

Simulacija proširenja zračnog prostora slobodnih ruta SECSI FRA

Matijašević, Lucija

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:119:554874>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-07**



Repository / Repozitorij:

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



Zagreb, 24. svibnja 2023.

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

DIPLOMSKI ZADATAK br. 7324

Pristupnik: **Lucija Matijašević (0135250979)**
Studij: **Aeronautika**

Zadatak: **Simulacija proširenja zračnog prostora slobodnih ruta SECSI FRA**

Opis zadatka:

1. Uvodno navesti cilj i strukturu rada. Objasniti koncept operacija u prostoru slobodnih ruta (Free Route Airspace - FRA). Proučiti i analizirati postojeći zračni prostor slobodnih ruta Inicijative za zajedničko jugoistočno nebo (SECSI FRA). Razmotriti mogućnost proširenja SECSI FRA na talijanski prostor slobodnih ruta ili na SEE FRA. Izraditi scenarije postojećeg prostora te novog proširenog zračnog prostora u programu NEST-u. Simulirati uzorak prometa prije i nakon integracije prostora. Usporediti i analizirati prometne pokazatelje za oba scenarija, izračunati duljinu putovanja, potrošnju goriva i odrediti utjecaj na okoliš. Dati zaključna razmatranja.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

izv. prof. dr. sc. Biljana Juričić

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

LUCIJA MATIJAŠEVIĆ

**SIMULACIJA PROŠIRENJA
ZRAČNOG PROSTORA SLOBODNIH
RUTA SECSI FRA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

DIPLOMSKI RAD

**SIMULACIJA PROŠIRENJA ZRAČNOG
PROSTORA SLOBODNIH RUTA SECSI
FRA**

**SIMULATION OF SECSI FREE
ROUTE AIRSPACE EXPANSION**

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

Student: Lucija Matijašević

JMBAG: 0135250979

Zagreb, 2023.

SAŽETAK:

Prostor slobodnih ruta je određeni zračni prostor unutar kojeg korisnici ne koriste fiksne rute već sami izabiru rutu između ulazno-izlaznih točaka unutar zračnog prostora. Uvođenje prostora slobodnih ruta dovelo je do povećanja efikasnosti prometa, kapaciteta i smanjenja štetnog utjecaja na okoliš. Daljnji ciljevi su također i optimizirati korištenje postojećih i budućih sustava za zrakoplove u letu kao i financijske i operativne prednosti za korisnike zračnog prostora. Svrha ovog diplomskog rada je bila analizirati i opisati dosadašnje stanje i razinu implementacije zračnih prostora slobodnih ruta. U radu je posebice analizirana struktura zračnog prostora slobodnih ruta Inicijative za zajedničko jugoistočno nebo SECSI FRA (engl. *South East Common Sky Initiative FRA*) te struktura susjednog prostora slobodnih ruta Italije FRAIT (engl. *Free Route Italy*). U programu NEST (*Network Strategic Tool*) je simulirana integracija SECSI FRA i FRAIT. Analiziran je i procijenjen utjecaj takve integracije na prometne tokove uključenog područja kao i utjecaj na potrošnju goriva i emisije štetnih plinova. Dodatno je prikazan utjecaj integracije na prometne tokove kroz LDZOCTA.

KLJUČNE RIJEČI:

Network Strategic Tool, zračni prostor slobodnih ruta, simulacija, proširenje zračnog prostora; analiza prometa, SECSI FRA, FRAIT

SUMMARY:

Free Route Airspace is a certain airspace within which users do not use fixed routes but choose their own route between entry and exit points within the airspace. The introduction of free route airspaces led to an increase in traffic efficiency, capacity and a reduction in the harmful impact on the environment. Further goals are also to optimize the use of existing and future aircraft systems in flight as well as financial and operational benefits for airspace users. The purpose of this master's thesis was to analyze and describe the current state and level of implementation of free route airspaces. The structure of the SECSI FRA and the structure of FRAIT was analyzed. The integration of SECSI FRA and FRAIT was simulated in the Network Strategic Tool (NEST) program. The impact of such integration on the traffic flows of the involved area and on the fuel consumption and the emission of harmful gases was analyzed and assessed. Additionally, the impact of the integration on traffic flows through LDZOCTA was shown.

KEY WORDS:

Network Strategic Tool, free route space, simulation, airspace expansion, traffic analysis, SECSI FRA, FRAIT

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Prostor slobodnih zračnih ruta	3
2.1. Free Route Airspace koncept	3
2.2. Organizacija zračnog prostora	4
2.2.1. Vertikalne granice FRA	4
2.2.2. Horizontalne granice FRA	5
2.2.3. Rezervacije zračnog prostora	5
2.2.4. Sektorizacija	6
2.2.5. Planiranje leta	6
2.2.6. Upravljanje zračnim prostorom u FRA.....	7
2.2.7. Prekogranična FRA područja	7
2.3. Free Route Airspace dizajn.....	8
2.3.1. Uspostava značajnih točaka u FRA	9
2.3.2. ATS fiksne rute.....	11
2.3.3. FLOS – shema dodjela visine prema orijentaciji.....	11
2.4. Implementacija FRA	12
3. Zračni prostor slobodnih ruta Inicijative za zajedničko jugoistočno nebo (SECSI FRA).....	15
3.1. Zračni prostor Austrije	16
3.2. Zračni prostor Slovenije	20
3.3. Zračni prostor Hrvatske.....	24
3.4. Zračni prostor Bosne i Hercegovine	27
3.5. Zračni prostor Srbije i Crne Gore	30
3.6. Zračni prostor Sjeverne Makedonije	33

3.7. Zračni prostor Albanije	36
4. Zračni prostor slobodnih ruta Italije FRAIT	39
5. Simulacija proširenja SECSI FRA prostora s FRAIT	45
5.1. Kreiranje zajedničkog prostora	45
5.2. Odabir datuma simulacije	50
5.3. Simulacija putanja prije proširenja zračnog prostora slobodnih ruta	51
5.4. Simulacija uvođenja prostora slobodnih ruta u novokreirani zračni prostor	54
6. Analiza i usporedba prometnih tokova prije i nakon, duljine putovanja, potrošnje goriva i utjecaja na okoliš	57
6.1 Analiza prometnih tokova	58
6.1.1. Analiza prometnih tokova FRAIT	59
6.1.2. Analiza prometnih tokova SECSI FRA	59
6.1.3. Analiza prometnih tokova LDZOCTA	60
6.2. Analiza duljine putovanja, potrošnje goriva i utjecaja na okoliš nakon integracije	60
6.2.1. Let s najvećom uštedom.....	61
6.2.2. Najveće uštede prema parovima grada	62
Zaključak.....	63
Prilozi.....	64
Popis slika.....	65
Reference.....	68

1. Uvod

Koncept slobodnih ruta je inicijativa usmjerena na povećanje učinkovitosti i fleksibilnosti zračnog prostora koja dopušta zrakoplovima da lete direktnim rutama između određenih ulaznih i izlaznih točaka bez ograničenja unaprijed definiranih zračnih putova. Ovaj koncept omogućuje operaterima zrakoplova planiranje i odabir optimalnih ruta na temelju njihovih specifičnih potreba te veću fleksibilnost u planiranju ruta i visina leta, što rezultira smanjenom potrošnjom goriva, kraćim trajanjem leta i poboljšanim kapacitetom zračnog prostora. FRA (*Free Route Airspace*) je ključna metoda za postizanje ciljeva inicijative Jedinственog europskog neba (engl. SES – *Single European Sky*).

Implementacija prostora slobodnih zračnih ruta je postupan proces, koji se razlikuje od regije do regije, a uključuje suradnju različitih sudionika u zračnom prometu, od kontrole zračnog prometa, zračnih prijevoznika do regulatornih tijela, a donosi mnogobrojne prednosti za sve sudionike zračnog prometa. Uvođenje prostora slobodnih ruta te daljnje širenje i spajanje takvih prostora polako čini zračni promet Europe sve učinkovitijim.

Fokus ovog diplomskog rada je analizirati i opisati dosadašnje stanje i razinu implementacije zračnih prostora slobodnih ruta uz poseban naglasak na strukture zračnog prostora slobodnih ruta Inicijative za zajedničko jugoistočno nebo SECSI FRA (engl. *South East Common Sky Initiative FRA*) te susjedni zračni prostor slobodnih ruta Italije FRAIT (engl. *Free Route Italy*). Nadalje, simulirati integraciju zračnih prostora slobodnih ruta SECSI FRA prostora sa FRAIT u programu NEST (*Network Strategic Tool*). Analizirati i procijeniti utjecaj takvih integracija na efikasnost i sigurnost zračnog prometa u Europi.

Rad je podijeljen u 7 cjelina.

1. Uvod
2. Prostor slobodnih zračnih ruta
3. Zračni prostor slobodnih ruta Inicijative za zajedničko jugoistočno nebo (SECSI FRA)
4. Zračni prostor slobodnih ruta Italije (FRAIT)
5. Simulacija proširenja SECSI FRA prostora s FRAIT
6. Analiza i usporedba prometnih podataka prije i nakon, duljine putovanja, potrošnje goriva i utjecaja na okoliš
7. Zaključak.

U drugom poglavlju je opisano stanje zračnog prostora koje je dovelo do donošenja strategija upravljanja zračnim prostorom u Europi. Definiran je FRA koncept te ograničena primjenjivost i organizacija zračnog prostora u FRA. Opisan je dizajn FRA te preduvjeti za uvođenje prostora slobodnih ruta, te ograničenja, rezervacije, sektorizacije. Na kraju su navedeni dosad implementirani prostori slobodnih ruta te budući ciljevi.

U trećem poglavlju opisan je zračni prostor zemalja članica SECSI FRA; Hrvatske, Srbije, Crne Gore, BIH, Austrije, Slovenije, Sjeverne Makedonije i Albanije. Navedene su organizacije koje sudjeluju u upravljanju zračnim prometom te opisana je struktura i klasifikacija prostora zračnih prostora članica, kao i područja nadležnosti. Također je analiziran dosadašnji IFR (*Instrument Flight Rules*) promet i razlozi i količina kašnjenja na ruti te prognoze kretanja prometa do 2028. godine.

U četvrtom poglavlju je opisan je zračni prostor slobodnih ruta Italije FRAIT. Navedene su interesne strane u upravljanju zračnim prometom, klasifikacija i struktura zračnog prostora te područja nadležnosti. Analiziran je IFR promet i kašnjenja na ruti za ACC (*Area Control Centre*) Italije te prognoze kretanja prometa do 2028. godine.

U petom poglavlju napravljena je simulacija proširenja SECSI FRA prostora na FRAIT u programu *Network Strategic Tool* (NEST). Opisan je i prikazan proces proširenja prostora slobodnih ruta i provedbe simulacije putanje letova prije i poslije integracije zajedničkog prostora.

U šestom poglavlju analizirani su dobiveni podaci o prometnim tokovima kroz FRAIT i kroz SECSI FRA prije i nakon spajanja FRA prostora. Analiziran je utjecaj integracije na duljinu i trajanje letova, potrošnju goriva i emisije CO₂ i NO_x. Također je prikazan utjecaj integracije na prometne tokove kroz LDZOCTA te je prikazana putanje leta s najvećim uštedama i putanje letova s najvećim uštedama prema parovima grada.

2. Prostor slobodnih zračnih ruta

Koncept slobodnog zračnih ruta (FRA) prvi se put spominje i istražuje kasnih 1990ih. Kako se zračni promet povećavao, a kapacitet zračnog prostora postajao problem, zrakoplovni stručnjaci i organizacije počeli su raspravljati o načinima optimizacije korištenja zračnog prostora i omogućiti izravnije rute za zrakoplove. Tijekom tog vremena, Međunarodna organizacija civilnog zrakoplovstva ICAO (engl. *International Civil Aviation Organization*) i drugi sudionici u industriji prepoznali su potencijalne koristi od implementacije slobodnog zračnog prostora. Počeli su dalje proučavati i razvijati koncept kako bi odgovorili na izazove zagušenog zračnog prostora i sve većih zahtjeva leta.

Ideja je postala popularna početkom 2000-ih kada su neke zemlje, poput Švedske i Norveške, prve usvojile i implementirale FRA u svojim zračnim prostorima. Ove početne implementacije imale su za cilj testirati izvedivost i prednosti koncepta. Od tada se koncept zračnog prostora slobodnih ruta nastavio razvijati, uz daljnja istraživanja, napredak u tehnologiji i suradnju među međunarodnim organizacijama i nacionalnim zrakoplovnim vlastima. Implementiran je i proširen u raznim regijama diljem svijeta, pridonoseći povećanoj učinkovitosti zračnog prostora i poboljšanim letačkim operacijama. [1]

2.1. Free Route Airspace koncept

Zračni prostor slobodnih ruta je zračni prostor gdje korisnici mogu slobodno planirati rute između ulaznih i izlaznih točaka tog prostora, bez korištenja klasičnih fiksnih ATS (*Air Traffic Services*) ruta, uz uvjete dostupnosti tog zračnog prostora. [2]

Koncept FRA obuhvaća različite scenarije provedbe od ispunjavanja sigurnosnih ciljeva, kompatibilnosti s postojećim opcijama, održivosti kroz daljnji razvoj te sposobnošću za proširenje ili povezivanje sa susjednim zračnim prostorima. Sama provedba koncepta definirana je u dokumentu CONOPS (*Concept of Operations*) koja će biti opisana u poglavlju 2.1. [3]

Faktori koji omogućuju provedbu FRA koncepta su slijedeći:

- odgovarajuća podrška sustava u svrhu planiranja leta i upravljanja kapacitetom i protokom zračnog prometa,
- uvođenje prilagođenih procedura upravljanja zračnim prostorom,
- prilagodbe strukturama zračnog prostora, ali bez dodatnih zahtjeva za opremu i postupake planiranja leta za zrakoplovne operatore,
- prilagodbe sustava za planiranje leta u svrhu korištenja prednosti FRA.

FRA je u pravilu klasificiran kao Klasa C zračnog prostora, prema ICAO klasifikaciji zračnih prostora, što znači da letovi podliježu kontroli leta, sa pojedinim iznimkama poput vertikalnih granica iznad FL460 unutar oceanskih prijelaznih područja.

Shema orijentacije na razini leta FLOS (engl. *The Flight Level Orientation Scheme*) unutar FRA objavljuje se putem relevantnih nacionalnih AIS (*Aeronautical Information Service*) publikacija. [3]

Ograničenje primjenjivosti prostora slobodnih ruta uključuje vremensku ili strukturalnu primjenjivost.

Vremenski ograničena implementacija olakšava period rane implementacije i omogućava lakšu tranziciju u nove procedure iako je cilj provedba FRA na trajnoj osnovi. Za slučaj takve implementacije definiraju se procedure za tranziciju sa fiksnih ATS ruta na FRA. [4]

Strukturalna ograničenja odnose se na složene zračne prostore gdje bi potpuna provedba FRA-a mogla potencijalno imati štetan utjecaj na kapacitet. U takvim zračnim prostorima, države, FAB-ovi (*Functional Airspace Blocks*) ili pružatelji usluga zračne plovidbe mogu odlučiti implementirati FRA na strukturno ograničenoj osnovi. Kao primjer strukturalnih ograničenja može se uzeti ograničavanje dostupnih FRA horizontalnih ulazno/izlaznih točaka za određene prometne tokove, što bi moglo povećati predvidljivost i smanjiti broj potencijalnih konflikata.

2.2. Organizacija zračnog prostora

FRA čini sastavni dio ukupne europske ATM mreže, povezane vertikalno ili bočno sa susjednim zračnim prostorom gdje se provode operacije sa fiksnim ATS rutama. Rezervacije zračnog prostora se i dalje koriste, a korisnici zračnog prostora imaju ravnopravni pristup FRA te se korištenje zračnog prostora temelji na fleksibilnom korištenju prostora te uz civilno/vojnu koordinaciju. Koordinacija se uzima u obzir kako bi se osigurale usklađene procedure i pružanje usluga za dobrobit svih korisnika zračnog prostora.

Maksimiziranje učinkovitosti FRA postiže se osiguravanjem potrebnim poravnavanjem mreže fiksnih ATS ruta kako bi se provodio siguran i učinkovit transfer letova između zračnih prostora. Gdje god fiksna ATS mreža ruta ostaje u funkciji ispod FRA, temeljna mreža ATS ruta mora biti prilagođena i koordinirana na razini mreže s obzirom na potrebe FRA operacija u gornjem zračnom prostoru. [5]

2.2.1. Vertikalne granice FRA

Ne postoji posebna preporuka o minimalnom FL-u (*Flight Level*) za implementaciju FRA, no postavljanje donje granice FRA ne smije negativno utjecati na susjedna područja gdje FRA još nije implementiran ili gdje je ograničena primjena FRA.

S ciljem harmoniziranog zračnog prostora na razini Europe preporuča se da se:

- donja vertikalna granica koordinira se na razini europske mreže kako bi se osigurala povezanost sa susjednim zračnim prostorom, ovisno o području ili vremenskoj primjenjivosti FRA,
- minimalna razina treba biti najniža moguća, koliko dopušta složenost zračnog prostora i potražnja.

Također, sve vertikalne granice se objavljuju u nacionalnim AIS publikacijama.

Što se tiče vertikalne veze između FRA i mreže fiksnih ATS ruta, tu se uzimaju u obzir različiti profili penjanja i spuštanja. Povezanost se osigurava dostupnošću skupa točaka koje

odražavaju tipične profile penjanja i spuštanja. Također se preporuča objavljivanje proširenih SID/STAR (*Standard Instrument Departure Routes / Standard Arrival Routes*) procedura ili preporučenih veznih ATS ruta. Ukoliko je potrebno, vrši se redizajn i poboljšanje terminalnih struktura TMA (*Terminal Control Area*) te dodatne SID/STAR kako bi se omogućila veća fleksibilnost. U slučaju provedbe FRA do gornje granice terminalnog zračnog prostora, ulazne/izlazne točke u/iz FRA bi po mogućnosti trebale biti točke gdje SID završava ili počinje STAR. U nekim slučajevima je potreban redizajn SID/STAR i, ovisno o složenosti zračnog prostora, možda je potrebno istražiti proširenja kako bi se osiguralo odgovarajuće razdvajanje prometa. Za aerodrome gdje nije dostupan odgovarajući SID/STAR potrebno je olakšati planiranje leta pomoću direktnih ruta. [3]

2.2.2. Horizontalne granice FRA

S ciljem maksimiziranja benefita od primjene FRA, horizontalna ograničenja temeljena su na operativnim zahtjevima, a ne na FIR/UIR (*Flight information region / Upper Information Region*) ili državnim granicama. U područjima gdje zbog oblika bočnih granica izravne rute mogu dovesti do izlaska na kratko u susjedne zračne prostore, cilja se osigurati primjenjivost FRA na temelju operativnih zahtjeva sa dogovorom sa susjednim ATC-om (*Air Traffic Control*). Ako su takve situacije neizbježne, mora se osigurati odgovarajuća objava FRA horizontalnih ulazno/izlaznih točaka. FRA ulazno/izlazne točke biraju se kako bi se omogućio strukturiran prijelaz između dva operativna okruženja, ukoliko se radi o prijelazu iz FRA u zračni prostor fiksnih ATS ruta ili obratno te osiguravaju međupovezanost s mrežom fiksnih ATS ruta.

FRA horizontalne ulazne i izlazne točke objavljuju se u nacionalnim AIS publikacije s jasnom funkcijom točaka, odnosno radi li se o ulaznim, izlaznim ili ulazno/izlaznim točkama te ako se FRA provodi u susjednim FIR/UIR, jasno je izraženo da se radi o prekograničnoj primjeni. [3]

2.2.3. Rezervacije zračnog prostora

Rezervacija zračnog prostora odnosi se na zračni prostor definiranih dimenzija za isključivu uporabu određenih korisnika te uključuje sljedeća područja:

- privremeno rezervirano područje TRA (*Temporary Reserved Area*) - određeni volumen zračnog prostora pod nadležnošću jedne zrakoplovne vlasti koji je privremeno rezerviran za upotrebu od strane druge zrakoplovne vlasti, a kroz koji ostali promet može prometovati uz ATC odobrenje;
- privremeno odvojeno područje TSA (*Temporary Segregated Areas*) - određeni volumen zračnog prostora pod nadležnošću jedne zrakoplovne vlasti koji je privremeno odvojen samo za upotrebu od strane druge zrakoplovne vlasti, a kroz koji ostali promet nema dozvolu prolaziti;
- prekogranično područje CBA (*Cross-Border Areas*) – restrikcija ili rezervacija zračnog prostora iznad nacionalnih granica za specifične operacije. Koristi se za omogućavanje vojnih vježbi i ostalih OAT (*Operational Air Traffic*) letova s

obje strane granice, a može služiti i GAT i OAT prometu te su potrebni politički, pravni, tehnički i operativni dogovori između država;

- opasno područje D (*Danger Area*) – određeni volumen zračnog prostora unutar kojeg se mogu odvijati aktivnosti opasne za let zrakoplova;
- ograničeno područje R (*Restricted Area*) – određeni volumen zračnog prostora unutar kojeg se ograničava let zrakoplova u skladu sa specificiranim uvjetima;
- zabranjeno područje P (*Prohibited Area*) – određeni volumen zračnog prostora unutar kojeg je zabranjen let zrakoplova. [6], [6]

Rezervacije zračnog prostora mogu biti trajno aktivne ili aktivne tijekom određenog vremenskog perioda ili na određenim visinama. Postoji mogućnost da se provede rekonfiguracija rezervacije zračnog prostora u skladu s različitim potrebama. Ovisno o vrsti rezervacije, može se dopustiti prolazak ostalog prometa kroz rezervirani zračni prostor uz mogućnost taktičkog preusmjerenja. Očekivana najveća dodatna duljina taktičkog preusmjerenja mora objaviti putem nacionalnih AIS publikacija. U slučajevima gdje ostali promet nema dozvolu prolaziti kroz rezervirani zračni prostor, definirane su međutočke kako bi se olakšalo planiranje leta izvan rezervirati zračni prostor i osigurati dovoljnu odvojenost od aktivnosti. Međutočke se također objavljuju preko nacionalnih AIS publikacija uz navedene posebne uvjete korištenja u Dokumentu o dostupnosti rute RAD (*Route Availability Document*). Procedure razvija NMOC (*Network Manager Operations Centar*) i sve zainteresirane strane radi usklađene primjene. [3]

2.2.4. Sektorizacija

Schema sektorizacije je prilagođena prometnim tokovima unutar FRA i u skladu sa fiksnim ATS rutama. Umjesto reguliranih tokova prometa duž mreže fiksnih ATS ruta koje se križaju na poznatim točkama, promet se raspodjeljuje po cijelom sektoru. Bitno je da dizajn sektora bude fleksibilan kako potražnja varira te da se ne bazira na državnim ili FIR granicama.

Kriteriji koji se uzimaju u obzir pri dizajnu sektora su:

- glavni prometni tokovi i njihova orijentacija unutar zračnog prostora,
- smanjenje kratkih tranzita kroz sektore,
- smanjenje ponovnih ulazaka u sektor,
- položaj rezervacija zračnog prostora,
- usklađenost sa fiksnom ATS rutom susjednih sektora i SID/STAR-ova,
- koordinacija civilnog i vojnog zrakoplovstva. [3]

2.2.5. Planiranje leta

Procedure planiranja leta su jednostavne i usklađene s postupcima za fiksne ATS rute. Kod planiranja leta i podnošenja plana, podnositelj plana mora izbjegavati aktivne rezervacije zračnog prostora, osim gdje je navedeno da će u rezerviranom prostoru provoditi taktičko preusmjerenje. Unutar FRA ne postoje ograničenja za direktne rute, osim onih koje preporučuje ICAO.

IFPS (*Integrated initial flight plan processing system*) je modificiran kako bi bi omogućio obradu plana leta i provjeru plana leta u kontekstu promjenjivih nižih razina FRA u različitim dijelovima europskog zračnog prostora, Također IFPS mora omogućiti odgovarajuću obradu i provjeru plana leta za prijelaz s FRA na zračni prostor fiksnih ATS ruta kad god se FRA provodi u ograničenim vremenskim razdobljima, npr. samo tijekom noći. Format plana leta ostaje bez promjena prema onom prije uvođenja FRA. [3]

Ruta se planira prema objavljenim ili neobjavljenim točkama definiranim geografskim koordinatama ili smjerom i udaljenošću prema ICAO formatu u skladu s ICAO Doc 4444 PANS-ATM. Kao što je spomenuto već u potpoglavlju 2.2.3, sve dopuštene točke i direktne rute za planiranje te sva ograničenja, objavljena su u Dokumentu dostupnih ruta (RAD). [2]

„RAD je zajednički i univerzalni dokument koji sadrži osnove postupaka, procedura, opis ruta, kao i pravila za prijelaz iz prostora fiksne rutne mreže u prostor slobodnih ruta i obrnuto, i njihova raspoloživost, međutim ovaj dokument se koristi i kao alat za upravljanje protokom i kapacitetom zračnog prometa uspostavljen u svrhu planiranja leta.“ [2]

2.2.6. Upravljanje zračnim prostorom u FRA

ATM (*Air Traffic Management*) se u FRA razlikuje od upravljanja zračnim prostorom kod ATS mreže fiksnih ruta. U FRA operatori zrakoplova imaju informacije o nedostupnim odnosno dostupnim zračnim prostorima, dok kod ATS fiksnih ruta imaju informaciju o slobodnim rutama za planiranje. [3]

Informacije o aktivnosti svih rezervacija prostora tijekom njihovog boravka u FRA moraju biti dostupni operatorima zrakoplova. Nužna je kontinuirana razmjena informacija u o aktivaciji rezervacija zračnog prostora između jedinica kontrole zračne plovidbe, vojnih vlasti, korisnika zračnog prostora i NM (*Network Manager*). Vojni promet također može koristiti FRA na način na koji ga koriste civilni korisnici, jer ne postoji potreba za fiksnom mrežom vojnih ruta u takvom prostoru. [7]

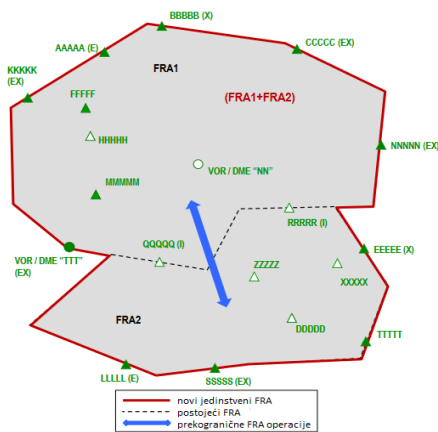
LoA (*Letters of Agreement*) se korigiraju zbog specifičnosti FRA, posebno u kategorijama transfernih točaka, fleksibilne promjene sektorizacije, veza između FRA i mreže fiksnih ATS ruta, fluktuacije prometnih tokova te mogućnosti izlaska iz prostora na nasumičnim točkama. Također je potrebno osigurati automatsku razmjenu podataka između ACC-ova (*Area Control Centre*). [2]

2.2.7. Prekogranična FRA područja

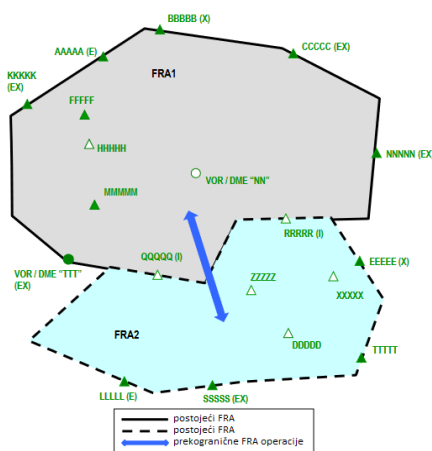
Prekogranična FRA područja mogu biti:

1. Jedinstvena FRA područja koja nastaju spajanjem zračnih prostora koji već imaju implementiran prostor slobodnih ruta
2. Višestruka FRA područja od kojih je svaki zaseban kontinuum uz provođenje prekograničnih FRA operacija između njih

Na slici 1 je prikazan prvi slučaj prekograničnih FRA područja. U tom slučaju jedinstveno ime tog zračnog prostora je postiže dogovorom između država/FAB-ova/ANSP-ova (*Air navigation service provider*). Na slici 2 je prikazan drugi slučaj prekograničnog FRA područja.



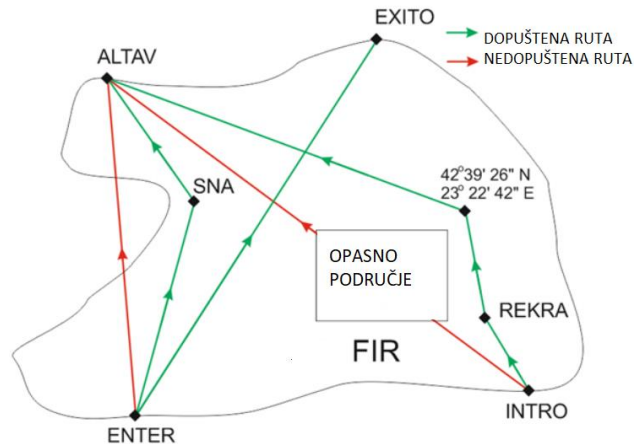
Slika 1 Jedinstveno FRA područje [2]



Slika 2 Višestruko FRA područje uz provođenje prekograničnih operacija [2]

2.3. Free Route Airspace dizajn

Cilj dizajna FRA je povećati fleksibilnost, efikasnost i kapacitet u upravljanju zračnim prometom. U zračnom prostoru fiksnih ATS ruta korisnik planira let duž unaprijed definiranih ruta ili zračnih koridora, dok FRA omogućuje zrakoplovima slobodan odabir najefikasnijih putanja uz nekoliko ograničenja poput fiksnih ulaznih i izlaznih točaka ili izbjegavanja opasnih, rezerviranih ili izdvojenih područja. U slučaju kada korištenje direktnih linija između ulazne i izlazne nije moguće, dodaju se dodatne točke koje mogu biti navigacijska pomagala, objavljene navigacijske točke ili točke s određenim koordinatama. [1]



Slika 3 Primjer primjene FRA uz restrikciju [1]

Na slici 3 je prikazan primjer primjene FRA uz restrikciju zbog opasnog područja. U primjeru su navedene ulazne i izlazne točke, te dodatne točke definirane navigacijskim sredstvima i koordinatama. Za dani slučaj direktna ruta između INTRO-ALTAV nije omogućena jer prolazi kroz opasno područje te se bira jedna od zelenih ruta koja koristi dodatno definirane točke.

U pogledu fiksnih ATS ruta, povijesno su bili preferirani alati za omogućavanje sigurnog i učinkovitog upravljanje zračnim prometom velike gustoće i olakšavanje ranog otkrivanja mogućih konflikata. Na temelju ICAO odredbi, nema posebnih zahtjeva za koegzistenciju ATS fiksnih ruta u FRA-i gdje se usluge zračnog prometa mogu osigurati na siguran, učinkovit i održivi način. Svaka država će odlučiti zadržati ili ukloniti fiksnu ATS mrežu ruta tijekom FRA operacije i svi detalji bit će navedeni u nacionalnim publikacijama AIS-a. Ne postoji obavezan zahtjev da se fiksna ATS mreža ruta održava ili ukloniti kada se provede FRA.

U nastavku poglavlja bit će ukratko opisano kako se uspostavljaju FRA ulazne, izlazne, ulazno/izlazne, dolazne, odlazne, vezne i posredne točke te implementacija FRA. [5]

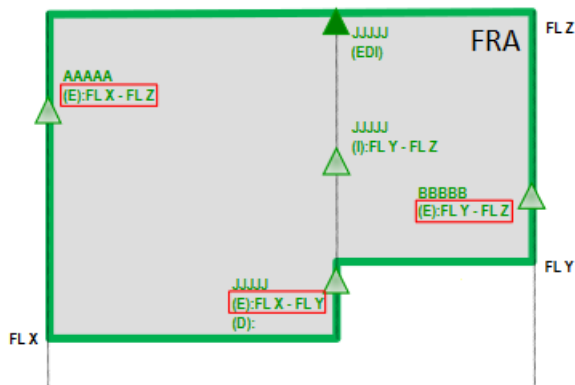
2.3.1. Uspostava značajnih točaka u FRA

Značajne točke u FRA su označeni sljedećim slovima:

- (E) za FRA horizontalne ulazne točke
- (X) za FRA horizontalne izlazne točke
- (I) za FRA posredne točke
- (A) za FRA ulazne vezne točke
- (D) za FRA odlazne vezne točke. [8]

Horizontalne ulazne, izlazne i ulazno/izlazne točke su objavljene značajne točke koje se nalazi na horizontalnoj granici FRA područja. U slučajevima kada to nije moguće, može se nalaziti unutar ili izvan tog područja u koordinaciji s NM-om (*Network Manager*). Relevantnost tih točaka objavljena je u AIP ENR 4.1/4.4 skupa sa specifičnim informacijama vezanim za točku poput vertikalne razine leta ukoliko se razlikuje od vertikalnih granica tog područja i FLOS-a (*Flight*

Level Orientation Scheme) nad relevantnim područjima. Na slici 4 je prikazan primjer uspostavljenih horizontalnih ulaznih točaka za slučaj različitih vertikalnih granica FRA područja.

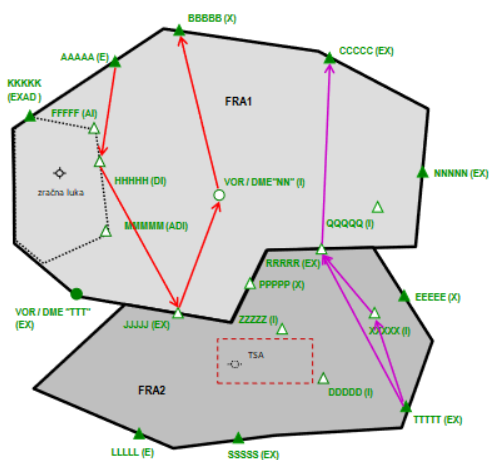


Slika 4 Horizontalne ulazne, izlazne i ulazno/izlazne točke [8]

Za svaku točku definiranu kao ulazno-izlaznu uvjeti korištenja su:

- ulaz se vrši izvan relevantnog FRA područja i prema značajnim točkama unutar tog područja ili ulaznim točkama za to FRA područje
- izlaz se vrši unutar relevantnog FRA područja i prema značajnim točkama susjednog FRA područja ili preko ATS rute susjednog područja fiksnih ATS ruta.

Na slici 5 je prikazano zamišljeno FRA područje sa ulazno-izlaznim točkama. Prema uvjetima navedenima u paragrafu iznad, točka JJJJ nije dostupna za ulaz/izlaz jer let ne prelazi granicu dva zračna prostora slobodnih ruta.



Slika 5 Primjer nedostupne ulazno-izlazne točke [8]

Ulazne vezne točke su objavljene značajne točke za koje su dopuštene FRA operacije za dolazni promet na određenom aerodromu. Točka se ne definira samo u odnosu na FRA područje ili državu u kojoj se točka nalazi već se može definirati u odnosu na aerodrom koji se nalazi u susjednom području. Specifične informacije se nalaze u u AIP ENR 4.1/4.4 poput FLOS-a preko

relevantne točke i aerodroma za koji se odnosi ta točka. Za aerodrome koji koriste STAR procedure ulazne vezne točke se nalaze na CTR/TMA (*Control/Terminal control area*) granici ili na značajnoj točki van CTR/TMA područja, zajedno s prvom točkom STAR-a. Za aerodrome koji ne koriste STAR točka se nalazi na CTR/TMA granici ili na značajnoj točki van CTR/TMA područja.

Odlazne vezne točke su objavljene značajne točke kroz koje su dopuštene FRA operacije za odlazni promet s određenih aerodroma. Definiraju se na isti način kao ulazne vezne točke. Za aerodrome koji koriste SID procedure odlazne vezne točke se nalaze na CTR/TMA granici ili na značajnoj točki van CTR/TMA područja, zajedno s prvom točkom SID-a. Za aerodrome koji ne koriste SID, točka se nalazi na CTR/TMA granici ili na značajnoj točki van CTR/TMA područja. Također postoje i ulazne i odlazne vezne točke mogu se koristiti i za dolazni i za odlazni promet za određene aerodrome.

Posredne točke su objavljene ili neobjavljene točke, definirane zemljopisnim koordinatama ili smjerom i udaljenosti koje su dopuštene za FRA operacije te se nalaze unutar FRA područja. Mogu se koristiti za slijedeće:

1. Planiranje željene putanje korisnika
2. Kao točka gdje se mijenja brzina ili razina, promjena *track*-a ili promjena pravila letenja
3. Izbjegavanje posebnih područja
4. Prijelaz između FRA i ATS mreže ruta.

Kao i kod svih drugih značajnih točaka, specifične informacije se nalaze u u AIP ENR 4.1/4.4, kada je potrebno posebne informacije u vezi s posrednim točkama objavljuju se u AIP-u te specifični uvjeti tokova u RAD-u. [8]

2.3.2. ATS fiksne rute

U pogledu fiksnih ATS ruta, povijesno su bili preferirani alati za omogućavanje sigurnog i učinkovitog upravljanje zračnim prometom velike gustoće i olakšavanje ranog otkrivanja mogućih konflikata.

Na temelju ICAO odredbi, nema posebnih zahtjeva za koegzistenciju ATS fiksnih ruta u FRA-i gdje se usluge zračnog prometa mogu osigurati na siguran, učinkovit i održivi način. Svaka država će odlučiti zadržati ili ukloniti fiksnu ATS mrežu ruta tijekom FRA operacije i svi detalji bit će navedeni u nacionalnim publikacijama AIS-a. Ne postoji obavezan zahtjev da se fiksna ATS mreža ruta održava ili ukloniti kada se provede FRA. [8]

2.3.3. FLOS – shema dodjela visine prema orijentaciji

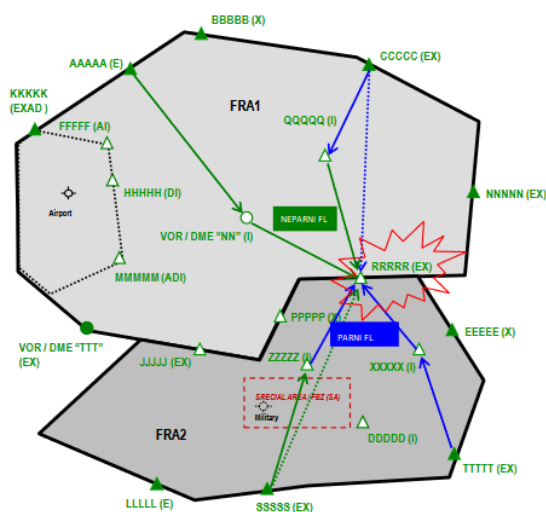
FRA je u načelu klasificiran kao zračni prostor klase C, uz određene iznimke, gdje zrakoplovi lete na razini krstarenja ili uz ovlaštenje koriste tehniku „*cruise climb*“ između dvije razine ili iznad neke razine leta, odabrane iz tablice u ICAO Annexu 2 u Appendixu 3 a).

Unutar FRA područja, budući da nema fiksne mreže ATS ruta niti fiksnih dopuštenih direktnih ruta (DCT) između značajnih točaka FRA, smjer razina krstarenja koji će se koristiti mora

biti sukladan AIP ENR 1.7. Za zrakoplove na istom FL se koriste izrazi za paran FL ili neparni FL. Izraz neparni FL se odnosi na razinu krstarenja sa magnetskim *track*-om 000°-179° (“Istočno-zapadni FLOS”) ili od 090°-269° (“Sjeverno-južni FLOS”) (FL010,FL030 ..., FL310, FL330 ...FL410...itd.). Izraz paran FL se odnosi na FL na magnetski *track* od 180°-359° (“Istočno-zapadni FLOS”) ili 270°-089° (“Sjeverno-južni FLOS”) (FL020, FL040 ..., FL300, FL320 ...FL430...itd.).

Svaki izuzetak ili odstupanje od ovih pravila objavljeno je u nacionalnom AIP-u i relevantne odredbe su opisane u LoAs-ima, kada je to potrebno.

Na slici 6 prikazan je primjer za granični FLOS unutar FRA područja. Svi letovi iz FRA1 za FRA2 moraju biti na neparnim FL-u, a svi letovi iz FRA2 za FRA1 moraju biti na parnom FL-u.



Slika 6 Primjer FRA graničnog FLOS-a unutar FRA područja [8]

2.4. Implementacija FRA

Proces implementacije prostora slobodnih zračnih ruta je složen postupak koji uključuje suradnju različitih dionika u zračnom prometu, od kontrole zračnog prometa, zračnih prijevoznika do regulatornih tijela. Prvi od koraka implementacije je analiza postojećeg zračnog prostora i identificiranje područja koja bi mogla podržavati takav sustav. Ovo uključuje identifikaciju prometnih koridora, prepreka i ostalih faktora koji mogu utjecati na dizajn slobodnih ruta. Nadalje, nakon analize i planiranja sudionici u implementaciji ili proširenju prostora slobodnih zračnih ruta nastoje surađivati u procesu planiranja i identificiranja zahtjeva, prioriteta te moguće prepreka pri dizajnu zračnog prostora.

Nakon odabira dizajna zračnog prostora, provodi se tehnička analiza koja uključuje procjenu kapaciteta zračnog prostora, kompatibilnost s postojećim navigacijskim sustavima i sustavima nadzora, te identifikaciju potrebnih tehničkih i operativnih promjena za implementaciju

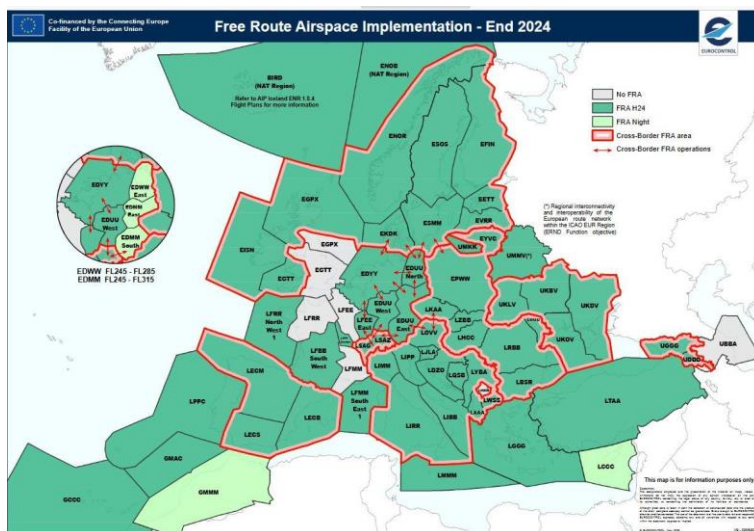
FRA. Potom slijedi odobrenje nadzornih tijela te testiranje i provjera kroz simulacije zračnog prometa, testiranje sustava navigacije i komunikacije, te obuku zračnih kontrolora.

Implementacija prostora slobodnih zračnih ruta obično se provodi postupno, u fazama. Ovo omogućuje sustavu da se prilagodi novim promjenama i da se identificiraju i riješe eventualne poteškoće. Tijekom postupne implementacije, redovito se provode evaluacije i prilagodbe kako bi se osigurala optimalna učinkovitost i sigurnost.

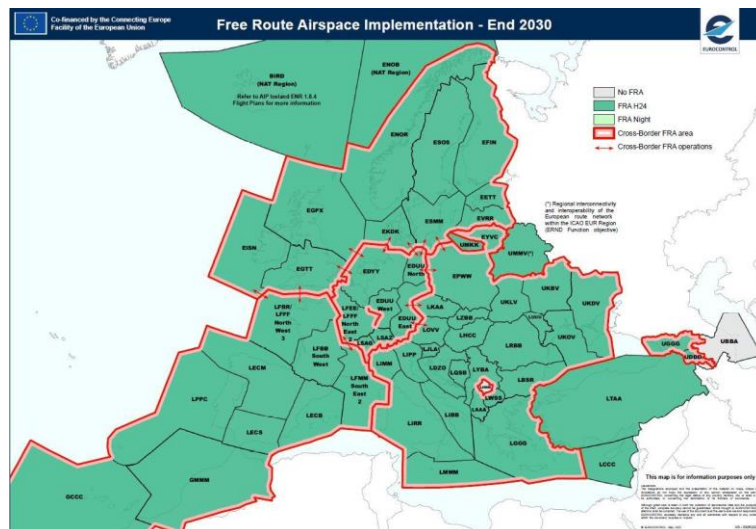
Sam proces implementacije prostora slobodnih zračnih ruta može se razlikovati ovisno o državi, regiji i specifičnim zahtjevima zračnog prometa. [7], [9]

Do kraja 2019. Centara za oblasnu kontrolu u potpunosti je ili djelomično provelo operacije zračnog prostora na slobodnim rutama. Postoji sve veći trend da ACC-ovi provode prekogranične operacije i snižavaju razinu FRA-a u najvećoj mogućoj mjeri. Do kraja 2024. planira se integracija SECSI FRA i FRAIT, što će biti simulirano u nastavku diplomskog rada i prikazano na slici 7. [10]

Kao što je prikazano na slici 8, potpuna implementacija u europskom području očekuje se do kraja 2029.



Slika 7 Plan implementacije FRA u Europi do kraja 2024. [11]



Slika 8 Plan implementacije FRA u Europi do kraja 2030. [12]

Još jedan od brojnih ciljeva, u ovom slučaju SESAR-a (*Single European Sky ATM Research*), je do prosinca 2025. je implementirati FRA bez limitacija, u prekograničnoj dimenziji i u povezanosti s TMA na harmoniziran i sinkroniziran način. Strukturalne limitacije se odnose na vremenske, lateralne i vertikalne limitacije. Povezanost s TMA se odnosi na snižavanje vertikalnih granica FRA do gornje vertikalne granice TMA, uspostava relevantnih odlaznih/dolaznih značajnih točaka, definiranje veznih ruta te povezivanje s postojećom mrežom fiksnih ATA ruta i proširenje postojećih SID/STAR-ova. [13]

3. Zračni prostor slobodnih ruta Inicijative za zajedničko jugoistočno nebo (SECSI FRA)

Prostor slobodnih zračnih ruta kojem pripada Hrvatska, je SECSI FRA koji označava South East Common Sky Initiative Free Route Airspace. To je prostor nastao spajanjem SEAFRA prostora (*South-East Axis Free Route Airspace*) i uključivao je prostor Hrvatske, Srbije, Crne Gore i BIH, i SAXFRA (*Slovenian Austrian Cross Border Free Route Airspace*) koji je uključivao Austriju i Sloveniju. Sam koncept je krenuo u potpunu operativnu primjenu 1. veljače 2018. godine te omogućuje korištenje opcija najkraće rute od srednje Europe do jugoistočne Europe.

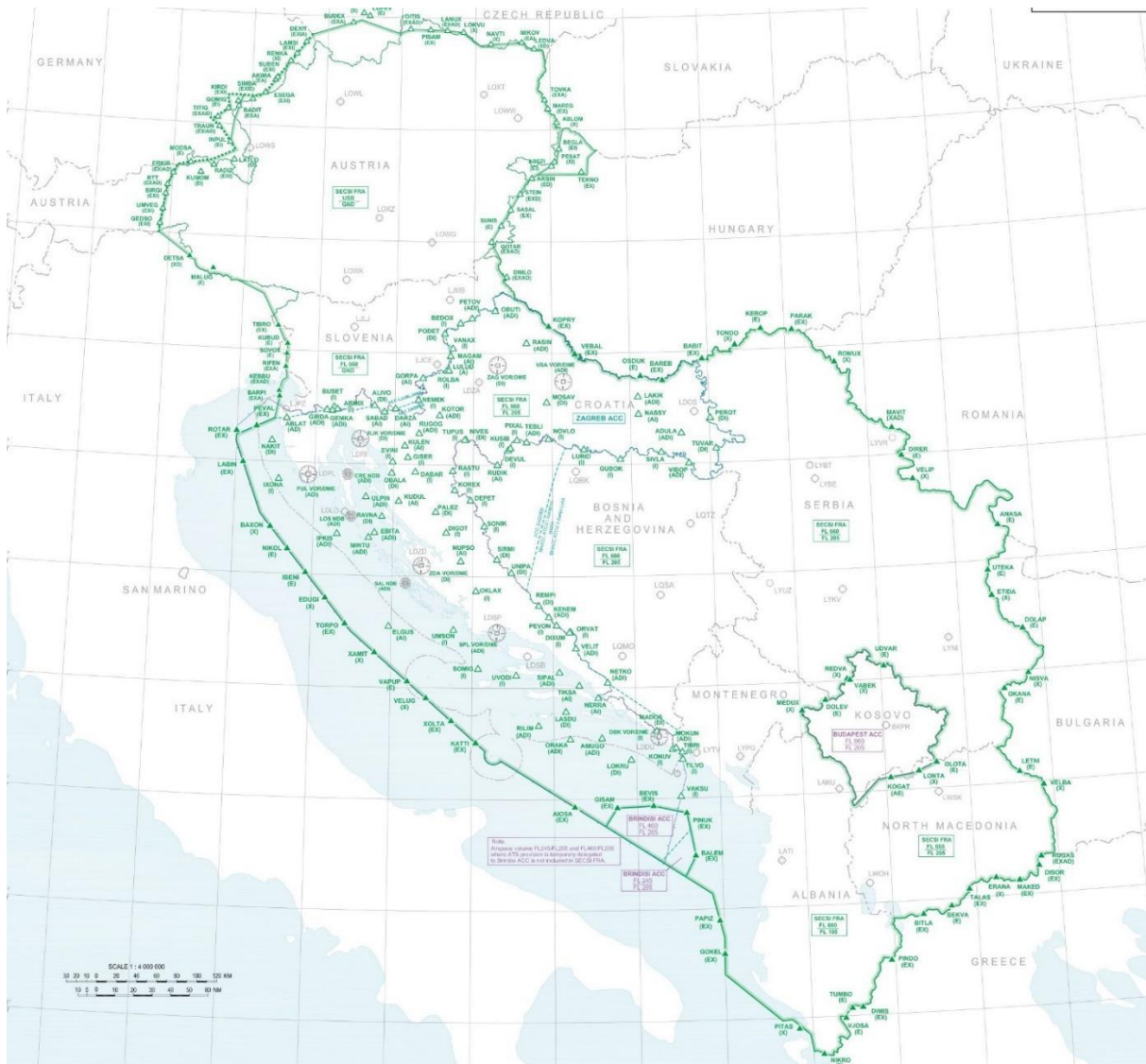
Ovaj sporazum je omogućio slobodan pristup zračnom prostoru ovih pet ANSP-ova i šest zemalja, što je dovelo do povećanja broja letova i veće povezanosti regije te je ključan faktor pri postizanju ciljeva Jedinstvenog europskog neba (SES). Neke od brojnih prednosti su povećanje fleksibilnog korištenja zračnog prostora, očuvanje okoliša, smanjenje potrošnje goriva i troškova korisnika zračnog prostora. [14]

SECSI FRA su se od 2. prosinca 2021. priključili i ANSP-ovi Albanije (Albocontrol) i Republike Sjeverne Makedonije (M-NAV). SECSI FRA trenutno obuhvaća sedam ANSP-ova:

- Slovenia Control (Slovenija - LJLA),
- Austro Control (Austrija - LOVV),
- Croatia Control (Hrvatska - LDZO),
- SMATSA (Srbija/Crna Gora – LYBA),
- BHANSA (Bosna i Hercegovina - LQSB).
- Albcontrol (Albanija - LAAA),
- M-NAV (Sjeverna Makedonija - LWSS).

Sa zadnjim proširenjem SECSI FRA potencijalne uštede koje se očekuju po danu su do 1940 nautičkih milja u udaljenosti leta, 285 minuta u vremenu leta, smanjenju potrošnje goriva do 8000 kg i smanjenju emisije ugljičnog dioksida (CO₂) od 25500 kg, a na godišnjoj razini oko 700.000 NM (1.300.000 km) u udaljenostima leta godišnje i učiniti dostupnim više opcija pri određivanju putanja po želji korisnika. Potpuni prekogranični FRA omogućuje zračnim prijevoznicima da iskoriste dinamične uvjete vjetera i prilagode se prekidima mreže. Uvest će više predvidljivosti putem poboljšanog planiranja leta i smanjiti opterećenje pilota i kontrolora zračnog prometa. [15]

Na slici 9 prikazana je karta SECSI FRA prostora. Prostor Slovenije i Austrije je bez vertikalnih ograničenja, a prostor FRA Hrvatske, Bosne i Hercegovine, Srbije i Crne Gore, Sjeverne Makedonije se proteže od FL205. Za prostor Albanije vertikalna granica je FL195.



Slika 9 Karta SECSI FRA prostora [16]

3.1. Zračni prostor Austrije

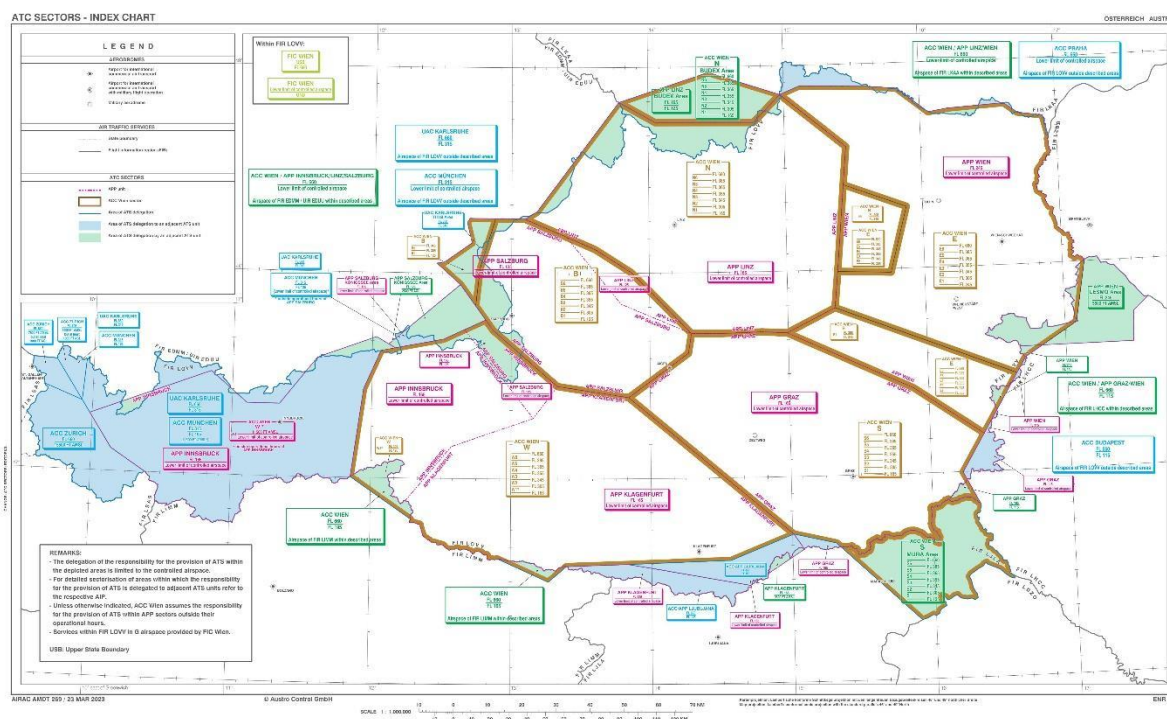
Austrija je članica ICAO-a od 1948., ECAC-a (*European Civil Aviation Conference*) od 1955., EUROCONTROL-a (*The European Organisation for the Safety of Air Navigation*) od 1993., Europske Unije od 1995. i EASA-e (*The European Organisation for the Safety of Air Navigation*) od 2003. godine.

U Austriji nacionalni pružatelj usluga zračne plovidbe je Austro Control koji pruža ATC usluge, usluge zrakoplovnog informiranja, podršku u sigurnosti zračnog prometa i meteorološke usluge. Također provodi i ATCO školovanje i licenciranje te pruža usluge zračnog prometa za deset regionalnih njemačkih aerodroma. U upravljanju zračnim prometom sudjeluju i Ministarstvo transporta, inovacija i tehnologije koje ima ulogu nacionalnog nadzornog tijela NSA-a (*National Supervisory Authority*), njen ogranak Vrhovna agencija za civilno zrakoplovstvo koje predstavlja

regulatorno tijelo te nezavisni Odbor za istraživanje nesreća te Ministarstvo obrane i ogranak Ratnog zrakoplovstva.

FIR Wien je podijeljen je u četiri ICAO klase: C, D, E, G te na pet glavnih sektora (WEST: FL165 – FL660, SOUTH: FL165 – FL660, BASE: FL125 – FL660, NORTH: FL165 – FL660, EAST: FL245 – FL660) koji se još dijele na pet sektora po visini (LOW, MID, UPPER, HIGH, TOP).

Na slici 10 su prikazani sektori zračnog prostora Austrije. Plavom bojom su označeni dijelovi zračnog prostora čije je upravljanje delegirano susjednim ACC-ovima s ciljem sprječavanja nepotrebnih prijelaza granice. ACC München (FL165-FL315) i ACC Zürich (15500 FT AMSL-FL660) kontrolira zapadni dio Austrije, a manji dijelovi su još pod nadležnosti ACC Budapest, ACC Praha, ACC Ljubljana. Zbog istog razloga ACC Wien kontrolira granične dijelove Njemačke, Češke, Mađarske i Italije.

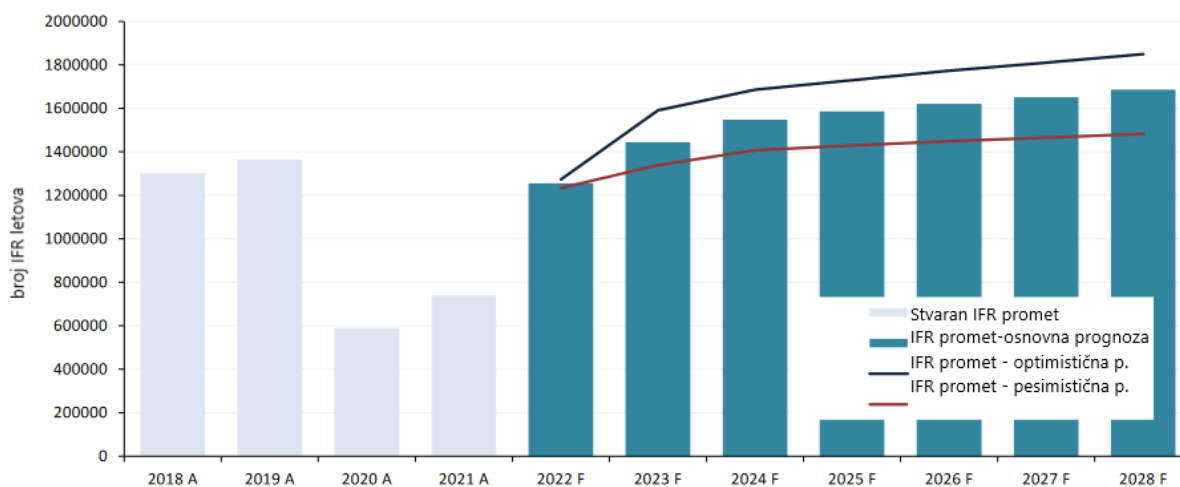


Slika 10 Sektori u zračnom prostoru Austrije [16]

TMA prostore kontroliraju lokalne APP jedinice koje pružaju uslugu prilazne kontrole zračnog prometa. TMA prostori Austrije su: Graz, Innsbruck, Klagenfurt, Linz, Salzburg i Wien. Neke APP jedinice pružaju uslugu prilazne kontrole susjednim sektorima. [17]

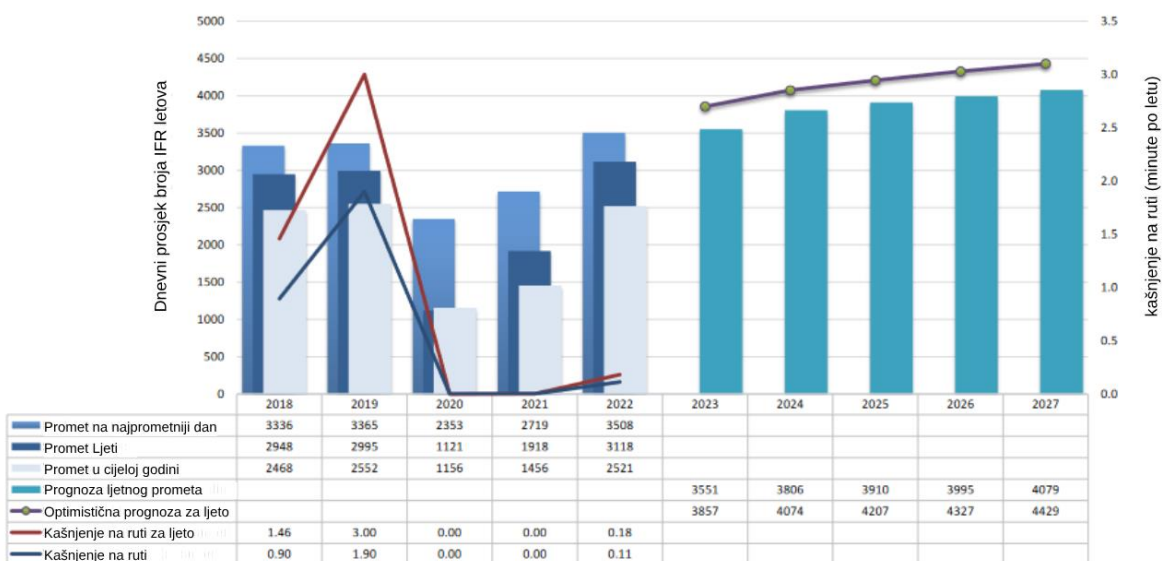
Postoji šest međunarodnih zračnih luka u Austriji. To su Salzburg (LOWS), Beč (LOWW). Graz (LOWG), Innsbruck (LOWI), Klagenfurt (LOWK) i Linz (LOWL). Beč je najprometnija zračna luka Austrije sa više od 23 milijuna putnika u 2022. godini, a u 2023. se očekuje da će ta brojka doseći 27 milijuna. [18]

Na slici 11 prikazan je ostvareni broj IFR (*Instrument flight rules*) letova u Austriji po godinama, od 2018. te osnovna, optimistična i pesimistična STATFOR (*Statistics and Forecast Service*) prognoza za razdoblje do 2027. godine. Stalan rast prometa prekinut je 2020. godine pandemijom COVID19 kada je IFR promet pao za -57%. 2022. promet u Austriji se povećao za 70% u usporedbi s 2021. te je dosegao 85% pretpandemijskih brojki. Od 2022. prognozira se nastavak trenda porasta prometa te u 2023. se očekuje prosječnom godišnjom stopom rasta između 3,1% i 6,4% prema osnovnoj prognozi.



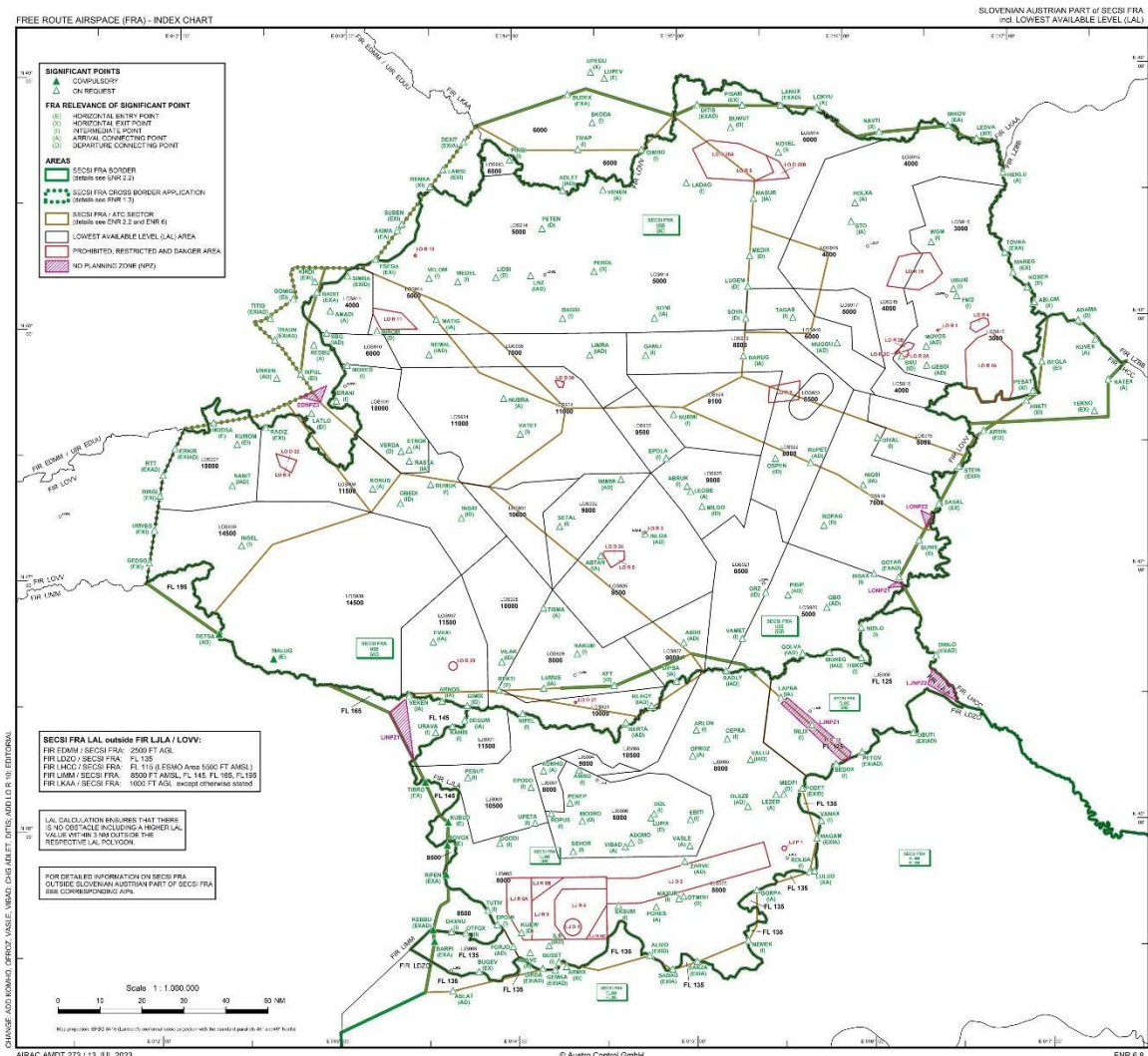
Slika 11 Prognoze kretanja IFR prometa Austrije [17]

Na slici 12 prikazani su dnevni prosjeci broja letova za najprometnije dane u godini, promet ljeti i promet tijekom cijele godine za razdoblje od 2018. do 2027. godine za ACC Wien. Promet tijekom ljeta u 2022. godini porastao je 63% u odnosu na prošlu, a promet tokom cijele godine porastao je za 73%. Također su prikazana kašnjenja na ruti ljeti i tijekom cijele godine za isto razdoblje. Prosječno kašnjenje na ruti tijekom ljeta povećalo se s 0,00 u prethodnoj godini na 0,18 minuta 2022. godine, a u odnosu na cijelu godinu povećalo se sa 0,00 minuta na 0,11 minute. 56% ljetnih kašnjenja uzrokovanoj je vremenom, 33% ATC-om (*ATC Staffing*) i 11% kapacitetom.



Slika 12 Dnevni prosjeci broja letova i kašnjenje na ruti za ACC Wien [17]

Na slici 13 je prikazan zračni prostor slobodnih ruta Austrije koji čini dio SECSI FRA. FIR Wien ima uspostavljen FRA od GND (*Ground*) do FL660 i bez vremenskih restrikcija. Austria je prvi put implementirala FRA 2016. u sklopu SAXFRA, a 1. veljače 2018. SAXFRA i SEAFRA dovršili postupak spajanja FRA prostora u jedinstven prostor slobodnih ruta SECSI FRA.



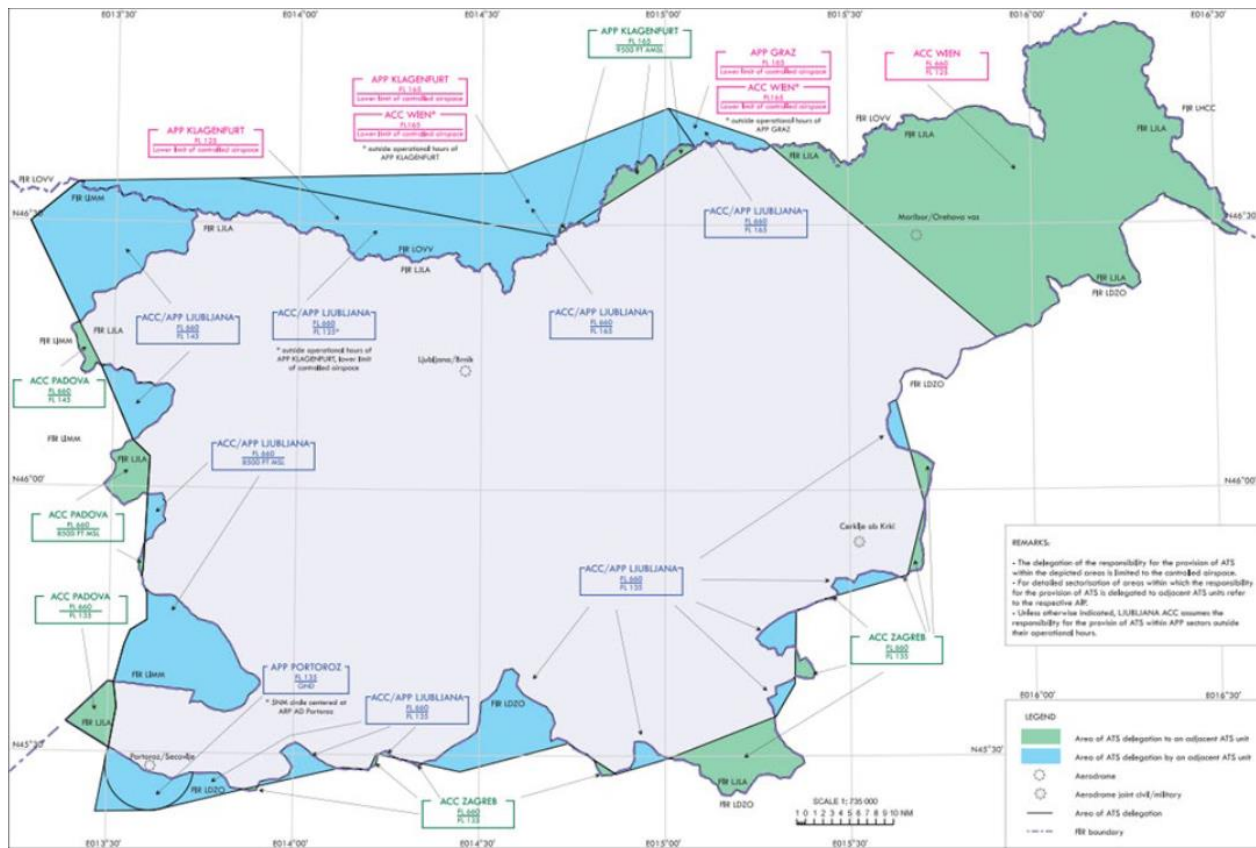
Slika 13 Prostor slobodnih ruta Austrije [19]

3.2. Zračni prostor Slovenije

Slovenija je članica ICAO-a i ECAC-a od 1992., EUROCONTROL-a od 1995. te Europske Unije i EASA-e od 2004. godine. U Sloveniji nacionalni pružatelji usluga zračne plovidbe su Slovenia Control koja pruža ATC, AIS te usluge CNS-a (*Communications, navigation and surveillance*) te predstavlja organizaciju za osposobljavanje i certificiranje; i Ministarstvo za okoliš i prostorno planiranje koje pruža meteorološku uslugu. U upravljanju zračnim prometom sudjeluju i Ministarstvo infrastrukture koje nosi ulogu regulatornog tijela, Služba za istraživanje zrakoplovnih nesreća i incidenata, Javna agencija za civilno zrakoplovstvo Republike Slovenije koja ima ulogu nacionalnog nadzornog dijela te koordinatora SAR-a (*Search and Rescue*), Fraport Slovenija (aerodromski operator najveće zračne luke Ljubljana) i Ministarstvo obrane.

ACC Ljubljana je glavni pružatelj usluga kontrole zračnog prometa nad teritorijem Slovenije. Uz ACC Ljubljanu, istočni dio kontrolira ACC Wien od FL125 do FL660 te manji granični dijelovi prema dogovoru su pod kontrolom ACC Zagreb i ACC Padova.

Od jedinica prilazne kontrole, postoje Ljubljana APP, Maribor APP i Portorož APP koje pružaju uslugu kontrole prilaza za istoimene međunarodne zračne luke. Za sektor DOLSKO zadužena Slovenija, a Austrija kontrolira gornji dio sektora MURA. Ispod FL125 kontrolu pruža Ljubljana i Maribor APP. Sjeverni granični dio sa Austrijom kontrolira Slovenija izvan operacijskih sati APP Klagenfurta. Područja odgovornosti ATC jedinica za zračni prostor Slovenije prikazana su na slici 14. [20]

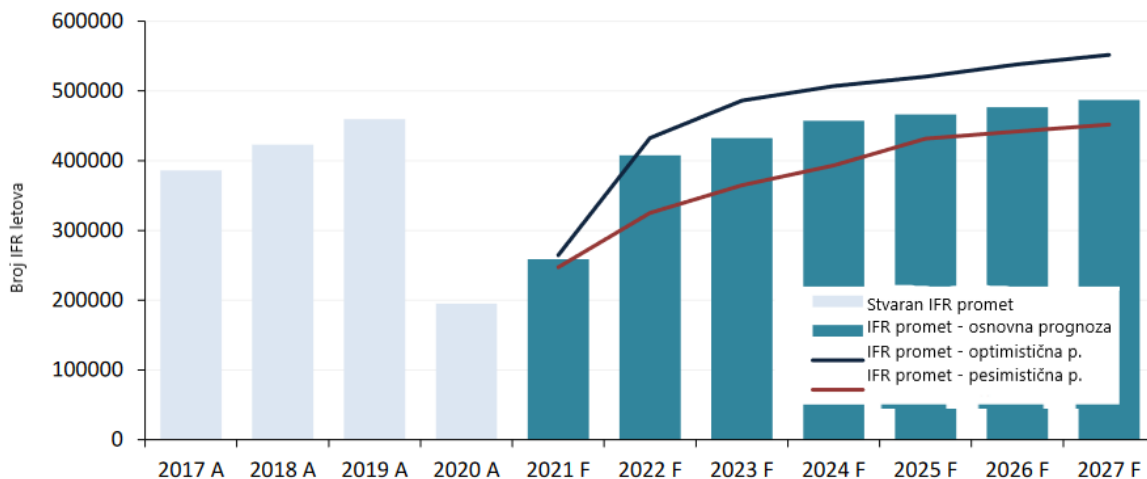


Slika 14 Područja odgovornosti ATC jedinica za Sloveniju [20]

Gornji dio prostora Slovenije je CTA Ljubljana, a ima vertikalne granice od FL245 do FL660. Uspostavljeno je pet TMA prostora: Dolsko, Mura, Ljubljana, Maribor i Portorož. Zračni prostor Slovenije podijeljen je u četiri klase: C, D, E i G. U C klasu se ubraja CTA Ljubljana, TMA Dolsko, TMA Mura, TMA Ljubljana; u D klasu TMA Dolsko, TMA Mura, TMA Maribor, TMA Portorož, svi CTR-ovi; u E klasu TMA Dolsko, TMA Mura, TMA Maribor te u G klasa - sav prostor ispod svih TMA, osim ako je CTR. [20]

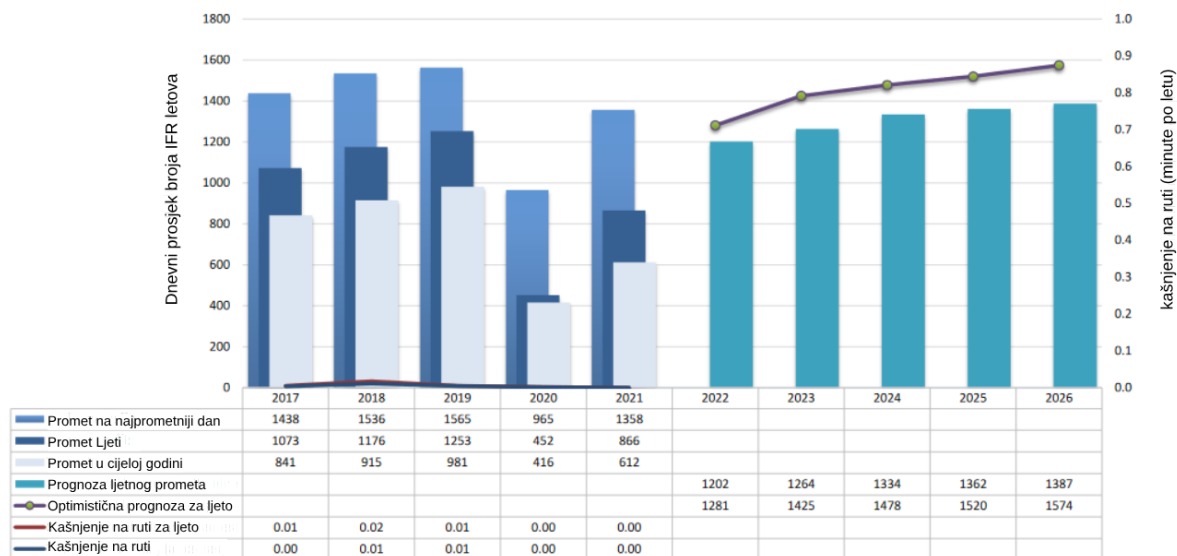
Na slici 15 prikazan je ostvareni broj IFR letova u Sloveniji po godinama, od 2017. te osnovna, optimistična i pesimistična STATFOR prognoza za razdoblje do 2027. godine. Stalan rast prometa prekinut je 2020. godine pandemijom COVID19 kada je IFR promet pao za -58%. u

odnosu na prethodnu godinu. 2021 promet je dosegao 62% pretpandemijskih brojki. Potpuno oporavak na broj IFR letova prema osnovnoj prognozi se očekuje tek 2026.



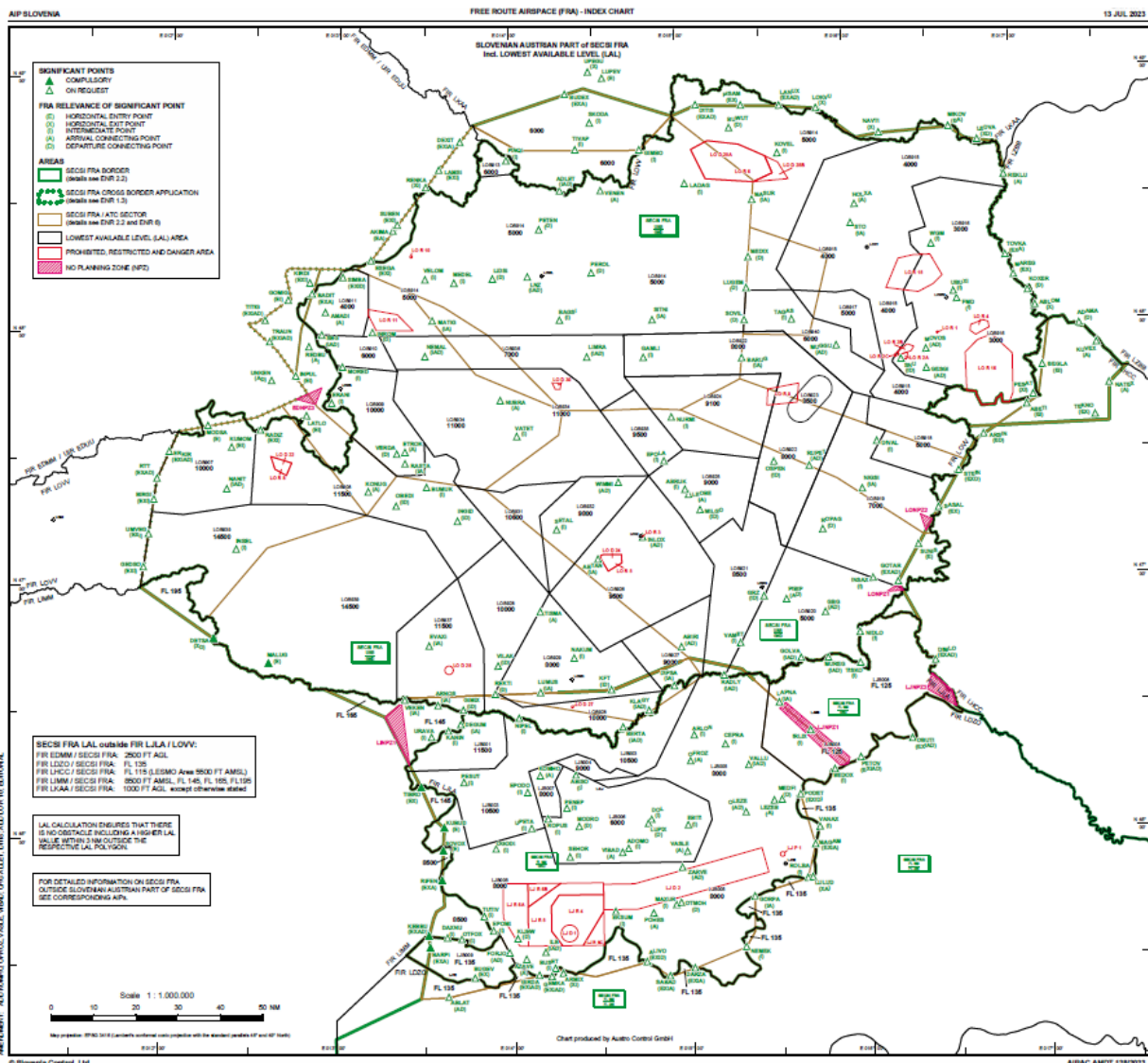
Slika 15 Prognoze kretanja IFR prometa Slovenije [20]

Na slici 16 prikazani su dnevni prosjeci broja letova za najprometnije dane u godini, promet ljeta i promet tijekom cijele godine za razdoblje od 2017. do 2027. godine za ACC Ljubljanu. Promet tijekom ljeta u 2021. godini porastao je 69% u odnosu na 2020., a promet na razini cijele godine porastao je za 62%. Također su prikazana kašnjenja na ruti ljeta i tijekom cijele godine za isto razdoblje. Prosječno kašnjenje na ruti tijekom ljeta iznosilo je 0,00 u 2020. i u 2021. što je objašnjivo krizom COVID-19 i samim padom prometa.



Slika 16 Dnevni prosjeci broja letova i kašnjenje na ruti za ACC Ljubljana [21]

Na slici 17 je prikazan zračni prostor slobodnih ruta Slovenije. Unutar Slovenije FRA je implementiran od GND-FL660 te bez vremenskih restrikcija. Slovenija je prvi put implementirala FRA u 2016. kada je sa Austrijom kreiran SAXFRA, a od 2018. je u sklopu SECSI FRA.



Slika 17 FRA Slovenije [20]

3.3. Zračni prostor Hrvatske

Hrvatska je članica ICAO-a i ECAC-a od 1992., EUROCONTROL-a od 1997. te Europske Unije i EASA-e od 2013. godine. U Hrvatskoj nacionalni pružatelj usluga zračne plovidbe je Hrvatska kontrola zračne plovidbe koja pruža usluge kontrole zračne plovidbe, zrakoplovnog informiranja, CNS, meteorološke usluge te provodi školovanje i certificiranje kontrolora zračnog prometa i provodi civilno-vojnu koordinaciju i koordinaciju s NM-om. Regulatorno tijelo je Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, a sektor zračnog prometa je u sklopu Uprave zračnog prometa, elektroničkih komunikacija i pošte. Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo (CCAA) je u ulozi NSA-a i provodi certifikaciju pružatelja usluga u zračnoj plovidbi i organizacija za osposobljavanje te nadzor i inspekciju. U zračnom prometu također djeluju i

Agencija za istraživanje nesreća u zračnom, pomorskom i željezničkom prometu, Hrvatsko ratno zrakoplovstvo i protuzračna obrana djeluje u sklopu Ministarstva obrane Republike Hrvatske. [22]

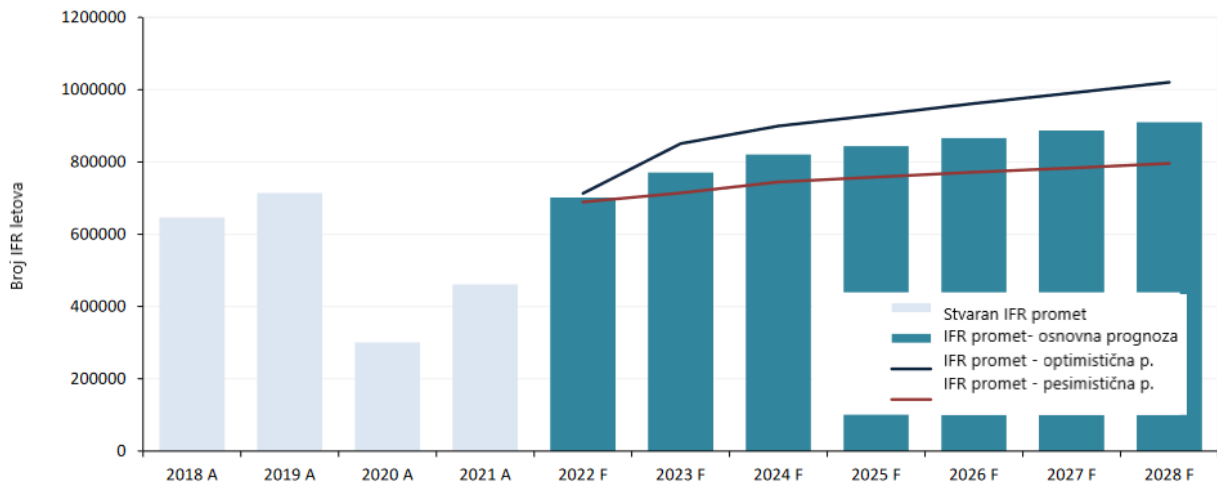
ACC Zagreb je glavni pružatelj usluga kontrole zračnog prometa nad teritorijem Hrvatske, a kontrolira i zapadne dijelove BIH, odnosno FIR Sarajeva i to iznad 9500 ft AMSL, izvan područja TMA Banja Luka. CTA Zagreb se dijeli na tri glavna sektora, NORTH, WEST i SOUTH (WEST i SOUTH se mogu smatrati jednim sektorom ADRIA) i CENTRAL. Vertikalno se dijele na četiri sektora:

- LOWER: GND– FL325
- UPPER: FL325 – FL355
- HIGH: FL355 – FL375
- TOP: FL375 – FL660.

Zračni prostor se dijeli u tri ICAO klase: C,D i G. Prostor od GND do 1000 ft AMSL je, izuzev CTR-ova koji su klase D, nekontrolirani i pripada klasi G prostora. U klasu D se ubrajaju se CTA Zagreb od 1000ft AGL do FL115; Osijek TMA od 1000ft AGL do FL115; Pula, Dubrovnik, Rijeka i Zadar TMA od 1000ft AGL do 7500 ft AMSL izvan CTR-a. TMA Zagreb je od 1000ft AGL do FL205 van CTR-a Zagreb, Lučko i ATZ (*Aerodrome Traffic Zone*) Zabok klase C (osim dijela od 1000ft AGL do FL115), kao i CTA Zagreb od FL115 do FL660, te iznad vertikalnih granica TMA Pule, Splita, Zadra i Dubrovnika.

Postoji šest TMA prostora, a to su TMA Zagreb, Split, Dubrovnik, Pula, Zadar i Osijek. Najveća zračna luka u Hrvatskoj je Zračna luka Franjo Tuđman u Zagrebu sa više od 3 milijuna putnika u 2022. godini. Ostale zračne luke u Hrvatskoj su Split, Dubrovnik, Pula, Zadar, Rijeka, Osijek, Brač i Lošinj.

Na slici 18 prikazan je godišnji IFR promet Hrvatske od 2018. do 2021. godine, te predviđanja prometa do 2028. godine. Kao i većina europskih zemalja, IFR promet je bio na konstantnoj ulaznoj putanji sve do pandemije COVID-19. U 2020. promet je pao za 58%, a u 2021. se oporavio i porastao za 55% u odnosu na 2020. Prema sedmogodišnjoj prognozi EUROCONTROL-a, od 2023.-2028. očekuje se prosječna godišnja stopa rasta između 2,4% i 6,2% sa prosjekom osnovne stope rasta od 4,4%. [23]



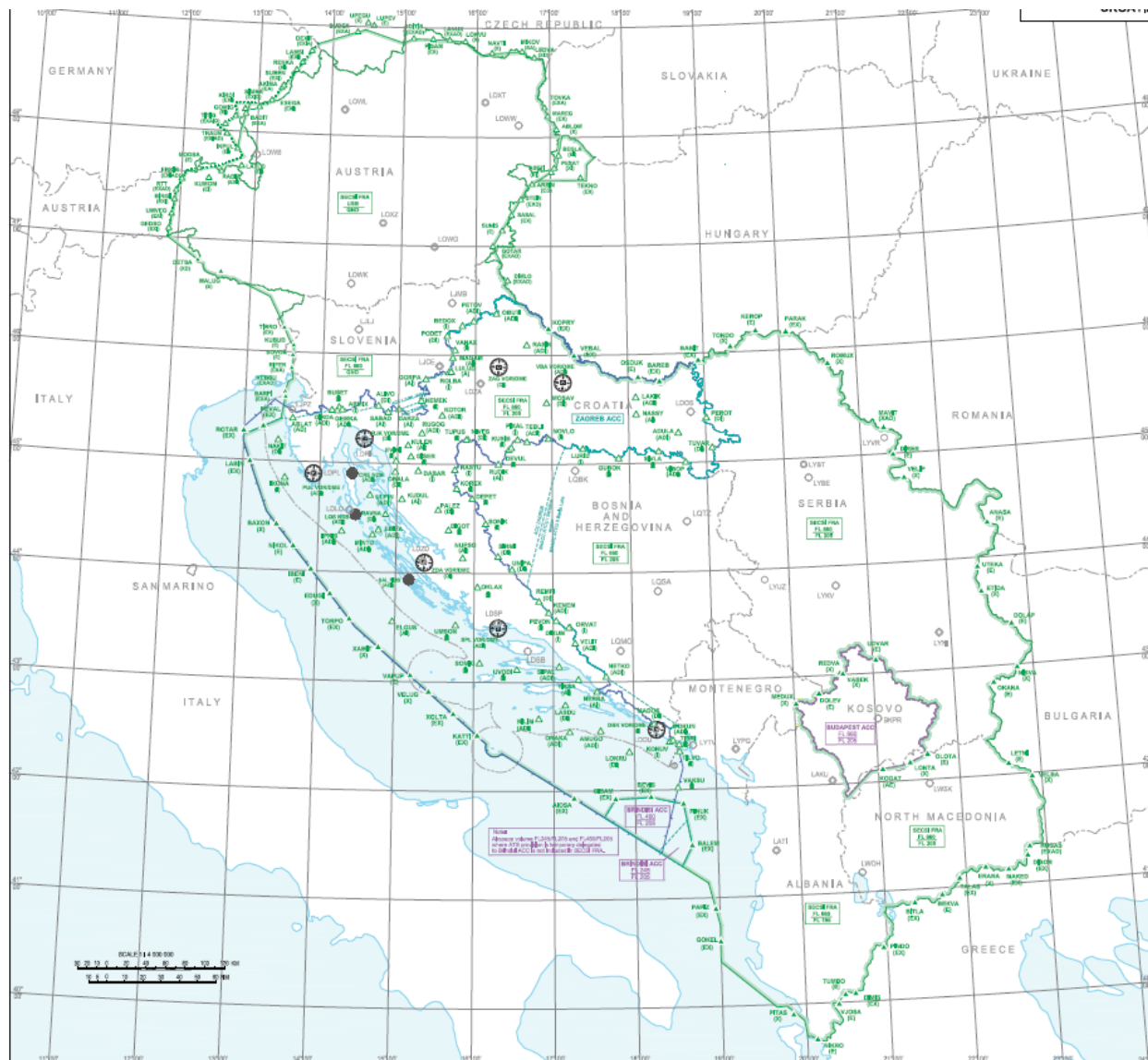
Slika 18 Prognoze kretanja IFR prometa Hrvatske [23]

Na slici 19 prikazani dnevni prosjeci broja letova za najprometnije dane u godini, promet ljeti i promet tijekom cijele godine te kašnjenja na ruti za razdoblje od 2018. do 2022. godine za ACC Zagreb. Promet ljeti u 2022. je nadmašio pretpandemijske brojke za 2%, a u usporedbi s 2021. porastao je za 56%. Prosječno kašnjenje na ruti tijekom ljeta 2022. iznosilo je 0,89 minuta, a tijekom cijele godine 0,69 minute, no kašnjenja su uvijek niža nego u 2019. 60% ljetnih kašnjenja uzrokovano je ATC kapacitetom, 34% vremenom i 6% je uzrok *ATC Staffing*.



Slika 19 Dnevni prosjeci broja letova i kašnjenje na ruti za ACC Zagreb [23]

Na slici 20 je prikazan prostor slobodnih zračnih ruta Hrvatske. FRA je implementiran od FL205-FL660 bez vremenskih ograničenja. FRA Hrvatske je dio SECSI FRA od 2018., a FRA je prvi put implementiran u sklopu SEAFRA.



Slika 20 FRA Hrvatske [16]

3.4. Zračni prostor Bosne i Hercegovine

Bosna i Hercegovina je članica ICAO-a od 1993., ECAC-a od 2001. i EUROCONTRO-a od 2004. godine. BiH je također ratificirala Sporazum o uspostavi europske zajedničke zrakoplovne oblasti i potpisala radni aranžman sa EASA-om čime je prihvatila obvezu primjene propisa Europske unije u području civilnog zrakoplovstva.

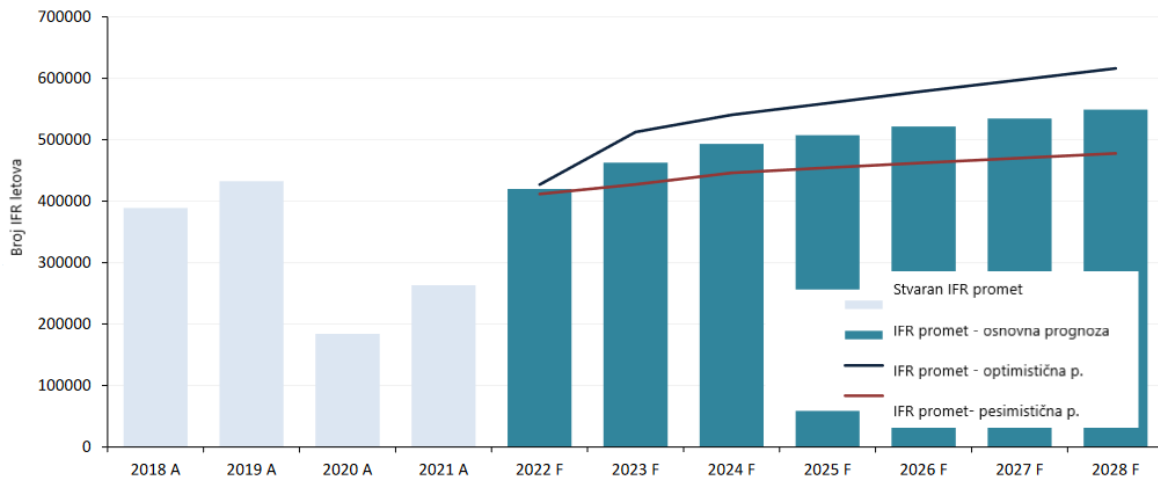
U BiH nacionalni pružatelj usluga zračne plovidbe je Agencija za pružanje usluga u zračnoj plovidbi Bosne i Hercegovine (BHANSA) koja pruža usluge kontrole zračnog prometa,

zrakoplovnog informiranja, CNS i MET (*Meteorological information management*) usluge, a obavlja i školovanje kontrolora zračnog prometa. U upravljanju zračnim prometom sudjeluju i Ministarstvo komunikacija i prometa Bosne i Hercegovine te Direkcija za civilno zrakoplovstvo Bosne i Hercegovine koji nosi ulogu NSA, a uz to je odgovorna za certifikaciju i izdavanje potvrda i dozvola. Također u ATM sudjeluju i Ministarstvo obrane Bosne i Hercegovine i Ministarstva prometa i komunikacija Federacije Bosne i Hercegovine te Republike Srpske.

Zračni prostor BIH spada pod FIR Sarajevo i dijeli se u 4 ICAO klase, C, D, E i G. U klasu C spada CTA Sarajevo, dok svi CTR-ovi spadaju pod klasu D, a svi TMA-ovi pod klasu E. Klasi G je nekontrolirani prostor do 9500 ft AMSL, izuzev svih CTR i TMA područja. Područje iznad FL325 je prije bilo delegirano ACC Zagreb i ACC Beograd, a ACC Sarajevo od 5. prosinca 2019. pruža potpunu uslugu kontrole zračnog prometa u BIH. Granica UPPER i LOWER prostora je FL285.

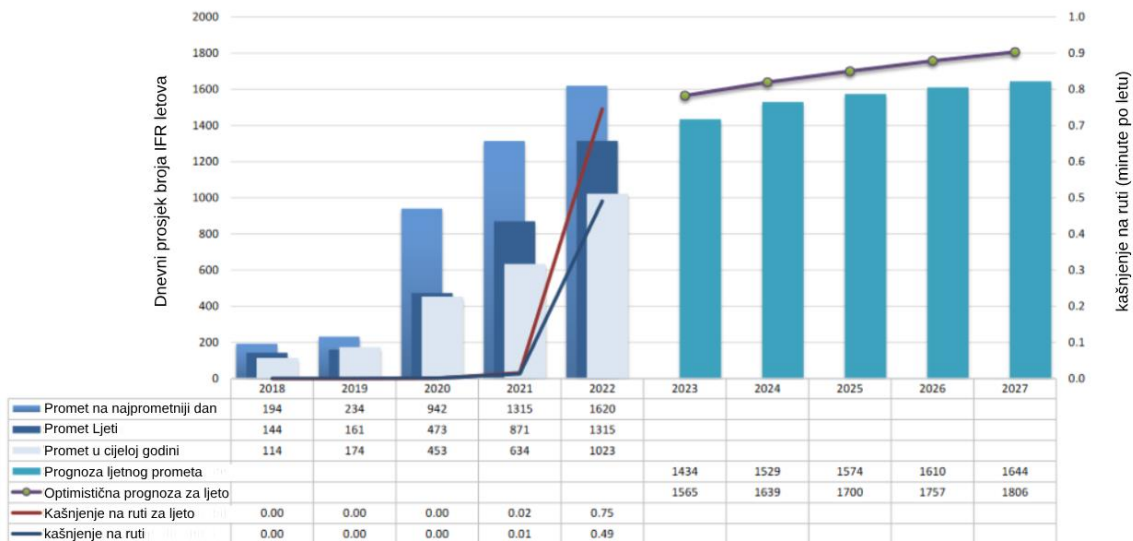
Postoje četiri uspostavljena TMA prostora, TMA Banja Luka, Mostar, Sarajevo i Tuzla za svaku od međunarodnih luka Bosne i Hercegovine. Za svaki TMA odgovorna je lokalna APP jedinica koja pruža uslugu prilazne kontrole. Najveća zračna luka je Međunarodni aerodrom Sarajevo s preko 1,3 milijuna putnika 2022. godine. [24]

Na slici 21 prikazan je ostvareni broj IFR letova u BIH po godinama, od 2018. te osnovna, optimistična i pesimistična STATFOR prognoza za razdoblje do 2028. godine. U 2020. IFR promet pao za -57%. u odnosu na prethodnu godinu. 2022. promet se povećao za 62% u odnosu na 2021., a oporavak je dosegao 580% brojkama 2019. no uzrok je promjena granica zračnog prostora odnosno preuzimanje kontrole nad cijelim zračnim prostorom BIH koji je do kraja 2019. bio delegiran ACC Zagreb i Beograd. EUROCONTROL predviđa prosječnu godišnju stopu rasta između 2,5% i 6,3%, sa prosječnom godišnjom stopom od 4,6%. [24]



Slika 21 Prognose kretanja IFR prometa BIH [24]

Slika 22 prikazuje dnevne prosjeke broja letova za najprometnije dane u godini, promet ljeti i promet tijekom cijele godine te kašnjenja na ruti za razdoblje od 2018. do 2027. godine za ACC BH. U 2022. prosječno kašnjenje po letu je iznosilo 0,75 min, a 51% kašnjenja je uzrokovano ATC kapacitetom, 40% vremenom i 9% ATC *Staffing-om*.



Slika 22 Dnevni prosjeci broja letova i kašnjenje na ruti za ACC Sarajevo [24]

FRA je implementiran od FL205 do FL660 u sklopu SECSI FRA.

3.5. Zračni prostor Srbije i Crne Gore

Srbija je članica ICAO-a od 2001., ECAC-a od 2002. i EUROCONTROL-a od 2005. godine, a Crna gora je članica ICAO-a i EUROCONTROL-a od 2007. te ECAC-a od 2008. godine. Obe države su ratificirale Sporazum o uspostavi europske zajedničke zrakoplovne oblasti čime su obvezne primjenjivati propise Europske unije u području civilnog zrakoplovstva. [25]

Nacionalni pružatelj usluga zračne plovidbe je Kontrola letenja Srbije i Crne gore (SMATSA) koja pruža ATS, CNS, AIS i MET, te obavlja stručno školovanje kontrolora zračnog prometa te vrši civilno-vojnu koordinaciju. U upravljanju zračnim prometom sudjeluju i Sektor za vazdušni saobraćaj u sklopu Ministarstva građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture Republike Srbije, Direktorat za vazdušni saobraćaj u sklopu Ministarstva saobraćaja i pomorstva Crne gore, Direktorat civilnog vazduhoplovstva Republike Srbije i Agencija za civilno vazduhoplovstvo Crne Gore.

Zračni prostor Srbije i Crne gore ubraja se pod Beograd FIR i podijeljen je u C, D, G ICAO klasu. U klasu C se ubraja prostor između 1500ft i FL660, izuzev CTR i ATZ zona; u klasu D se ubrajaju svi CTR-ovi, a u klasu G se ubraja područje od tla to 1500ft AGL i ATZ-a ukoliko su aktivirana, osim u CTR-u. FIR Beograd se vertikalno dijeli LOWER i UPPER sa granicom FL285.

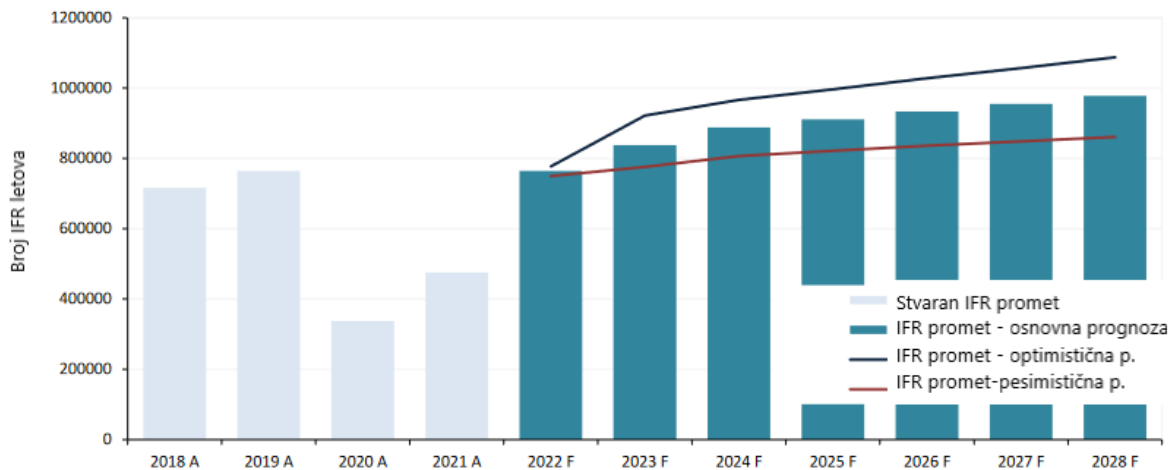
Na području Srbije uspostavljeno je sedam TMA prostora TMA prostora, TMA Batajnica, Beograd, Kraljevo, Niš, Priština, Užice i Vršac, a na području Crne gore postoje 2 TMA, Podgorica i Tivat. Najveća zračna luka u Srbiji je Zračna luka Nikola Tesla u Beogradu s više od 5,6 milijuna putnika 2022. godine, a u Crnoj gori Zračna luka Tivat s preko milijun putnika. Ostale međunarodne zračne luke na području Srbije i Crne gore su Niš, Vršac i Podgorica.

Na slici 23 prikazano je područje odgovornosti ACC Beograd. ACC Beograd obavlja kontrolu nad istočnim dijelom Bosne i Hercegovine, od FL325 do FL660, a na graničnim dijelovima od 9500 ft AMSL do FL325, nad područjem Srbije te na području Crne Gore izuzev područja mora koji je privremeno delegiran ACC Brindisi. [25]



Slika 23 Zračni prostor Srbije i Crne Gore [25]

Na slici 24 prikazan je godišnji IFR promet Srbije i Crne Gore od 2018. do 2021. godine, te predviđanja prometa do 2028. godine. Također je vidljiv rast sve do pandemije COVID-19. U 2020. promet je pao za 56%, a u 2021. se oporavio i porastao za 41% u odnosu na 2020. U 2022. promet se povećao za 61% u odnosu na 2021. te se oporavio na razinu od 102% prometa 2019. Prema sedmogodišnjoj prognozi EUROCONTROL-a, od 2023.-2028. očekuje se prosječna godišnja stopa rasta između 2,3% i 5,8% sa prosjekom osnovne stope rasta od 4,2%



Slika 24 Prognoze kretanja IFR prometa Srbije i Crne Gore [25]

Na slici 25 su prikazani dnevni prosjeci broja letova za najprometnije dane u godini, promet ljeti i promet tijekom cijele godine te kašnjenja na ruti za razdoblje od 2018. do 2022. godine za ACC Beograd te prognoze sve do 2027. Promet ljeti u 2022. je nadmašio brojke iz 2019. za 5%, a u usporedbi s 2021. porastao je za 56%. Prosječno kašnjenje na ruti tijekom ljeta 2022. iznosilo je 1,42 minuta, a tijekom cijele godine 0,94 minute.. 60% ljetnih kašnjenja uzrokovano je vremenom, 36% ATC kapacitetom te 3% ATC *Staffing-om*.



Slika 25 Dnevni prosjeci broja letova i kašnjenje na ruti za ACC Beograd [25]

FRA je implementiran od FL205 do FL660 u sklopu SECSI FRA.

3.6. Zračni prostor Sjeverne Makedonije

Makedonija je članica ICAO-a od 1993., ECAC-a od 1997. i EUROCONTROL-a od 1998. godine, a i potpisnica je Sporazum o uspostavi europske zajedničke zrakoplovne oblasti čime se obvezuje primjenjivati propise Europske unije u području civilnog zrakoplovstva. [26]

Nacionalni pružatelj usluga zračne plovidbe je M-NAV (Macedonian Air Navigation Service Provider) koji pruža ATS, CNS, AIS i MET usluge te provodi i zadnju fazu osposobljavanja kontrolora zračnog prometa. U upravljanju zračnim prometom sudjeluju i Agencija za civilno zrakoplovstvo Republike Sjeverne Makedonije koji predstavlja regulativno tijelo i ima ulogu NSA, te Ministarstvo transporta i komunikacija i Ministarstvo obrane Republike Sjeverne Makedonije. [27]

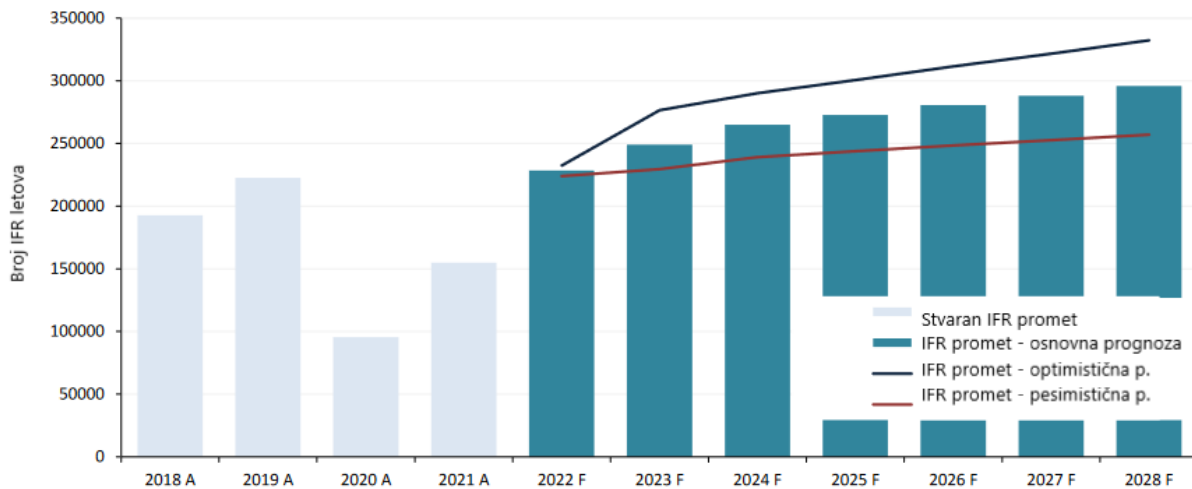
Zračni prostor Makedonije spada pod FIR Skopje i dijeli se u četiri ICAO klase, C, D, E i G. C klasu čini CTA Skopje od FL200 do FL245, UTA (*Upper CTA*) od FL245 do FL660. Klasa D se primjenjuje na CTA od FL105 do FL200, sve ATS rute unutar Skopje FIR-a, TMA Skopje te CTR Skopje i CTR Ohrid. U klasi E je CTA Skopje izuzev područja u klasi D, te TMA Skopje od GND do 1000ft unutar kruga oko aerodroma Skopje radijusa. Klasa G se primjenjuje na nekontrolirani prostor od GND do 1000ft AGL, izuzev TMA i CTR od GND do 1000ft AGL. [28]

CTA Skopje podijeljen je visinski na 4 sektora:

- LOWER 1000 ft AGL – FL245
- HIGH FL245 – FL365
- UPPER FL365 – FL385
- TOP FL385 – FL660

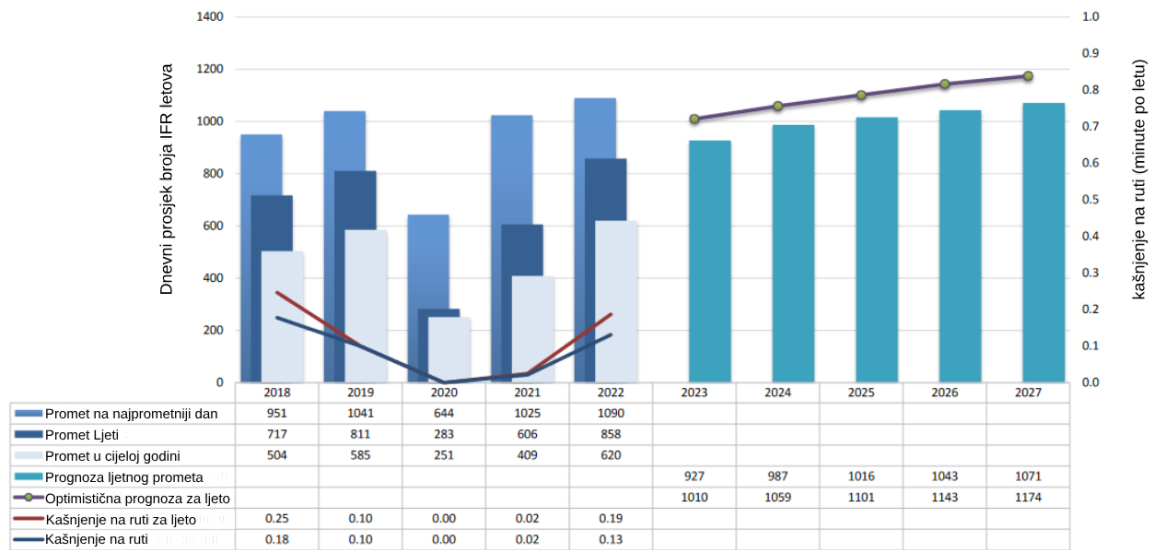
Zračni prostor Makedonije spada pod područje odgovornosti ACC Skopje. Uslugu prilazne kontrole u TMA Skopje (GND-FL145) pruža APP Skopje. Zračna luka Skopje najveća je u Makedoniji sa više od 2 milijuna putnika u 2022. godini, a druga međunarodna zračna luka je Ohrid s prevezenih više od 200 000 putnika. [29], [30]

Na slici 26 prikazan je godišnji IFR promet Sjeverne Makedonije od 2018. do 2021. godine, te predviđanja prometa do 2028. godine. IFR promet je bio na konstantnoj ulaznoj putanji sve do pandemije COVID-19. U 2020. promet je pao za 57%, a u 2021. se oporavio i porastao za 62% u odnosu na 2020. U 2022. promet se povećao za 51% u odnosu na 2021. te se oporavio na razinu od 105% prometa 2019. Prema sedmogodišnjoj prognozi EUROCONTROL-a, od 2023.-2028. očekuje se prosječna godišnja stopa rasta između 2,3% i 6,1% sa prosjekom osnovne stope rasta od 4,4%. [28]



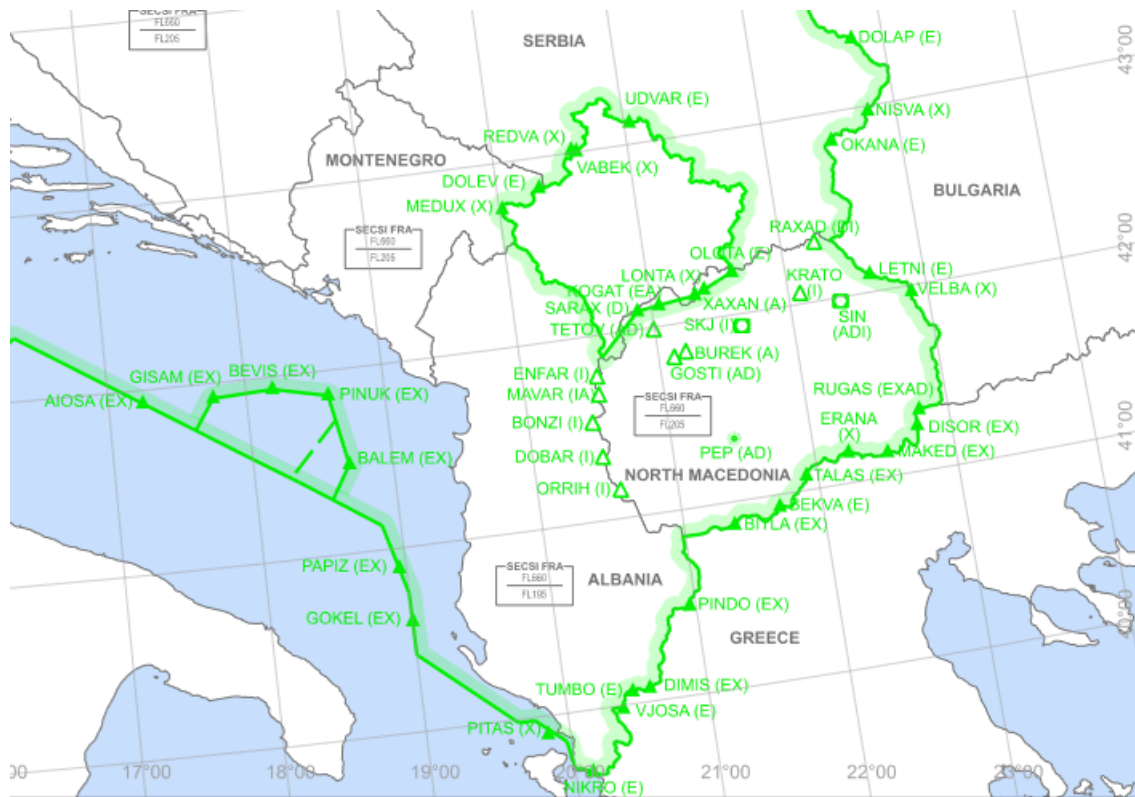
Slika 26 Prognoze kretanja IFR prometa Sjeverne Makedonije [28]

Na slici 27 su prikazani dnevni prosjeci broja letova za najprometnije dane u godini, promet ljeti i promet tijekom cijele godine te kašnjenja na ruti za razdoblje od 2018. do 2022. godine za ACC Skopje te prognoze sve do 2027. Promet ljeti u 2022. je nadmašio pretpandemijske brojke za 6%, a u usporedbi s 2021. porastao je za 52%. Prosječno kašnjenje na ruti tijekom ljeta 2022. iznosilo je 0,19 minuta, a tijekom cijele godine 0,13 minute.. 56% ljetnih kašnjenja uzrokovano je vremenom, 22% ATC kapacitetom, 15% ATC opremom, 5% posebnim događajima te 2% ATC Staffingom.



Slika 27 Dnevni prosjeci broja letova i kašnjenje na ruti za ACC Skopje [28]

M-NAV (Republika Sjeverna Makedonija) pridružila se programu SECSI FRA 2. prosinca 2021. zajedno sa Albanijom (Albocontrol). Očekivane uštede i prednosti navedene u uvodu poglavlja 3. FRA unutar Skopje ACC-a je implementiran od FL205-FL660 te je prikazan na slici 28. [31]



Slika 28 FRA Sjeverne Makedonije [28]

3.7. Zračni prostor Albanije

Albanija je članica ECAC-a od 1988., ICAO-a od 1990. i EUROCONTROL-a od 2002. godine, a ratificirala je i Sporazum o uspostavi europske zajedničke zrakoplovne oblasti čime primjenjuje propise Europske unije u području civilnog zrakoplovstva.

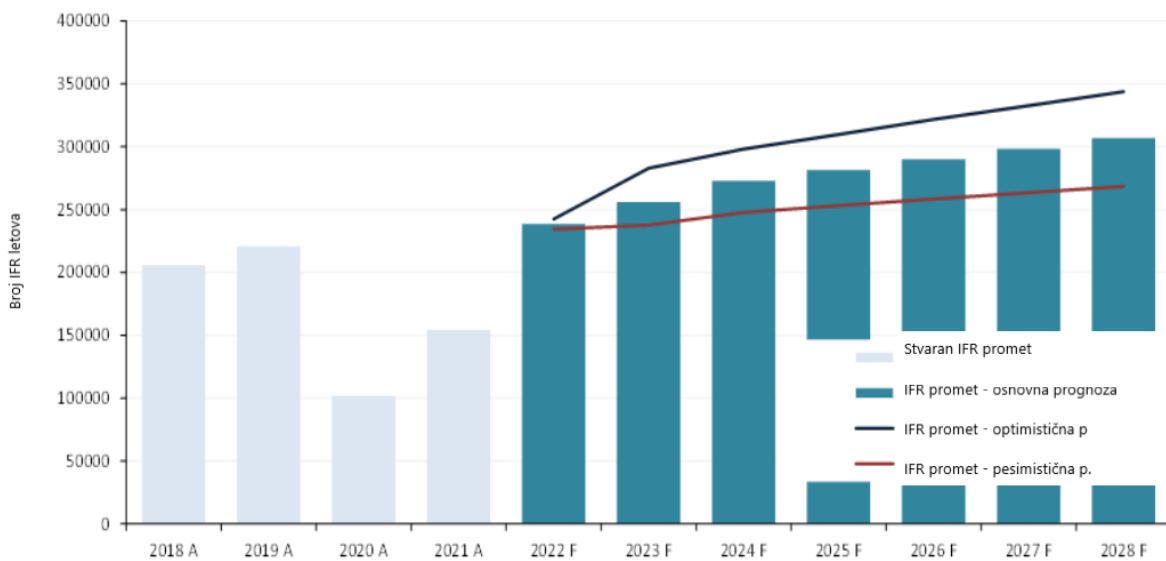
Nacionalni pružatelj usluga zračne plovidbe je Albcontrol zadužen za pružanje ATS, AIS, CNS i MET usluga, a vrši i osposobljavanje na radnom mjestu kao zadnju fazu osposobljavanja kontrolora zračnog prometa. U upravljanju zračnim prometom sudjeluju i Agencija za civilno zrakoplovstvo Albanije koja ima regulatornu ulogu i ulogu NSA. U sklopu Ministarstva infrastrukture i energetike Republike Albanije uz Agenciju, djeluje i Nacionalno istražno tijelo za nesreće i incidente u civilnom zrakoplovstvu

Zračni prostor Albanije spada pod FIR Tirana i okružen je sa FIR-ovima četiri države: Skopje, Atena, Brindisi, Beograd te se vertikalno dijeli na LOWER i UPPER, a njihova granica je FL285.

Zračni prostor je podijeljen u tri ICAO klase prostora: C, D i G. U klasu G ubraja se sav prostor Tirana FIR-a od GND do FL115 te prostor van zračnih puteva od FL115 do FL195. U klasu C ubraja se CTA Tirana od FL115 do FL660, osim prostora van ATS ruta, od FL115 do FL195, koji pripada klasi C, te TMA Tirana. CTR Tirana klasificira se kao C klasa. [32]

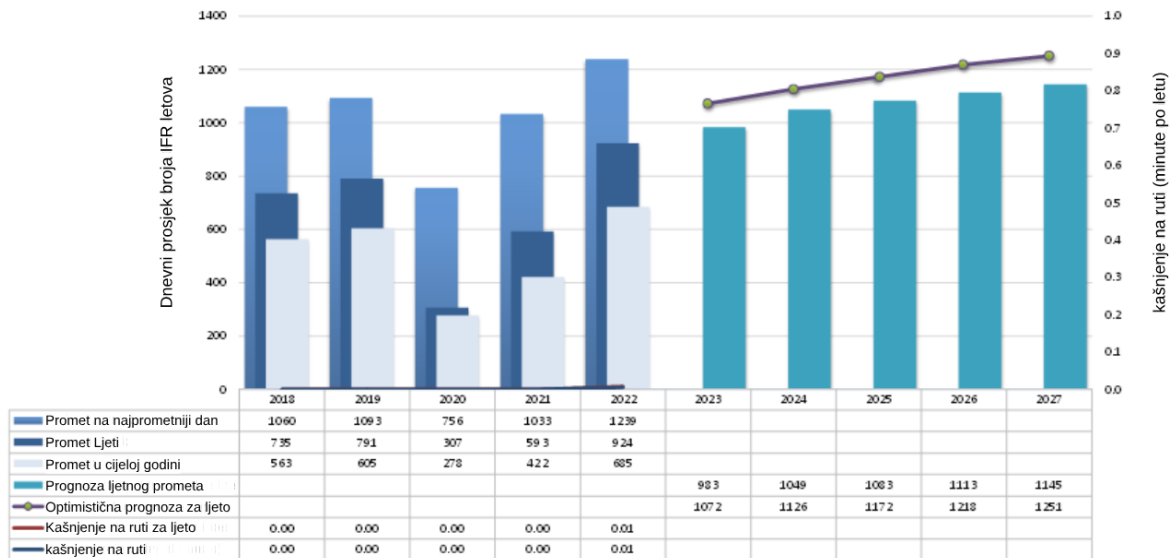
ACC Tirana pruža uslugu oblasne kontrole nad cijelim CTA Tirana, a APP Tirana pruža uslugu prilaza u TMA Tirana.

Na slici 29 prikazan je godišnji IFR promet Albanije od 2018. do 2021. godine, te predviđanja prometa do 2028. godine. IFR promet je bio na konstantnoj ulaznoj putanji sve do pandemije COVID-19. U 2020. promet je pao za 54%, a u 2021. se oporavio i porastao za 51% u odnosu na 2020. U 2022. promet se povećao za 55% u odnosu na 2021. te se oporavio na razinu od 113% prometa 2019. Prema sedmogodišnjoj prognozi EUROCONTROL-a, od 2023.-2028. očekuje se prosječna godišnja stopa rasta između 2,3% i 6,0% sa prosjekom osnovne stope rasta od 4,3%.



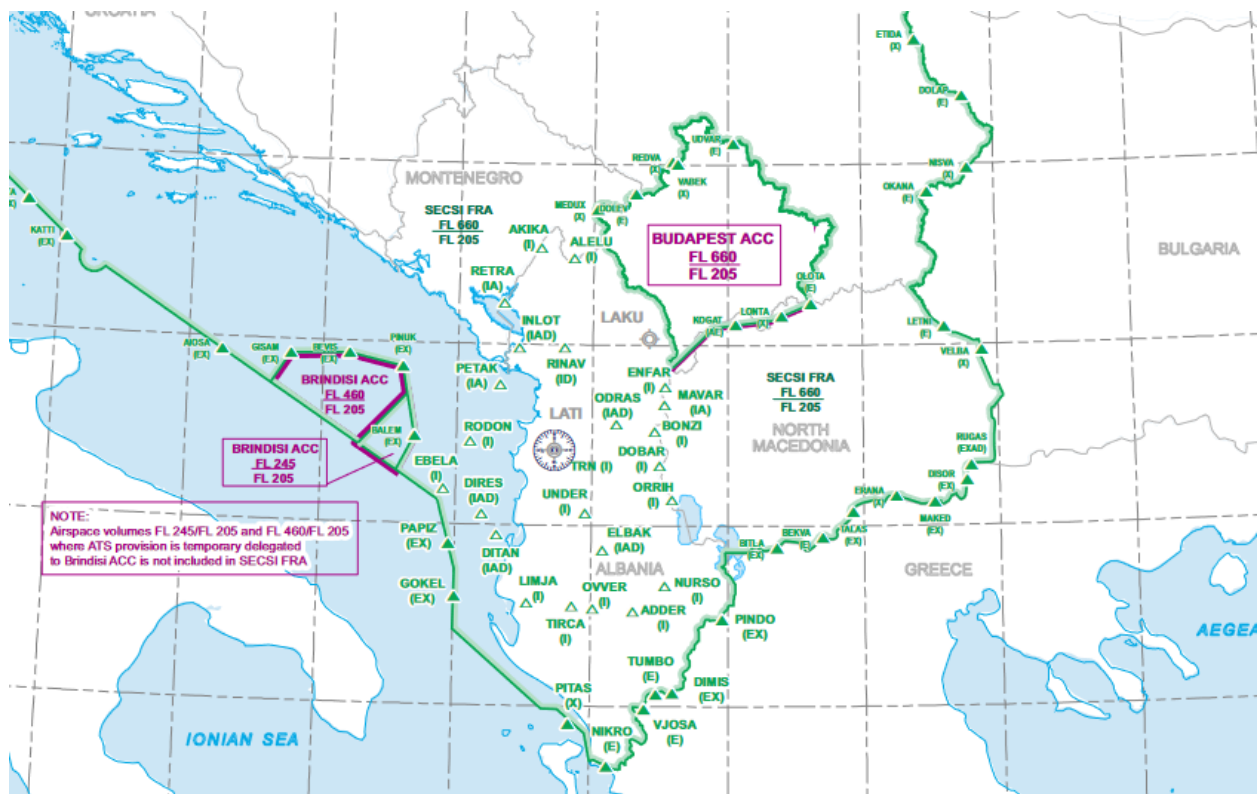
Slika 29 Prognoze kretanja IFR prometa Albanije [32]

Na slici 30 prikazani su dnevni prosjeci broja letova za najprometnije dane u godini, promet ljeti i promet tijekom cijele godine te kašnjenja na ruti za razdoblje od 2018. do 2022. godine za ACC Tirana te prognoze sve do 2027. Promet ljeti u 2022. je nadmašio pretpandemijske brojke za 17%, a u usporedbi s 2021. porastao je za 56%. Prosječno kašnjenje na ruti tijekom ljeta 2022. iznosilo je 0,01 minuta, a na razini godine prosječno kašnjenje također je iznosilo 0,01 minuta. 91% ljetnih kašnjenja uzrokovano je posebnim događajima, a 9% ATC kapacitetom.



Slika 30 Dnevni prosjeci broja letova i kašnjenje na ruti za ACC Tirana [32]

Albanija se priključila prostoru SECSI FRA 2.prosinca 2021. godine zajedno sa Sjevernom Makedonijom, FRA je implementiran od FL195 do FL660 te je prikazan na slici 31. [31]



Slika 31 FRA Albanije [32]

4. Zračni prostor slobodnih ruta Italije FRAIT

Italija je jedna od država osnivača NATO-a (1949.), Europske unije (1957.), ECAC-a (1996.) i CANSO-a (1996.). Također je članica ICAO-a od 1949., EUROCONTROL-a od 1996. i EASA-e od 2003.

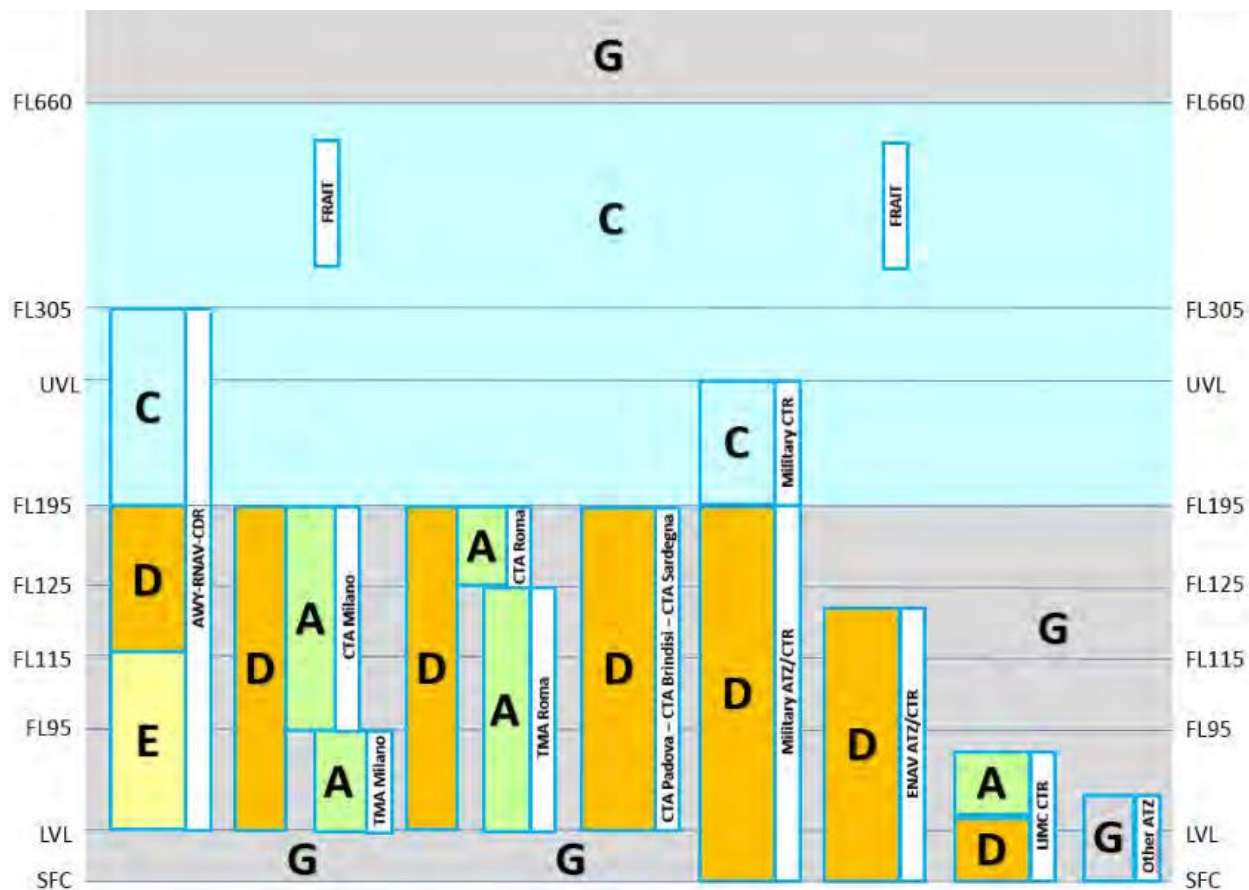
Civilno zrakoplovstvo Italije je pod nadležnosti Ministarstva infrastrukture i prometa. Glavni sudionici u upravljanju zračnim prostorom su: Nacionalna agencija za sigurnost leta koja je odgovorna za istrage zrakoplovnih nesreća i nezgoda; Agencija za civilno zrakoplovstvo koja ima regulatornu ulogu i ulogu NSA; Talijansko ratno zrakoplovstvo ITAF (*Italian Air Force*) pod upravom Ministarstva obrane te Operativni odbor za koordinaciju CCO. Nacionalni pružatelj usluga zračne plovidbe je ENAV (*Ente Nazionale di Assistenza al Vol*) zadužen za pružanje ATS, AIS, CNS i MET usluga, a vrši i potpuno osposobljavanje kontrolora zračnog prometa. ENAV također pruža usluge za delegirane dijelove zračnih prostora Austrije, Švicarske, Francuske, Hrvatske, Slovenije i Srbije. [33]

Zračni prostor Italije podijeljen je na tri FIR-a: Brindisi, Milano i Rim. Okružuju ga FIR-ovi deset država: Francuske (Marseille), Švicarske (Genève, Zurich), Austrije (Wien), Slovenije (Ljubljana), Hrvatske (Zagreb), Srbije (Beograd), Albanije (Tirana), Grčke (Atena), Malta (Malta) i Tunisa (Tunis).

Talijanski zračni prostor vertikalno dijeli na LOWER i UPPER, a njihova granica je FL195. Zračni prostor je podijeljen u pet ICAO klasa prostora: A, C, D, E i G. UPPER se dijeli na dva dijela: od FL195 do FL660 se klasificira kao ICAO klasa C, a iznad FL660 je klasificiran kao klasa G. LOWER se klasificira kao G, osim područja TMA, CTA, CTR, zračnih ruta i područja pod vojnom upravom.

Postoji dva TMA koja se oba klasificiraju kao klasa A: TMA Milano, s donjom vertikalnom granicom između 2000ft i FL80 i gornjom granicom FL95; i TMA Rim s donjom vertikalnom granicom između 1000FT AMSL i FL115 i gornjom granicom FL125.

Nadalje, postoji pet CTA prostora: Milano Zona 1 i Zona 2-22, Padova, Rim Zona 1 i Zona 2-6, Brindisi Zona 1-2 & 6 i Zona 5,7,9,10 te Sardegna. Svi CTA prostori klasificiraju se kao klasa D osim Milano Zona 1 i Rim Zona 1 koji se klasificiraju kao klasa A. Na slici 32 prikazana je klasifikacija zračnog prostora Italije.

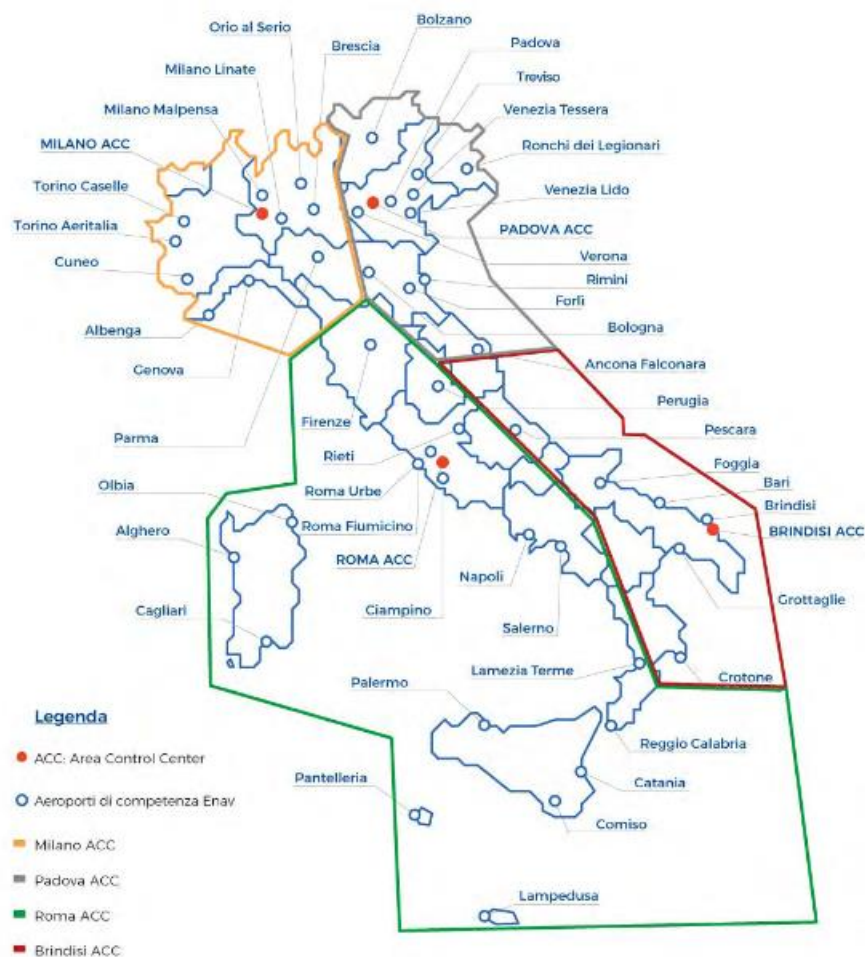


Slika 32 Klasifikacija zračnog prostora Italije [33]

Postoji četiri ACC-a u talijanskom zračnom prostoru: Brindisi ACC (FIR Brindisi), Milano i Padova ACC koji spadaju pod FIR Milano te Rim ACC (FIR Rim).

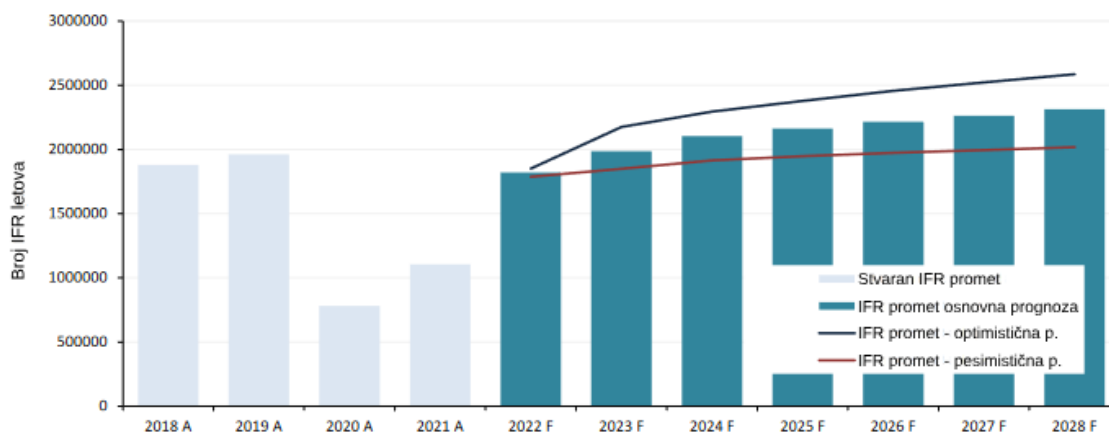
U Italiji postoji 45 zračnih luka za civilno zrakoplovstvo od kojih oko 20 imaju više od milijun putnika godišnje. Među najprometnije se ubrajaju Rim-Fiumicino (40 milijuna putnika) i Milano Malpensa (22 milijuna putnika).

Na slici 33 vidljiva je podjela teritorija Italije na tri FIR-a pod kojim se nalazi četiri navedena ACC-a te zračne luke unutar pojedinih ACC-ova.



Slika 33 Zračni prostor Italije [33]

Na slici 34 prikazan je godišnji IFR promet Italije od 2018. do 2021. godine, te predviđanja prometa do 2028. godine. IFR promet je bio na konstantnoj ulaznoj putanji sve do pandemije COVID-19. U 2020. promet je pao za 60%, a u 2021. se oporavio i porastao za 41% u odnosu na 2020. U 2022. promet se povećao za 65% u odnosu na 2021. te se oporavio na razinu od 91% prometa 2019 što bi značilo da se još uvijek nisu postigle pretpandemijske brojke. Prema sedmogodišnjoj prognozi EUROCONTROL-a, od 2023.-2028. očekuje se prosječna godišnja stopa rasta između 2,1% i 5,7% sa prosjekom osnovne stope rasta od 4,1%.



Slika 34 Prognoze kretanja IFR prometa Italije [33]

Na slici 35 prikazani dnevni prosjeci broja letova za najprometnije dane u godini, promet ljeti i promet tijekom cijele godine te kašnjenja na ruti za razdoblje od 2018. do 2022. godine za ACC Brindisi te prognoze sve do 2027. Promet ljeti u 2022. je nadmašio pretpandemijske brojke za 8%, a u usporedbi s 2021. porastao je za 63%. Prosječno kašnjenje na ruti tijekom ljeta 2022. iznosilo je 0,29 minuta, a na razini godine prosječno kašnjenje je iznosilo 0,20 minuta. 73% ljetnih kašnjenja uzrokovano je vremenom, a 27% ATC kapacitetom.

Za ACC Milano trend kretanja prometa je sličan, u 2022. dosegle su se jednake brojke kao u 2019., a u usporedbi sa 2021. došlo je do porasta za 52%. Prosječno kašnjenje na ruti tijekom ljeta 2022. iznosilo je 0,42 minuta, a na razini godine prosječno kašnjenje je iznosilo 0,26 minuta. 69% ljetnih kašnjenja uzrokovano je vremenom, a 30% ATC kapacitetom.

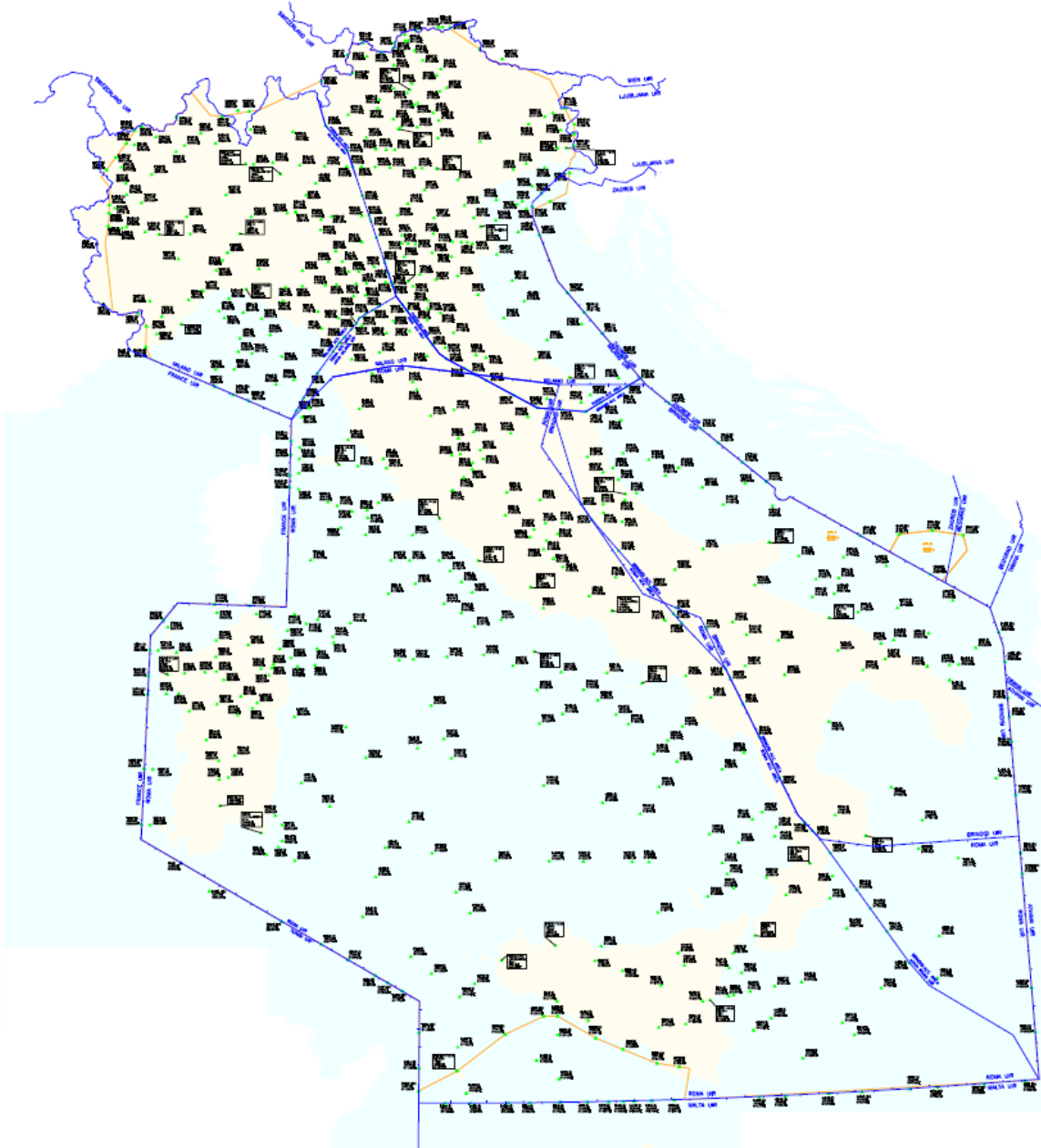
ACC Padova za razliku od ACC Milana i Brindisi, u 2022. je dosegla samo 92% brojki iz 2019., a u odnosu na 2021. ostvaren je porast od 50%. Prosječna kašnjenja na ruti tijekom ljeta i na godišnjoj razini su iznosila 0,01 minuta, a uzrokovana su vremenom.

ACC Rim također prati ACC Padovu te je u 2022. još uvijek za 5% ispod broja letova iz 2019., a u odnosu na 2021. ostvaren je porast od 49%. Kašnjenje na ruti na godišnjoj razini kao i ljeti iznosilo je 0,00 minuta.



Slika 35 Dnevni prosjeci broja letova i kašnjenje na ruti za ACC Brindisi [33]

Italija ima implementiran FRA od FL305-FL660. Sadašnju razinu implementacije i vertikalnih granica je postigla 24.svibnja 2018., a na slici 36. je prikazan FRA Italije.



Slika 36 FRA Italije [34]

5. Simulacija proširenja SECSI FRA prostora s FRAIT

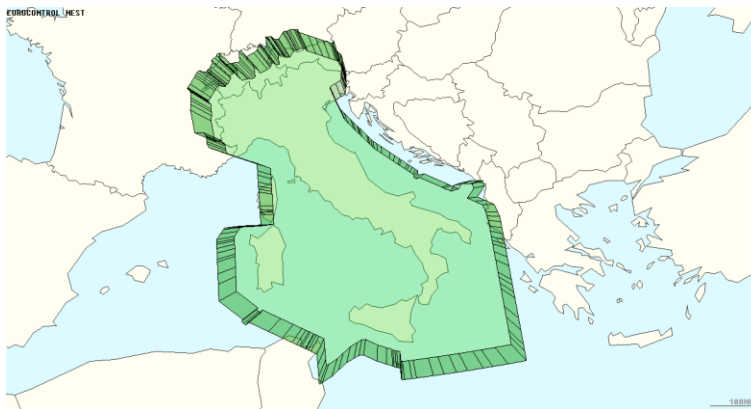
Za provođenje simulacije proširenja slobodnih ruta Inicijative za zajedničko jugoistočno nebo sa prostorom slobodnih ruta Italije koristi se Network Strategic Tool (NEST), programski alat za modeliranje koji je razvio EUROCONTROL. Glavne funkcije NEST-a su optimizirati dostupne resurse i poboljšati performanse na razini mreže, dizajnirati i razviti strukture zračnog prostora, planirati kapacitet i provoditi post-operativne analize, organizirati tokove zračnih prometa u ATFCM strateškoj fazi te pripremiti scenarije za simulacije zračnog prosora. NEST koristi podatke iz Centralne baze podataka o zračnom prostoru i kapacitetu, STATFOR-ove prognoze zračnog prometa te sav promet te regulacije prometa za određeni AIRAC (*Aeronautical information and regulation control*) ciklus koji traje 28 dana. [35]

Za ovaj diplomski rad koristit će se baza podataka tri ljetna AIRAC ciklusa: AIRAC 2207 (14. srpanj 2022. do 10. kolovoz 2022.) , AIRAC 2208 (11.kolovoz 2022. do 07. rujan 2022.) , AIRAC 2209 (07. rujan 2022. do 5. listopad 2022.)

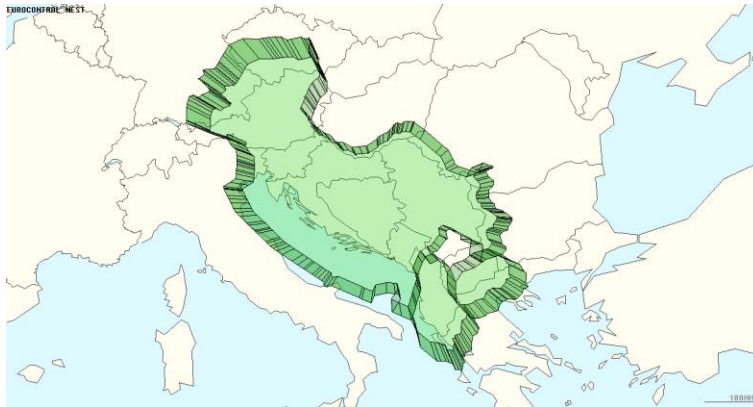
Cilj simulacije je prikazati utjecaj na prometne tokove, efikasnost i sigurnost nakon stvaranja jedinstvenog zajedničkog FRA prostora na prostoru SECSI FRA i FRAIT. Uspoređivat će se stvaran promet sa prometom u novodefiniranom prostoru za najprometniji ljetni dan 2022. godine.

5.1. Kreiranje zajedničkog prostora

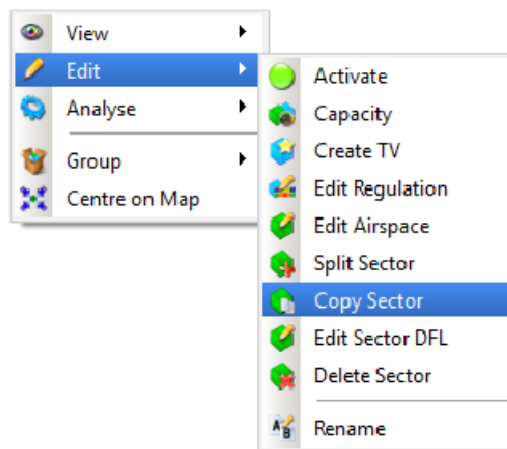
Prvi korak pri izradi simulacije spajanja zračnih prostora je kreirati zajednički prostor. Zajednički prostor će činiti sektori SECSI FRA i FRAIT koji su prikazani na slikama 37 i 38. U NEST sučelju potrebno je u prozoru „*Airspace*“ u padajućem izborniku odabrati „Sector“ te pronaći navedene sektore. Zatim je za odabrani sektor potrebno kopirati desnim klikom na sektor te odabirom na „*Edit - Copy*“ kao što je prikazano na slikama 39 i 40. Kopije sektora nazvane su FRAIT1 i SECSI1 te ih je potrebno grupirati u novo formiranu zajedničku grupu nazvanu SIMULACIJA SECSI I FRAIT prema postupku na slici 41.



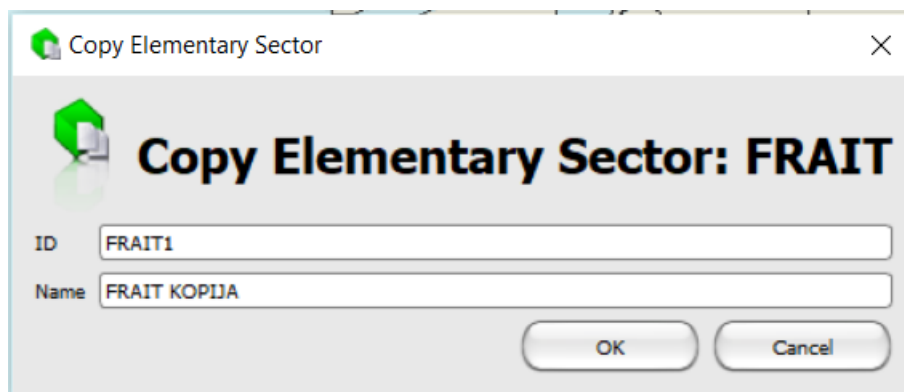
Slika 37 FRAIT prostor u NEST-u



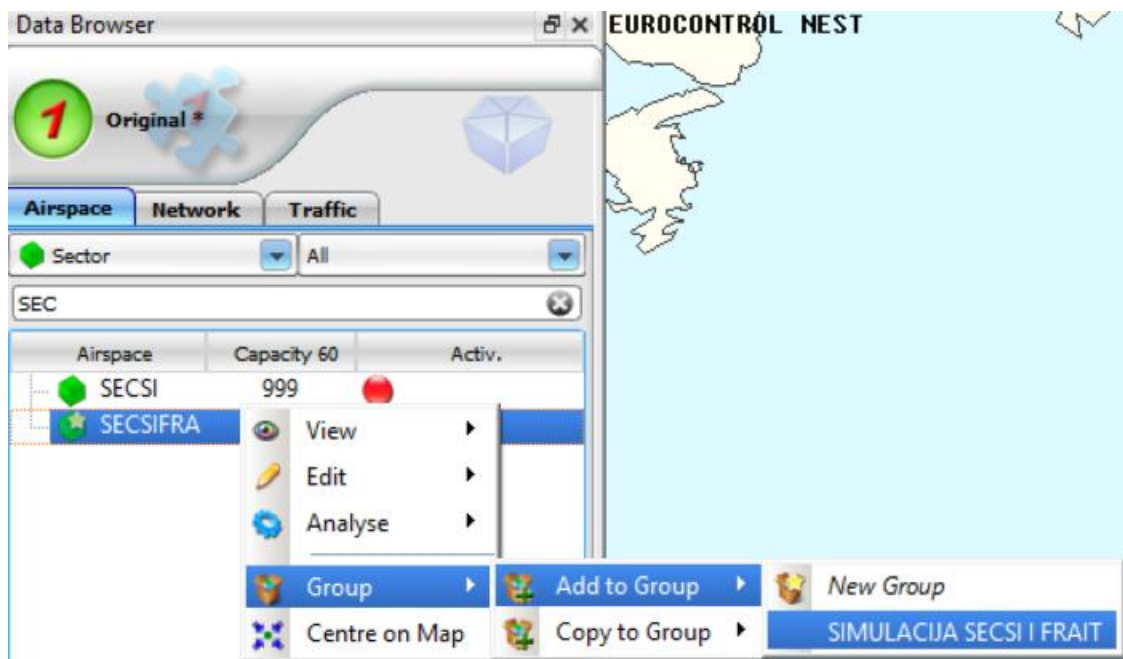
Slika 38 SECSI prostor od FL305 do FL660 u NEST-u



Slika 39 Kopiranje sektora 1.dio



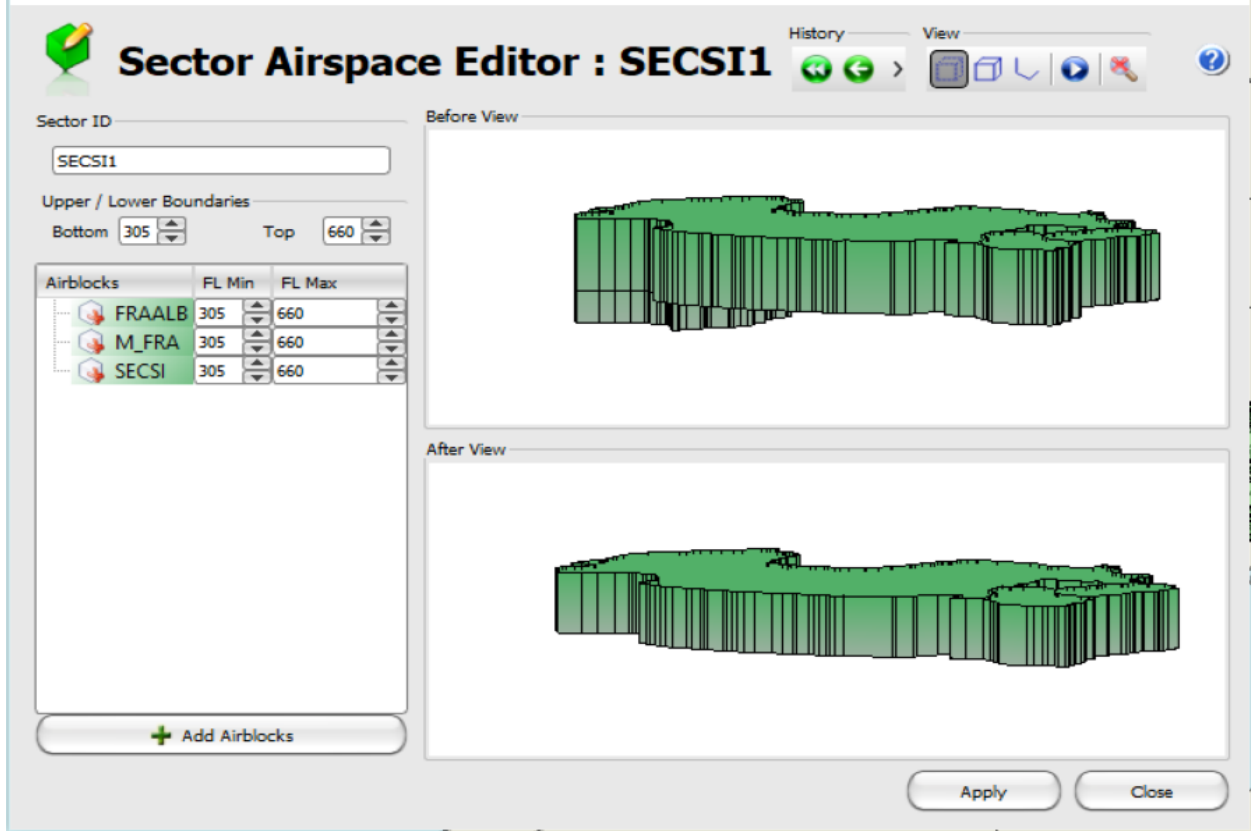
Slika 40 Kopiranje sektora 2.dio



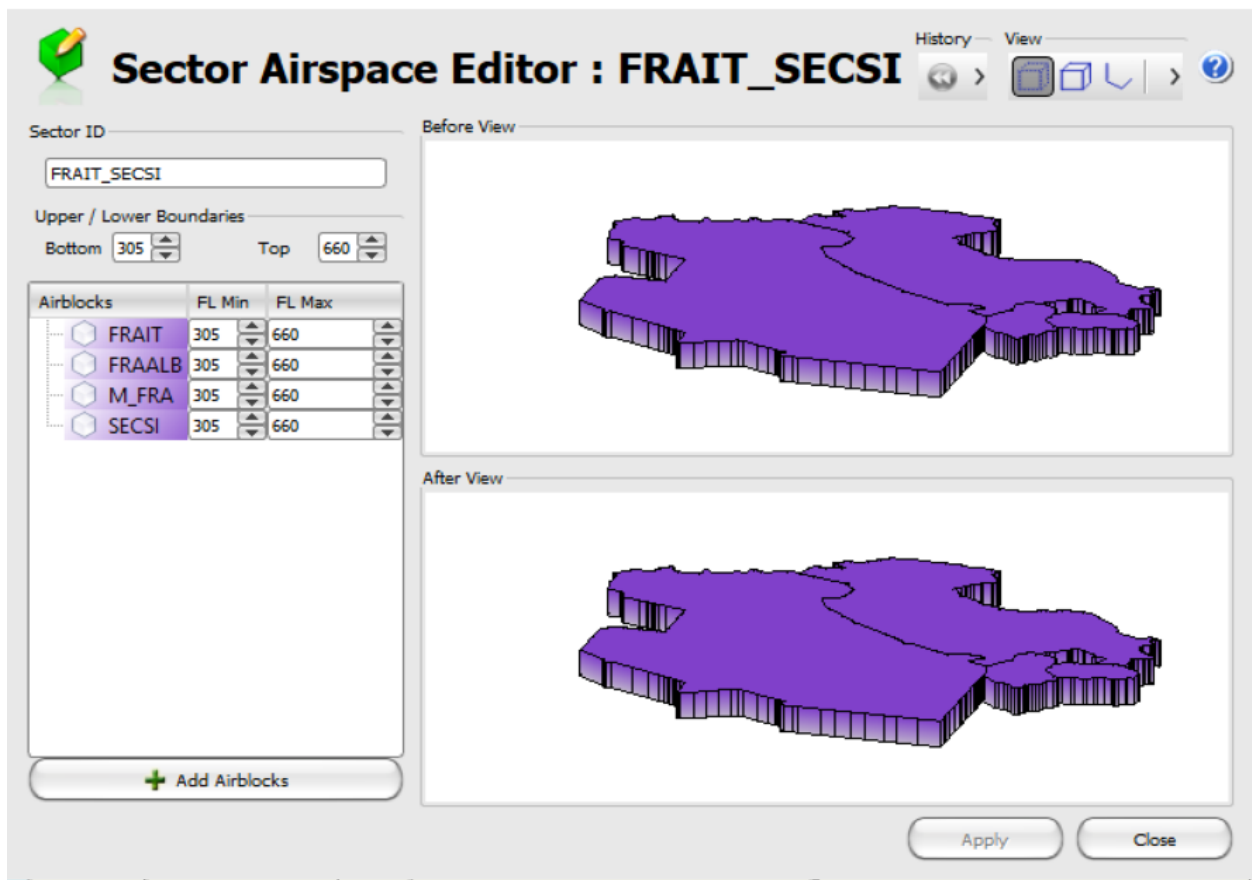
Slika 41 Grupiranje sektora

Nadalje, potrebno je spojiti kopije zračnih prostora. Uvjet za spajanja zračnih prostora je dodirivanje lateralnih granica te jednake vertikalne granice. S obzirom da su vertikalne granice sektora FRAIT restriktivnije (FL305-FL660) bit će kao takve uzete za vertikalne granice novog prostora. Stoga je potrebno donju granicu SECSI FRA povećati s FL5 na FL305. To se provodi opcijom „*Edit - Edit Sector DFL*“ te unošenjem željenih vertikalnih granica. Ovaj proces je prikazan na slici 42.

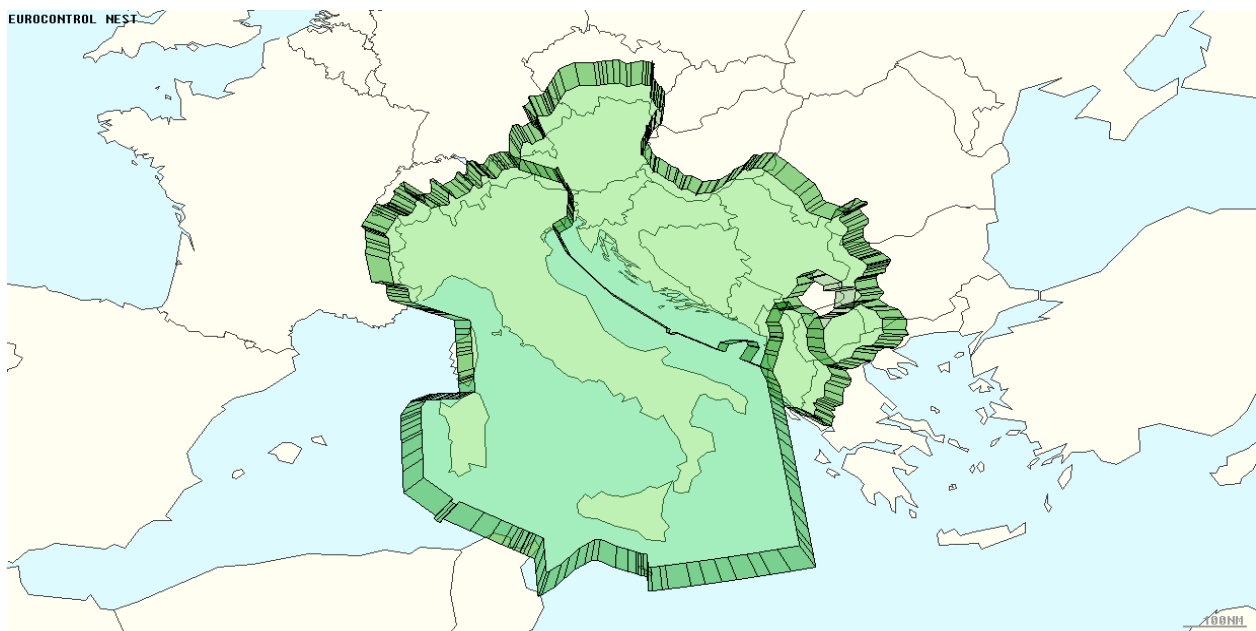
Nakon postizanja navedenih uvjeta, moguće je spojiti zračne prostore pomoću funkcije „*Airspace Editor*“, koristeći opciju „*Merge sectors*“. Vertikalne granice novog SECSI_FRAIT prostora prikazane su na slici 43. iz koje je vidljivo da se novi prostor sastoji od sektora FRAIT, FRAALB, M_FRA i SECSI te da je minimalni FL 305, a maksimalni FL 660. Na slici 44. prikazan je i novi prostor na karti.



Slika 42 Pomicanje vertikalnih granica SECSI FRA



Slika 43 Vertikalne granice spojenog prostora



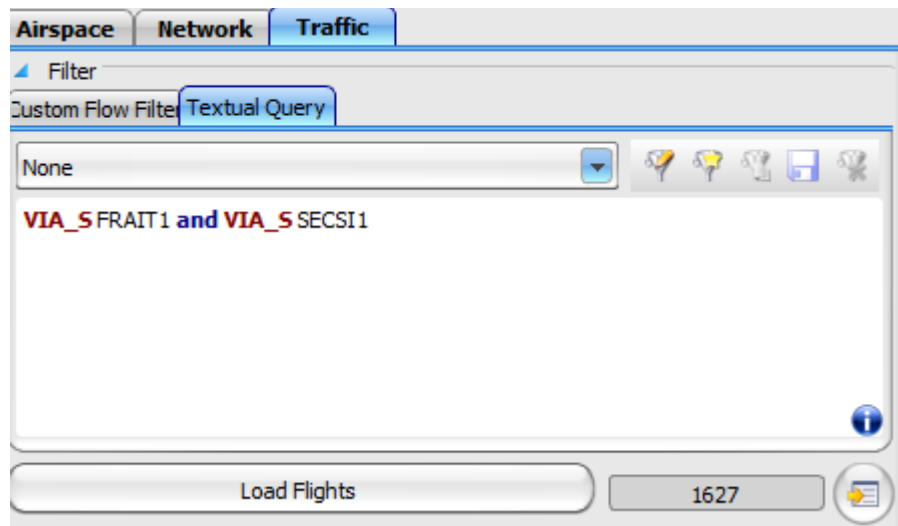
Slika 44 FRAIT_SECSI prostor

5.2. Odabir datuma simulacije

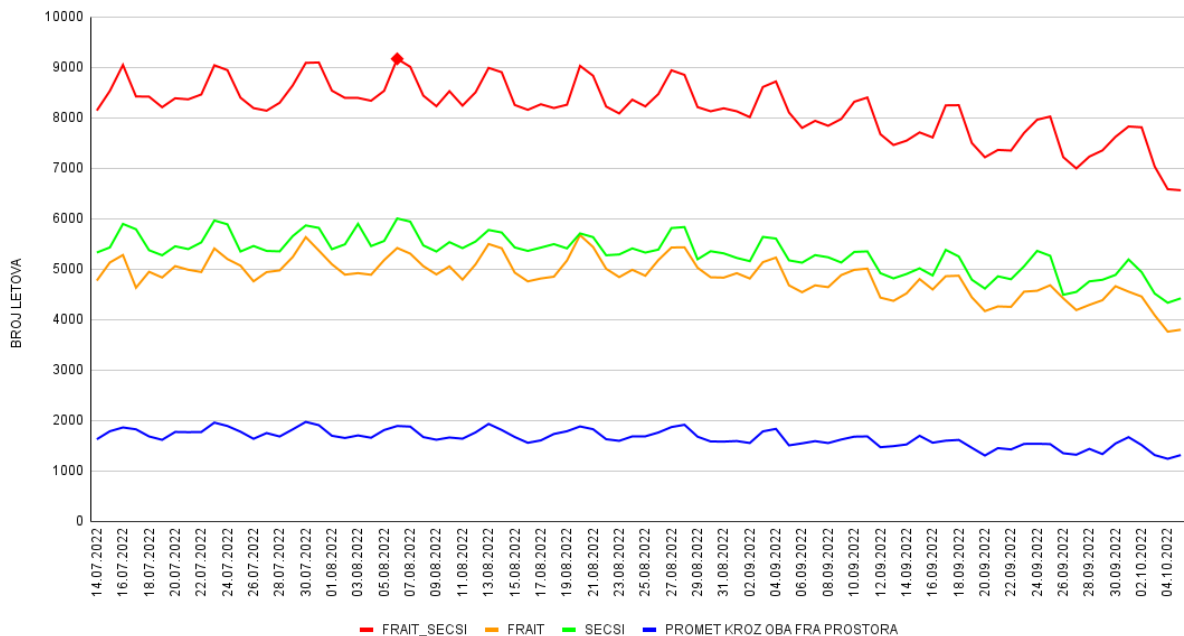
Prije izrade simulacije, potrebno je odabrati referentni datum za koji će se analizirati utjecaj spajanja zračnih prostora. Kao što je već spomenuto u uvodu ovog poglavlja, za referentno razdoblje koristit će se baza podataka tri ljetna AIRAC ciklusa: AIRAC 2207 (14. srpanj 2022. do 10. kolovoz 2022.), AIRAC 2208 (11. kolovoz 2022. do 07. rujna 2022.), AIRAC 2209 (07. rujna 2022. do 5. listopada 2022.) s obzirom na to da je količina prometa u Europi ljeti najveća.

U NEST-u se za opcijom „Daily Entry Counts“ i odabirom „Actual“ tipa prometa za svaki dan navedenih AIRAC datuma, dobila krivulja na slici 46. koja predstavlja pojedinačan broj letova za SECSI FRA za nove vertikalne granice od FL305-FL660, FRAIT, *crossing* promet kroz FRAIT_SECSI te promet koji prolazi kroz oba područja. Crvena krivulja ima najveći značaj jer prikazuje promet koji prolazi kroz oba FRA područja. Podatke za plavu krivulju dobili smo prilagođenim filtrom koji je prikazan na slici 45 i predstavlja broj letova koji prolaze i kroz FRAIT područje i kroz SECSI FRA te je to očekivano najmanji broj letova. Za sve krivulje vidljive su oscilacije u broju letova vikendom kada je veći promet nego tijekom radnog tjedna.

Pregledom kroz tri AIRAC-a pronađen je najprometniji dan s najvećim brojem letova, a to je 06.08.2022. te će se taj datum uzeti kao referentni za provođenje simulacije. Toga dana u području FRAIT_SECSI prostoru je bilo 9163 leta.



Slika 45 Prilagođeni filtar za dobivanje broja letova koji prolaze kroz oba FRA prostora

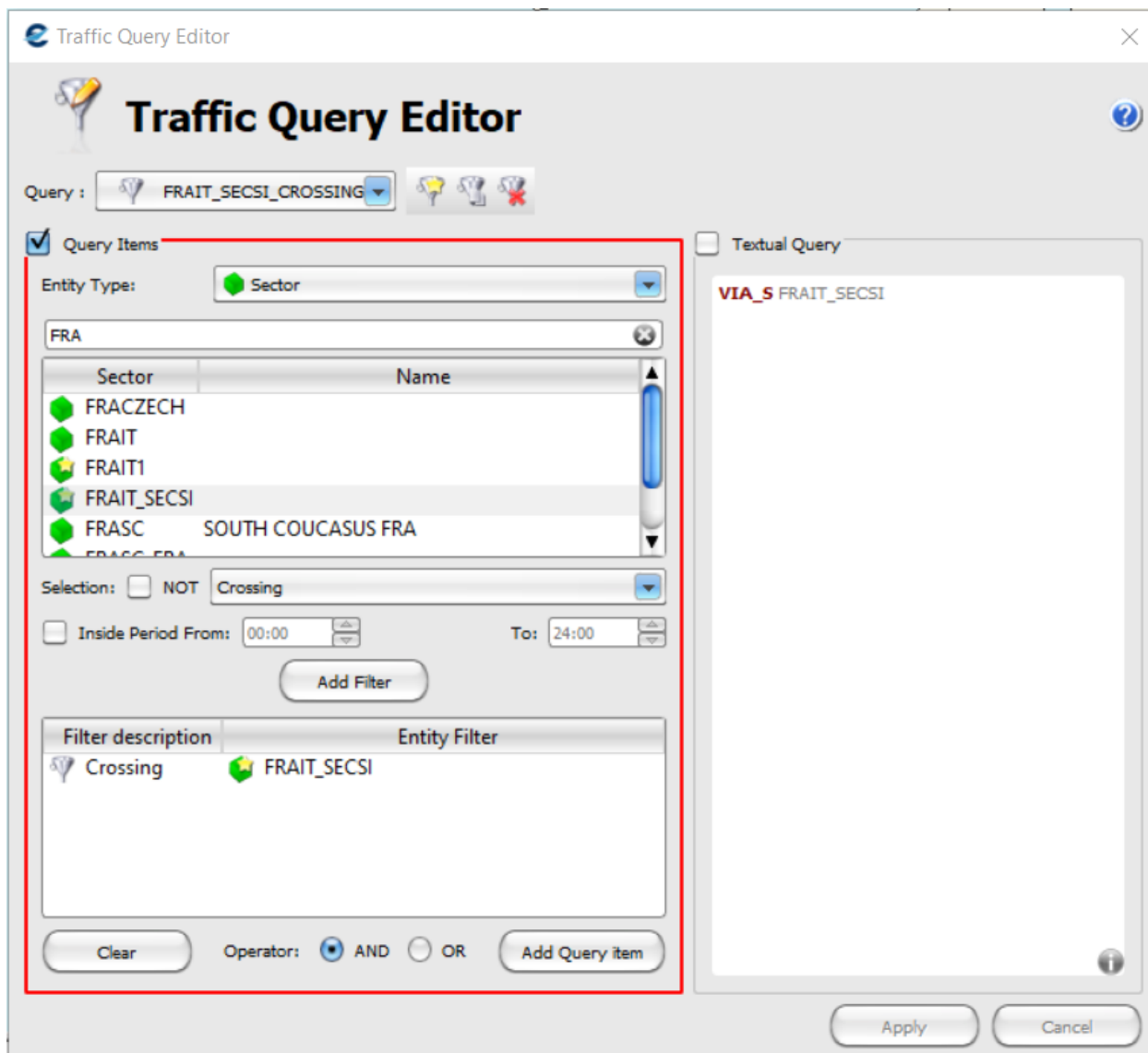


Slika 46 Broj dnevnih letova za referentno područje

5.3. Simulacija putanja prije proširenja zračnog prostora slobodnih ruta

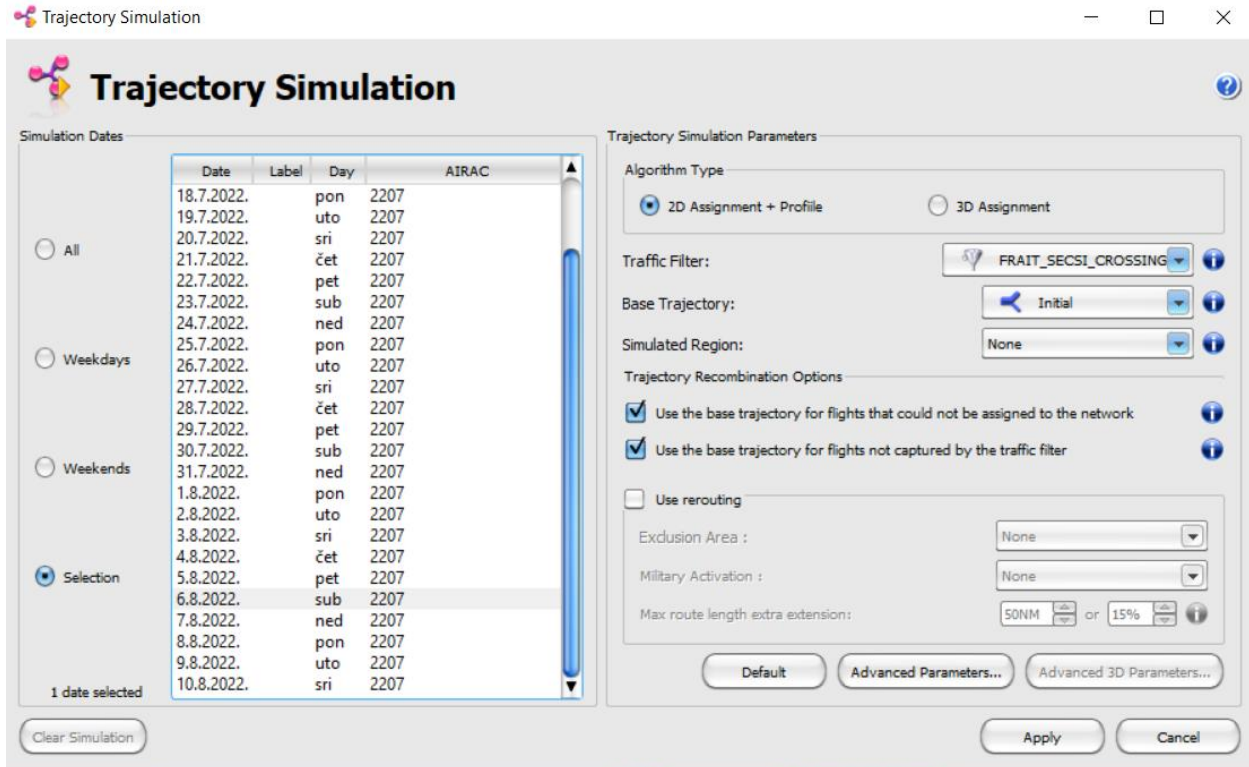
Kako bi se mogli uspoređivati podaci nakon proširenja zračnog prostora slobodnih ruta, potrebno je simulirati prometne tokove za sadašnje stanje, odnosno stvarni promet bez implementacije zajedničkog prostora slobodnih ruta.

Kako bi se iz analize izuzeli letovi kroz cijelu Europu na koje implementacija novog prostora nema utjecaj, potrebno je kreirati referentni prometni tok odabirom „Traffic Query Editor“ u izborniku „Edit“ te odabirom „Create a new Query“ kreiramo filtar „Crossing“ prometa kroz referentni FRAIT_SECSI prostor. Referentni prometni tok nazvan je proizvoljno FRAIT_SECSI_CROSSING. Postupak je prikazan na slici 47.



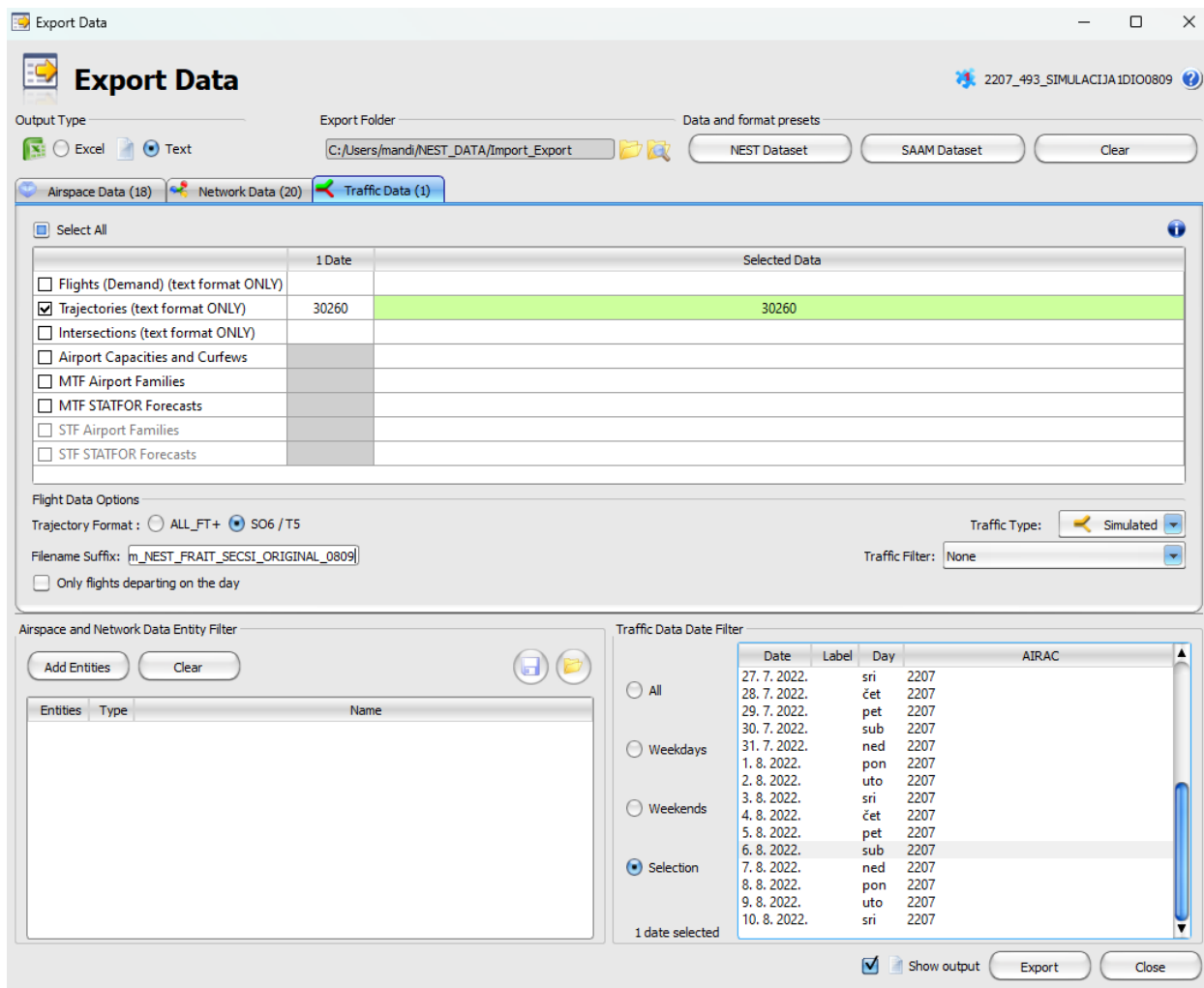
Slika 47 Kreiranje referentnog prometnog toka

Sljedeći korak je provedba simulacije putanja koristeći „*Simulate Trajectory*“ u izborniku „*Scenario*“ za dan 06.08.2023. U parametrima simulacije za filter prometa odabire se referentni prometni tok FRAIT_SECSI_CROSSING, a za osnovnu putanju odabrana je inicijalna putanja letova. Također je odabrana opcija korištenja osnovne putanje za letove koji se ne mogu dodijeliti mreži. Postupak je prikazan na slici 48.



Slika 48 Simuliranje putanja

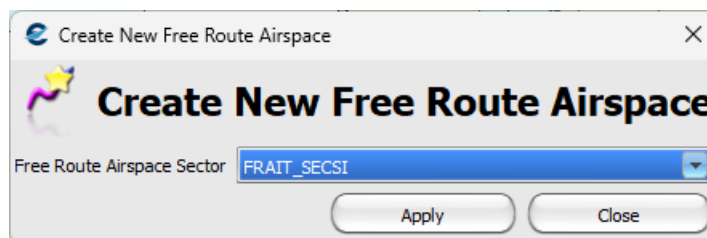
Nakon provođenja simulacije potrebno je izvesti podatke o putanjama koristeći alat „Export Data“ u izborniku „File“ za referentni datum. Podaci se spremaju u datoteku ekstenzije .so6 koja će se koristiti kasnije za usporedbu prije i nakon implementacije FRA. Postupak izvoza podataka je prikazan na slici 49.



Slika 49 Izvoz podataka o putanjama

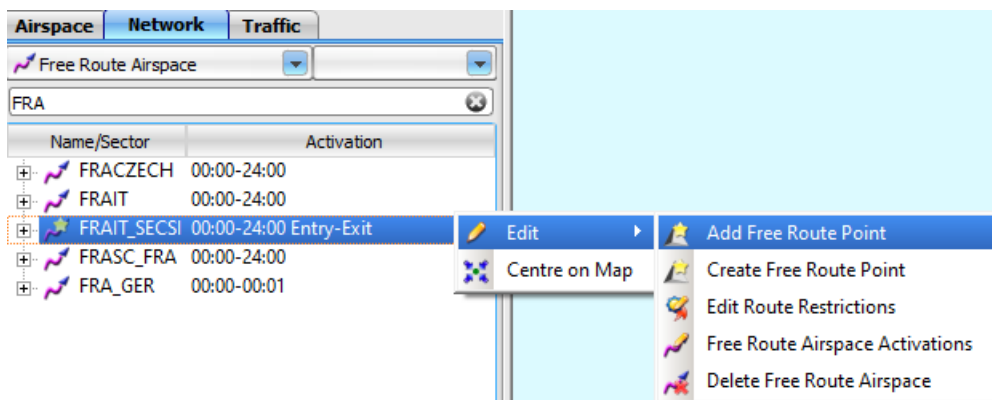
5.4. Simulacija uvođenja prostora slobodnih ruta u novokreirani zračni prostor

Kako bi se provela simulacija nakon implementacije zajedničkog prostora slobodnih ruta, potrebno je kreirati novi FRA prostor koji se temelji na novokreiranom zajedničkom prostoru FRAIT_SECSI. Prvi korak je u prozoru „Network“ u padajućem izborniku odabrati „Free Route Airspace“ te klikom na prazno polje odabrati opciju „Create New Free Route Airspace“ i za sektor odabrati FRAIT_SECSI kao što je prikazano na slici 50.



Slika 50 Kreiranje novog FRA prostora

U listi FRA-ova u NEST-u sada je naveden novi FRAIT_SECSI prostor, ali mu je pridružen samo kreirani prostor bez ikakvih navigacijskih točaka. Potrebno mu je pridružiti ulazne, izlazne i međutočke počevši sa korakom prikazanim na slici 51 pomoću opcije „Add Free Route Point“. Uzimaju se u obzir sve točke FRAIT i SECSI FRA prostora, ali ukoliko se nalaze na bivšoj unutarnoj granici ta dva prostora potrebno je iz ulazno-izlazne točke pretvoriti u međutočku. Korištenje međutočaka je obavezno radi osiguravanja određene predvidljivosti prometnih tokova prilikom prelaska granica ACC-ova. Točke na vanjskim granicama novog FRA prostora zadržavaju svoju prijašnju funkciju. Točke koje trenutno imaju funkciju međutočaka u FRAIT i SECSI FRA prostoru su zanemarene.



Slika 51 Dodavanje točaka u novi FRA prostor

Na slici 52 prikazan je novi FRAIT_SECSI prostor sa svim točkama, od kojih je:

- 73 ulazno-izlaznih točaka,
- 54 ulaznih točaka,
- 46 izlaznih točaka,
- 27 međutočaka.



Slika 52 FRAIT_SECSI prostor sa svim relevantnim FRA točkama

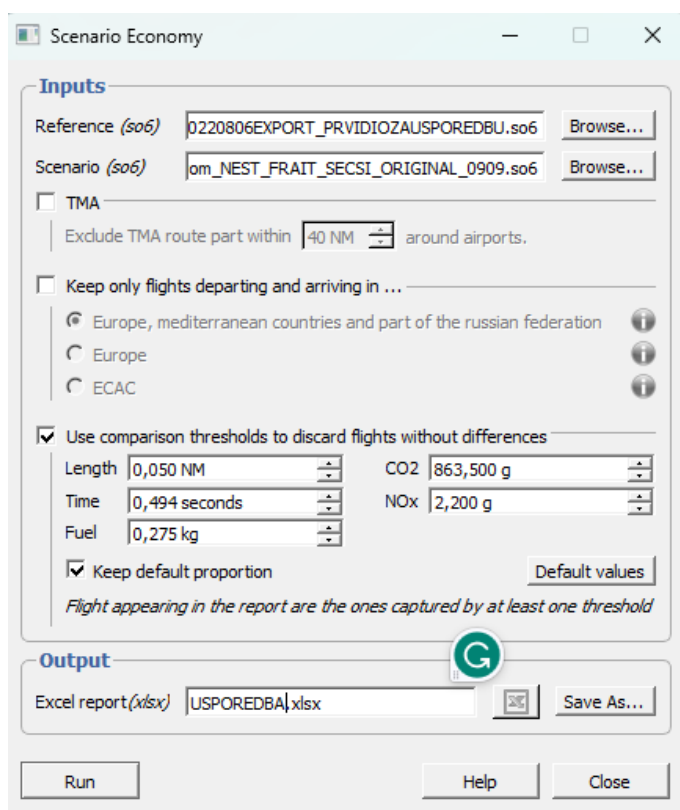
Popis svih točaka u FRAIT_SECSI prostoru je naveden u prilogu 1.

Nakon kreiranja FRA prostora, potrebno je ponoviti simuliranje putanja u novonastalom zajedničkom FRAIT_SECSI prostoru. Kao što je to napravljeno u poglavlju 5.3., odabire se „*Simulate Trajectory*“ u izborniku „*Scenario*“ za dan 06.08.2022. U parametrima simulacije za filter prometa opet se odabire referentni prometni tok FRAIT_SECSI_CROSSING, a za osnovnu putanju odabire se inicijalna putanja letova. Također je odabrana opcija korištenja osnovne putanje za letove koji se ne mogu dodijeliti mreži.

Na kraju, potrebno je izvesti podatke o putanjama koristeći alat „*Export Data*“, na isti način kao i u prvoj simulaciji. Dobivena datoteka koristit će se za usporedbu sa onom iz prve simulacije kako bi se dobili podaci o promjeni duljine putovanja, potrošnje goriva te utjecaja na okoliš.

6. Analiza i usporedba prometnih tokova prije i nakon, duljine putovanja, potrošnje goriva i utjecaja na okoliš

Nakon što su se proveli koraci izvoza podataka za putanje prije i nakon implementacije zajedničkog prostora slobodnih ruta, potrebno je usporediti podatke koji su se ranije izvezli kao .so6 datoteke opcijom „Export data“. Za to se koristi alat „Scenario Economy“ u izborniku „Analysis“. Za referentne podatke uzimaju se podaci o simuliranim putanjama prije implementacije zajedničkog FRAIT_SECSI FRA, a za scenarij se odabiru podaci o simuliranim putanjama nakon implementacije zajedničkog FRAIT_SECSI FRA. Sam postupak je prikazan na slici 53. S ciljem eliminacije letova koji ne prolaze kroz FRAIT_SECSI područje i na koje proširenje nema utjecaj, odabrana je opcija „Use comparison threshold“.



Slika 53 Usporedba simuliranih putanja prije i nakon integracije FRA prostora

Rezultat usporedbe dobiva se u .xlsx datoteci koja će se koristiti za daljnju analizu. Analiza prometnih tokova provodit će se posebno za područje SECSI FRA, FRAIT te za LDZOCTA prije i poslije integracije u zajednički prostor slobodnih ruta. Prikazat će se prometni tokovi prije i nakon simulacije provedene u NEST-u. Osim prometnih tokova, analizirat će se i promjene u duljini ruta, potrošnje goriva i utjecaja na okoliš.

6.1 Analiza prometnih tokova

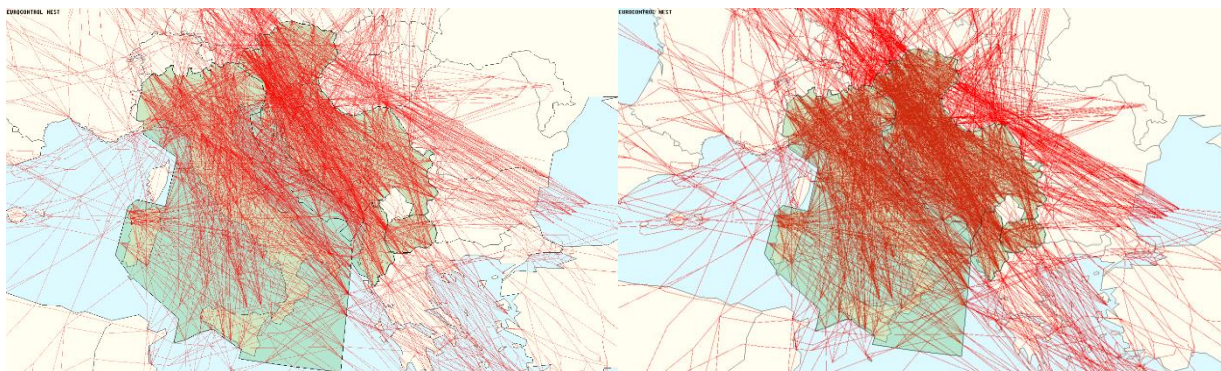
U tablici 1 naveden je broj letova prije i nakon integracije FRA prostora za zajednički prostor, pojedinačno za FRAIT i SECSI te za promet koji prolazi kroz oba prostora. Ukupan broj letova kroz područje FRAIT_SECSI za 06.08.2022. se očekivano nije promijenio pošto se u okviru ovog diplomskog rada nije provodila STATFOR prognoza prometa, ali povećao se broj letova koji prolaze i kroz FRAIT i kroz SECSI FRA unutar FL305-FL660 za 201, odnosno porastao je za 13,44%. što bi značilo da je nakon ukidanja obaveznih ulazno-izlaznih točaka na granici ta dva prostora omogućena direktnija ruta koja prolazi kroz oba prostora.

Broj letova kroz FRAIT se također povećao za 169 letova ili 3,77%, što bi značilo da je za 169 letova nakon integracije iz SECSI efikasnija ruta bila prolaziti i kroz FRAIT. Porast je vidljiv i za broj letova kroz SECSI prostor od FL305-FL660, a povećanje je 0,62% ili 32 leta. Ukidanjem obaveznih ulazno-izlaznih točaka na granici ta dva prostora tokovi prometa iz SECSI FRA šire kroz FRAIT i obratno te imaju mogućnost odabira optimalnije rute.

Tablica 1 Brojevi leta prije i nakon proširenja FRA

	Broj letova prije proširenja FRA	Broj letova nakon proširenja FRA	Promjena %
Letovi kroz FRAIT ili SECSI	8291	8291	0%
Letovi kroz FRAIT i SECSI	1496	1697	+13,44%
Letovi samo kroz FRAIT	4480	4649	+3,77%
Letovi samo kroz SECSI	5307	5339	+0,62%

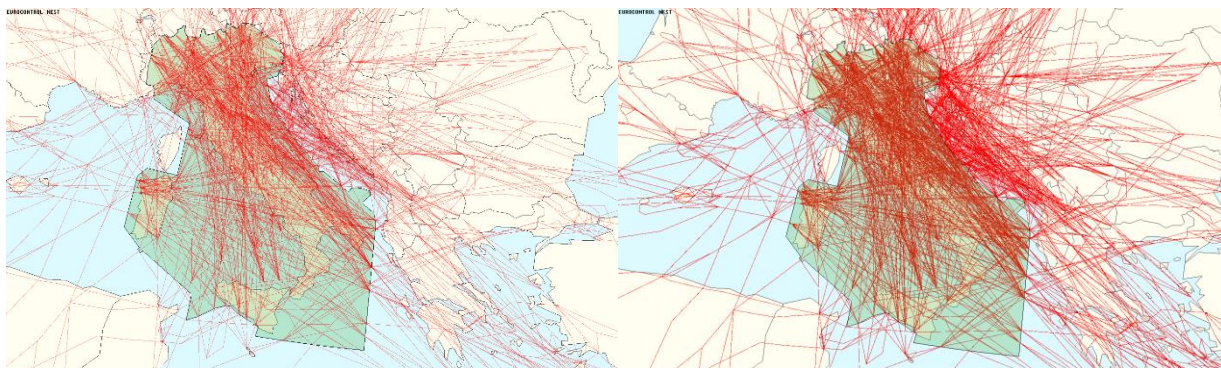
Na slici 54 prikazani su prometni tokovi kroz FRAIT_SECSI prostor nakon simulacije proširenje prostora slobodnih ruta. Kao što je vidljivo sa slike, primjećuje se povećanje letova koji prolaze kroz oba područja i to posebice na longitudinalnim prometnim tokovima kojima je omogućeno planiranje direktnije rute koja prolazi kroz oba prostora, dok se prije integracije za neke letove izbjegavalo ulaženje u susjedni prostor zbog potrebe prolaska kroz ulazno-izlazne točke koje uzrokuju manje efikasnu rutu od one koja prolazi samo kroz jedan prostor. Transverzalnih prometnih tokova je svakako i prije integracije bilo manje od longitudinalnih prometnih tokova, tako da promjene kod takvih tokova nisu toliko vidljive.



Slika 54 Prometni tokovi kroz FRAIT_SECSI i prije i nakon proširenja FRA

6.1.1. Analiza prometnih tokova FRAIT

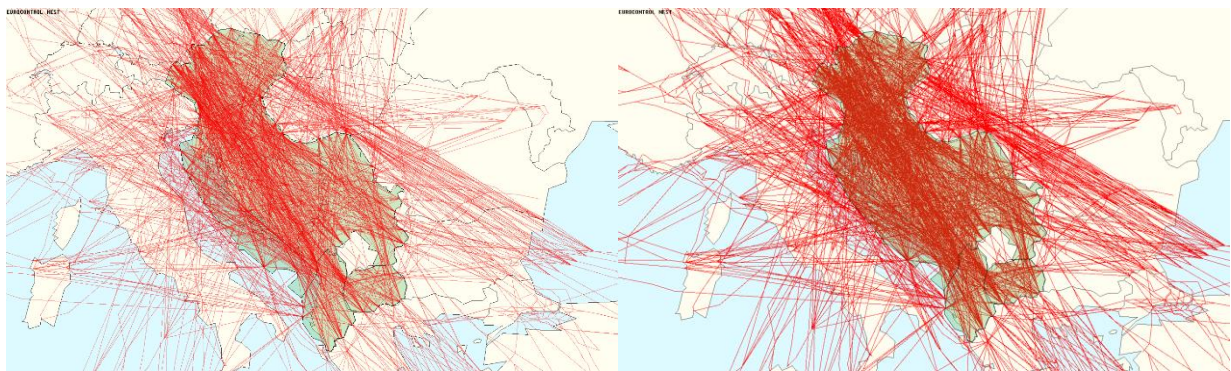
Na slici 56 prikazani su prometni tokovi koji prolaze kroz FRAIT prije i nakon integracije FRAIT i SECSI FRA. Kao što je već spomenuto, broj letova kroz FRAIT sa 4480 povećao na 4649 što je povećanje za 169 letova ili 3,77%, što je vidljivo na slici, posebice opet u longitudinalnim tokovima, što bi značilo da je za 169 letova nakon integracije iz SECSI efikasnija ruta bila prolaziti i kroz FRAIT.



Slika 55 Prometni tokovi kroz FRAIT prije i nakon proširenja FRA

6.1.2. Analiza prometnih tokova SECSI FRA

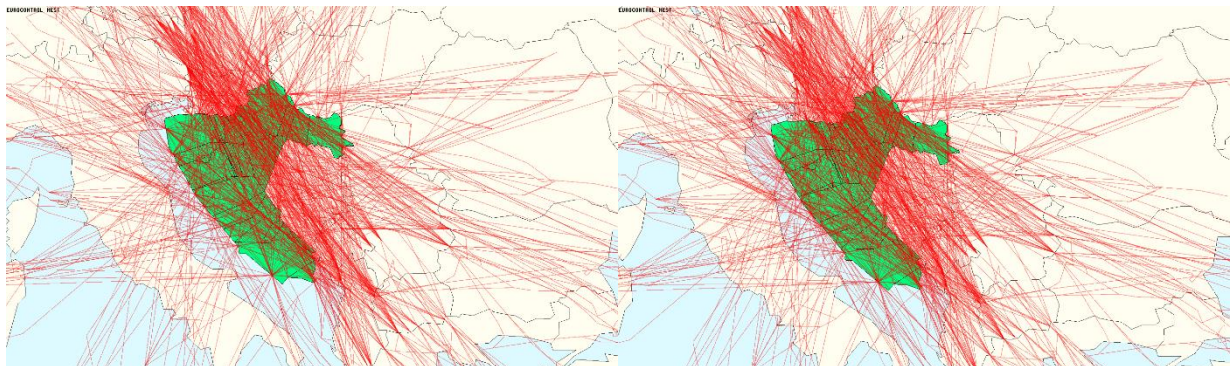
Na slici 56 prikazani su prometni tokovi koji prolaze kroz SECSI FRA prije i nakon integracije FRAIT i SECSI FRA za vertikalne granice FL305-660. Kao što je već spomenuto, broj letova kroz SECSI FRA sa 5307 povećao na 5339 što je povećanje za 32 letova ili 0,62 %, što je vidljivo sa slike. Za 32 leta koji su prolazili samo kroz FRAIT efikasnija ruta bila prolaziti i kroz SECSI FRA nakon ukidanja obaveznih ulazno-izlaznih točaka na granici ta dva prostora.



Slika 56 Prometni tokovi kroz SECSI FRA prije i nakon proširenja FRA

6.1.3. Analiza prometnih tokova LDZOCTA

Na slici 57 prikazani su prometni tokovi koji prolaze kroz LDZOCTA prije i nakon integracije FRAIT i SECSI FRA za vertikalne granice FL305-660.



Slika 57 Prometni tokovi kroz LDZOCTA prije i nakon proširenja FRA

Iz tablice 2, vidljivo je da se broj letova smanjio sa 3488 na 3363, što je promjena od -3,558%, odnosno 125 letova manje. To se može objasniti promjenom tokova koje u ovom slučaju odabiru efikasnije rute koje zaobilaze sektore LDZOCTA.

Tablica 2 Broj letova kroz LDZOCTA prije i nakon proširenja FRA

	Broj letova prije proširenja FRA	Broj letova nakon proširenja FRA	Promjena %
LDZOCTA	3488	3363	-3,558%

6.2. Analiza duljine putovanja, potrošnje goriva i utjecaja na okoliš nakon integracije

Usporedbom podataka simulacije prije i nakon integracije prostora u zajednički pomoću alata Scenario Economy dobivena je .xlsx datoteka sa rezultatima usporedbe o duljini, trajanju leta, potrošnji goriva i emisiji štetnih plinova (CO₂ i NO_X) zasebno prikazano za ukupne promjene, promjene po letu te promjene po parovima grada.

U tablici 3 prikazani su rezultati za duljinu i trajanje leta. Integracija FRAIT i SECSI FRA imala je utjecaj na 490 letova i ostvarene su uštede od 852,588 NM u duljini leta i 122,117 minuta u trajanju leta.

Tablica 3 Promjene u duljini i trajanju leta nakon integracije

Status	Duljina leta (NM)		Trajanje leta (min)	
	Broj letova	Ukupno	Broj letova	Ukupno
Povećanje	1	4,932	31	10,563
Jednako	32	-0,215	20	0,004
Smanjenje	457	-857,305	439	-132,684
Ukupno	490	-852,588	490	-122,117

Potrošnja goriva smanjila se za 9171,398 kg i ostvareno je smanjenje štetnih plinova od 28984,310 kg ugljikovog dioksida i 163,336 kg dušikovih oksida.

Tablica 4 Promjene u potrošnji goriva i emisijama štetnih plinova nakon integracije

Status	Gorivo (kg)		CO ₂ (kg)		NO _x (kg)	
	Broj letova	Ukupno	Broj letova	Ukupno	Broj letova	Ukupno
Povećanje	56	1420,896	56	4490,590	60	27,101
Jednako	2	-0,059	1	0,670	0	0,000
Smanjenje	432	-10592,235	433	-33475,570	430	-190,436
Ukupno	490	-9171,398	490	-28984,310	490	-163,336

6.2.1. Let s najvećom uštedom

Najveće uštede prema gorivu i emisiji štetnih plinova od 455,350 kg goriva, 1439 kg CO₂, 8,828 kg NO_x te 1,130NM i 1,866 minuta leta, ostvario je let TOM75K iz LGKR u EGCC čije su putanje prije i nakon integracije prikazane na slici 58. Na slici je vidljivo da je prije integracije zrakoplov prolazi samo kroz FRAIT prostor, a nakon integracije promijenio je rutu u efikasniju ulaskom kroz točku AIOSA u dio SECSI. Let je ostvaren tipom zrakoplova B738 prijevoznika TUI Airways.



Slika 58 Putanja TOM75K prije i nakon proširenja FRA

6.2.2. Najveće uštede prema parovima grada

Najveće uštede prema parovima grada prema kriteriju goriva i emisija štetnih plinova ostvarili su Krf, Grčka (LGKR) - Manchester, Velika Britanija (EGCC). Na toj destinaciji bilo je pet letova, a uštede su 4,520 NM, 3,614 minute leta, 1845,290 kg goriva, 5831,2 kg CO₂ i 37,056 kg NO_x. Kao što je to slučaj kod leta s najvećom uštedom, rute za te parove gradova prije integracije zrakoplov prolaze samo kroz FRAIT prostor, a nakon integracije biraju efikasniju rutu koja prolazi i kroz SECSI.



Slika 59 Putanja letova za parove grada LGKR-EGCC prije i nakon proširenja FRA

Zaključak

Simulacija proširenja prostora slobodnih ruta SECSI FRA sa FRAIT-om je pokazala prednosti daljnjih širenja i spajanje FRA prostora čime se polako zračni promet Europe čini sve učinkovitijim. Za analizu prednosti integracije FRAIT i SECSI FRA prostora koristio se softverski alat NEST. Provela se simulacija putanja za najprometniji ljetni dan referentnog područja 6. kolovoza 2022. S obzirom da FRAIT prostor slobodnih ruta trenutno ima vertikalne granice FL305-FL660, donje vertikalne granice SECSI FRA su se povisile na FL305 kako bi došlo do podudaranja granica, a gornja vertikalna granica je ostala ista. Unutar SECSI FRA trenutno Austrija i Slovenija nemaju vertikalnih granica za FRA, a Hrvatska, Srbija i Crna Gora, BIH i Sjeverna Makedonija imaju donju vertikalnu granicu FL205 te Albanija koja ima granicu FL195.

Nakon stvaranja zajedničkog FRAIT_SECSI prostora s granicama FL305-FL660 provela se usporedba putanja prije i nakon uspostave zajedničkog prostora slobodnih ruta za datum 6. kolovoza 2022. Rezultati dobiveni usporedbom tih putanja pokazali su uštede od od 852,588 NM u duljini leta i 122,117 minuta u trajanju leta te smanjenje potrošnje goriva za 9171,398 kg i smanjenje štetnih plinova od 28984,310 kg ugljikovog dioksida i 163,336 kg dušikovih oksida. Integracija je utjecala na 490 letova.

Analizom prometnih tokova zaključeno je da se ukidanjem obaveznih ulazno-izlaznih točaka na granici FRAIT i SECSI FRA prostora, koje su u simulaciji pretvorene u neobavezne međutočke, tokovi šire kroz oba područja i tako odabiru efikasnije rute što je objašnjivo povećanjem od 201 leta koji je prošao kroz oba područja.

Prednosti prostora slobodnih ruta te prekograničnih integracija takvih prostora omogućuje korištenje direktnijih, potencijalno kraćih ruta i posljedično tome, manju potrošnju goriva i emisiju štetnih plinova. Također, omogućuje operatorima zrakoplova iskorištavanje povoljnih vjetrova, kao i bolju prilagodbu prekidima u mreži. Time se ostvaruje značajan doprinos u financijskom i ekološkom aspektu u europskom zračnom prostoru, što je pokazala i simulacija provedena u okviru ovog diplomskog rada.

Prilozi

IME TOČKE	VRSTA TOČKE	IME TOČKE	VRSTA TOČKE	IME TOČKE	VRSTA TOČKE	IME TOČKE	VRSTA TOČKE	IME TOČKE	VRSTA TOČKE	IME TOČKE	VRSTA TOČKE
ABDAB	X	DIMLO	EX	LABIN	EX,X->I	NIKRO	E	RUGAS	EX	UNIMI	X
ABESI	X	DINOB	EX	LAMSI	EX	NISVA	X	RUTOM	EX	UPEGU	X
ABETI	E	DIRAB	E	LANUX	EX	NITAM	E	SAFFA	X	UTEKA	E
ABLOM	X	DIRER	E	LAPRI	E	NOLSI	X	SASAL	EX	VABEK	X
ADEXI	EX	DISOR	EX	LATAN	EX	NOSTA	E	SENTI	EX	VAMTU	X
AIOSA	EX->I	DITIS	EX	LATLO	E	NOSTO	X	SIMBA	EX	VAPUP	E,X->I
AKIMA	E	DOBIM	X	LEDVA	X	ODINA	E	SONAK	EX	VEBAL	EX
ANASA	E	DOKAR	E	LETNI	E	OKANA	E	SOTOV	X	VELBA	X
AOSTA	X	DOLAP	E	LEVDI	EX	OLGAT	E	SOVOX	E,X->I	VELIP	X
ARSIN	E	DOLEV	E	LIKDA	E	OLOTA	E	STEIN	EX	VELUG	E,X->I
ASKOT	E	DOPEL	EX	LOKVU	X	OLPIX	E	SUBEN	EX	VENIM	X
BABIT	EX	EDUGI	E,X->I	LONDI	E	ORTAP	EX	SUBOK	EX	VESOD	E
BABLO	E	ELSAG	E	LONTA	X	OSDUK	E	SUNIS	E	VJOSA	E
BADIT	EX	ERANA	X	LORED	EX	OSMAR	EX	SUPUX	X	XAMIT	E,X->I
BAREB	EX	ERKIR	EX	LORNO	E	PAN	EX	SUSIP	EX	XATOS	EX
BARPI	E,X->I	ESEGA	EX	LUPEV	E	PAPIZ	EX->I	SUXAN	EX	XOLTA	EX,X->I
BAXON	E,X->I	ETIDA	X	LURAG	E	PARAK	EX	TABOT	E		
BEGLA	E	GEDSO	EX	MADKA	X	PELOS	E	TALAS	EX		
BEKVA	E	GINOX	X	MAKED	EX	PESAT	X	TALEP	X		
BELIX	X	GIRIS	E	MALUG	E,X->I	PEVAL	EX->I	TIBRO	E,EX->I		
BEVIS	EX->I	GISAM	EX->I	MAREG	EX	PINDO	EX	TIGRA	EX		
BIBAN	E	GOKEL	EX->I	MARON	X	PINUK	EX->I	TISAL	EX		
BIRGI	EX	GOMIG	E	MAVIT	X	PISAM	EX	TITIG	EX		
BITLA	EX	GOTAR	EX	MEDUX	X	PITAS	X	TOBSO	E		
BORDI	X	IBENI	E,X->I	MEGER	E	PUNSA	X	TONDO	X		
BRENO	EX	INPUL	E	MIKOV	E	RADIZ	EX	TORPO	EX,X->I		
BUDEX	EX	KATTI	E,EX->I	MIRSA	X	REDVA	X	TORTU	EX		
CANNE	X	KEROP	E	MODSA	E	RENKA	X	TOVKA	EX		
CERVI	X	KIRDI	EX	MOULE	E	RESIA	EX	TRAUN	EX		
CORSI	X	KOGAT	E	NATAG	E	RIFEN	EX,X->I	TUMBO	E		
DETSA	E,X->I	KOPRY	EX	NAVTI	X	ROMUX	X	TUNEX	EX		
DEXIT	EX	KUBUD	E,X->I	NELDA	EX	RONOP	X	TUPAL	EX		
DILIN	E	KUKEV	X	NIBEL	E	ROTAR	E,EX->I	UDVAR	E		
DIMIS	EX	KUMOM	E	NIKOL	E,X->I	RTT	EX	UMVEG	EX		

Popis slika

Slika 1 Jedinstveno FRA područje [2]	8
Slika 2 Višestruko FRA područje uz provođenje prekograničnih operacija [2]	8
Slika 3 Primjer primjene FRA uz restrikcije [1]	9
Slika 4 Horizontalne ulazne, izlazne i ulazno/izlazne točke [8]	10
Slika 5 Primjer nedostupne ulazno-izlazne točke [8]	10
Slika 6 Primjer FRA graničnog FLOS-a unutar FRA područja [8]	12
Slika 7 Plan implementacije FRA u Europi do kraja 2024. [11]	13
Slika 8 Plan implementacije FRA u Europi do kraja 2030. [12]	14
Slika 9 Karta SECSI FRA prostora [16]	16
Slika 10 Sektori u zračnom prostoru Austrije [16]	17
Slika 11 Prognoze kretanja IFR prometa Austrije [17]	18
Slika 12 Dnevni prosjeci broja letova i kašnjenje na ruti za ACC Wien [17]	19
Slika 13 Prostor slobodnih ruta Austrije [19]	20
Slika 14 Područja odgovornosti ATC jedinica za Sloveniju [20]	21
Slika 15 Prognoze kretanja IFR prometa Slovenije [20]	22
Slika 16 Dnevni prosjeci broja letova i kašnjenje na ruti za ACC Ljubljana [21]	23
Slika 17 FRA Slovenije [20]	24
Slika 18 Prognoze kretanja IFR prometa Hrvatske [23]	26
Slika 19 Dnevni prosjeci broja letova i kašnjenje na ruti za ACC Zagreb [23]	26
Slika 20 FRA Hrvatske [16]	27
Slika 21 Prognoze kretanja IFR prometa BIH [24]	29
Slika 22 Dnevni prosjeci broja letova i kašnjenje na ruti za ACC Sarajevo [24]	29
Slika 23 Zračni prostor Srbije i Crne Gore [25]	31
Slika 24 Prognoze kretanja IFR prometa Srbije i Crne Gore [25]	32
Slika 25 Dnevni prosjeci broja letova i kašnjenje na ruti za ACC Beograd [25]	32
Slika 26 Prognoze kretanja IFR prometa Sjeverne Makedonije [28]	34
Slika 27 Dnevni prosjeci broja letova i kašnjenje na ruti za ACC Skopje [28]	35
Slika 28 FRA Sjeverne Makedonije [28]	36

Slika 29 Prognoze kretanja IFR prometa Albanije [32]	37
Slika 30 Dnevni prosjeci broja letova i kašnjenje na ruti za ACC Tirana [32]	38
Slika 31 FRA Albanije [32]	38
Slika 32 Klasifikacija zračnog prostora Italije [33]	40
Slika 33 Zračni prostor Italije [33]	41
Slika 34 Prognoze kretanja IFR prometa Italije [33]	42
Slika 35 Dnevni prosjeci broja letova i kašnjenje na ruti za ACC Brindisi [33]	43
Slika 36 FRA Italije [34]	44
Slika 37 FRAIT prostor u NEST-u	46
Slika 38 SECSI FRA prostor u NEST-u	46
Slika 39 Kopiranje sektora 1.dio	46
Slika 40 Kopiranje sektora 2.dio	46
Slika 41 Grupiranje sektora	47
Slika 42 Pomicanje vertikalnih granica SECSI FRA	48
Slika 43 Vertikalne granice spojenog prostora	49
Slika 44 FRAIT_SECSI prostor	49
Slika 45 Prilagođeni filter za dobivanje broja letova koji prolaze kroz oba FRA prostora	50
Slika 46 Broj dnevnih letova za referentno područje	51
Slika 47 Kreiranje referentnog prometnog toka	52
Slika 48 Simuliranje putanja	53
Slika 49 Izvoz podataka o putanjama	54
Slika 50 Kreiranje novog FRA prostora	54
Slika 51 Dodavanje točaka u novi FRA prostor	55
Slika 52 FRAIT_SECSI prostor sa svim relevantnim FRA točkama	56
Slika 53 Usporedba simuliranih putanja prije i nakon integracije FRA prostora	57
Slika 54 Prometni tokovi kroz FRAIT_SECSI i prije i nakon proširenja FRA	59
Slika 55 Prometni tokovi kroz FRAIT prije i nakon proširenja FRA	59
Slika 56 Prometni tokovi kroz SECSI FRA prije i nakon proširenja FRA	60
Slika 57 Prometni tokovi kroz LDZOCTA prije i nakon proširenja FRA	60
Slika 58 Putanja TOM75K prije i nakon proširenja FRA	62
	66

Reference

- [1] Free Route Airspace, Skybrary. Pristupljeno s: [https://skybrary.aero/articles/free-route-airspace-fra#:~:text=Free%20route%20airpace%20\(FRA\)%20is%20a%20concept%20of%20providing%20air,standard%20aiways%20should%20be%20used](https://skybrary.aero/articles/free-route-airspace-fra#:~:text=Free%20route%20airpace%20(FRA)%20is%20a%20concept%20of%20providing%20air,standard%20aiways%20should%20be%20used) [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [2] ERNIP Part 1 - European Airspace Design Methodology Guidelines - General Principles and Technical Specifications for Airspace Design, 2022. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [3] Supporting European Aviation: The Benefits and Lessons learnt in the implementation of Free Route Airspace (FRA) in the European Region Part 1 - Concept, Design. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [4] Cicnjak M. Utjecaj uvođenja cjelodnevnog FRA u gornjem zračnom prostoru oblasne kontrole zračnog prometa Maastrichta na kompleksnost zračnog prometa. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2020. Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:089828> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [5] FRA Design Guidelines, Eurocontrol. [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [6] Juričić, B.: Upravljanje kapacitetom i protokom zračnog prometa – autorizirana predavanja, 2019. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [7] Šutej M. Utjecaj uvođenja prekograničnog zračnog prostora slobodnih ruta na prometne tokove kroz Mađarsku, Bugarsku i Rumunjsku. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2018. Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:916601> [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [8] FREE ROUTES AIRSPACE developments, Eurocontrol. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [9] Eurocontrol, European Free Route Airspace Developments, 2015. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [10] Free Route Airspace, Eurocontrol. Preuzeto s: <https://www.eurocontrol.int/concept/free-route-airspace>. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [11] Eurocontrol forecast update 2023-2029, 2023. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [12] Eurocontrol, Free route airspace (FRA) implementation projection charts. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [13] 2022 CEF call for proposal preparation process final. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [14] South East Common Sky Initiative Free Route Airspace (SECSI FRA) Successfully Implemented, Crocontrol. Preuzeto s:

- <https://www.crocontrol.hr/en/media/news/south-east-common-sky-initiative-free-route-airspace-secsi-fra-successfully-implemented/> [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [15] Albcontrol and M-NAV join the SECSI Free Route Area programme, FAB CE. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [16] Aeronautical Information Publication Croatia. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [17] Eurocontrol LSSIP, Austria local single sky implementation, 2022. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [18] <https://www.aviation24.be/airports/vienna/23-7-million-passengers-at-vienna-airport-in-2022-double-the-2021-figure-but-25-below-2019/> [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [19] Aeronautical Information Publication Austria. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [20] Eurocontrol LSSIP, Slovenia local single sky implementation, 2021. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [21] The Benefits and Lessons learnt in the implementation of Free Route Airspace (FRA) in the European Region Part 1 - Concept, Design, Implementation, Publication. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [22] Hrvatski Sabor, Zakon o potvrđivanju Sporazuma o uspostavi Funkcionalnog bloka zračnog prostora Središnje Europe, Zagreb. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [23] Eurocontrol LSSIP, Croatia local single sky implementation, 2022. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [24] Eurocontrol LSSIP, Bosnia and Hercegovina local single sky implementation, 2022. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [25] Eurocontrol LSSIP, Serbia local single sky implementation, 2022. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [26] <https://www.caa.gov.mk/en/regulation/> [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [27] Free Route Airspace Deployment 2. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [28] Eurocontrol LSSIP, North Macedonia local single sky implementation, 2022. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [29] https://en.wikipedia.org/wiki/Skopje_International_Airport [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [30] https://en.wikipedia.org/wiki/Ohrid_St._Paul_the_Apostle_Airport [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [31] <https://smatsa.rs/en/albcontrol-and-m-nav-join-the-secsi-free-route-area-programme/> [Pristupljeno: lipanj 2023.]

- [32] Eurocontrol LSSIP, Albania local single sky implementation, 2022. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [33] Eurocontrol LSSIP, Italy local single sky implementation, 2022. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [34] Aeronautical Information Publication Italy. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [35] Eurocontrol, NEST Training, Eurocontrol, 2017. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [36] Petrović M. Simulacija spajanja zračnih prostora Makedonije, Albanije i Kosova sa zračnim prostorom slobodnih ruta Inicijative za zajedničko jugoistočno nebo. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2019. Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:028459> [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [37] Lazarin D. Prostor slobodnih ruta u prostoru FAB CE. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2016. Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:916601> [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [38] SESAR Joint Undertaking, European ATM Master Plan, 2020. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [39] International Civil Aviation Organization, Annex 11 to the Convention on International Civil Aviation: Air Traffic Services. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [40] EUROCONTROL Experimental Centre, The Free route Airspace Project (FRAP), 2002. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [41] Eurocontrol and CANSO, Flight Efficiency Plan, 2008. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [42] Eurocontrol, NM Performance Plan, 2012. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [43] Eurocontrol, European Route Network Improvement Plan - Implementation Monitoring Report AIRAC 1501. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [44] ERNIP Part 2 ARN Version 2022-2030, 2022. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [45] https://www.sesardeploymentmanager.eu/project/2016_121_af3 [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [46] <https://www.fab-ce.eu/airspace/free-route> [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [47] Civil Aviation Agency Republic of North Macedonia, Preuzeto s: <https://www.caa.gov.mk/en/regulation/>. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [48] Eurocontrol LSSIP, Montenegro local single sky implementation, 2022. [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [49] European Network Operations plan 2022-2026, 2022. [Pristupljeno: lipanj 2023.]



Sveučilište u Zagrebu
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb
Diplomski studij

P O T V R D A

kojom se potvrđuje da je studentica

LUCIJA MATIJAŠEVIĆ

izradila diplomski rad pod naslovom (naziv rada na hrv. i engl. jeziku)

Simulacija proširenja zračnog prostora slobodnih ruta SECSI FRA

Simulation of SECSI Free Route Airspace Expansion

u skladu sa zadanim zadatkom, tezama i pravilima struke te može konačnu (finalnu) verziju diplomskog rada i Potvrdu u elektroničkim oblicima (u PDF-u, pod nazivima za rad „studentov JMBAG.pdf”, a za Potvrdu „potvrda_studentovJMBAG.pdf”) poslati na adresu elektroničke pošte: referadaiknjiznica@fpz.unizg.hr

Nadzorni nastavnik:

izv. prof. dr. sc. Biljana Juričić

Ime i prezime nastavnika/nastavnice

Zagreb, 18.9.2023