i vikendima (H24), a predstavlja ispunjenje ciljeva jedinstvenog europskog neba te planova primjene FRA u cijeloj Europi do 2022.[32]

Bočne granice SECSI FRA su volumeni nekadašnjeg SEAFRA i SAXFRA područja, a vertikalne granice su postavljene unutar bivšeg SAXFRA područja od zemlje do razine leta 660. Gornja granica SECSI FRA na dijelu gdje je nekoč bilo SEAFRA područje je razina leta 660, a donja granica je razina leta 205 ispod koje se još uvijek koriste fiksne mreže ruta.[33] Na slici 14 prikazano je SECSI FRA područje vertikalnih granica, a na slici 15 njegove bočne granice.



Slika 14. Vertikalne granice zračnog prostora slobodnih ruta Inicijative za zajedničko jugoistočno nebo [33]



Slika 15. Bočne granice zračnog prostora slobodnih ruta Inicijative za zajedničko jugoistočno nebo [29]

5. Usporedba prometne potražnje i opterećenja oblasne kontrole Zagreb između zračnog prostora fiksne mreže ruta i zračnog prostora slobodnih ruta na jugoistočnoj osi

U ovom poglavlju analizirat će se povećanje prometa unutar kontroliranog područja FIR Zagreb između 2016. i 2017. godine. Također će se promatrati opterećenje oblasne kontrole Zagreb u uvjetima zračnog prostora ATS ruta koji je bio u primjeni do kraja 2016. godine te će biti uspoređeno s onim u uvjetima zračnog prostora slobodnih ruta u 2017. godini kada je implementiran koncept SEAFRA.

Zračni promet raste iz godine u godinu, kao primjer mogu se usporediti podaci o IFR prometu u Hrvatskoj i cijeloj Europi u 2016. i 2017. godini. Promet u Europi je porastao za 4,3% u 2017. u odnosu na 2016. godinu, odnosno u 2016. godini broj IFR letova bio je 10,197 milijuna, a u 2017. 10,6 milijuna.[20] U području nadležnosti oblasne kontrole Zagreb, ukupni IFR promet u 2016. godini iznosio je 533,275 letova, a u 2017. 580, 892 letova. [34]

U ovom radu naglasak je na opterećenje koje je značajno za zračni prostor, a to je ono koje premašuje granice kapaciteta te je izraženo kao količina prometa iznad 100% kapaciteta zračnog prostora, odnosno kao *overload*. Za analize korištene su baze podataka za dva ljetna mjeseca, odnosno srpanj 2016. i 2017. godine.

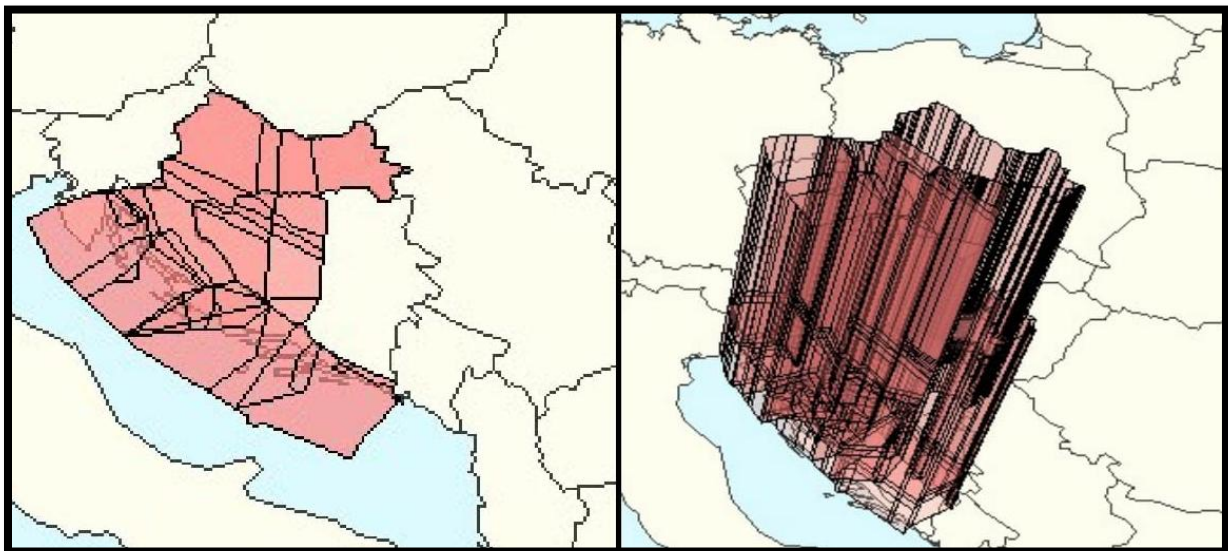
5.1. Područje nadležnosti oblasne kontrole Zagreb

Uslugu oblasne kontrole zračnog prometa u Republici Hrvatskoj obavlja Centar oblasne kontrole Zagreb, a usluge se pružaju svim kontroliranim zrakoplovima unutar kontroliranog područja (*Control Area- CTA*).

Kontrolirano područje definirano je u zborniku zrakoplovnih informacija te pokriva područje bočnih granica FIR Zagreba s donjom vertikalnom granicom od 1000 stopa iznad zemlje (*Above ground level- AGL*) i gornjom granicom razine leta (*Flight level- FL*) 660. Zračni prostor koji nije kontroliran od strane oblasne kontrole podrazumijeva sav zračni prostor koji spada pod nadležnost aerodromske i prilazne kontrole te područje ispod 1000 stopa AGL i poviše razine leta 660. CTA Zagreb definiran je kao klasa C iznad razine leta 115 te kao klasa D između visine od 1000 stopa AGL i razine leta 115. Unutar zračnog prostora C klase dopušteni su i IFR i VFR letovi, oblasna kontrola je dužna međusobno razdvajati sve IFR letove, IFR i VFR letove te davati VFR letovima informacije o drugim VFR letovima u njihovoj blizini. Kada je zračni prostor definiran kao D klasa, kontrola zračnog prometa dužna je pružati usluge svim IFR i VFR letovima, dužna je međusobno razdvajati sve IFR letove te pružati IFR letovima informacije o VFR letovima, a VFR letovima pružati informacije o svim ostalim letovima. Područje donjeg zračnog prostora FIR Zagreba prostire se od 1000 stopa

iznad zemlje do razine leta 285, a gornji zračni prostor se pruža od gornje granice donjeg zračnog prostora do razine leta 660.[35]

Nadležnost nad pružanjem usluga zračne plovidbe u jednom dijelu zračnog prostora Bosne i Hercegovine ima oblasna kontrola Zagreb. Područje nadležnosti oblasne kontrole Zagreb možemo vidjeti na slici 16 u 2D i 3D prikazu, a ono je u Bosni i Hercegovini definirano s dvije linije koje se mogu vidjeti u 2D prikazu slike. Područje koje se prostire od granice Hrvatske i Bosne i Hercegovine do prve linije vidljive na slici 16, pod nadležnosti je oblasne kontrole Zagreb od 1000 stopa AGL do FL660 isključujući prostor terminalne kontrole Banja Luka. Drugo područje definirano je prvom linijom te se prostire od nje prema istoku do druge gdje je područje nadležnosti oblasne kontrole Zagreb definirano vertikalnom granicom razine leta 325 do razine leta 660.



Slika 16. Prikaz područja nadležnosti oblasne kontrole Zagreb

Zračni prostor Republike Hrvatske do 8.12.2016. bio je zračni prostor ATS fiksnih ruta. No, od tog datuma uveden je koncept SEAFRA, odnosno zračni prostor slobodnih ruta koji se prostirao kroz četiri zemlje, Hrvatsku, Srbiju, BiH i Crnu Goru. Koncept FRA je bio primjenjiv od razine leta 325 do gornje granice gornjeg zračnog prostora FIR Zagreb. Nakon uvođenja SEAFRA, koncept zračnog prostora slobodnih ruta proširen je spajanjem SEAFRA i SAXFRA zračnog prostora te je zračni prostor Republike Hrvatske postao dio veće cjeline, odnosno postao je dio SECSI FRA koji je implementiran 1.2.2018. te primjenjiv od razine leta 205 do gornje granice 660.

5.2. Alat za strateško planiranje mreže

Alat za strateško planiranje mreže (*Network Strategic Tool- NEST*) je program koji služi kao jedinstveni simulacijski alat za modeliranje temeljen na scenarijima prometa u zračnim prostorima Europe. Služi za studije na lokalnoj i mrežnoj razini, planiranje i razvoj struktura zračnog prostora, planiranje kapaciteta, organiziranje tokova prometa u strateškoj fazi ATFCM-a te za razne analize u svrhu optimizacije raspoloživih resursa i poboljšanje performansi europske ATM mreže. Program koriste Eurocontrol i pružatelji usluga za analize na temelju povijesnih podataka o prometnoj potražnji, prometnih prognoza i na temelju podataka o zračnim prostorima i prometnim tokovima.[36] Svi podaci o povećanju prometa te o opterećenju zračnog prostora u ovom radu dobiveni su korištenjem programa NEST i Eurocontrol baze podataka za AIRAC datume 1607 i 1707.

Zrakoplovna regulacija i kontrola informacija (*Aeronautical Information regulation and control- AIRAC*) predstavlja sustav ciklusa od 28 dana za izvješćivanje o zajedničkim efektivnim datumima, odnosno sustav ima svrhu pružanja informacija o značajnim promjenama podataka tijekom jednog ciklusa. Za simulacije i analize, program NEST koristi baze podataka prema AIRAC ciklusima.

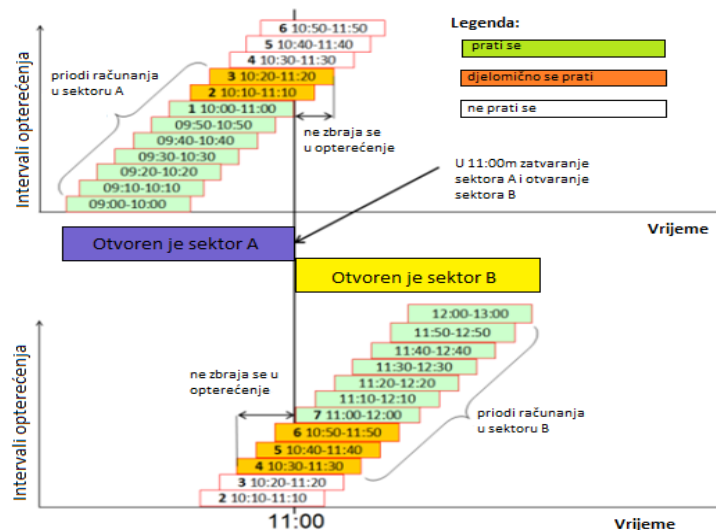
5.3. Odnos ponude i potražnje

Potražnja predstavlja količinu letnih operacija u nekom vremenu vezanih za dano područje, rutu, lokaciju ili uslugu, a ponuda u zračnoj plovidbi podrazumijeva proglašene kapacitete od strane pružatelja usluga nekog zračnog prostora. Proglašeni kapacitet predstavlja sposobnost ATC sustava da opsluži određenu količinu prometa na siguran i učinkovit način, a izražava se kao broj zrakoplova koji ulazi u određeni dio zračnog prostora u određenom vremenskom razdoblju, odnosno kao broj zrakoplova koji se mogu opslužiti u satu. Kod određivanja kapaciteta uzimaju se u obzir vremenske prilike, konfiguracija ATC jedinice, veličina i struktura zračnog prostora, očekivani protok prometa, osoblje i oprema na raspolaganju te svi drugi čimbenici koji mogu utjecati na opterećenje kontrolora koji je odgovoran za zračni prostor. Proglašene kapacitete pružatelj usluga mora redovito ažurirati.

Kada je potražnja veća od kapaciteta događa se preopterećenje nekog zračnog prostora što zapravo predstavlja preopterećenje kontrolora leta te on mora opslužiti količinu prometa veću od one objavljene određenim kapacitetima čime se istovremeno smanjuje sigurnost i učinkovitost zračne plovidbe unutar danog zračnog prostora. Preopterećenje se neće dogoditi ako je potražnja manja ili jednaka kapacitetu.

5.4. Mjerenje opterećenja

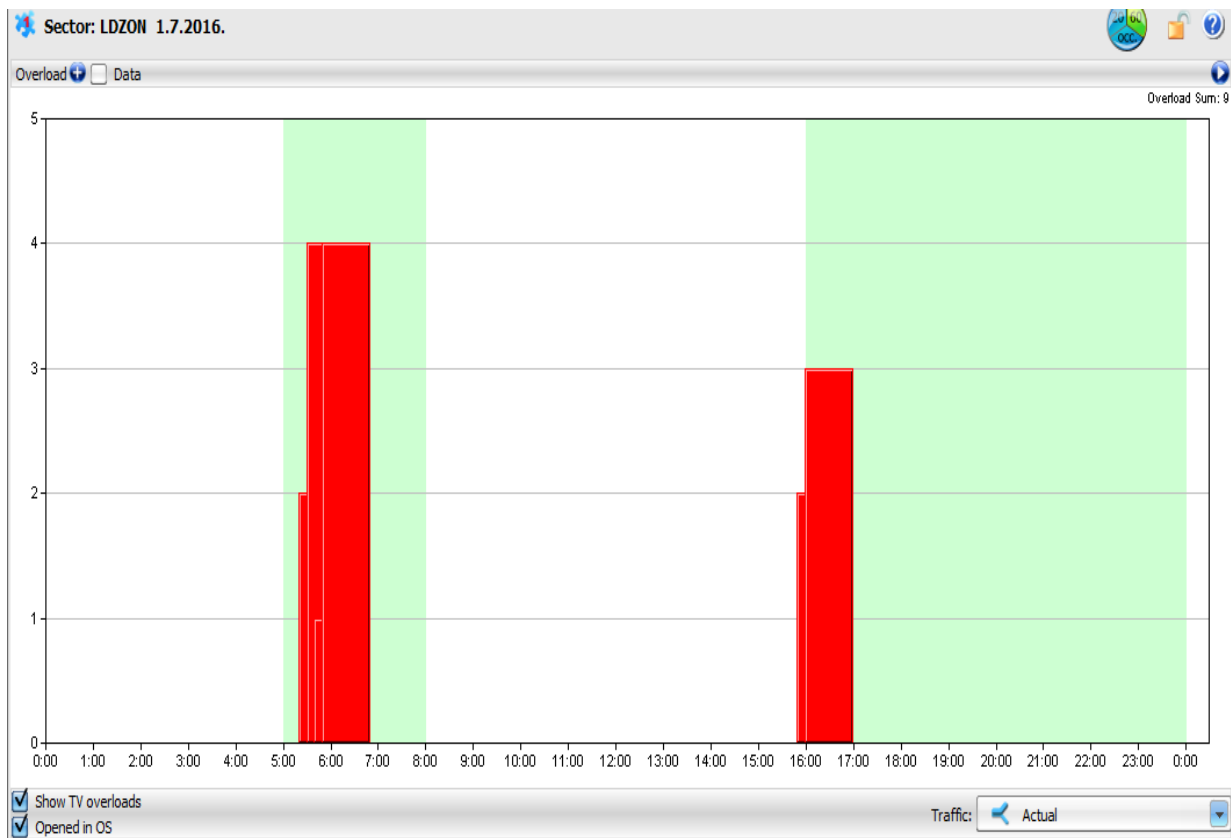
Potrebno je istaknuti da u ovom radu opterećenje se promatra kao ono koje ima bitan utjecaj na kontrolore leta i zračni prostor, odnosno analizira se opterećenje (*overload*) koje premašuje granice kapaciteta zračnog prostora. Program NEST omogućava mjerenje ukupnog dnevnog opterećenja (*overload*) na razini cijelog područja pod nadležnošću oblasne kontrole prema shemi otvaranja konfiguracija, odnosno računa se opterećenje svih sektora i volumena prometa samo onda kada su oni aktivni, a ukoliko sektor ima više volumena prometa uzima se u obzir samo onaj koji ima najveće opterećenje. Kako bi dobili stvarne rezultate, u obzir se uzimaju razdoblja otvaranja i zatvaranja sektora te se tada treba voditi računa o kategorijama pod koje spadaju periodi računanja opterećenja. Periodi koji u potpunosti pripadaju vremenskom razdoblju kada je sektor otvoren dio su izračuna, a periodi koji su potpuno izvan tog razdoblja se ne uzimaju u obzir. Kategorija na koju treba obratiti pažnju je kategorija perioda koji djelomično ulaze u razdoblje kada je sektor otvoren, a djelomično su izvan njega. Ukoliko bi se treća kategorija ignorirala, određeni periodi računanja opterećenja bi bili eliminirani, a ukupno dnevno opterećenje sektora iznad 100% kapaciteta bi bilo umanjeno. Broj preklapajućih perioda se podijeli na pola, prva polovica se prati kod zatvarajućeg sektora, a druga polovica kod sektora koji se otvara i prema tom primjeru kod perioda koji se promatraju u razmacima od 10 minuta i traju po sat vremena postoji pet razdoblja preklapanja uslijed tranzicije sektora. Primjer možemo vidjeti na slici 17 gdje se periodi 2 i 3 sektora A promatraju samo djelomično, odnosno za period 2 opterećenje se računa od 10:10 do 11:00, a za period 3 od 10:20 do 11:00. Isti princip se koristi i kod otvaranja sektora B. Uzimajući u obzir ove kategorije, konačno opterećenje se mjeri oduzimanjem vrijednosti kapaciteta od vrijednosti potražnje za svako obračunsko razdoblje. Princip je važan kod računanja opterećenja kliznom metodom koju koriste svi interni NEST algoritmi. Druga metoda računanja opterećenja je standardna metoda.[37]



Slika 17. Mjerenje opterećenja uslijed tranzicije sektora

Standardnom metodom mjere se diskretna, nepreklapajuća opterećenja za odabrani vremenski razmak kroz cijeli dan. Vremenski razmak, odnosno integracijski prozor, može biti od 60 i 20 minuta. U analizi se koristi integracijski prozor od 60 minuta te je time primjenom standardne metode mjerenja i klizni korak „*sliding step*“ jednak integracijskom prozoru. Standardna metoda zapravo daje sliku zasićenja sektora. [37]

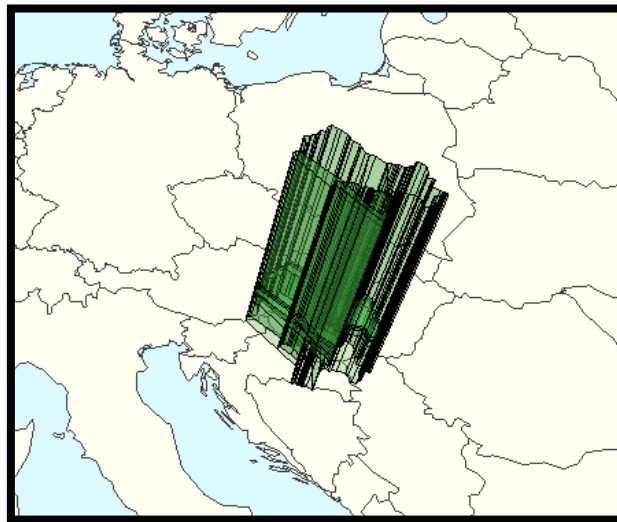
Klizna metoda koristi princip preklapanja vrijednosti opterećenja time što se periodi odabranog integracijskog prozora, npr. 60, podijele na razdoblja od 10 minuta. Kada se mjeri dnevno opterećenje, svako razdoblje od 10 minuta se prati i određuje se maksimalna vrijednost opterećenja unutar tih 10 minuta. Sve maksimalne vrijednosti unutar razdoblja kada je sektor otvoren se zbroje, a vrijednosti opterećenja izvan tog vremena se ignoriraju. Kada dobijemo zbroj svih maksimalnih opterećenja u razmacima od 10 minuta, normaliziramo ih i podijelimo s razlikom između integracijskog prozora i kliznog koraka. Za integracijski prozor od 60 minuta rezultat ćemo podijeliti sa 6, a za onaj od 20 s 2. Konačni rezultat se zaokružuje prema aritmetičkoj sredini. [37]



Slika 18. Dijagram opterećenja sektora LDZON

Na slici 18 prikazano je dnevno opterećenje sektora LDZON za datum 01.07.2016. Sektor LDZON i dani datum nasumično su odabrani kao jednostavan primjer mjerenja opterećenja u NEST programu, a sektor je prikazan na slici 19.

Os y predstavlja broj zrakoplova koji su ušli u sektor prelazeći gornji prag kapaciteta tog sektora. Os x predstavlja vrijeme u danu. U donjem desnom kutu za analizu mogu biti odabrane tri vrste putanja leta (*trajectory*), a to su inicijalna, stvarna i regulirana. U gornjem desnom kutu odabire se integracijski prozor 60, 20 ili OCC. U donjem lijevom kutu odaberemo opciju „*Opened in OS*“ koja nam omogućava analizu onda kada je sektor otvoren te nam daje prikaz tog vremenskog razdoblja koje je na grafu obojeno zelenom bojom. Sve analize u ovom poglavlju vezane su za stvarne putanje leta i integracijski prozor od 60 minuta.



Slika 19. Sektor LDZON

Svi interni algoritmi NEST programa koriste kliznu metodu za mjerenje opterećenja pa tako i rezultati dnevnog opterećenja sektora LDZON na slici 19 prikazani su korištenjem klizne metode, a ono za odabrani dan iznosi ukupno 9. Možemo uočiti da postoji preklapanje crvenih stupaca uslijed korištenja klizne metode, to je bitno kod određivanja maksimalnog opterećenja po promatranom periodu.[37] Primjer računanja opterećenja kliznom metodom prikazano je tablicom 1.

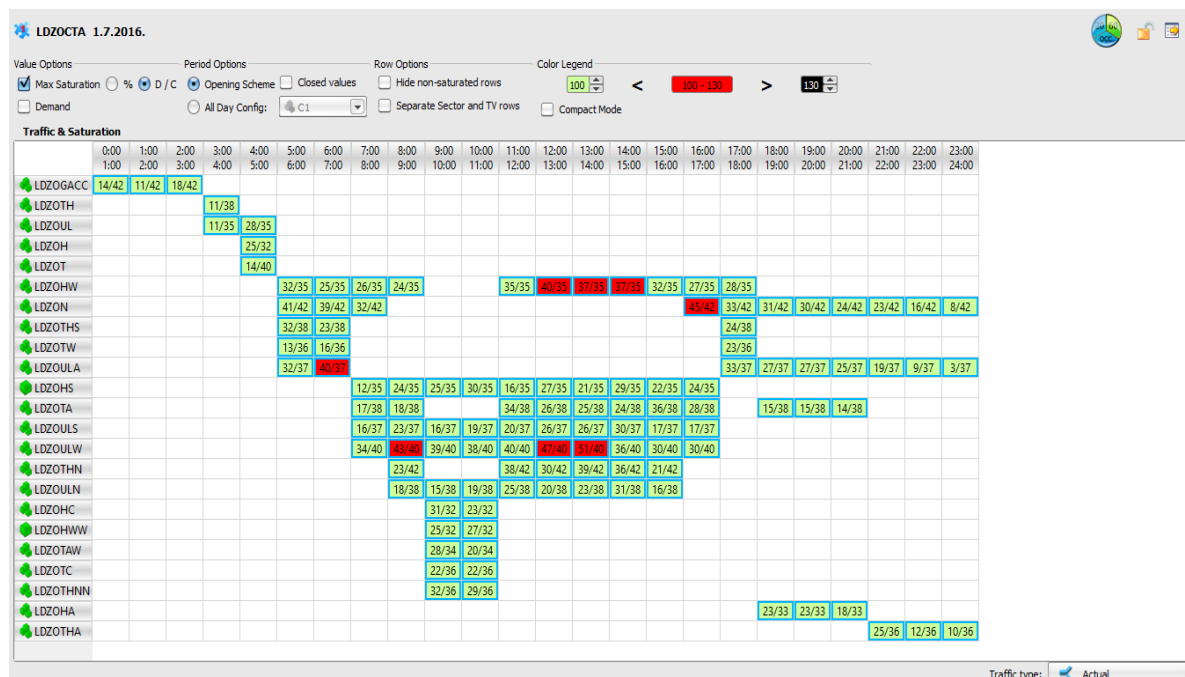
Tablica 1. Primjer klizne metode

Period:	5:00	5:10	5:20	5:30	5:40	5:50	6:00	6:10	6:20	6:30	6:40	6:50
Max. Ovl:	0	0	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Period:	16:00	16:10	16:20	16:30	16:40	16:50						
Max. Ovl:	3	3	3	3	3	3						

$$\text{preopterećenje} = \frac{0 + 2 + 4 * 9 + 3 * 6}{6} = 9,33 \sim 9$$

Opterećenja se mogu uočiti između 5:00 i 7:00 te između 16:00 i 17:00. Svaki sat podijelimo na 6 perioda po 10 minuta te određujemo maksimalno opterećenje po promatranom periodu. Npr. maksimalan broj zrakoplova koji predstavljaju opterećenje iznad 100% kapaciteta u 5:20 je 2, a od 5:30 do 6:50 je 4 te ignoriramo manje vrijednosti unutar grafa. U obzir ne uzimamo brojke izvan zelene zone, jer sektor tada još nije bio otvoren. Kako bi dobili vrijednost dnevnog opterećenja zbrojimo maksimalne vrijednosti opterećenja promatranih perioda i normaliziramo rezultat tako da sve podijelimo sa 6 te rezultat zaokružujemo prema aritmetičkoj sredini. Rezultat opterećenja izračunat od strane programa je 9 što se može vidjeti na slici 18. Isti rezultat dobiven je tablicom 1 i jednostavnom jednadžbom računanjem prema principu klizne metode.

Kada bi koristili standardnu metodu za mjerenje opterećenja, rezultati bi bili manji iz razloga što je standardna metoda prilično trivijalna te uzima u obzir samo opterećenja unutar čitavog integracijskog prozora od početka do kraja punog sata. Prema standardnoj metodi opterećenje sektora LDZON bilo bi 3 za isti datum zbog toga što samo između 16:00 i 17:00 postoji opterećenje od 3 zrakoplova.



Slika 20. Zasićenje sektora oblasne kontrole Zagreb (01.07.2016.)

Slika 20 prikazuje tablicu zasićenja sektora. Zasićenje sektora predstavlja odnose između ponude i potražnje po satima i u vremenima kada su sektori otvoreni. Zelenom bojom prikazani su sektori koji su aktivni te su opterećeni do 100% kapaciteta. Crvenom bojom prikazani su vremenski periodi kada su sektori opterećeni od 100% do 110%, crnom

kada su opterećeni više od 110%, a bijelom bojom obojena su polja gdje sektori nisu aktivni. Redci prikazuju sektore koji su u tom danu u nekom trenutku bili otvoreni, a stupci vrijeme. [37]

Unutar svake ćelije označen je odnos između ponude i potražnje te možemo uočiti da je kapacitet sektora LDZON 42, a njegovo opterećenje predstavljaju 3 zrakoplova u periodu između 16 i 17 sati, odnosno u sektoru je tada bilo ukupno 45 zrakoplova. Ovdje je opterećenje prikazano standardnom metodom računanja, odnosno samo u jednom vremenskom razmaku imamo opterećenje od točno 3 zrakoplova u cijelom satu.

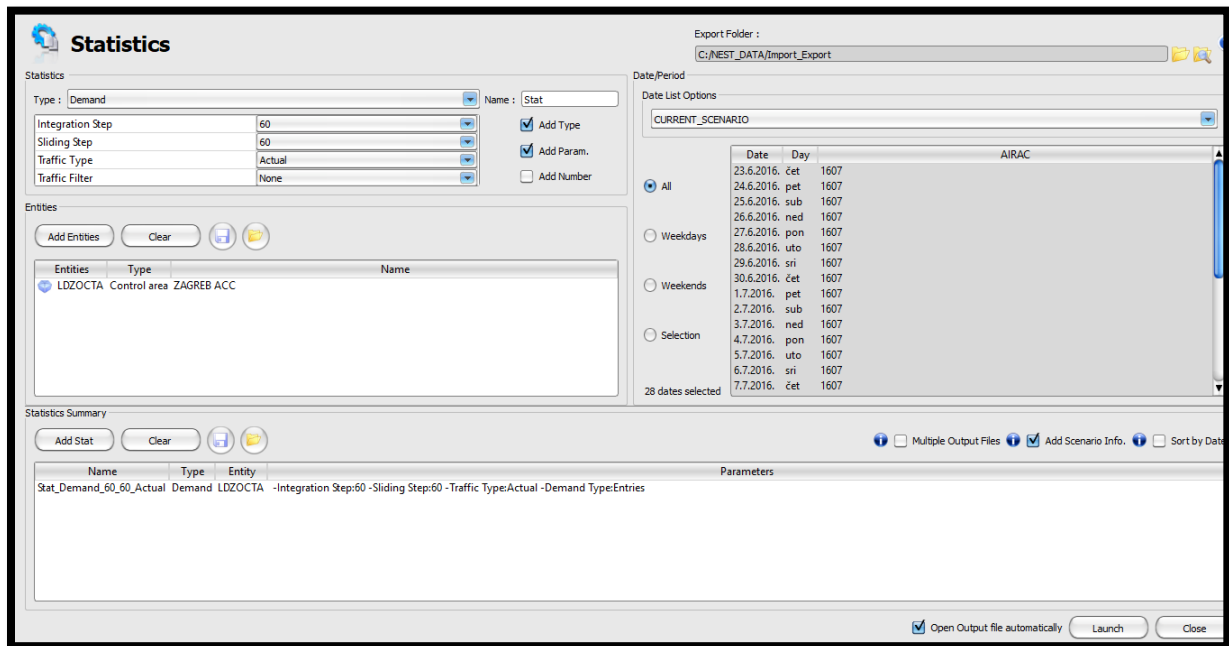
Dvije metode računanja opterećenja iznad 100% kapaciteta sektora (*overload*) daju različite rezultate. Očito je da korištenjem jednostavne standardne metode možemo dobiti tek okvirnu sliku opterećenja zračnog prostora, odnosno zasićenje te je iz tog razloga kod analiza dobro uzeti u obzir obje, a bazirati se na opterećenje mjereno kliznom metodom koja daje realnije rezultate.

5.5. Analiza povećanja prometa i opterećenja za AIRAC cikluse 1607 i 1707

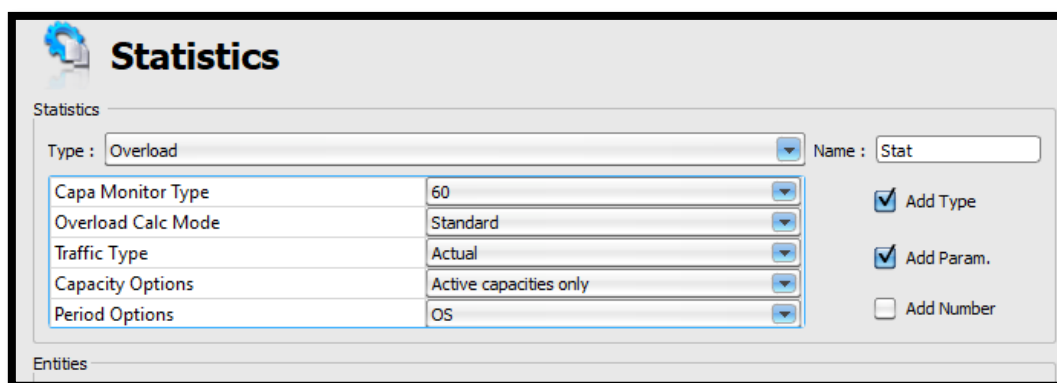
Korištenjem NEST programa možemo dobiti potrebne podatke o prometu i opterećenjima za pojedinačne datume, ili za cijeli AIRAC ciklus, koristeći funkciju „*Statistics*“ koja se nalazi u izborniku „*Processing*“ s alatne trake. Na slici 22 prikazano je sučelje funkcije i parametri. Rezultat dobivamo odabiranjem željenih parametara, a pošto je u ovoj analizi potrebno dobiti podatke o prometu, pod rubrikom „*Type*“ odabiremo „*Demand*“. Ostali parametri vezani su za uvjete koji su nam potrebni, a to su integracijski prozor od 60 minuta s kliznim korakom jednake duljine i stvarne putanje leta, odnosno pod „*Traffic type*“ odabiremo „*Actual*“. S desne strane odabiremo AIRAC ciklus, odnosno scenarij i datume koji su nam potrebni. Analizu cijelog ciklusa možemo napraviti ukoliko odaberemo opciju „*All*“. Kod odabira entiteta uzimamo u obzir zračni prostor za koji tražimo podatke, a moguće je odabrati između ACC-a, pojedinačnih sektora, volumena prometa, cijelog ECAC područja i određenih navigacijskih točaka. Kako bi analizirali potražnju područja nadležnosti oblasne kontrole Zagreb, za odabrani ciklus odabiremo LDZOCTA Control Area Zagreb ACC. Predzadnji korak je dodavanje odabranih parametara pomoću opcije „*Add Stat*“, a zadnji je pokretanje funkcije preko opcije „*Launch*“. Na slici 21 za analizu odabran je AIRAC 1607, a podaci za AIRAC 1707 mogu se dobiti na isti način samo mijenjajući scenarij. Podaci koje ćemo dobiti ovim putem dolaze u tekstualnom i tabličnom obliku, odnosno podatke spremamo kao Excel datoteku za daljnju analizu.

Do podataka o opterećenju možemo doći na sličan način. Za oba AIRAC ciklusa odabiremo opciju „*All*“ i entitet LDZOCTA kao i kada se traže podatci o prometu. Razlika je u tome što nam je potreban drugi tip podataka te kod rubrike „*Type*“ odabiremo „*Overload*“. Za analizu nam je potrebno praćenje kapaciteta (*Capa. Monitor.*) od 60 minuta, a način

izračuna opterećenja može biti standardna ili klizna metoda. Zbog usporedbe prvo ćemo tražiti podatke izračunate standardnom pa onda i kliznom metodom. Pod opciju kapaciteta biramo samo aktivne kapacitete (*Active capacities only*) i periode kada su sektori otvoreni, odnosno odabiremo „OS“. Kao i u prethodnom primjeru potrebno je dodati odabrane parametre koristeći opciju „Add Stat“ te pokrenuti program, a podatke spremiti kao Excel datoteku. Odabir parametara mjerenja opterećenja (*overload*) prikazan je na slici 22.



Slika 21. Sučelje programa za strateško planiranje mreže u funkciji statističkih podataka o prometnoj potražnji



Slika 22. Odabir parametara mjerenja opterećenja

Sve podatke možemo odabrati unutar jednog sučelja dodajući različite parametre preko opcije „Add Stat“ kako bi dobili jednu Excel tablicu umjesto šest, no podaci nisu

pregledni te je potrebno izraditi jednu tablicu koja ih sjedinjuje kako bi ih bilo lakše usporediti. Tablica 2 je jedinstvena tablica koja prikazuje podatke o prometu za AIRAC cikluse 1607 i 1707 te podatke o opterećenjima po odgovarajućim danima. Za svaki datum dan je broj ukupnog dnevnog prometa u tom danu te je izračunato ukupno dnevno opterećenje standardnom metodom označeno kraticom OSD (*Overload standard*) i kliznom metodom označenom kao OSL (*Overload sliding*).

Tablica 2. Statistički podaci o dnevnom prometu i opterećenju

Datumi:	Dnevni promet:	OSD:	OSL:	Datumi:	Dnevni promet:	OSD:	OSL:
23.6.2016.	1881	14	23	22.6.2017.	1990	4	18
24.6.2016.	2071	11	36	23.6.2017.	2075	43	89
25.6.2016.	2485	56	157	24.6.2017.	2616	99	227
26.6.2016.	2332	78	182	25.6.2017.	2664	143	222
27.6.2016.	2051	40	97	26.6.2017.	2090	35	112
28.6.2016.	2015	21	56	27.6.2017.	2162	29	91
29.6.2016.	2048	31	89	28.6.2017.	2297	106	196
30.6.2016.	1946	13	43	29.6.2017.	2115	39	82
1.7.2016.	2211	36	94	30.6.2017.	2112	27	70
2.7.2016.	2568	103	227	1.7.2017.	2793	186	356
3.7.2016.	2317	28	73	2.7.2017.	2414	109	205
4.7.2016.	2067	29	59	3.7.2017.	2173	68	138
5.7.2016.	2118	21	72	4.7.2017.	2205	43	87
6.7.2016.	2171	42	112	5.7.2017.	2252	57	124
7.7.2016.	2079	11	44	6.7.2017.	2268	39	113
8.7.2016.	2194	46	107	7.7.2017.	2249	39	111
9.7.2016.	2677	125	235	8.7.2017.	2835	197	371
10.7.2016.	2414	43	89	9.7.2017.	2573	117	208
11.7.2016.	2097	21	52	10.7.2017.	2179	51	127
12.7.2016.	2169	28	59	11.7.2017.	2459	123	233
13.7.2016.	2287	134	245	12.7.2017.	2338	89	160
14.7.2016.	2203	40	67	13.7.2017.	2180	52	134
15.7.2016.	2290	59	131	14.7.2017.	2287	33	91
16.7.2016.	2636	137	242	15.7.2017.	2818	207	362
17.7.2016.	2390	62	112	16.7.2017.	2456	80	169
18.7.2016.	2151	31	79	17.7.2017.	2267	52	128
19.7.2016.	2225	51	124	18.7.2017.	2268	47	101
20.7.2016.	2290	32	102	19.7.2017.	2331	81	171
Ukupno:	62383	1343	3008		65466	2195	4496

Tablica 2 prikazuje dva odgovarajuća AIRAC ciklusa za mjesec srpanj 2016. i 2017. godine. Do kraja 2016. godine zračni promet pod nadležnošću oblasne kontrole Zagreb odvijao na principu zračnog prostora ATS ruta od točke do točke s mogućim izravnim usmjerenjima kontrole leta kada su uvjeti to dozvoljavali. U 2017. godini u primjeni je bio zračni prostor slobodnih ruta na jugoistočnoj osi što je omogućavalo operatorima zrakoplova da planiraju letove izravno od ulazne do izlazne točke SEAFRA područja od razine leta 325 do 660. Zračni prostor slobodnih ruta donosi mnoge prednosti u smislu smanjenja prijeđenih nautičkih milja, smanjenja potrošnje goriva i smanjenja ispuštanja ispušnih plinova, no u ovoj analizi naglasak je na opterećenje zračnog prostora iznad 100% kapaciteta, odnosno donosi li FRA koncept prednosti u području učinkovitosti kapaciteta.

U tablici 2 stupac OSD označava opterećenje sektora mjereno standardnom metodom, a stupac OSL opterećenje mjereno kliznom metodom. Rezultati su prikazani po danima, te je na dnu tablice prikazan zbroj ukupnog opterećenja za cijeli ciklus. Promatrajući tablicu 2 može se zaključiti da je opterećenje značajno poraslo u srpnju 2017. godine. Vidljivo je da je opterećenje mjereno standardnom metodom manje od onog mjereno kliznom. Za primjer možemo uzeti datum 22.06.2017. gdje je opterećenje u danu izmjereno standardnom metodom samo četiri što označava da su samo 4 zrakoplova u jednom ciklusu od punih sat vremena u tom danu bili iznad 100% kapaciteta sektora. Opterećenje mjereno kliznom metodom daje rezultat 18 zbog toga što uzima u obzir periode otvaranja i zatvaranja sektora te sva opterećenja u razmaku perioda od 10 minuta, a ne samo konstantna tijekom cijelog integracijskog prozora i time klizna metoda daje realniju sliku opterećenja. U tablici 2, crvenom bojom označeni su datumi najviših zabilježenih dnevnih opterećenja kroz cikluse. Promatrajući opterećenje mjereno kliznom metodom, u 2016. godini najveće opterećenje bilo je 13.07. uz dnevni promet od 2287 letova i opterećenje od 245 letova što je 10,7% od ukupnog dnevnog prometa. U 2017. godini dan najvećeg opterećenja je 8.7. kada je opterećenje bilo 371 što čini 13,1% opterećenja za količinu dnevnog prometa od 2835 letova.

Iz tablice 2 može se iščitati ukupan promet za oba AIRAC ciklusa. U 2016. godini u ciklusu mjeseca srpnja ukupan promet bio je 62383 letova, a u 2017. 65466 letova. Prosječno dnevno opterećenje čitavog ciklusa može se izraziti postotkom preko postotaka pojedinačnih dnevnih opterećenja dobivenih odnosom broja zrakoplova koji su predstavljali opterećenje i ukupnog dnevnog prometa za svaki datum.

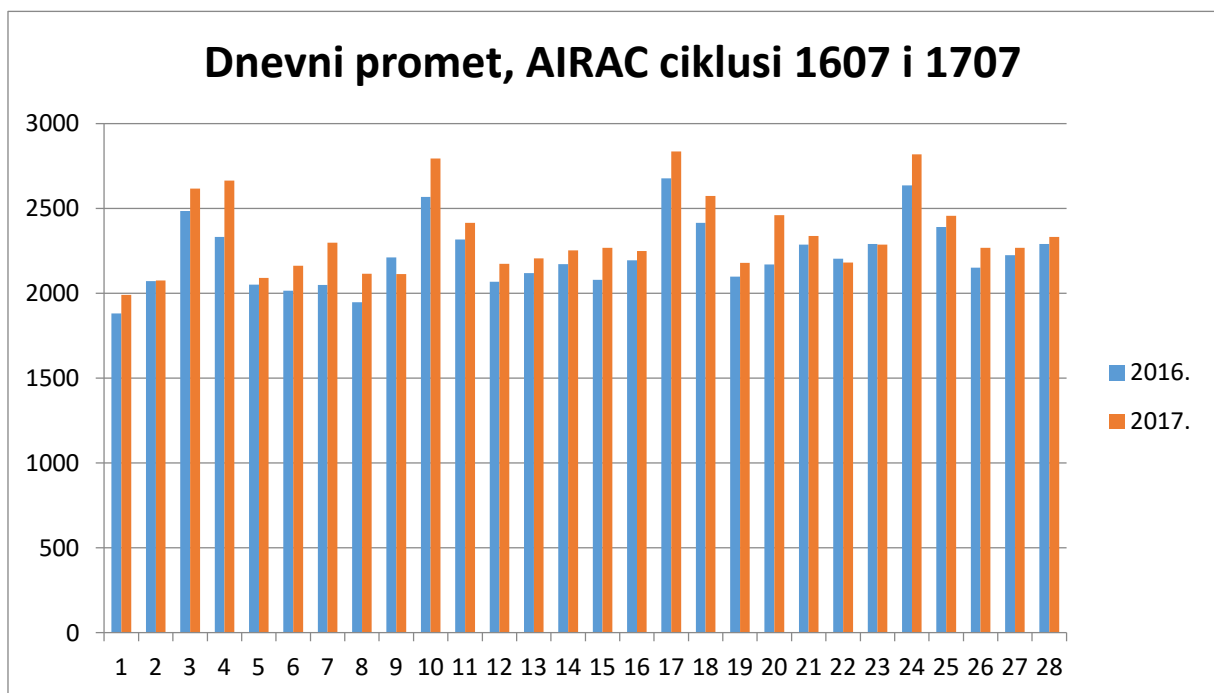
U tablici 3 prikazani su odnosi prosječnih dnevnih opterećenja za oba ciklusa mjerena i standardnom i kliznom metodom. U 2016. godini prosječno dnevno opterećenje mjereno kliznom metodom bilo je 4,66%, a u 2017. 6,61%. Time možemo zaključiti da je opterećenje poraslo za 1,95% u 2017. godini. Prosječno dnevno opterećenje mjereno standardnom metodom je znatno manje, u 2016 godini iznosilo je 2,06%, a u 2017 3,19% te je razlika u opterećenju između dva ciklusa 1,13%.

Tablica 3. Prosječno dnevno opterećenje stvarnog prometa AIRAC ciklusa 1607 i 1707

	standardna metoda	klizna metoda
2016.	2,06%	4,66%
2017.	3,19%	6,61%

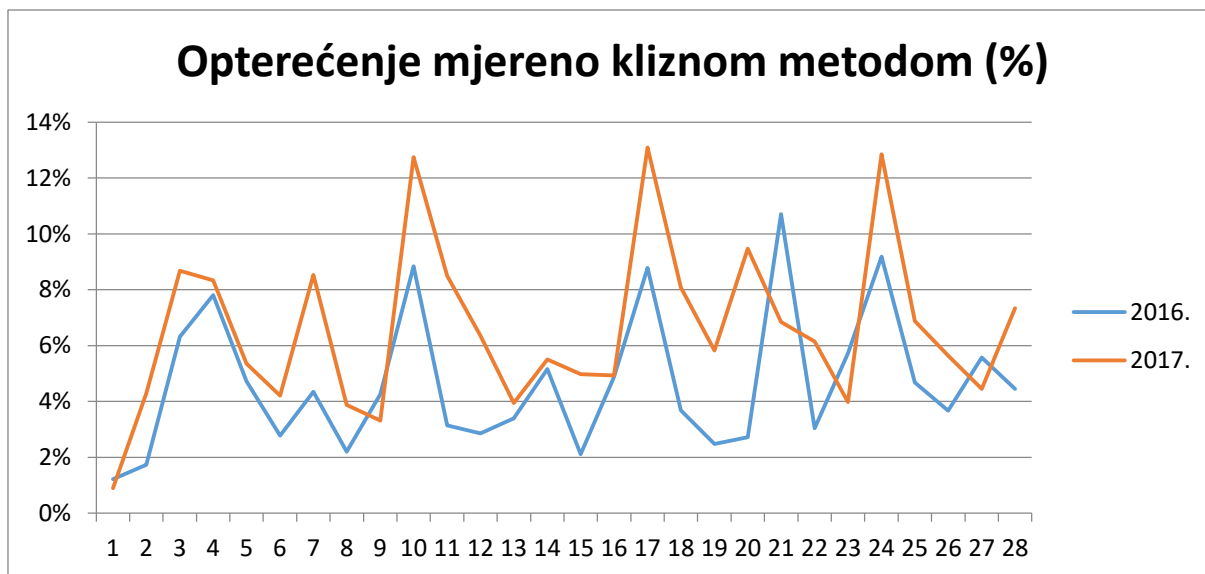
Preglednija usporedba količine prometa za dva dana AIRAC ciklusa prikazana je dijagramom dnevnog prometa na slici 23. Dani su označeni od 1 do 28 te su upareni odgovarajući datumi AIRAC ciklusa koji se preklapaju u 2016. i 2017. godini na osi x. Plavom bojom označena je prometna potražnja u srpnju u 2016. godini, a narančastom u 2017. Os y prikazuje broj letova u danu.

Promatrajući sliku 23 može se uočiti porast prometa u 2017. godini u odnosu na 2016. Ukupan broj letova tijekom AIRAC ciklusa mjeseca srpnja u 2016. godini je 62383, a u 2017. godini 65466 te se može zaključiti da je ukupan promet u AIRAC ciklusu mjeseca srpnja porastao za 4,9% u 2017. godini u odnosu na 2016.

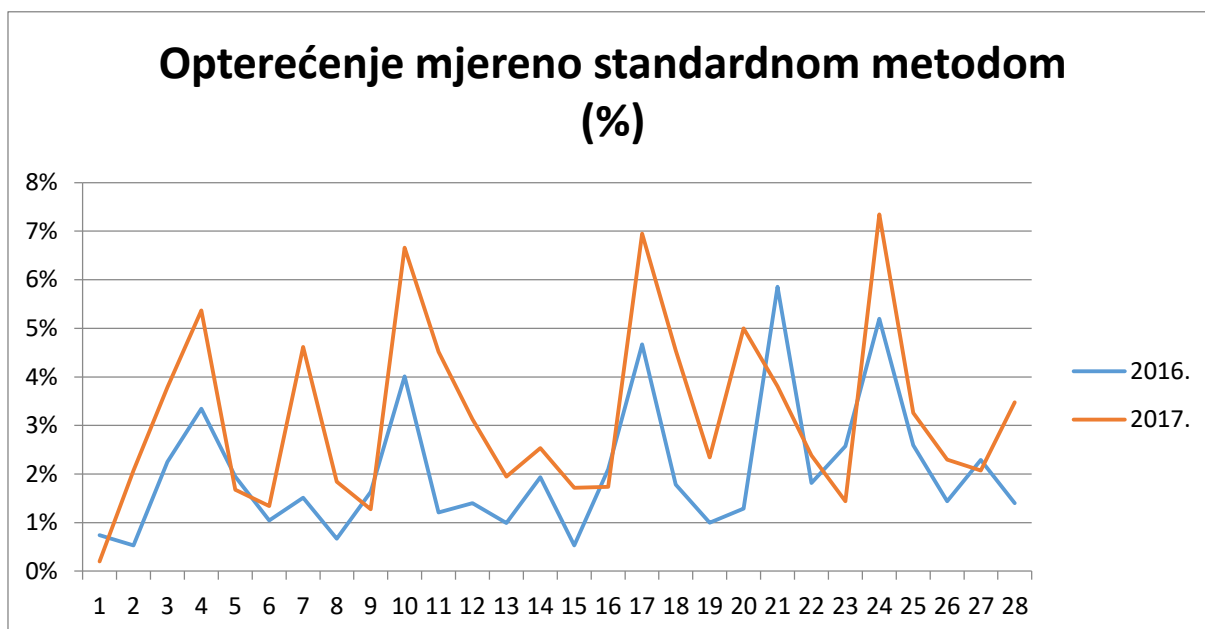


Slika 23. Usporedba dnevnog prometa ciklusa mjeseca srpnja u 2016. i 2017. godini

Slika 24 prikazuje dijagram opterećenja mjereno kliznom, a slika 25 opterećenje mjereno standardnom metodom u postocima. Usporedbom slike 25 i 26 može se primijetiti sličnost kretanja krivulja opterećenja što navodi na poveznicu između dvije metode mjerenja, odnosno ako je opterećenje mjereno standardnom metodom visoko možemo isto očekivati i za ono mjereno kliznom metodom i obratno. Dijagrami su dobiveni iz tablice 2.



Slika 24. Prikaz opterećenja sektora mjereno kliznom metodom



Slika 25. Prikaz opterećenja sektora mjereno standardnom metodom

S obzirom da je promet u srpnju 2017. porastao za 4,9%, a opterećenje mjereno kliznom metodom za 1,95% možemo zaključiti da uvođenje SEAFRA koncepta nije imalo značajan utjecaj na smanjenje opterećenja sektora. S druge strane, razina opterećenja, premda je porasla u 2017. godini, nije proporcionalno rasla s količinom prometa. Poželjni rezultati bili bi oni gdje se primjenom zračnog prostora slobodnih ruta opterećenje smanjuje ili ostaje isto s porastom prometa. No razlog ovakvih rezultata ne mora nužno biti dizajn zračnog prostora već način upravljanja protokom i kapacitetom zračnog prometa te promjene putanja u odnosu na planirane u stvarnom vremenu odvijanja leta.

Neka od rješenja vezana su za optimizaciju kapaciteta, odnosno za unaprjeđivanje upravljanjem sektorima što je vezano za planiranje konfiguracija i broja sektora. No unatoč

mjerama upravljanja protokom i kapacitetom zračnog prometa, opterećenja se mogu dogoditi uslijed nekoliko razloga. Događaji kao što su odstupanja od planiranog puta, koji su rezultat direktnih usmjerenja zrakoplova, rezultiraju time da će zrakoplov u neki zračni prostor ući ranije od planiranog vremena ili ući u sektor gdje let nije bio planiran te time predstavljati opterećenje. Također, odlasci koji se ne poklapaju s izvornim procijenjenim vremenom (*Estimated Off Block Time- EOBT*) i letovi koji se ne odvijaju na početnoj planiranoj razini leta, što se događa u trećini slučajeva, utječu na mrežu gubitkom kapaciteta u nekim sektorima te povećanim radnim opterećenjem kontrolora. [38]

Kao primjer, u programu NEST možemo doći do podataka o inicijalnim prometu, odnosno o onim putanjama zrakoplova koje su definirane predanim planovima leta te podatke usporediti sa stvarnim prometom koji se odvijao u zračnom prostoru oblasne kontrole Zagreb. Za usporedbu može se uzeti ukupna količina prometa kroz ciklus mjeseca srpnja 2017. godine. Već je poznato da je količina stvarnog prometa bila 65466, a iz programa možemo dobiti podatak da je ukupna količina inicijalnog prometa 60432 leta. To znači da je razlika u prometu, kroz cijeli ciklus, između onog planiranog i stvarnog 5034 letova, odnosno planiranje konfiguracija, broja sektora i kontrolora u cijelom ciklusu nije bilo predviđeno za 5034 letova što rezultira povećanim opterećenjem. Isto tako može se doći do podatka o prosječnom dnevnom opterećenju mjereno kliznom metodom koje je za dane konfiguracije za cijeli ciklus inicijalnog prometa iznosilo 3,45%, a u stvarnom 6,61%. Znatna je razlika stvarnog i planiranog opterećenja, čak 3,16% te se iz ovih podataka može zaključiti da porastom prometa raste i opterećenje, no isto tako što je veća varijacija planiranog i stvarnog prometa bit će veće i opterećenje zbog toga što je planiranje dnevnih konfiguracija temeljeno na predanim planovima leta, odnosno na očekivanom prometu.

6. Usporedba opterećenja oblasne kontrole Zagreb u uvjetima zračnih prostora slobodnih ruta

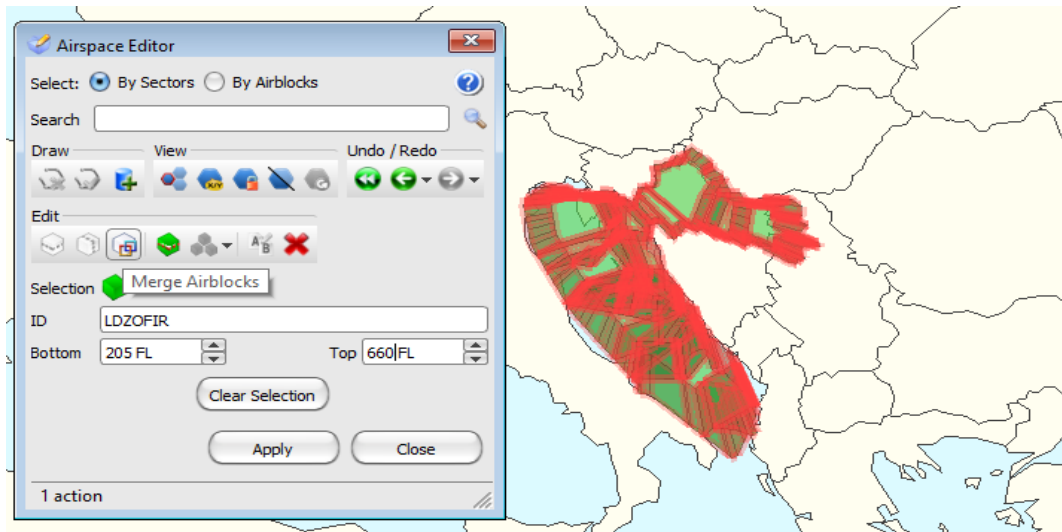
6.1. Izrada zračnog prostora slobodnih ruta Inicijative za zajedničko jugoistočno nebo

Koncept zračnog prostora slobodnih ruta, operaterima zrakoplova omogućava planiranje najkraćih putanja leta od ulaznih do izlaznih točaka što donosi mnoge prednosti kao što su smanjenje potrošnje goriva, ispušnih plinova i prijeđenih nautičkih milja. Što je veće FRA područje veće su i uštede jer zrakoplov može letjeti veći dio puta najkraćom putanjom leta. Zbog toga, uvedeni su koncepti prekogranične primjene FRA. Primjeri prekogranične primjene FRA su zračni prostor slobodnih ruta Slovenije i Austrije (*Slovenian Austrian Cross Border Free Route Airspace- SAXFRA*) te zračni prostor slobodnih ruta na jugoistočnoj osi (*South East Axis Free Route Airspace- SEAFRA*). Koncept je nakon uspješne implementacije proširen spajajući ta dva zračna prostora u jedan zračni prostor slobodnih ruta Inicijative za zajedničko jugoistočno nebo (*South East Common Sky Initiative Free Route Airspace- SECSI FRA*) time omogućavajući prekograničnu FRA primjenu kroz šest država. SECSI FRA prostire se kroz Austriju, Sloveniju, Hrvatsku, Bosnu i Hercegovinu, Srbiju i Crnu goru, a uspostavljen je kako bi se poboljšala povezanost srednje i južne Europe omogućavajući odabir najkraćih ruta leta čime je i napravljen korak dalje u ostvarenju ciljeva Jedinstvenog europskog neba u uspostavi FRA kroz cijelu Europu.

U ovom radu potrebno je izraditi zračni prostor slobodnih ruta SECSI, te kako bi se to moglo postići potrebni su podaci o zračnom prostoru, odnosno podaci o točkama i područjima letnih informacija koje obuhvaća. Poznate su bočne granice SECSI FRA, odnosno zračni prostor se prostire preko šest država i pet FIR-ova, a to su Austrija, Slovenija, Hrvatska, Bosna i Hercegovina, Srbija i Crna gora te pružatelji usluga Austro Control, Slovenia Control, Croatia Control, BHANSA i SMATSA. Podaci o pružateljima usluga nam omogućava pronalaženje FRA točaka preko nacionalnih zbornika zrakoplovnih informacija. Svaki zbornik sadržava popis točaka s naznakama njihove namjene, za kreiranje FRA područja u obzir uzimamo samo FRA točke te podatke o njima, odnosno koordinate i namjenu (ulazne, izlazne, međutočke...). Jednom kada su točke identificirane, informacije o njima spremimo kako bi ih mogli koristiti u programu NEST prilikom kreacije zračnog prostora.

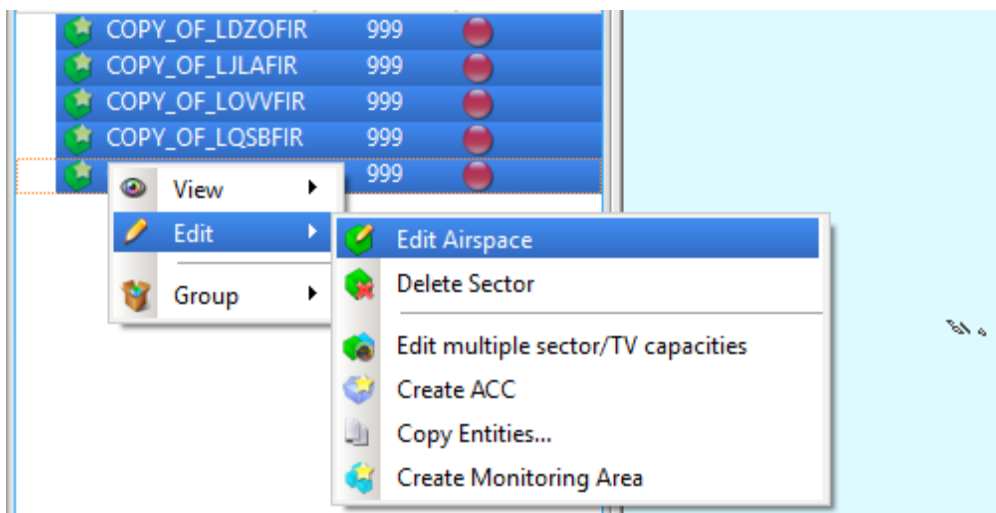
Nakon identificiranja točaka potrebno je izraditi zračni prostor slobodnih ruta. U programu NEST pod opciju „*Airspace/Sector*“ odabiremo LDZOFIR, LJLAFIR, LOVVFIR, LQSBFIR i LYBAFIR te ih odvojimo u grupu koja će nam služiti za sjedinjavanje tih zračnih prostora u jedan. Desnim klikom za svaki sektor odabiremo „*Group*“ i „*Copy to New Group*“. Novu grupu možemo nazvati kako želimo, u ovom slučaju ime grupe će biti SECSI, a imena sektora će ostati ista i imat će prefiks COPY_OF_. Svaki sektor, odnosno FIR u grupi ćemo prvo modificirati zasebno opcijom „*Edit Airspace*“, ovaj korak za zračni prostor LDZOFIR prikazan je na slici 26. Potrebno je spojiti sve zračne blokove u jedan opcijom „*merge*“, a za vertikalne granice sektora treba postaviti one koje su definirane za SECSI FRA, odnosno

gornja granica je razina leta 660, a donja 205. Sektore u programu nije moguće spojiti ukoliko vertikalne granice nisu jednake, a bočne se ne dodiruju.



Slika 26. Spajanje sektora unutar područja letnih informacija Zagreb

Jednom kada je proces spajanja pojedinačnih FIR-ova u jedan sektor gotov, treba odabrati svaki modificirani sektor imena „COPY_OF___FIR“ u grupi te ponoviti proces desnim klikom „Edit Airspace“. Sve sektore spojimo u jedan opcijom „merge“ uz uvjet jednakih vertikalnih granica. Na slici 27 prikazan je odabir sektora koji predstavljaju područja letnih informacija koja su potrebna za izradu novog FRA prostora, a rezultat spajanja je zračni prostor SECSI FRA od razine leta 205 do 660 te je prikazan na slici 28. Novi sektor je potrebno imenovati, u ovoj analizi ime sektora je SECSI.



Slika 27. Spajanje sektora



Slika 28. Integrirani zračni prostor dobiven u programu za strateško planiranje mreže

Kako bi sektor definirali kao FRA potrebno je u izborniku „*Network*“ filtrirati mrežu opcijom „*Free route airspace*“ te desnim klikom na prazno polje u listi odabrati „*Create New Free Route Airspace*“. Otvorit će se izbornik gdje odaberemo novi sektor koji smo stvorili i opciju „*Apply*“ što će rezultirati definiranjem odabranog sektora kao FRA područje.

Posljednji korak je definiranje točaka unutar SECSI FRA područja dobivenog spajanjem sektora. Točke je potrebno unijeti opcijom „*Edit*“ i „*Add/Create free route point*“. Kako bi stvorili točku moraju nam biti poznate koordinate točke, namjena i ime točke, a kako bi dodali točku odabiremo postojeću točku u izborniku i samo definiramo njenu namjenu. Moguće je uvođenje točaka u program stvaranjem frp. datoteke unutar koje točke trebaju biti ispisane, ali u ovoj simulaciji točke su ručno unesene opcijom „*Add/Create free route point*“. Popis točaka zračnog prostora SECSI nalazi se u prilogu 1. Jednom kada je definiran sektor i točke kao zračni prostor slobodnih ruta SECSI, moguće je izvršavati analize i simulacije.

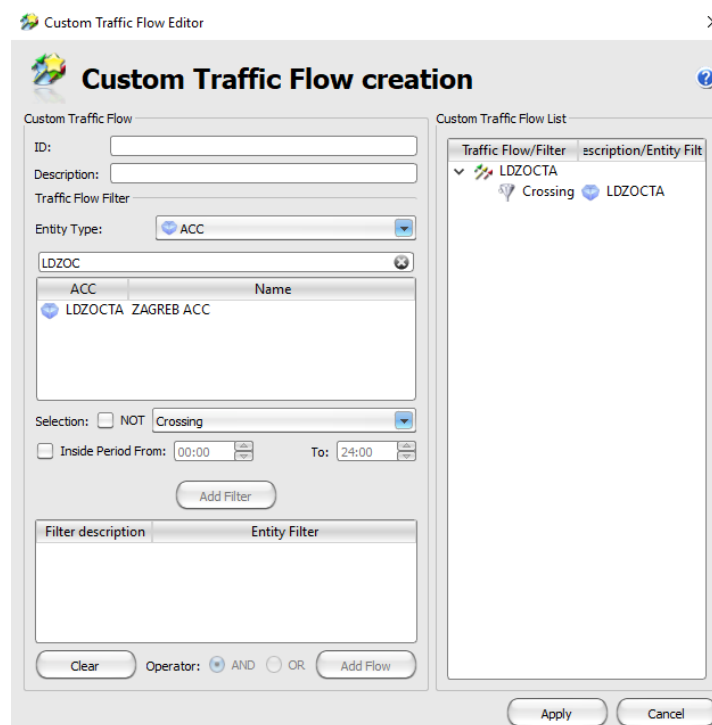
6.2. Simulacija prometa kroz SECSI FRA

U ovom radu potrebno je usporediti utjecaj promjene arhitekture mreže zračnog prostora na opterećenje sektora oblasne kontrole Zagreb. Usporedba se vrši između dva različita uvjeta mreže zračnih prostora slobodnih ruta, SEAFRA i SECSI, a podaci koji se koriste su iz AIRAC ciklusa mjeseca srpnja 2017. godine. Kako bi se podaci što vjernije mogli

usporediti potrebno je izvršiti simulaciju prometa u uvjetima SEFRA i SECSI zračnog prostora uz naredbu „Scenario-Simulate Trajectory“.

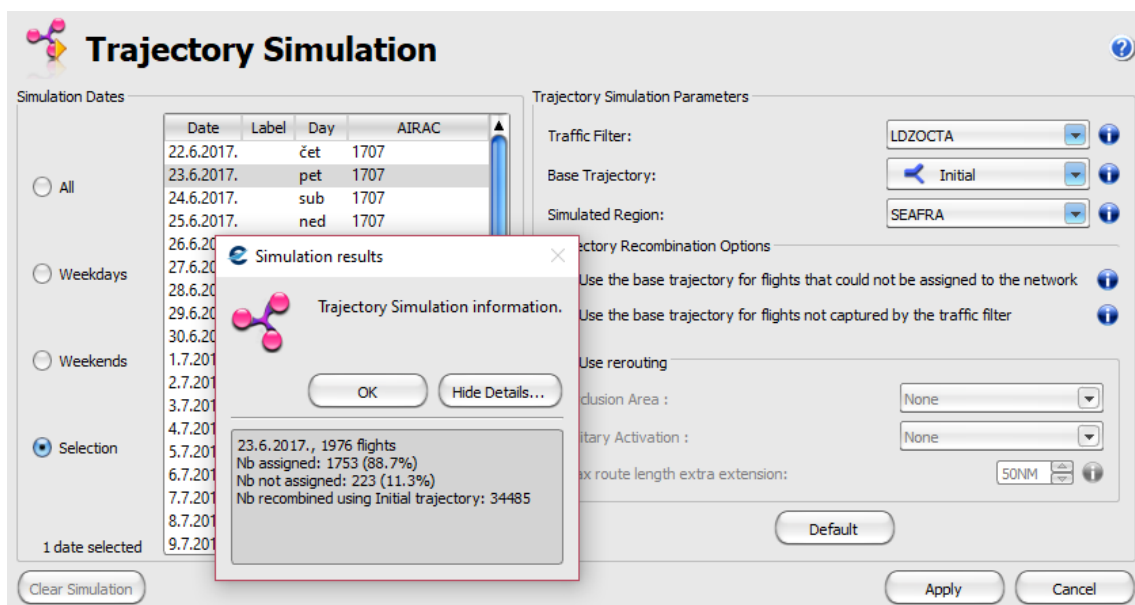
Naredba „Simulate Trajectory“ računa novi profil leta za odabrane letove koje dodjeljuje unutar ograničene mreže te se nove putanje kombiniraju s osnovnim putanjama kako bi se kreirale nove simulirane putanje. Za kreiranje novih putanja program koristi interne algoritme za dodjeljivanje u mrežu i analizu profila leta. Dodjeljivanje (*assignment*) vrši se isključivo za aktivne mreže ruta uzimajući u obzir performanse zrakoplova te pravila i ograničenja mreže. „Simulate Trajectory“ dodjeljuje najkraće putanje letovima u određenim uvjetima mreže te kako bi se mogli usporediti podaci o prometu u SEAFRA i SECSI uvjetima, potrebno je simulirati promet kroz oba prostora na temelju osnovnih putanja „initial“ prometa zbog toga što u podnesenim planovima leta putanje nisu uvijek one najkraće. Prva simulacija treba biti odrađena u uvjetima mreže kada su aktivni SEAFRA i SAXFRA zračni prostor, a druga kada su ta dva zračna prostora neaktivna i zamijenjena integriranim SECSI zračnim prostorom.[37]

Prije simulacije potrebno je filtrirati promet uz pomoć naredbe „Edit-Create custom traffic flow“. U ovoj analizi naglasak je na opterećenje čitave oblasne kontrole Zagreb, stoga treba filtrirati promet koji prolazi kroz njeno područje nadležnosti. Na slici 29 prikazan je odabir prilagođenog protoka prometa koji prolazi kroz područje oblasne kontrole Zagreb. Filter je kreiran odabirom entiteta LDZOCTA Zagreb ACC i odabirom načina prelaska kroz odabrano područje „crossing“. Prilagođeni protok prometa nazvan je LDZOCTA.



Slika 29. Stvaranje prilagođenog protoka prometa

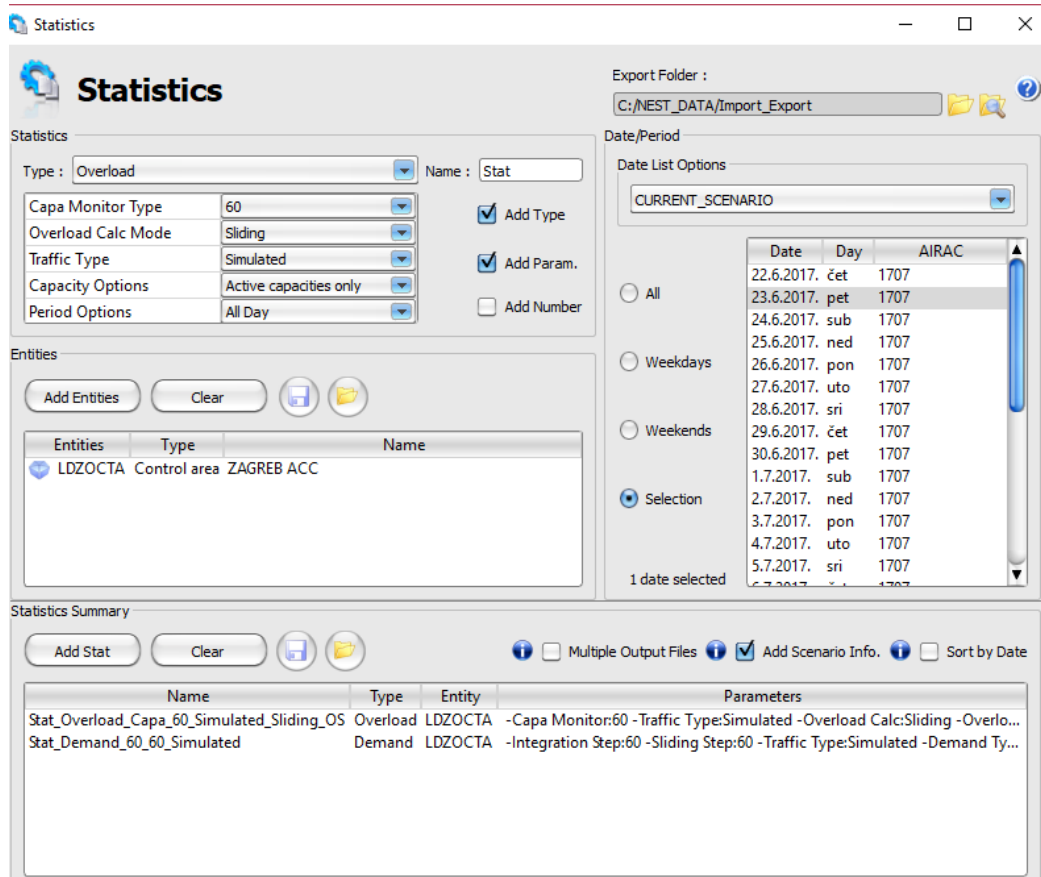
Prilagođeni protok prometa izrađen je u originalnom scenariju gdje ne postoji SECSI zračni prostor već su aktivni SEAFRA i SAXFRA. U istom scenariju nakon izrade filtera potrebno je odraditi simulaciju u sučelju „*Simulate Trajectory*“. Sučelje je prikazano na slici 31, a parametri koje treba odabrati su: filter LDZOCTA, tip osnovne putanje „*initial*“ i odabir korištenja osnovne putanje za letove koji nisu mogli biti dodijeljeni mreži te za letove koji nisu obuhvaćeni filterom prometa. Također, potrebno je odabrati regiju simulacije SEAFRA, na ovaj način simuliraju se samo letovi koji prolaze kroz oblasnu kontrolu Zagreb odnosno samo segmenti njihovih putanja koji prolaze kroz SEAFRA područje dok će let van područja interesa odabrane regije simulacije (SEAFRA) slijediti referentnu putanju iz plana leta. Letovi koji nisu zahvaćeni filterom imat će osnovne (inicijalne) putanje. Zadnji korak je odabir datuma ili skupine datuma i pokretanje simulacije opcijom „*Apply*“. Kada je simulacija gotova, moguće je vidjeti postotak dodijeljenih letova te se često događa da neki manji postotak letova ne može zadovoljiti ograničenja mreže kao što su kutevi zaokreta i dostupnost segmenta rute. Ti letovi su označeni kao „*not assigned*“ te njihove putanje ostaju nepromijenjene. Broj i postotak i dodijeljenih i nedodijeljenih letova prikazan je na slici 30.



Slika 30. Simulacija prometa u uvjetima zračnog prostora slobodnih ruta na jugoistočnoj osi

Simulacija prometa na slici 30 izvršena je za dan 23.6.2017. u uvjetima aktivnih SEAFRA i SAXFRA zračnog prostora. Zbog odabira regije simulacije SEAFRA simulacija je ograničena na segmente putanje koji prolaze SEAFRA zračnim prostorom, odnosno tim segmentima su dodijeljene najkraće rute u SEAFRA području dok preostali dio putanje prati rutu prema predanom planu leta. Na ovaj način dodijeljene su najkraće putanje svim letovima obuhvaćenim prometnim filterom unutar odabrane regije osim onih koji nisu mogli biti dodijeljeni. Na slici 31 može se vidjeti da je broj nedodijeljenih letova 223, a dodijeljenih 1753 od ukupno 1976. Letovi su dodijeljeni aktivnim mrežama, odnosno kod izračuna najkraćih ruta u obzir se uzima aktivni zračni prostor slobodnih ruta SEAFRA. Simulaciju je potrebno ponoviti za sve ostale dane u mjesecu kako bi se dobio veći uzorak za analizu.

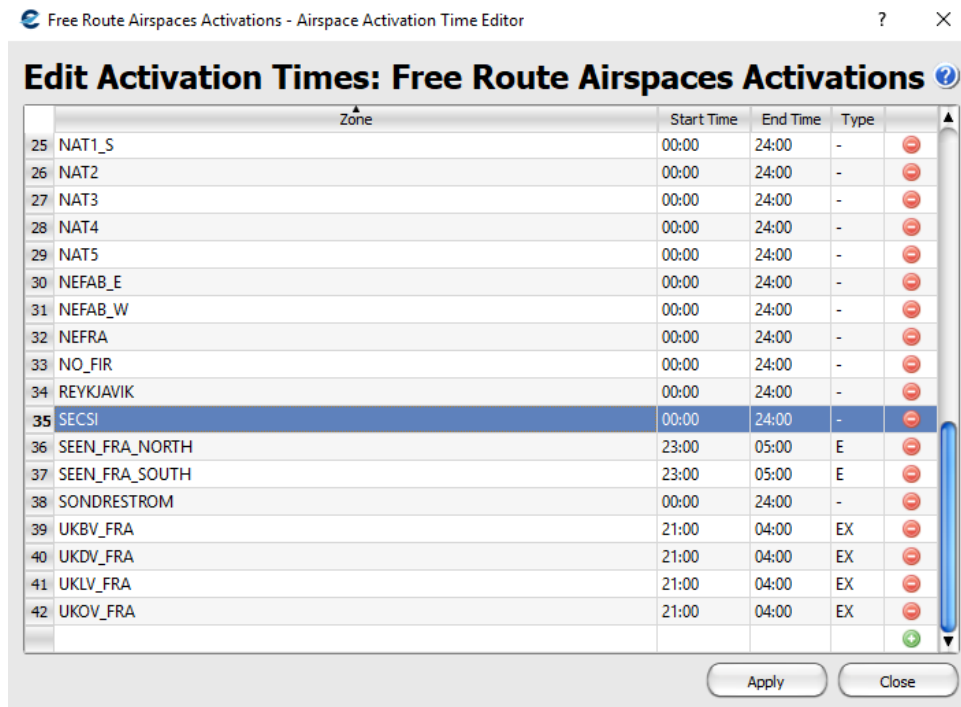
Nakon što je simulacija odrađena za sve dane u ciklusu, potrebno je dobiti podatke o potražnji i opterećenju uz pomoć sučelja „Statistics“ gdje odabiremo datume te parametre mjerenja potražnje i opterećenja. Za potražnju se uzima integracijski prozor od 60 minuta s jednakim kliznim korakom i tip putanja „Simulated“ te entitet LDZOCTA, a za opterećenje isti integracijski prozor, kliznu i standardnu metodu mjerenja opterećenja, entitet LDZOCTA i tip putanja također „Simulated“. Na slici 31 prikazan je primjer odabira parametara za mjerenje potražnje i opterećenja u simuliranim uvjetima za datum 23.6.2017., a nakon pokretanja naredbe program podatke prikazuje u Excel tablici.



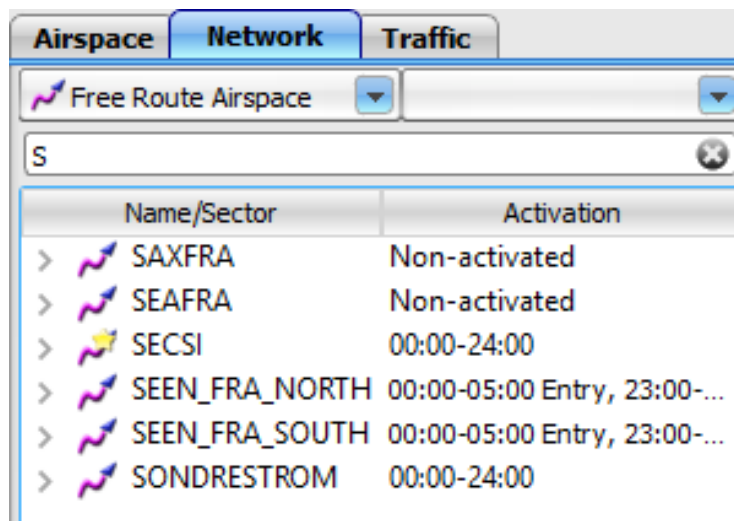
Slika 31. Statistički podaci o simuliranom prometu

Podaci o prometu s kojima je potrebno usporediti prethodno simulirane podatke su oni koji će biti simulirani u uvjetima mreže kada su SAXFRA i SEAFRA deaktivirani te zamijenjeni SECSI zračnim prostorom slobodnih ruta. Kako bi to bilo moguće, simulacija mora biti izvršena u novom pripremljenom scenariju s definiranim SECSI zračnim prostorom. Izrada SECSI zračnog prostora opisana je u prethodnom potpoglavlju, a kako bi dobili valjanje podatke prije simulacije potrebno je promijeniti mrežu zbog toga što naredba „Simulate Trajectory“ tijekom dodijele uzima u obzir samo aktivne mreže. Kada bi ostavili aktivne SEAFRA i SAXFRA zračne prostore, naredba bi i njih uzimala u obzir te rezultati ne bi bili valjani, a ukoliko ne bi aktivirali SECSI FRA, naredba ga uopće ne bi prepoznavala.

Na slici 32 prikazano je sučelje u programu gdje se izvršava aktivacija i deaktivacija zračnih prostora slobodnih ruta. Desnim klikom na novokreirani zračni prostor SECSI može se doći do opcije „Edit-Free Route Airspace Activations“ koja daje prikaz liste zračnih prostora slobodnih ruta. Prvi korak je deaktivacija SEAFRA i SAXFRA zračnog prostora i aktivacija SECSI FRA. Klikom na crveni gumb pored odabranog zračnog prostora omogućavamo deaktivaciju, a na zeleni aktivaciju zračnog prostora u mreži. Rezultat je prikazan na slikama 32 i 33 gdje slika 32 prikazuje sučelje za promjenu aktivacije FRA područja, a slika 33 rezultat promjene u izborniku mreže.

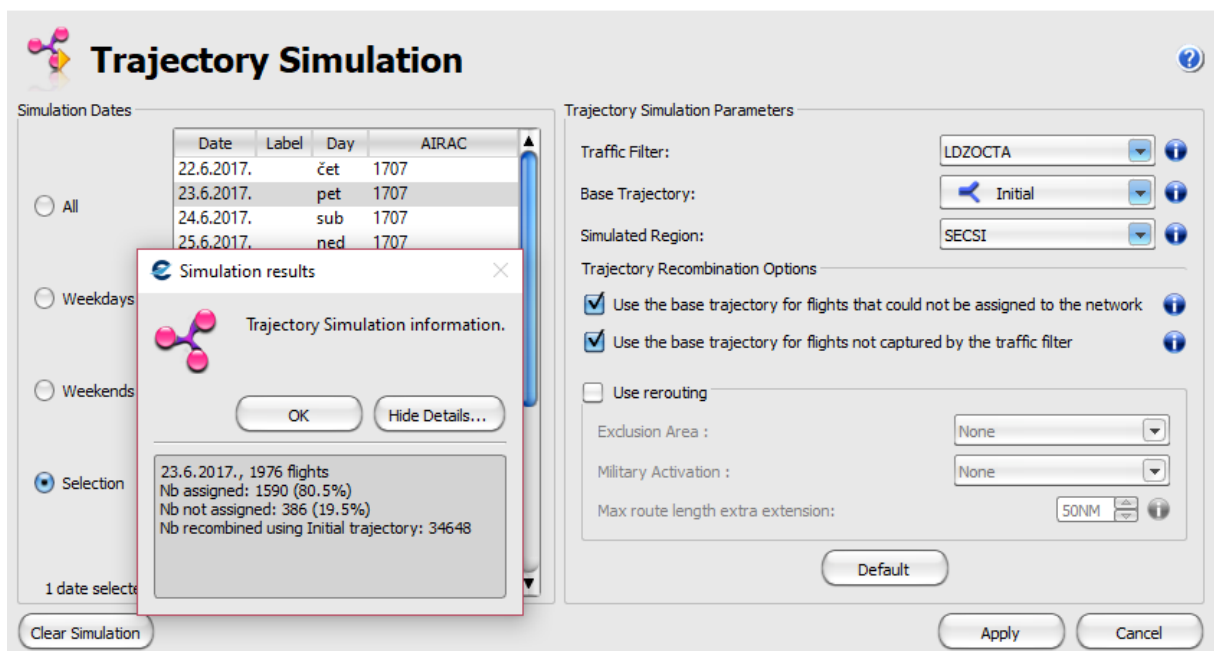


Slika 32. Aktivacija zračnih prostora slobodnih ruta



Slika 33. Rezultat promjene uvjeta mreže

Nakon što su uvjeti mreže izmijenjeni moguće je odraditi simulaciju. Prvo treba izraditi isti filter kao i u prethodnoj simulaciji, odnosno treba izdvojiti promet koji prolazi kroz područje oblasne kontrole Zagreb u izborniku „*Create custom traffic flow*“. Prilagođeni protok prometa se zatim primjenjuje u sučelju „*Simulate Trajectory*“ uz odabir uvjeta filtera LDZOCTA, osnovnih trajektorija i korištenje osnovnih trajektorija za promet koji nije obuhvaćen filterom i koji se ne može dodijeliti mreži. Kako bi program dodijelio najkraći segment rute samo kroz SECSI FRA zračni prostor te kako bi se letovi izvan tog prostora odvijali prema planu leta, potrebno je ograničiti simulaciju na regiju zračnog prostora SECSI. Nakon odabira datuma simulacija se može pokrenuti te izvršava dodjelu, „*assignment*“, za aktivnu mrežu, koja je u ovom slučaju SECSI FRA, a dodjeljuje najkraće rute segmentima letova obuhvaćenim prometnim filterom unutar regije SECSI FRA. Ovaj proces prikazan je na slici 34 gdje je za primjer odabran datum 23.06.2017.

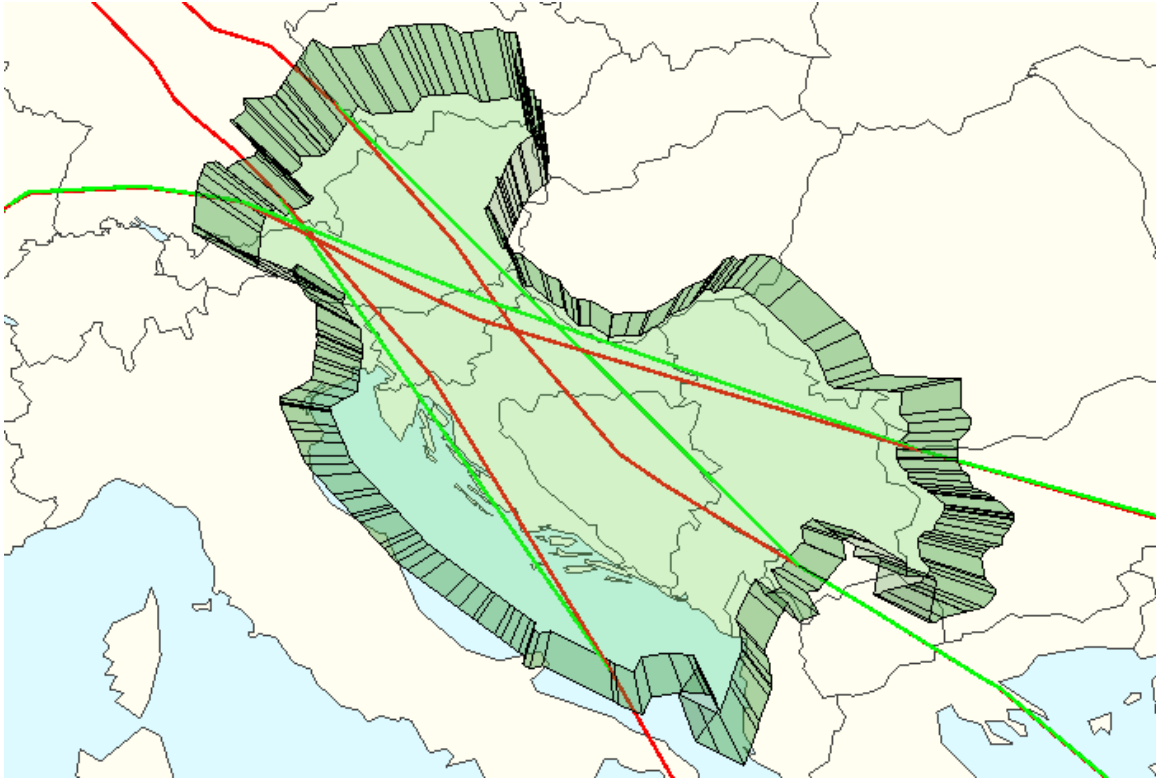


Slika 34. Simulacija prometa kroz zračni prostor slobodnih ruta Inicijative za zajedničko jugoistočno nebo

Kako bi podaci mogli biti analizirani, simulaciju treba ponoviti za ostale datume, a nakon simulacije podaci o novim putanjama se mogu provjeriti u izborniku „*Traffic*“ tako da se učitaju svi letovi i odabere sektor SECSI gdje se mogu usporediti inicijalne (one koje su definirane planom leta) i simulirane putanje kroz zračni prostor kojim prolaze, odnosno nove simulirane putanje koje prolaze kroz aktivni SECSI FRA zračni prostor.

Na slici 35 prikazano je nekoliko letova s inicijalnim i simuliranim putanjama za usporedbu te se može uočiti da su simulirane putanje kraće i prolaze direktno kroz cijeli

SECSI FRA od ulazne do izlazne točke prostora. Simulirane putanje označene su zelenom bojom, a osnovne crvenom.



Slika 35. Prikaz inicijalnih i simuliranih putanja kroz zračni prostor slobodnih ruta Inicijative za zajedničko jugoistočno nebo

Na slici 35 prikazana su tri leta te njihove inicijalne i simulirane putanje. Može se primijetiti da je odabirom regije simulacije SECSI FRA simulacija ograničena na to područje, odnosno da su letovima dodijeljene najkraće rute u segmentima putanja gdje oni prolaze kroz područje SECSI FRA dok izvan tog područja simulirani segmenti putanja prate inicijalne putanje.

Valjanost simulacije može se provjeriti desnim klikom na bilo koji let zahvaćen simulacijom tako da se odabere opcija „*Flight Route Viewer*“ gdje se mogu naći svi podaci o letu. Potrebno je samo odabrati tip simulirane putanje.

Slika 36 je primjer simuliranih podataka o ruti zrakoplova BAW3KG na datum 23.06.2017. gdje je vidljivo da je zračni prostor slobodnih ruta SECSI primijenjen kao segment leta kod dodjele najkraće putanje.

Flight: AA64958198 Simulated. Delay sum : 30 min

Flight Information

Departure: EGKK Dep time: 23.6.2017. 05:41
 Arrival: LGTS Arr time: 23.6.2017. 08:26
 CallSign: BAW3KG RFL: 370
 Airline: BAW Aircraft: A320 (M)

Select Route Entities

Navigation Points Only Standard Items
 Elementary Sectors Latitude/Longitude
 Collapse Sectors Crossed Duration
 ACCs Exit Time

Date Time	Airport	Navigation Point	Elementary Sector	Collapse Sector	AC
23.6.2017. 06:57:01	-	-	-	LOVWW34	-
23.6.2017. 06:57:01	-	-	-	LOVWW35	-
23.6.2017. 06:57:01	-	-	-	LOVWWB13	-
23.6.2017. 06:57:01	-	-	-	LOVWWB14	-
23.6.2017. 06:57:01	-	-	-	LOVWWB15	-
23.6.2017. 06:57:01	-	-	-	LOVWWB24	-
23.6.2017. 06:57:01	-	-	-	LOVWWB3	-
23.6.2017. 06:57:01	-	-	-	LOVWWB34	-
23.6.2017. 06:57:01	-	-	-	LOVWWB35	-
23.6.2017. 06:57:01	-	-	-	-	LOWV1
23.6.2017. 06:57:01	-	-	-	-	LOWC
23.6.2017. 06:57:34	-	-	SECSI	-	-
23.6.2017. 06:57:35	VAROB	-	-	-	-
23.6.2017. 06:57:40	-	-	FAB_CE	-	-
23.6.2017. 07:09:02	-	-	-	LJLA0036	-
23.6.2017. 07:09:02	-	-	-	LJLA2036	-
23.6.2017. 07:09:02	-	-	-	LJLA2037	-
23.6.2017. 07:09:02	-	-	-	LJLA2066	-
23.6.2017. 07:09:02	-	-	-	LJLA2536	-

Traffic type: Simulated

Slika 36. Pregled simulirane rute zrakoplova BAW3KG

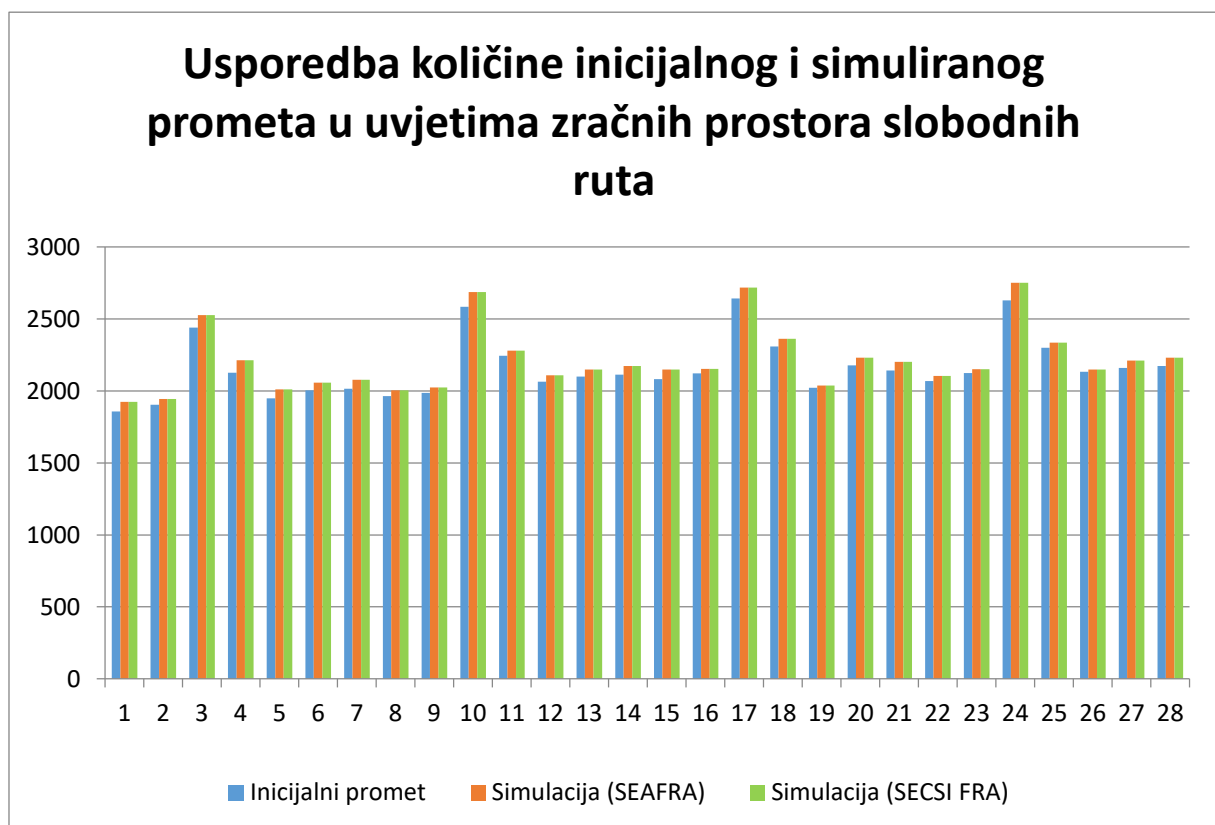
Simulaciju prometa kroz SECSI FRA potrebno je izvršiti za jednak broj datuma kao i kod simulacije prometa u uvjetima SEAFRA kako bi se rezultati mogli usporediti. Podaci o potražnji i opterećenju mogu se dobiti na isti način kao i u prethodnoj simulaciji u sučelju „Statistics“ odabirom istih parametara mjerenja u danom entitetu i odabirom simulirane putanje.

6.3. Analiza simulacije

Cilj analize rezultata predstavljenih simulacija je usporedba opterećenja oblasne kontrole Zagreb u različitim uvjetima zračnih prostora slobodnih ruta. Opterećenje se u ovom radu promatra kroz ukupnu dnevnu količinu opterećenja sektora, odnosno naglasak je na prometu koji je ušao u neki sektor te je time bio iznad 100% kapaciteta sektora. Rezultati su dobiveni u programu NEST koji nudi mogućnost računanja opterećenja na dva načina, odnosno koristeći dvije metode. Prva metoda je standardna metoda, a opterećenje mjereno tom metodom nam daje uvid u zasićenje sektora, odnosno broj zrakoplova u danu koji su predstavljali opterećenje nekog sektora kroz period punog sata. Realniju sliku opterećenja nam omogućava pregled rezultata mjerenih kliznom metodom koja u obzir uzima sve

zrakoplove koji ulaze u sektor kao opterećenje kroz cijeli sat uz intervale s pomakom perioda računanja od 10 minuta. U petom poglavlju ovog rada je detaljnije objašnjenje načina mjerenja opterećenja kroz dvije metode.

Promet koji je predmet usporedbe u ovoj analizi je ukupan promet AIRAC ciklusa mjeseca srpnja 2017. godine. No kako bi se rezultati mogli usporediti, bilo je potrebno u originalnom scenariju simulirati promet koji prolazi kroz područje nadležnosti oblasne kontrole Zagreb. Simulacije su izvršene naredbom „*Simulate trajectory*“ koja odabranom prometnom toku dodjeljuje najkraće moguće rute. Odabrani tip putanja za simulaciju bio je inicijalni „*initial*“ te je taj promet simuliran u dva različita uvjeta, onaj kod aktivnih SEAFRA i SAXFRA zračnih prostora i onaj kod aktivnog SECSI FRA. Razlog tome je što inicijalni tip putanja nema uvijek dodijeljene najkraće rute te je za usporedbu bilo potrebno omogućiti što sličnije prometne uvjete, a to je postignuto simulacijama u dva različita uvjeta zračnih prostora slobodnih ruta unutar kojih su letovima dodijeljeni najkraći segmenti putanja.



Slika 37. Usporedba količine dnevnog prometa u uvjetima inicijalnih i simuliranih putanja kroz zračne prostore slobodnih ruta

Kako bi mogli dobiti uvid u količinu simuliranog i inicijalnog prometa, u programu NEST potrebno je dobiti podatke o prometu preko sučelja „*Statistics*“. Na slici 37 prikazan je dijagram odnosa inicijalnog dnevnog prometa i onog dobivenog dvjema simulacijama, u uvjetima aktivnih SEAFRA i SAXFRA područja, u kojem je promet koji prolazi kroz nadležnost oblasne kontrole Zagreb simuliran kroz SEAFRA područje, i u uvjetima simulacije aktivnog SECSI FRA.

Na slici 37 plavom bojom označen je inicijalni dnevni promet, narančastom simulirani kroz SEAFRA, a zelenom simulirani promet u uvjetima SECSI FRA. Možemo primijetiti da su simulacijama postignuti slični uvjeti vezani za količinu prometa kako bi se mogla izvršiti usporedba prometa i opterećenja.

Tablica 4 dobivena je preuzimanjem podataka o dnevnom prometu i opterećenju simuliranog prometa koristeći sučelje „*Statistics*“. Prvi dio tablice predstavlja podatke simuliranog prometa koji prolazi kroz područje nadležnosti oblasne kontrole Zagreb u uvjetima SEAFRA. Drugi dio tablice predstavlja podatke simuliranog prometa koji prolazi kroz isto područje nadležnosti u uvjetima SECSI zračnog prostora slobodnih ruta.

Na dnu tablice prikazan je zbroj ukupnog prometa ciklusa mjeseca srpnja za oba uvjeta mreže. Ukupan promet ciklusa u uvjetima SEAFRA prostora je 61959, a u uvjetima SECSI FRA je količina prometa tijekom cijelog AIRAC ciklusa veća za 0,01%, odnosno ukupan promet tijekom ciklusa je 61965 letova. Kroz čitav ciklus samo 6 zrakoplova više bilo je u uvjetima SECSI FRA. Kada bi promatrali po danima količina dnevnog prometa varira, nekim danima promet je bio veći u uvjetima SEAFRA, a nekim u SECSI FRA.

Kratica OSD označava opterećenje mjereno standardnom metodom, a kratica OSK ono mjereno kliznom. Na dnu tablice također možemo vidjeti ukupan zbroj opterećenja čitavog ciklusa koji je nešto veći u uvjetima SEAFRA iako je ukupna količina prometa u istim uvjetima nešto manja u odnosu na simulirani promet s aktivnim SECSI FRA područjem. Ukupan broj zrakoplova koji predstavljaju opterećenje mjereno kliznom metodom kroz cijeli ciklus je 2514 u uvjetima SECSI FRA, a u uvjetima SEAFRA i SAXFRA 2531.

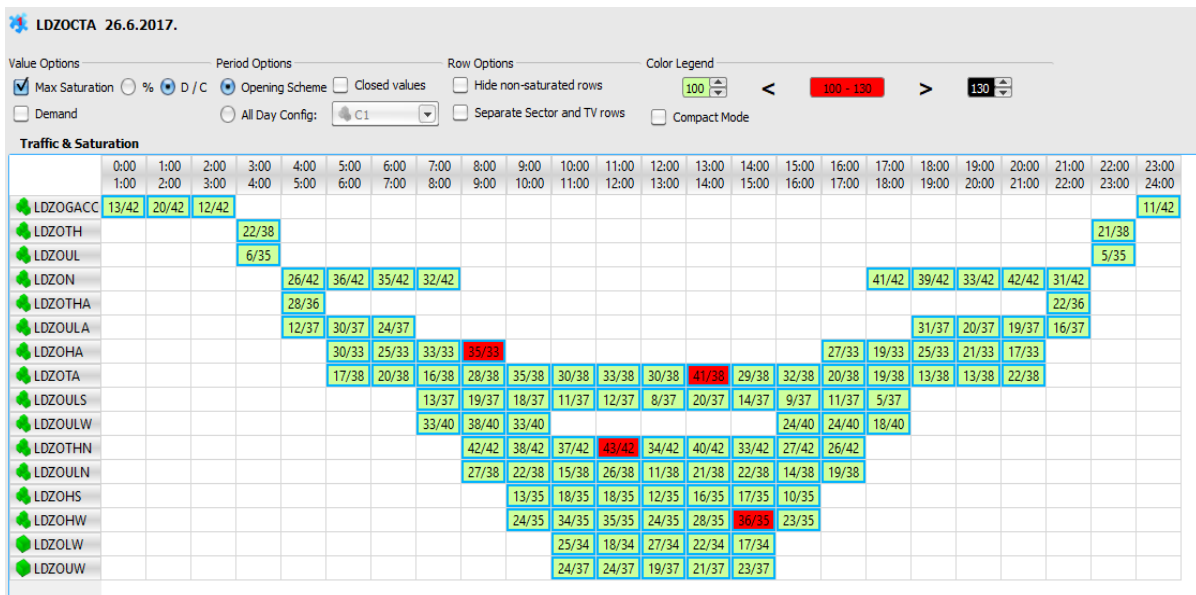
Opterećenje mjereno standardnom metodom je očekivano manje te je, kao i ono mjereno kliznom, također manje u uvjetima SECSI FRA te iznosi 1067, a u uvjetima SEAFRA iznosi 1094. Ono nam pojedinačno po datumima daje uvid u opterećenja kroz intervale punih sati. Kao primjer možemo uzeti datum 22.6. u uvjetima SEAFRA zračnim prostorima gdje je iznos opterećenja mjenog standardnom metodom 4, a kliznom 19, što znači da je u tom danu 19 zrakoplova predstavljala opterećenje, ali kroz neki manji vremenski interval, a 4 zrakoplova je predstavljalo opterećenje nekog sektora u intervalu punog sata.

Tablica 4. Statistički podaci o dnevnom prometu i opterećenju u uvjetima zračnih prostora slobodnih ruta

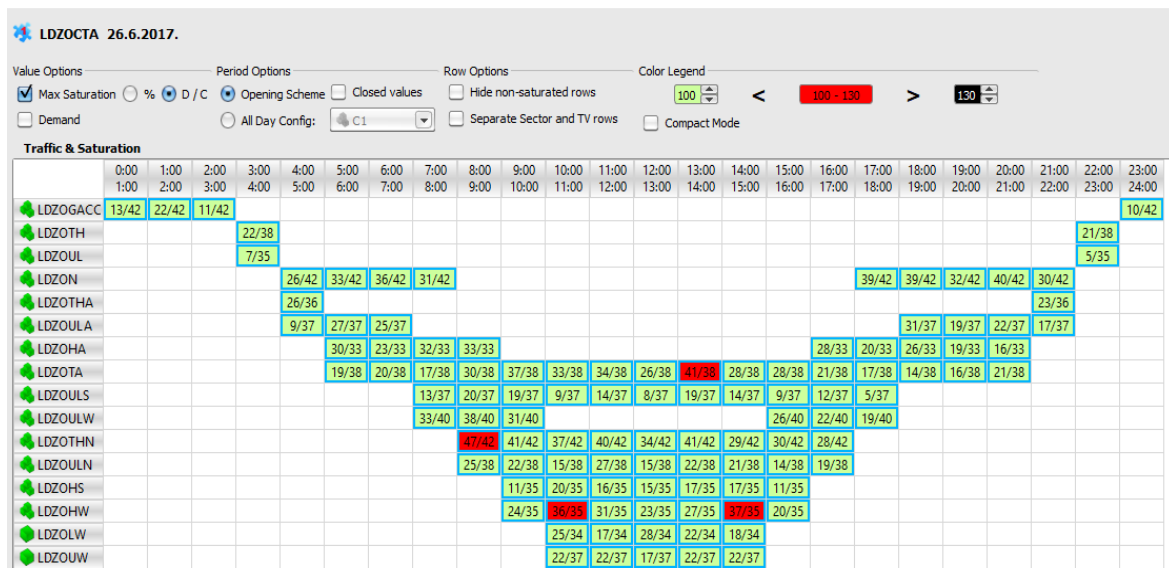
SEAFRA				SECSI FRA		
Datumi:	Dnevni promet:	OSD:	OSL:	Dnevni promet:	OSD:	OSL:
22.6.2017.	1924	4	19	1931	4	17
23.6.2017.	1945	22	54	1995	15	51
24.6.2017.	2526	36	137	2559	44	150
25.6.2017.	2213	44	72	2200	45	76
26.6.2017.	2011	11	48	2014	7	60
27.6.2017.	2057	12	31	2034	15	38
28.6.2017.	2078	33	66	2048	35	60
29.6.2017.	2004	29	60	1995	24	54
30.6.2017.	2023	2	9	2053	4	14
1.7.2017.	2686	133	246	2668	113	217
2.7.2017.	2279	42	92	2267	35	86
3.7.2017.	2108	32	89	2125	30	78
4.7.2017.	2149	18	45	2138	21	49
5.7.2017.	2173	30	65	2138	38	84
6.7.2017.	2148	38	74	2124	28	61
7.7.2017.	2153	33	77	2141	28	73
8.7.2017.	2718	131	294	2772	135	287
9.7.2017.	2363	43	104	2375	33	94
10.7.2017.	2037	14	45	2064	14	49
11.7.2017.	2230	53	118	2207	58	135
12.7.2017.	2202	47	114	2196	43	103
13.7.2017.	2105	35	96	2123	44	102
14.7.2017.	2150	12	39	2157	13	45
15.7.2017.	2752	122	225	2708	114	211
16.7.2017.	2336	38	99	2330	40	98
17.7.2017.	2148	24	57	2192	26	63
18.7.2017.	2210	22	62	2207	29	73
19.7.2017.	2231	34	94	2204	32	86
Ukupno:	61959	1094	2531	61965	1067	2514

Varijacija dnevnog prometa i opterećenja rezultat je simuliranih ruta kroz određene sektore gdje simulirani promet nije bio predviđen na planirane konfiguracije koje su se zasnivale prema inicijalnom prometu. Za istu konfiguraciju nekim danima u uvjetima SEAFRA zračnog prostora opterećenje je manje uslijed drugačijeg rasporeda prometa, odnosno dodijeljenih ruta gdje su neki zračni prostori više rasterećeni uslijed optimalne raspodjele prometa. Isto vrijedi i za uvjete SECSI FRA, kod male varijacije prometa između dva uvjeta teško je odrediti kada će opterećenje biti veće ili manje. Kao primjer, možemo uzeti zasićenje sektora u uvjetima simuliranih putanja u dva uvjeta, SEAFRA i SECSI zračnog prostora. Na slici

38 prikazano je zasićenje sektora 26.6.2017. u uvjetima SECSI FRA, a na slici 39 prikazano je zasićenje sektora u simuliranim uvjetima aktivnog SEAFRA zračnog prostora.



Slika 38. Zasićenje sektora (simulirani promet kroz SECSI FRA)

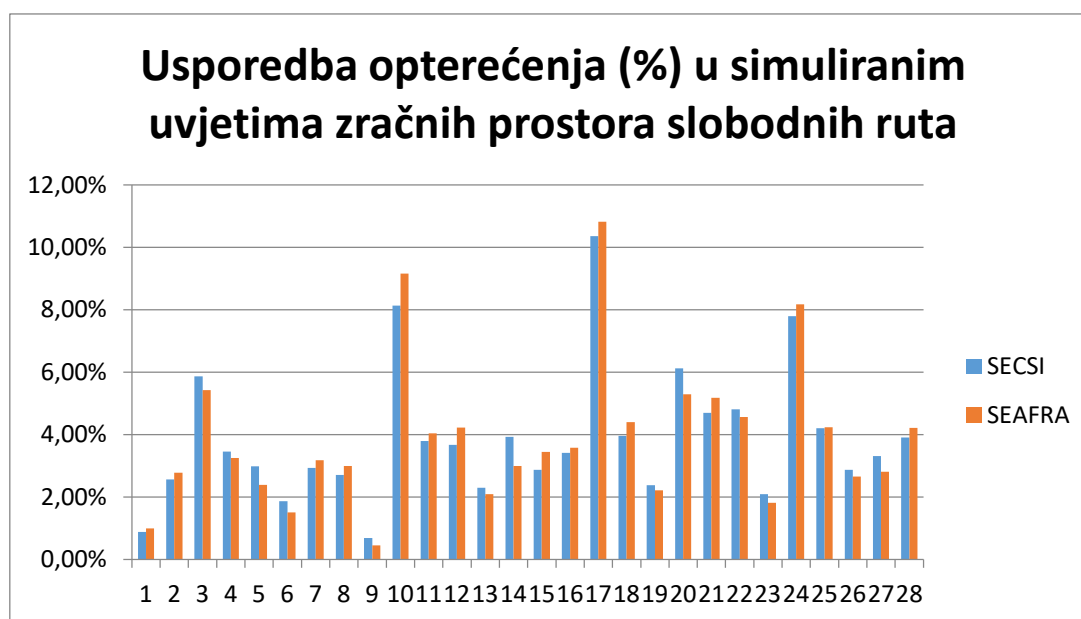


Slika 39. Zasićenje sektora (simulirani promet kroz SEAFRA)

Za odabrani dan promet u uvjetima SECSI FRA bio je 2014, a u uvjetima SEAFRA 2011. Očito je da je obujam prometa bio veći za samo 3 zrakoplova u uvjetima simuliranog prometa kroz SECSI FRA, no unatoč tome, zbog rasporeda simuliranog prometa kroz već planirane konfiguracije, neki od sektora koji nisu imali opterećenje u uvjetima SECSI FRA, u

simuliranim uvjetima kroz SEAFRA imaju. Usporedbom slika 38 i 39 možemo zaključiti da su u simuliranim uvjetima određeni sektori rasterećeni dok su drugi opterećeni nepredviđenim prometom. LDZOHA je sektor koji je u uvjetima SECSI FRA opterećen, a u uvjetima SEAFRA nije. Isto tako opterećenja sektora LDZOTHN i LDZOHW kreću se drugačije u usporedbi dva uvjeta što je rezultiralo većim zasićenjem sektora u uvjetima SEAFRA, odnosno većim opterećenjem mjenjenim standardnom metodom. No unatoč tome opterećenje mjereno kliznom metodom je veće u uvjetima SECSI FRA (60) nego u SEAFRA (48) iako razliku u prometu čine samo 3 zrakoplova. To se događa iz istog razloga zbog kojeg postoji razlika u zasićenju, a to je drugačiji raspored putanja letova kroz zračni prostor i sektore gdje je promet negdje optimalno raspoređen, a negdje ne što navodi na važnost utjecaja planiranja konfiguracija na razinu opterećenja zračnog prostora.

Slika 40 prikazuje dijagram prosječnog dnevnog opterećenja mjenjenog kliznom metodom u dva različita uvjeta mreže. Plavom bojom označeno je opterećenje u postocima u uvjetima SECSI FRA, a narančastom u uvjetima SEAFRA. Postoci su dobiveni pojedinačnom usporedbom opterećenja i dnevnog prometa za svaki datum AIRAC ciklusa mjeseca srpnja 2017.



Slika 40. Opterećenje izraženo kao postotak u simuliranim uvjetima zračnih prostora slobodnih ruta

Podaci o prosječnom dnevnom opterećenju u oba uvjeta mogu se izračunati iz odnosa pojedinačnih dnevnih opterećenja izraženim u postocima. Ako opterećenje predstavimo kao postotak u odnosu na dnevni promet, prosječno dnevno opterećenje u uvjetima SECSI FRA bit će 3,87% mjenjenog kliznom i 1,63% mjenjeno standardnom metodom, a u uvjetima SEAFRA prosječno dnevno opterećenje mjenjeno kliznom metodom bit će 3,89%, a mjenjeno standardnom 1,66%. Odnosi opterećenja u uvjetima inicijalnih i simuliranih putanja prikazani su tablicom 5.

Tablica 5. Opterećenje izraženo u postocima u uvjetima zračnih prostora slobodnih ruta i inicijalnih putanja

	klizna metoda	standardna metoda
SEAFRA	3,89%	1,66%
SECSI FRA	3,87%	1,63%
Plan leta	3,45%	1,31%

Ako iz programa NEST iščitamo dnevni promet i opterećenja u uvjetima inicijalnih putanja (plan leta), prosječno dnevno opterećenje mjereno kliznom metodom bilo bi 3,45%, no isto tako i količina prometa je nešto manja (60432). Za dane dnevne konfiguracije taj postotak je tijekom planiranja bio prihvatljiv što rezultate od 3,89% i 3,87% u uvjetima nešto veće količine prometa koji prolazi kroz zračne prostore slobodnih ruta također čini prihvatljivima. Također, može se zaključiti da nema velike razlike u opterećenju između dva dana uvjeta zračnih prostora slobodnih ruta, ono je veće za samo 0,02% mjereno kliznom i za 0,03% mjereno standardnom metodom u uvjetima SEAFRA u usporedbi s uvjetima prometa SECSI FRA. Razlog male razlike u opterećenju u dva zračna prostora slobodnih ruta su slični uvjeti prometa, odnosno promet je veći za samo 0,01% u uvjetima SECSI FRA u odnosu na SEAFRA.

6.4. Usporedba rezultata povećanja prometne potražnje na opterećenje

Analizom prometne potražnje i opterećenja mjenog kliznom metodom oblasne kontrole Zagreb, za AIRAC ciklus mjeseca srpnja u različitim uvjetima mreže dobiveni su sljedeći podaci:

- 1) Razlika u prometu i opterećenju u 2016. i 2017. godini:
 - Prometna potražnja s 2016. godine na 2017.godinu povećala se za 4,94%.
 - Prosječno dnevno opterećenje se u 2017.godini povećalo za 1,95.
 - Za svakih 1% povećanja prometne potražnje, opterećenje je raslo za 0,39%.

- 2) Razlika u prometu i opterećenju inicijalnog i stvarnog prometa u 2017.godini:
 - Prometna potražnja je za 8,33% veća u uvjetima stvarnog prometa.
 - Prosječno dnevno opterećenje u uvjetima stvarnog prometa je veće za 3,16%.
 - Za svakih 1% povećanja prometa, opterećenje je raslo za 0,38%.

- 3) Razlika između uvjeta simuliranih ruta kroz SEAFRA i SECSI FRA.
 - U uvjetima SECSI FRA prometna potražnja je veća samo za 0,01%.
 - Prosječno dnevno opterećenje u uvjetima SECSI FRA je manje za 0,02%.
 - Razlika u prometu od 0,01% na ukupni promet ciklusa čini samo 6 zrakoplova, odnosno razlika u prometu i opterećenju u usporedbi dva uvjeta je zanemariva.

- 4) Razlika u prometu i opterećenju inicijalnog prometa i simuliranog u uvjetima zračnih prostora slobodnih ruta 2017.godine:
- Prometna potražnja je veća za 2,53% u uvjetima zračnih prostora slobodnih ruta SEAFR te 2,54% u uvjetima SECSI FRA.
 - Prosječno dnevno opterećenje je veće u uvjetima simuliranih ruta kroz SEAFRA za 0,44, a u uvjetima SECSI FRA za 0,42%.
 - Za svakih 1% povećanja prometa u uvjetima zračnih prostora slobodnih ruta opterećenje se povećalo za 0,17%.

U prva dva promatrana slučaja, unatoč razlici dobivenih postotaka povećanja prometa i opterećenja, ono se kreće na sličan način, odnosno za svakih 1% povećanja prometa opterećenje se povećalo za 0,39% s 2016. na 2017. godinu te 0,38% u usporedbi inicijalnih i stvarnih putanja prometa AIRAC ciklusa mjeseca srpnja 2017. godine.

Usporedbom prometa i opterećenja između simuliranih uvjeta u zračnim prostorima SEAFRA i SECSI može se zaključiti da ono nije značajno te se može zanemariti jer razlike gotovo da i nema.

U usporedbi simuliranih ruta kroz zračne prostore slobodnih ruta i onih inicijalnih, povećanje prometa je značajnije, 2,53% i 2,54%, te time rezultira i primjetnim povećanjem opterećenja. No ono je prihvatljivo zbog toga što se povećanje opterećenja u uvjetima većeg obujma prometa očekuje i tolerira do neke mjere tijekom strateške i predtaktičke faze ATFCM-a. S obzirom da za svakih 1% povećanja prometa, opterećenje u uvjetima zračnih prostora slobodnih ruta raste za 0,17%, iz usporedbe inicijalnog i stvarnog prometa gdje je taj omjer dva puta veći, možemo zaključiti da su ti rezultati još uvijek prihvatljivi.

Iz ovih rezultata se može zaključiti da će uz minimalno povećanje prometne potražnje opterećenje uvijek rasti. Isto tako, teško je odrediti obrazac prema kojem će se kretati zavisnost prometa i opterećenja zbog toga što ono ovisi o više faktora kao što su faze ATFCM-a kada se vrše planiranja u svrhu balansiranja ponude i potražnje uz optimalno korištenje kapaciteta sektora. No i kapaciteti su ograničeni, a prometna potražnja raste te se uslijed toga na temelju predanih planova leta toleriraju određena opterećenja. Unatoč tome, u taktičkoj fazi ATFCM-a će doći do promjena koje neće biti prilagođene planiranim kapacitetima. Kao primjer, u ovom radu može se promatrati usporedba stvarnog i inicijalnog prometa gdje se može uočiti najveća razlika u prometu. Ta razlika se događa uslijed određenih događaja na dan operacija kao što su mijenjanje planova leta u stvarnom vremenu, ATFCM regulacijama, izvanrednim događajima, usmjeravanjima, promjena originalnog vremena polijetanja... Kada bi se stvarni promet odvijao na što sličniji način kao onaj planirani, opterećenje s kojim se određeni zračni prostori suočavaju bi bilo manje, odnosno bilo bi slično onom opterećenju koje se tolerira i koje je bilo predviđeno za te zračne prostore. Koncept zračnog prostora slobodnih ruta mogao bi značajnije pridonijeti smanjenju promjena plana izvedbe u taktičkoj fazi ATFCM-a primjenom što kraćih i što

direktnijih ruta kroz što veći zračni prostor zbog jednostavnosti putanja te smanjenog vremena leta. No pošto se ATFCM odvija na razini ECAC područja, najveći učinak FRA koncepta bi bio vidljiv primjenom na što veći zračni prostor tog područja uz usklađene mjere ATFCM-a u smislu izmjena, prilagodbi i inovacija ATFCM metoda čime bi se pratio razvoj koncepta europskog zračnog prostora slobodnih ruta. Uz unaprjeđivanja ATFCM-a i pružatelji usluga bi se trebali prilagoditi novim potrebama prometa te novim konceptima mreže, u smislu implementacije zračnog prostora slobodnih ruta i prilagođavanje zračnog prostora novim strukturama, kao npr. promjena sektorizacije čime bi se lakše mogli nositi s povećanjem prometne potražnje.

7. Zaključak

Karakteristike zračnog prostora te uvjeti mreže zračnog prometa u području nadležnosti oblasne kontrole Zagreb u nizu od tri godine doživjeli su jednak broj promjena. U 2016. godini promet se odvijao prema fiksnoj mreži ATS ruta, godinu dana kasnije primijenjen je koncept prekograničnog zračnog prostora slobodnih ruta SEAFRA, a od početka 2018. godine u upotrebi je SECSI zračni prostor slobodnih ruta. U ovom radu predmet analize je utjecaj povećanja prometne potražnje na opterećenje sektora oblasne kontrole Zagreb u navedenim uvjetima mreže.

Opterećenje koje je značajno za zračni prostor je ono koje premašuje granice kapaciteta, te je izraženo kao količina prometa iznad 100% kapaciteta zračnog prostora, odnosno kao *overload*.

Usporedbom odnosa prometa i opterećenja može se zaključiti da je povećanjem obujma prometa, uz postojeće mjere upravljanja protokom i kapacitetom zračnog prometa te postojećom strukturom zračnog prostora, neizbježno povećanje opterećenja, osim ako povećanje prometa nije značajno.

Pružatelji usluga uzimaju u obzir predane planove leta zrakoplova te time planiraju konfiguracije koje će biti korištenje, intervale otvaranja i zatvaranja sektora te potreban broj kontrolora za očekivani promet u danu. Time se unaprijed mogu očekivati određene razine opterećenja na određene sektore koje se mogu tolerirati. No usporedbom inicijalnih i stvarnih putanja leta, te dnevnog prometa i opterećenja možemo zaključiti da postoji varijacija između predanih planova leta i stvarnih putanja koje zrakoplovi prijeđu što rezultira promjenom cjelokupne slike prometa. Razlika se događa uslijed promjena putanje tijekom leta, prema izvješćima ATFCM-a u trećini slučajeva zrakoplovi ne lete na razini leta koja je navedena u planovima leta. Zbog traženja izravnih usmjerenja zrakoplovi ulaze ranije u neke zračne prostore ili ulaze u zračni prostor kroz koji nisu ni trebali prolaziti, a kašnjenja i mijenjanje vremena polijetanja također rezultiraju promjenom planiranog leta. Usporedbom inicijalnog i stvarnog prometa može se uočiti da je kroz čitave cikluse obujam prometa oblasne kontrole Zagreb veći za čak 8,33% kod stvarnih putanja leta nego kod onih inicijalnih, a prosječno dnevno opterećenje je znatno veće, čak za 3,16% u 2017. godini.

Povećanje prometne potražnje donosi probleme vezane za kapacitet, odnosno povećanjem prometa povećat će se i opterećenje. Najveći utjecaj na opterećenje, osim obujma prometa, ima planiranje dnevnih konfiguracija, broja sektora i kontrolora leta čime se taj promet optimalno raspoređuje. Uvođenjem koncepta zračnog prostora slobodnih ruta uslijed skraćivanja duljine letova biranjem najkraćih mogućih ruta, moguće je rasporediti više prometa unutar određenih kapaciteta nego u uvjetima fiksnih mreža ATS ruta. No to je privremeno rješenje koje ne daje značajne rezultate, odnosno može u manjoj mjeri usporiti nastanak zagušenja zračnih prostora. Promet će rasti, a kapaciteti će ostati isti ukoliko se ne reguliraju na optimalnije načine. To je zadatak pružatelja usluga i u najvećoj mjeri upravljanja

protokom i kapacitetom zračnog prometa (ATFCM) koje će morati biti unaprijeđeno u smislu novih rješenja za probleme kapaciteta u nadolazećim godinama uslijed prognoza porasta prometne potražnje u budućnosti.

Literatura

- [1] URL: https://ec.europa.eu/transport/modes/air/25years-eu-aviation_en (pristupljeno: lipanj 2018.)
- [2] URL: <http://www.eurocontrol.int/dossiers/single-european-sky> (pristupljeno: lipanj 2018.)
- [3] European Parliament: Single European Sky, Briefing, 2015.
- [4] URL: [https://www.skybrary.aero/index.php/Functional_Airspace_Block_\(FAB\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Functional_Airspace_Block_(FAB)) (pristupljeno: lipanj 2018)
- [5] Europski Parlament i Vijeće: Uredba (EZ) br. 549/2004 o utvrđivanju okvira za stvaranje jedinstvenog europskog neba, 2004.
- [6] Europski Parlament i Vijeće: Uredba (EZ) br. 550/2004 o pružanju usluga u zračnoj plovidbi u jedinstvenom europskom nebu, 2004.
- [7] Europski Parlament i Vijeće: Uredba (EZ) br. 551/2004 o organizaciji i korištenju zračnog prostora u jedinstvenom europskom nebu, 2004.
- [8] Europski Parlament i Vijeće: Uredba (EZ) 552/2004 o interoperabilnosti europske mreže za upravljanje zračnim prometom, 2004.
- [9] URL: <http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=164> (pristupljeno: lipanj 2018)
- [10] Commission of the European Communities: Communication from Commission; First report on the implementation of the Single Sky Legislation: achievements and the way forward, Brussels, 2007.
- [11] European Commission: Regulation (EU) No 691/2010 laying down a performance scheme for air navigation services and network functions and amending Regulation (EC) No 2096/2005 laying down common requirements for the provision of air navigation services, 2010.
- [12] URL: [https://www.skybrary.aero/index.php/Single_European_Sky_\(SES\)_II](https://www.skybrary.aero/index.php/Single_European_Sky_(SES)_II) (pristupljeno, lipanj 2018)
- [13] Europski Parlament i Vijeće: Uredba (EZ) br. 1070/2009 o izmjeni uredaba (EZ) br. 549/2004, (EZ) br. 550/2004, (EZ) br. 551/2004 i EZ 552/2004, 2009.
- [14] URL: http://www.europarl.europa.eu/cmsdata/149862/SESAR_Factsheet-v4.pdf (pristupljeno: lipanj 2018)
- [15] European Council: Regulation (EC) No 219/2007 on the establishment of a Joint Undertaking to develop the new generation European air traffic management system (SESAR), 2007.
- [16] European Commission, Eurocontrol, SESARJU: European Air Traffic Management Master Plan, edition 1, 30.03.2009.
- [17] URL: <https://www.easa.europa.eu/> (pristupljeno: lipanj 2018)
- [18] Commission of the European Communities: An action plan for airport capacity, efficiency and safety in Europe, 819 final, Brussels, 2007.

- [19] URL: <https://www.eurocontrol.int/articles/about-network-manager> (pristupljeno: lipanj 2018)
- [20] ATFCM Users Manual, edition 22., Eurocontrol, 2018.
- [21] Performance Review Commission: Performance Review report- An assessment of Air Traffic Management in Europe during calendar year 2017, 2017.
- [22] URL: <https://www.ecac-ceac.org/about-ecac> (pristupljeno: lipanj 2018)
- [23] Eurocontrol: European Free Route Airspace Developments, edition 1.0, 2015.
- [24] URL: <http://aeronauticalinformation.it/index.php/2018/04/15/modifica-al-free-route-airspace-italy/> (pristupljeno: lipanj 2018.)
- [25] URL: <https://www.youtube.com/watch?v=IEhmVmQNR0c> (pristupljeno: lipanj 2018)
- [26] URL: <http://www.eurocontrol.int/articles/free-route-airspace> (pristupljeno: lipanj 2018)
- [27] URL: <http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=3625> (pristupljeno: lipanj 2018)
- [28] URL: <https://www.thedubrovniktimes.com/news/croatia/item/2168-seaфра-brings-co-operation-in-the-region-and-international-acclaim> (pristupljeno: lipanj 2018)
- [29] URL: <http://www.fab-ce.eu/airspace/free-route> (pristupljeno: lipanj 2018)
- [20] URL: <https://www.canso.org/austro-control-and-slovenia-control-implement-cross-border-free-route-airspace> (pristupljeno: lipanj 2018.)
- [31] Slovenia and Austro Control: Application form for SES award- SAXFRA.
- [32] Igor Barać: Simulacija implementacije zajedničkog zračnog prostora jugoistočne Europe: Zagreb, 2017.
- [33] URL: <http://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/AIS%20produkti/eAIP/2018-06-21-AIRAC/html/eAIP/LD-ENR-2.2-hr-HR.html> (pristupljeno: lipanj 2018)
- [34] URL: <http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=321> (pristupljeno: rujanj 2018)
- [35] URL: <http://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/AIS%20produkti/eAIP/2018-07-19-AIRAC/html/index-en-HR.html> (pristupljeno: lipanj 2018)
- [36] Eurocontrol: Airspace Design and Capacity Planning-NEST, 2012.
- [37] Eurocontrol: NEST User Guide 1.6, 2017.
- [38] URL: https://www.skybrary.aero/index.php/Sector_Over-deliveries_and_Overloads (pristupljeno: srpanj 2018)

Popis kratica

ACC	Area Control Centre
AGL	Above Ground Level
AIS	Aeronautical Information Service
AIP	Aeronautical Information Publication
AIRAC	Aeronautical Information Regulation And Control
ANS	Air Navigation Services
ANSP	Air Navigation Service Provider
ASM	Airspace Management
ASMA	Arrival Sequencing and Metering Area
ATC	Air Traffic Control
ATFCM	Air Traffic Flow and Capacity Management
ATM	Air Traffic Management
BHANSNA	Bosnia and Herzegovina Air Navigation Services Agency
CANSO	Civil Air Navigation Services Organisation
CC	Croatia Control
CDM	Collaborative Decision Making
CFMU	Central Flow Management Unit
CTA	Control Area
EASA	European Aviation Safety Agency
EATMN	European Air Traffic Management Network
ECAC	European Civil Aviation Conference
EUIR	European Upper Information Region
FAB	Functional Airspace Block

FIR	Flight Information Region
FRA	Free Route Airspace
FUA	Flexible Use of Airspace
GAT	General Air Traffic
GNSS	Global Navigation Sattelite System
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Aviation Civil Organization
IFPS	Integrated Flight Planing System
KPAs	Key Performance Areas
KPIs	Key Performance Indicators
LAL	Lowest Available Level
NEFRA	North European Free Route Airspace
NEST	Network Strategic Tool
NM	Nautical Mile, Network Manager
NSA	National Safety Authority
PRB	Performance Review Body
PRC	Performance Review Commission
PRR	Performance Review Report
PRU	Performance Review Unit
SAXFRA	Slovenian Austrian Cross Border Free Route Airspace
SEAFRA	South East Axis Free Route Airspace
SECSI	South East Common Sky Initiative
SEENFRA	South East European Night Free Route Airspace
SES	Single European Sky

SESAR	Single European Sky ATM Research
SESARJU	Single European Sky ATM Research Joint Undertaking
SMATSA	Serbia and Montenegro Air Traffic Services
SSC	Single Sky Committee
SSR	Secondary Surveillance Radar
STATFOR	Statistics and Forecast
UIR	Upper Information Region

Popis slika

SLIKA 1. REGIJA EUROPSKE KONFERENCIJE CIVILNOG ZRAKOPLOVSTVA [22].....	13
SLIKA 2. DIJAGRAM RAZINE STVARNOG PROMETA UZ PROGNOZE ZA PERIOD OD 2008. DO 2024. GODINE [21]	14
SLIKA 3. POSTOTAK LETOVA S KAŠNENJEM VEZANIM ZA UPRAVLJANJE PROTOKOM ZRAČNOG PROMETA (2013.- 2017.) [21].....	15
SLIKA 4. UČINKOVITOST PLANIRANE I STVARNE PUTANJE LETA [21].....	15
SLIKA 5. POSTOTAK NESREĆA S DIREKTNIM I INDIKTNIM DOPRINOSOM UPRAVLJANJA ZRAČNIM PROMETOM [21].....	16
SLIKA 6. PRIMJER KONCEPTA ZRAČNOG PROSTORA SLOBODNIH RUTA [24]	18
SLIKA 7. DIREKTNE RUTA IZMEĐU ULAZNIH I IZLAZNIH TOČKA SLOVENSKO-AUSTRIJSKOG ZRAČNOG PROSTORA SLOBODNIH RUTA [25].....	19
SLIKA 8. PRIMJENA ZRAČNOG PROSTORA SLOBODNIH RUTA U LIJETU 2017. [26]	20
SLIKA 9. IMPLEMENTACIJE ZRAČNOG PROSTORA SLOBODNIH RUTA U LIJETU 2018. [26].....	20
SLIKA 10. PLAN PRIMJENE ZRAČNOG PROSTORA SLOBODNIH RUTA U 2019. I 2020. GODINI [26]	21
SLIKA 11. PLAN PRIMJENE ZRAČNOG PROSTORA SLOBODNIH RUTA U EUROPI U 2021. I 2022. GODINI [26] ...	21
SLIKA 12. ZRAČNI PROSTOR SLOBODNIH RUTA NA JUGOISTOČNOJ PROMETNOJ OSI [29]	22
SLIKA 13. SLOVENSKO-AUSTRIJSKI PREKOGRANIČNI ZRAČNI PROSTOR SLOBODNIH RUTA [29].....	23
SLIKA 14. VERTIKALNE GRANICE ZRAČNOG PROSTORA SLOBODNIH RUTA INICIJATIVE ZA ZAJEDNIČKO JUGOISTOČNO NEBO [33]	24
SLIKA 15. BOČNE GRANICE ZRAČNOG PROSTORA SLOBODNIH RUTA INICIJATIVE ZA ZAJEDNIČKO JUGOISTOČNO NEBO [29]	25
SLIKA 16. PRIKAZ PODRUČJA NADLEŽNOSTI OBLASNE KONTROLE ZAGREB	27
SLIKA 17. MJERENJE OPTEREĆENJA USLIJED TRANZICIJE SEKTORA.....	29
SLIKA 18. DIJAGRAM OPTEREĆENJA SEKTORA LDZON	30
SLIKA 19. SEKTOR LDZON.....	31
SLIKA 20. ZASIĆENJE SEKTORA OBLASNE KONTROLE ZAGREB (01.07.2016.)	32
SLIKA 21. SUČELJE PROGRAMA ZA STRATEŠKO PLANIRANJE MREŽE U FUNKCIJI STATISTIČKIH PODATAKA O PROMETNOJ POTRAŽNJI.....	34
SLIKA 22. ODABIR PARAMETARA MJERENJA OPTEREĆENJA	34
SLIKA 23. USPOREDBA DNEVNOG PROMETA CIKLUSA MJESECA SRPNJA U 2016. I 2017. GODINI.....	37
SLIKA 24. PRIKAZ OPTEREĆENJA SEKTORA MJERENO KLIZNOM METODOM	38
SLIKA 25. PRIKAZ OPTEREĆENJA SEKTORA MJERENO STANDARDNOM METODOM	38
SLIKA 26. SPAJANJE SEKTORA UNUTAR PODRUČJA LETNIH INFORMACIJA ZAGREB	41
SLIKA 27. SPAJANJE SEKTORA.....	41
SLIKA 28. INTEGRIRANI ZRAČNI PROSTOR DOBIVEN U PROGRAMU ZA STRATEŠKO PLANIRANJE MREŽE	42
SLIKA 29. STVARANJE PRILAGOĐENOG PROTOKA PROMETA	43
SLIKA 30. SIMULACIJA PROMETA U UVJETIMA ZRAČNOG PROSTORA SLOBODNIH RUTA NA JUGOISTOČNOJ OSI ...	44
SLIKA 31. STATISTIČKI PODACI O SIMULIRANOM PROMETU	45
SLIKA 32. AKTIVACIJA ZRAČNIH PROSTORA SLOBODNIH RUTA.....	46
SLIKA 33. REZULTAT PROMJENE UVJETA MREŽE	46

SLIKA 34. SIMULACIJA PROMETA KROZ ZRAČNI PROSTOR SLOBODNIH RUTA INICIJATIVE ZA ZAJEDNIČKO JUGOISTOČNO NEBO	47
SLIKA 35. PRIKAZ INICIJALNIH I SIMULIRANIH PUTANJA KROZ ZRAČNI PROSTOR SLOBODNIH RUTA INICIJATIVE ZA ZAJEDNIČKO JUGOISTOČNO NEBO	48
SLIKA 36. PREGLED SIMULIRANE RUTE ZRAKOPLOVA BAW3KG	49
SLIKA 37. USPOREDBA KOLIČINE DNEVNOG PROMETA U UVJETIMA INICIJALNIH I SIMULIRANIH PUTANJA KROZ ZRAČNE PROSTORE SLOBODNIH RUTA	50
SLIKA 38. ZASIĆENJE SEKTORA (SIMULIRANI PROMET KROZ SECSI FRA)	53
SLIKA 39. ZASIĆENJE SEKTORA (SIMULIRANI PROMET KROZ SEAFRA)	53
SLIKA 40. OPTEREĆENJE IZRAŽENO KAO POSTOTAK U SIMULIRANIM UVJETIMA ZRAČNIH PROSTORA SLOBODNIH RUTA	54

Popis tablica

TABLICA 1. PRIMJER KLIZNE METODE	31
TABLICA 2. STATISTIČKI PODACI O DNEVNOM PROMETU I OPTEREĆENJU	35
TABLICA 3. PROSJEČNO DNEVNO OPTEREĆENJE STVARNOG PROMETA AIRAC CIKLUSA 1607 I 1707	37
TABLICA 4. STATISTIČKI PODACI O DNEVNOM PROMETU I OPTEREĆENJU U UVJETIMA ZRAČNIH PROSTORA SLOBODNIH RUTA	52
TABLICA 5. OPTEREĆENJE IZRAŽENO U POSTOCIMA U UVJETIMA ZRAČNIH PROSTORA SLOBODNIH RUTA I INICIJALNIH PUTANJA	55

Prilog 1. Popis točaka zračnog prostora slobodnih ruta Inicijative za zajedničko jugoistočno nebo

I AGLIB N450804 E0170912	I UMSON N433109 E0154603	I IRLIX N462521 E0154139
I ARNOS N463229 E0133410	I UPETA N460317 E0140554	I IXONA N445044 E0133256
I DEGUM N462757 E0134157	I URAVA N462458 E0133156	I IXONA N445044 E0133256
I DEREK N442532 E0211348	I VAKSU N420051 E0183137	I KANIN N462626 E0133743
I DEVUL N450749 E0162628	I VAMET N464626 E0151828	I KEB N435602 E0182659
I DIPSA N463635 E0145520	I VANAX N460228 E0154353	I KFT4 N463954 E0143522
I ELGUS N433252 E0145800	I VATET N473603 E0140159	I KOGEX N470648 E0151713
I ELTIB N441813 E0164859	I VAXIS N470559 E0133751	I KONUV N422609 E0182612
I EVAXI N464636 E0133111	I *PZ N452838 E0133653	I KOREX N444616 E0154609
I GAZON N440948 E0205312	I ABETi N474040 E0170046	I kOTOR N452628 E0153420
I GEBNI N424808 E0180750	I ABISO N461545 E0142108	I KUSIB N450853 E0162818
I GORPA N454623 E0152112	I ABRUK N472259 E0150024	I LADAG N483520 E0150228
I KOMAR N445729 E0164815	I ADOMO N455816 E0143842	I LAKIK N453608 E0180551
I LAPNA N463208 E0153114	I ALIVO N453124 E0144421	I LAKIK N453608 E0180551
I LUMUS N463524 E0140923	I ARTUS N472951 E0121613	I LASTI N420602 E0185306
I NEPOS N440022 E0212615	I ASKOD N472308 E0155217	I LEBGA N415259 E0191018
I NERRA N425419 E0173236	I BABOL N444652 E0183722	I LIMRA N475440 E0142652
I NIGSI N472209 E0160210	I BAGSI N480328 E0141723	I LNZ N481347 E0140611
I NILKU N432055 E0184155	I BANUG N452845 E0165438	I LOS N443138 E0142822
I NIVIS N451509 E0194714	I BARUG N475349 E0152120	I LURID N450806 E0172358
I NUPSO N440803 E0155108	I BEDAK N431423 E0193818	I MAGAM N455822 E0154211
I OBLAK N432913 E0222150	I BEDOX N461558 E0154934	I MASUR N483112 E0152621
I OBUTI N462242 E0161627	I BEGLa N474951 E0170652	I MATIG N480331 E0133229
I OKLAX N435203 E0160234	I BER1W N460744 E0143915	I MEDEL N481226 E0134013
I ORVAT N432948 E0171256	I BGd N444825 E0202006	I MINTU N442024 E0144144
I RASTU N445632 E0154436	I BIGLO N421926 E0184312	I MOSAV N453331 E0165557
I RUDIK N445948 E0161818	I BUNEX N431104 E0191719	I MUREG N464224 E0154829
I SITNI N480315 E0145005	I ZDA N440543 E0152151	I VELOM N481316 E0132958
I NIVES N451326 E0155427	I DABAR N445556 E0151613	I ABIRI N464545 E0145803
I OBEDI N471940 E0131947	I DEPET N444044 E0155810	I ADLET N483403 E0141757
I OKSIG N445013 E0170011	I DER N445903 E0175810	I ADULA N451614 E0183831
I OSPEN N472907 E0153139	I DIGOT N442324 E0154004	I ALANU N443129 E0151650
I PEVON N433331 E0170224	I DIXUM N432945 E0171158	I BERTA N462659 E0143731
I PODET N461017 E0153736	I DOBOT N444626 E0175409	I BOSNA N442214 E0174535
I RJK N451327 E0143401	I DOL N460503 E0144643	I BUSET N453006 E0141327
I ROLBA N455025 E0153918	I DOLOM N444226 E0145234	I CRE N445410 E0142500
I SIRMI N440900 E0161813	I DONIV N444456 E0211010	I DARZA N452942 E0150026
I SNU N475230 E0161718	I RAMAP N432506 E0205328	I DBK N423314 E0181639
I TPL N440837 E0204440	I RASIN N460525 E0164031	I DONIV N444456 E0211010
I UNIPA N440146 E0162858	I RAVAK N434115 E0213737	I EBITA N442306 E0144609
I UVODI N430639 E0163231	I REMPI N434412 E0164922	I ETELI N425113 E0180600

I VAL N441926 E0195229	I RILIM N423931 E0164856	I ETOBI N443522 E0165457
I VILAK N464147 E0135453	I SABAD N452757 E0145203	I EVTON N444235 E0165729
I XETAL N471354 E0141532	I SBG N480009 E0125334	I GAC N430834 E0183329
I SOLGU N440657 E0173941	I SIPAL N430812 E0170425	I GAMLI N475424 E0144644
I SOMIG N431014 E0160426	I SOMUN N443547 E0190618	I GOLVA N464232 E0153909
I SOSEK N434650 E0205720	I SPL N432948 E0161817	I GUBOK N450241 E0175142
I TADAM N451450 E0193246	I STO N482502 E0160107	I ILB N453356 E0141015
I TAZ N421655 E0184801	I TEBLI N451205 E0164033	I IPKIS N442206 E0141803
I TIKSA N430103 E0171852	I TISAK N452519 E0201338	I KENEM N433800 E0165648
I TUPUS N451315 E0155323	I NAKIT N451117 E0132652	I KLAGY N463051 E0144631
I UMBIL N472112 E0153604	I NANIT N472335 E0122047	I KOSIV N440137 E0194833
I VENEN N483400 E0143229	I NASSY N452648 E0180559	I KOTOR N452628 E0153420
I AMUGO N423239 E0173502	I NEMAL N475505 E0132954	I KULEN N450955 E0150801
I ARLON N462450 E0150147	I NETKO N430230 E0173942	I PIKIT N462613 E0142046
I ARMIX N452857 E0141604	I NEVAK N441243 E0203610	I PIXAL N451318 E0163316
I ESIRI N441928 E0212746	I ORAKA N423213 E0171202	I PODOB N433154 E0190840
I GENLU N432120 E0192636	I PEROT N452402 E0190046	I PUBEG N473040 E0153943
I GIMIX N463123 E0134251	I PETOV N461835 E0155834	I RASIn N460525 E0164031
I VTN N434303 E0204837	I RADLY N463849 E0151233	I RIGMU N452435 E0192403
I GIRDA N452832 E0140802	I PUL N445333 E0135505	I RISTU N444520 E0200141
I GRZ N465719 E0152658	I POD N422310 E0191517	I RJk N451327 E0143401
I IDABO N435951 E0210146	I TORTO N434015 E0194353	I ROPUS N460529 E0141131
I INGID N471607 E0134107	I TIVNU N445753 E0170334	I SAL N435616 E0151005
I IRDIV N450342 E0170647	I TUVAR N450736 E0190439	I SETAL N471354 E0141532
I KFT N463552 E0143344	I ULPIN N444213 E0143914	I SIVLA N450607 E0182254
I KOFER N415538 E0183949	I VAGEN N424329 E0220440	I SMI N450034 E0192551
I KOTUS N451904 E0195616	I VALLU N461730 E0152011	I SOGTU N463112 E0142157
I KOVEL N484203 E0153550	I VBA N454452 E0170848	I SONIK N442654 E0160836
I MILGO N471806 E0150530	I VEBAR N440812 E0191049	I TAGAS N480238 E0153914
I LULIK N453136 E0192639	I NAKIt N451117 E0132652	I NURMI N474010 E0145610
I LUPAR N440333 E0161813	I NAKUM N464330 E0142105	I OBAGI N433337 E0220545
I LUSIN N453310 E0154508	I NIDLO N464815 E0155944	I OBALA N445513 E0145821
I MADOS N423609 E0181457	I NOVLO N451346 E0165711	I OGODI N455829 E0135344
I MAXUR N454445 E0145437	I MITN0 N434624 E0191430	I OKLOP N441100 E0211954
I GORAV N431829 E0190440	I EBITI N460336 E0145908	I OSLUD N432838 E0184714
I IBISI N425729 E0214102	I ELGEB N440826 E0201133	I OSVIX N441932 E0211444
I IDASI N442813 E0170619	I ENUPU N443701 E0192146	I PALEZ N443430 E0153159
I INRES N435848 E0204608	I EPODO N461146 E0140437	I PELOV N445715 E0205140
I INSAX N470056 E0160451	I ERANI N474402 E0125711	I PENEP N460759 E0141755
I INSEL N470920 E0122419	I ETAKO N453908 E0135243	I PEREX N473822 E0131438
I IRGOR N444322 E0204636	I FMD N480618 E0163745	I PESAt N474254 E0170311
I GINAM N431831 E0212235	I GILUK N435201 E0180620	I PESUT N461415 E0134258
I GISER N450342 E0151026	I LOKRU N422055 E0175608	I LASDU N424701 E0170854
I GISPO N480556 E0160746	I LOPKU N431429 E0182951	I LIVDU N475249 E0160452
I NANER N435429 E0202751	I VIBOP N445957 E0184339	I TIBLa N430429 E0160024

I NAVSU N443254 E0165405	I WEKEN N463349 E0132246	I TIBRI N422438 E0183315
I NEMEK N453429 E0151753	I VRANA N434513 E0173216	I TILVO N422046 E0183327
I NIS N432047 E0214937	I XELMI N433549 E0180901	I TISKO N464057 E0155931
I WGM N481926 E0162927	I ZAG N455344 E0161824	I TUTIV N454231 E0134936
I XENIT N441936 E0204845	I ABTAN N470649 E0142944	I UBUXI N480804 E0163642
I MITNO N434624 E0191430	I VELIT N432106 E0171638	I TIBLA N430429 E0160024
I MODRA N430025 E0193520	I MOJ N425641 E0193432	I MOKUN N422701 E0182848
I MORED N475235 E0130056	EXI VEKEN N463349 E0132246	
D RTT	D DETSA	D GIMIX
D BARPI	D LEDVA	D GIRDA
D DITIS	D SASAL	D GRZ
D KIRDI	D EVTON	D IDABO
D LANUX	D GAC	D INGID
D PISAM	D GAMLI	D IRDIV
D SIMBA	D GUBOK	D KFT
D SUBEN	D ILB	D KOFER
D TIVAP	D KENEM	D KOTUS
D VAROB	D KOSIV	D KOVEL
D VEBAL	D OGRUB	D VIBOP
D ALELU	D PABSA	D VRANA
D ANASA	D PERAN	D ZDA
D GEDSO	D REKTI	D VTN
D KEROP	D ROPAG	D RUPET
D LABIN	D SOVIL	D MONID
D RETRA	D VERDA	D NIVES
D UTEKA	D ADAMA	D OBEDI
D VAPUP	D KOXER	D OKSIG
D MAVIT	D LUGEM	D OSPEN
D STEIN	D LUPIX	D PEVON
D DBK	D MEDIX	D PODET
D DONIV	D MODRO	D RJK
D ETELI	D MILGO	D ROLBA
D ETOBI	D MITNO	D SIRMI
D LEBGA	D NANER	D SNU
D LNZ	D NAVSU	D TPL
D LURID	D NEMEK	D UNIPA
D MAGAM	D NIS	D UVODI
D MASUR	D REMPI	D VAL
D MATIG	D SBG	D VILAK
D NAKIT	D SIPAL	D NIK
D NEMAL	D SOMUN	D AMUGO
D NETKO	D TUVAR	D ARLON
D PETOV	D ULPIN	D ARMIX
D POD	D VAGEN	D ESIRI
D RAVAK	D VELIT	D GENLU

A RAVAK	A RTT	A AKIKA
A REMPI	A BADIT	A MEDUX
A SBG	A DEXIT	A VELUG
A SIPAL	A ERKIR	A PESAT
A SOMUN	A PINUK	A VELIP
A ABTAN	A AKIMA	A NISVA
A AGLIB	A MAVIT	A DBK
A ARNOS	A STEIN	A DONIV
A DEGUM	A TUVAR	A ETELI
A DEREG	A ULPIN	A ETOBI
A DEVUL	A VAGEN	A EVTON
A DIPSA	A VELIT	A GAC
A ELGUS	A VIBOP	A GAMLI
A ELTIB	A VRANA	A GUBOK
A EVAXI	A KOMAR	A ILB
A GAZON	A LAPNA	A KENEM
A GEBNI	A LUMUS	A KOSIV
A GORPA	A NEPOS	A AMADI
A MONID	A NERRA	A ARGOM
A RUPET	A NIGSI	A BUMUK
A SOLGU	A NILKU	A KUVEX
A SOMIG	A NIVIS	A LEOBE
A SOSEK	A NUPSO	A NUBRA
A TADAM	A OBLAK	A RASTA
A TAZ	A OBUTI	A REDBU
A TIKSA	A OKLAX	A REKLU
A TUPUS	A ORVAT	A ROMUX
A UMBIL	A RASTU	A TISMA
A VENEN	A RUDIK LDZA	A LEBGA
A NEMAL	A SITNI	A LNZ
A NETKO	A MATIG	A LURID
A POD	A NAKIT	A MAGAM
A PETOV	A MASUR	
X MAVIT N451424 E0211830	AD AIOSA	AD LOS LDPL
X STEIN N472539 E0163559	AD DIMLO	AD MEDEL
X ABLOM N480403 E0170516	AD GOTAR	AD MINTU
X BAXON N442459 E0132747	AD KATTI	AD MOSAV
X EDUGI N434728 E0141020	AD RIFEN	AD NANIT
X ETIDA N434109 E0222504	AD TITIG	AD NASSY
X LOKVU N485229 E0155006	AD TRAUN	AD NEVAK
X NAVTI N484611 E0161218	AD ABIRI	AD ORAKA
X PETAK N414631 E0191850	AD DARZA	AD PEROT
X REDVA N430049 E0203508	AD ADLET	AD PUL
X MEDUX N424451 E0200119	AD CRE	AD RADLY
X AKIKA N423203 E0193614	AD ADULA	AD RAMAP

X RENKA N483505 E0133019	AD BUSET	AD RASIN
X ROTAR N451546 E0125944	AD BOSNA	AD RILIM
X TONDO N460250 E0192121	AD BERTA	AD SABAD
X VABEK N430011 E0203716	AD EBITA	AD SPL
X XAMIT N431842 E0144752	AD KULEN	AD STO
X SASAL N471705 E0162828	AD KOTOR	AD TEBLI
X DETSA N464809 E0121652	AD KLAGY	AD TISAK
X LEDVA N484344 E0164721	AD IPKIS	AD TIVNU
X VELUG N425427 E0152615	AD GOLVA	AD TORTO
X PESAT N474254 E0170311	AD LAKIK	AD VALLU
X VELIP N444618 E0213200	AD LASTI	AD VBA
X NISVA N425822 E0224751	AD LIMRA	AD VEBAR
AD INLOX	AD ABLAT	AD WEKEN
AD UNKEN	AD GBG	AD XELMI
AD MOVOS	AD GESGI	AD ZAG
EX AIOSA N415542 E0171454	EX LAMSI N483912 E0133500	EX VEBAL N455929 E0171748
EX DIMLO N464101 E0162522	EX MAREG N481126 E0165809	EX BABIT N455554 E0185544
EX GOTAR N465952 E0161329	EX PARAK N460950 E0200539	EX BEGLA N474951 E0170652
EX KATTI N423028 E0160256	EX PEVAL N451841 E0131451	EX BIRGI N472052 E0115526
EX RIFEN N455104 E0133523	EX RAXAD N421830 E0221434	EX BUGEV N452756 E0134624
EX RTT N472551 E0115624	EX RODON N412730 E0190600	EX EPOLA N472948 E0145316
EX TITIG N480332 E0123334	EX TIBRO N461306 E0132822	EX ESEGA N481747 E0131053
EX TRAUN N475829 E0123515	EX TORPO N433351 E0142529	EX GEMKA N452813 E0141215
EX BADIT N480952 E0125004	EX TOVKA N481613 E0165535	EX IRLIX N462541 E0154134
EX DEXIT N484546 E0134233	EX UMVEG N471242 E0115348	EX KOPRY N461425 E0165746
EX ERKIR N473216 E0120032	EX XOLTA N424214 E0154454	EX SIMBA N481349 E0130057
EX PINUK N415156 E0183524	EX SUBEN N482611 E0132012	EX KIRDI N481228 E0124918
EX BARPI N453509 E0133122	EX TIVAP N484345 E0142338	EX LANUX N485317 E0153657
EX DITIS N485353 E0150659	EX VAROB N473735 E0123219	EX PISAM N485334 E0152314
E MODSA N473830 E0121356	E BAREB N454446 E0182448	E AKIMA N482447 E0131837
E NIKOL N441319 E0134110	E DIRER N445918 E0212435	E ALELU N422845 E0195102
E NIPEL N462922 E0140157	E DIVAL N473318 E0160747	E ANASA N441843 E0223319
E OKANA N425047 E0222935	E DOLAP N432227 E0224606	E GEDSO N470450 E0115213
E SOVOX N455806 E0133550	E DOLEV N425002 E0201841	E KEROP N461104 E0194148
E SUNIS N470831 E0162059	E EBELA N411136 E0185432	E LABIN N445909 E0130529
E INPUL N475025 E0124430	E GIMBO N484331 E0144633	E RETRA N421342 E0192006
E KUBUD N460333 E0133611	E GIMIX N463123 E0134251	E UTEKA N435444 E0222332
E KUMOM N473328 E0122218	E GISAM N415507 E0174531	E VAPUP N430321 E0151220
E LATLO N474102 E0124824	E GOMIG N480820 E0124141	E ABETI N474040 E0170046
E MALUG N464222 E0123551	E GOTRU N484343 E0142717	E ARSIN N473402 E0164513
E UDVAR N430657 E0210226	E IBENI N440051 E0135518	E MIKOV N484705 E0163716

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj diplomski 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 prepisan 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 diplomskog rada pod naslovom **Utjecaj povećanja prometne potražnje na opterećenje sektora oblasne kontrole Zagreb u uvjetima zračnog prostora slobodnih ruta** na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu 18.9.2018.

Studentica:

(potpis)