

Utjecaj uvođenja prekograničnog zračnog prostora slobodnih ruta na prometne tokove kroz Mađarsku, Bugarsku i Rumunjsku

Šutej, Magdalena

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:966263>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-03**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Magdalena Šutej

**UTJECAJ UVOĐENJA PREKOGRANIČNOG ZRAČNOG PROSTORA
SLOBODNIH RUTA NA PROMETNE TOKOVE KROZ MAĐARSKU,
BUGARSKU I RUMUNJSKU**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2018.

Zagreb, 6. travnja 2018.

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

DIPLOMSKI ZADATAK br. 4826

Pristupnik: **Magdalena Šutej (0036471958)**
Studij: **Aeronautika**

Zadatak: **Utjecaj uvođenja prekograničnog zračnog prostora slobodnih ruta na prometne tokove kroz Mađarsku, Bugarsku i Rumunjsku**

Opis zadatka:

U ovom je radu potrebno:

Opisati koncept prostora slobodnih ruta kao jedan od dijelova inicijative Jedininstvenog europskog neba.

Navesti ključne pokazatelje za mjerenje učinkovitosti unutar sustava ATM-a

Opisati strukturu zračnog prostora unutar SEEN FRA.

Izraditi prostor slobodnih ruta u programu NEST.

Simulirati putanje zrakoplova prije i nakon uvođenja FRA.

Analizirati prometne tokove nakon uvođenja FRA.

Izračunati promjenu u duljini ruta te utjecaj na okoliš nakon uvođenja FRA.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:



doc. dr. sc. Tomislav Radišić

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**UTJECAJ UVOĐENJA PREKOGRANIČNOG ZRAČNOG PROSTORA
SLOBODNIH RUTA NA PROMETNE TOKOVE KROZ MAĐARSKU,
BUGARSKU I RUMUNJSKU**

**IMPACT OF IMPLEMENTING CROSS-BORDER FREE ROUTE AIRSPACE
ON TRAFFIC FLOWS THROUGH HUNGARY, BULGARIA AND ROMANIA**

Mentor: doc. dr. sc. Tomislav Radišić

Studentica: Magdalena Šutej

JMBAG: 0036471958

Zagreb, rujan 2018.

SAŽETAK

Za stvaranje jedinstvenog europskog neba najbitnija je reorganizacija zračnog prostora koja se, između ostalog, postiže implementacijom prostora slobodnih ruta. Unutar takvog prostora omogućuje se operatorima zrakoplova slobodno planiranje rute između definiranih ulaznih i izlaznih točaka. Jedna od prvih prekograničnih implementacija je zajednički prostor slobodnih ruta dostupnih noću između Mađarske, Bugarske i Rumunjske nazvan SEENFRA. Proširenjem dostupnosti FRA operacija na 24 sata dnevno dobiva se SEEFRA prostor. U ovom je radu provedena simulacija prometnih tokova prije i nakon implementacije cjelodnevnog prekograničnog FRA te su prikazane ostvarene uštede u područjima duljine rute, vremena leta, potrošnje goriva te emisija štetnih plinova.

KLJUČNE RIJEČI: prostor slobodnih ruta; jedinstveno europsko nebo; NEST; prometne simulacije

SUMMARY

To achieve the goal of creating Single European Sky the most important task is reorganization of airspace, which is, among others, achieved by implementation of Free route airspace concept. Inside such airspace aircraft operators are able to freely plan their route between defined entry and exit points. One of the first cross-border free route airspace is FRA over Hungary, Bulgaria and Romania called SEENFRA. With expanding the operating hours to 24 hours a day, this airspace will become SEEFRA. This paper analyses simulations of traffic flows before and after implementation of cross border FRA with focus on route length, flight time, fuel consumption and emission of harmful gasses changes.

KEY WORDS: Free route airspace; Single European Sky; NEST; air traffic simulations

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Prostor slobodnih ruta unutar inicijative Single European Sky	3
2. 1. Uspostava SES inicijative i njeni ciljevi.....	3
2. 1. 1. Prvi SES paket mjera	4
2. 1. 2. Drugi SES paket mjera.....	4
2. 1. 3. Projekt SESAR.....	6
2. 2. Koncept prostora slobodnih ruta	7
2. 2. 1. Dizajn FRA	7
2. 2. 2. Ograničenja FRA	9
2. 2. 3. Organizacija zračnog prostora u FRA.....	9
2. 2. 4. Upravljanje zračnim prostorom i planiranje leta u FRA.....	11
2. 2. 5. Implementacija FRA u europskom zračnom prostoru.....	12
3. Ključni pokazatelji za mjerenje učinkovitosti unutar sustava upravljanja zračnim prometom.....	15
3. 1. Sigurnost.....	17
3. 2. Kapacitet.....	19
3. 3. Utjecaj na okoliš	20
3. 4. Ekonomičnost	22
4. Struktura zračnog prostora unutar SEENFRA	23
4. 1. Zračni prostor i promet Mađarske	24
4. 1. 1. Zračni prostor Mađarske	24
4. 1. 2. Zračni promet kroz Mađarsku	26
4. 2. Zračni prostor i promet Bugarske.....	27
4. 2. 1. Zračni prostor Bugarske.....	27
4. 2. 2. Zračni promet u Bugarskoj.....	30
4. 3. Zračni prostor i promet Rumunjske.....	31
4. 3. 1. Zračni prostor Rumunjske.....	32
4. 3. 2. Zračni promet u Rumunjskoj	35
4. 4. SEENFRA prostor slobodnih ruta	36
5. Simulacija uvođenja cjelodnevnog prekograničnog FRA na prostoru Mađarske, Rumunjske i Bugarske	39
5. 1. Kreiranje prostora za simulaciju u programu NEST	42
5. 2. Odabir perioda simulacije.....	43

5. 3. Simulacija putanja prije uvođenja prekograničnog FRA.....	45
5. 4. Simulacija putanja nakon uvođenja cjelodnevnog prekograničnog FRA	48
6. Analiza prometnih tokova nakon uvođenja cjelodnevnog prekograničnog FRA	51
6. 1. Segment toka TEGRI-GESBA-NEKUL	52
6. 2. Segment toka RONBU-ARTAT.....	54
6. 3. Segment toka NISVA-USALI-OTKOK-RODIP	56
7. Analiza promjena u duljini ruta i utjecaja na okoliš nakon uvođenja FRA	57
7. 1. Letovi s najvećim uštedama goriva i nautičkih milja	59
7. 2. Najveće uštede prema destinaciji	61
8. Zaključak.....	62
Popis literature	63
Popis kratica	64
Popis slika	67
Popis tablica	68

1. Uvod

Za postizanje ciljeva inicijative *Single European Sky*, jedna od najbitnijih metoda je reorganizacija zračnog prostora u Europi kako bi se postigao jedinstven zračni prostor. Uvođenje prostora slobodnih ruta unutar država te međusobna integracija takvih prostora donose mnogobrojne prednosti za sve sudionike zračnog prometa. Simulacijama prije implementacije FRA moguće je predvidjeti kakav će ona utjecaj imati na kompleksnost zračnog prometa u određenom prostoru.

Dosad implementirani prostori slobodnih ruta pokazuju da je FRA dobra metoda za postizanje povećanja kapaciteta, povećanja učinkovitosti leta te smanjenja nepovoljnog utjecaja na okoliš.

Cilj ovog rada je korištenjem softverskog alata NEST simulirati sadašnje stanje na području Mađarske, Rumunjske i Bugarske te stanje nakon uvođenja cjelodnevnog prekograničnog FRA, kao i analizirati prometne tokove i učinkovitost leta te utjecaj na okoliš prije i nakon implementacije FRA.

Rad je podijeljen u osam cjelina:

1. Uvod
2. Prostor slobodnih ruta unutar inicijative *Single European Sky*
3. Ključni pokazatelji za mjerenje učinkovitosti unutar sustava upravljanja zračnim prometom
4. Struktura zračnog prostora unutar SEENFRA
5. Simulacija uvođenja cjelodnevnog prekograničnog FRA na prostoru Mađarske, Rumunjske i Bugarske
6. Analiza prometnih tokova nakon uvođenja FRA
7. Analiza promjena u duljini ruta i utjecaja na okoliš nakon uvođenja FRA
8. Zaključak

U drugom je poglavlju opisan razvoj *Single European Sky* inicijative, njenih paketa mjera SES 1 i SES 2, kao i tehnološkog aspekta inicijative – SESAR. Opisan je koncept prostora slobodnih ruta. Definirani su preduvjeti za implementaciju, kao i ograničenja unutar takvog prostora. Opisana je organizacija zračnog prostora, provođenje upravljanja zračnim prometom i planiranje letova unutar FRA. Na kraju su navedeni dosad implementirani prostori slobodnih ruta u Europi.

U trećem poglavlju navedeni su i opisani ključni pokazatelji za mjerenje učinkovitosti unutar sustava ATM-a. Analizirana je izvedba europskog ATM-a po ključnim područjima (sigurnost, kapacitet, utjecaj na okoliš i ekonomičnost) za 2017. godinu.

U četvrtom poglavlju opisan je prostor unutar SEENFRA, odnosno prostori Mađarske, Bugarske i Rumunjske. Prikazana je struktura tih zračnih prostora, kao i jedinice kontrole zračnog prometa te klasifikacija prostora. Također je analiziran i promet u svakoj od država. Na kraju poglavlja opisan je noćni prostor slobodnih ruta SEENFRA.

Peto poglavlje opisuje proces simulacije uvođenja prostora slobodnih ruta. Najprije je opisan softverski alat NEST u kojem se simulacija provodi. Nakon toga je detaljno opisan proces simulacije. Najprije je provedena simulacija trenutnog stanja prostora, potom simulacija povećanja prometa u budućnosti te su simulirane putanje kroz budući cjelodnevni prekogranični FRA.

Analiza prometnih tokova prije i nakon uvođenja FRA opisana je u šestom poglavlju. Prikazani su najopterećeniji protoci prometa prije implementacije FRA te su uspoređeni s tokovima nakon implementacije. Također je opisan i najopterećeniji protok nastao implementacijom prostora slobodnih ruta.

U sedmom su poglavlju prikazane promjene u duljini ruta, potrošnji goriva, vremenu leta te emisijama plinova CO₂ i NO_x. Navedeni su i letovi koji su ostvarili najveće uštede.

2. Prostor slobodnih ruta unutar inicijative Single European Sky

Problemi zračnog prometa krajem 20. stoljeća koji su doveli do *Single European Sky* inicijative uključuju ograničen kapacitet zračnog prostora ponajprije zbog fiksne mreže ruta koju su svi zrakoplovi morali koristiti, ali i zbog velike količine prometa koja koristi iste rute koje potom postaju zagušene. Europske države imale su različito organiziran zračni prostor što čini ukupan zračni prostor Europe kompliciranim, a zračni promet neefikasnim. Postoji i manjak kompatibilnosti između sustava koje koriste susjedni ANSP¹-ovi te manjak suradnje što dovodi do poteškoća u operativnoj suradnji i koordinaciji. Velik dio zračnog prostora koristi se u vojne svrhe, što je posebno problematično ako s radi o područjima u kojima prometuje velik broj civilnih korisnika te je razina suradnje između vojnih i civilnih korisnika nezadovoljavajuća. [1]

2. 1. Uspostava SES inicijative i njeni ciljevi

SES² (*Single European Sky*) inicijativa je Europske komisije, pokrenuta 1999. godine s primarnim ciljem donošenja legislative koja bi omogućila sustavu zračnog prometa u Europi povećanje kapaciteta u budućnosti uz postizanje zadovoljavajuće razine sigurnosti.

Ciljevi reforme su:

- uspostavljanje europskog zračnog prostora u jedinstvenu cjelinu,
- razvoj koherentnog ATM³ sustava diljem Europe,
- modernizacija ATM infrastrukture,
- definiranje osnovnih zahtjeva za interoperabilnost, zajedničkih nivoa funkcionalnosti i performansi te korištenje zajedničkih kompatibilnih procedura,
- promocija kulture sigurnosti,
- uvođenje novih sustava i procedura za povećanje kapaciteta kao i za eliminaciju ljudske pogreške,
- uvažavanje nacionalne sigurnosti i potrebe vojske za korištenjem zračnog prostora te jačanje suradnje s vojnim vlastima,
- poticanje suradnje između ANSP-ova, posebno na regionalnoj razini (uspostava funkcionalnih zračnih blokova). [1]

U izvješću *High level group* daje se preporuka da gornji zračni prostor treba organizirati tako da se osigura maksimalna efikasnost za prelete i konzistentnost s donjim zračnim prostorom, koji se treba orijentirati na dolazne i odlazne letove, letove na kraćim rutama te generalnu avijaciju.

¹ ANSP – eng. Air navigation service provider – hrv. pružatelj usluga u zračnoj plovidbi

² SES – eng. Single European Sky – hrv. Jedinstveno europsko nebo

³ ATM – eng. Air traffic management – hrv. upravljanje zračnim prometom

Implementacija jedinstvenog europskog neba trebala bi se odvijati u fazama kako bi se optimizirao kapacitet. Neki od prijedloga za postizanje koherentnog zračnog prostora su usklađivanje kategorija zračnog prostora, efektivna implementacija koncepta FUA⁴, uvođenje slobodnih ruta u gornjem zračnom prostoru te širenje tog prostora u fazama s naglaskom na eliminaciji postojećih i budućih zagušenih prometnih tokova. [1]

2. 1. 1. Prvi SES paket mjera

Prvi legislativni paket donesen 2004. godine je temelj za stvaranje dodatnog kapaciteta te za povećanje efikasnosti i interoperabilnosti sustava ATM-a u Europi te sadrži sljedeće četiri uredbe:

- Okvirna uredba (EC No 549/2004) – o utvrđivanju okvira za stvaranje jedinstvenog europskog neba,
- Uredba o pružanju usluga (EC No 550/2004) – o pružanju usluga u zračnoj plovidbi u jedinstvenom europskom nebu,
- Uredba o zračnom prostoru (EC No 551/2004) – o organizaciji i korištenju zračnog prostora u jedinstvenom europskom nebu,
- Uredba o interoperabilnosti (EC No 552/2004) – o interoperabilnosti europske mreže za upravljanje zračnim prometom (ATM). [2]

SES 1 paket mjera postavio je okvir za postizanje ciljeva reforme kroz partnerstvo država članica, Europske komisije, EUROCONTROLA⁵, vojnih vlasti te zrakoplovnih operatera. U državama su uspostavljena nacionalna nadzorna tijela NSA⁶ zadužena za certifikaciju pružatelja usluga u zračnoj plovidbi i sigurnosni nadzor u zračnom prometu. Iako su postignuti određeni pomaci u kvaliteti zračnog prometa, SES 1 paket nije ispunio ciljeve u područjima povećanja ekonomičnosti i integracije zračnog prostora u funkcionalne blokove zračnog prostora, FAB⁷-ove. To je dovelo do uspostave SES 2 paketa mjera.

2. 1. 2. Drugi SES paket mjera

Paket mjera SES 2 razvijen je 2008. godine, te donosi sljedeća rješenja:

- uvodi okvir za praćenje učinkovitosti europskog ATM-a definirajući mjerljive ciljeve u najbitnijim područjima,

⁴ FUA – eng. Flexible use of airspace – hrv. fleksibilno korištenje zračnog prostora

⁵ EUROCONTROL – europska organizacija za sigurnost zračne plovidbe

⁶ NSA – eng. National supervisory authority – hrv. nacionalna nadzorna vlast

⁷ FAB – eng. Functional airspace block – hrv. funkcionalni blok zračnog prostora

- donosi jedinstveni sigurnosni okvir koji omogućuje razvoj i efektivnu implementaciju sigurnosnih regulacija što se postiže proširivanjem nadležnosti EASA⁸-e,
- promovira razvoj i implementaciju novih tehnologija i operativnih koncepata kroz projekt SESAR⁹ (Single European Sky ATM Research),
- nastoji unaprijediti upravljanje kapacitetom na aerodromima. [2]

Jedno od rješenja za postizanje jedinstvenog zračnog prostora iznad Europe smanjenjem fragmentacije prostora je uspostava FAB-ova. Koncept je prvotno definiran u paketu SES 1 uredbom o pružanju usluga (550/2004) te kasnije razvijen kao dio paketa SES 2 i definiran u uredbi 1070/2009 koja je donesena radi poboljšanja izvedbe i održivosti europskog zrakoplovnog sustava. Funkcionalni blokovi zračnog prostora su ključni za unaprjeđenje suradnje između pružatelja usluga u zračnoj plovidbi kako bi se poboljšala izvedba i stvorila sinergija. Uredba propisuje da države članice trebaju uspostaviti funkcionalne blokove zračnog prostora te trebaju surađivati međusobno po potrebi s trećim zemljama. Ističe se važnost postizanja zajedničke, usklađene strukture zračnog prostora. Organizacija zračnog prostora trebala bi se temeljiti na zajedničkim načelima. Potrebno je osigurati postupnu provedbu glavnog plana ATM-a, te osmisлити i upravljati zračnim prostorom u skladu s propisanim pravilima. [3]

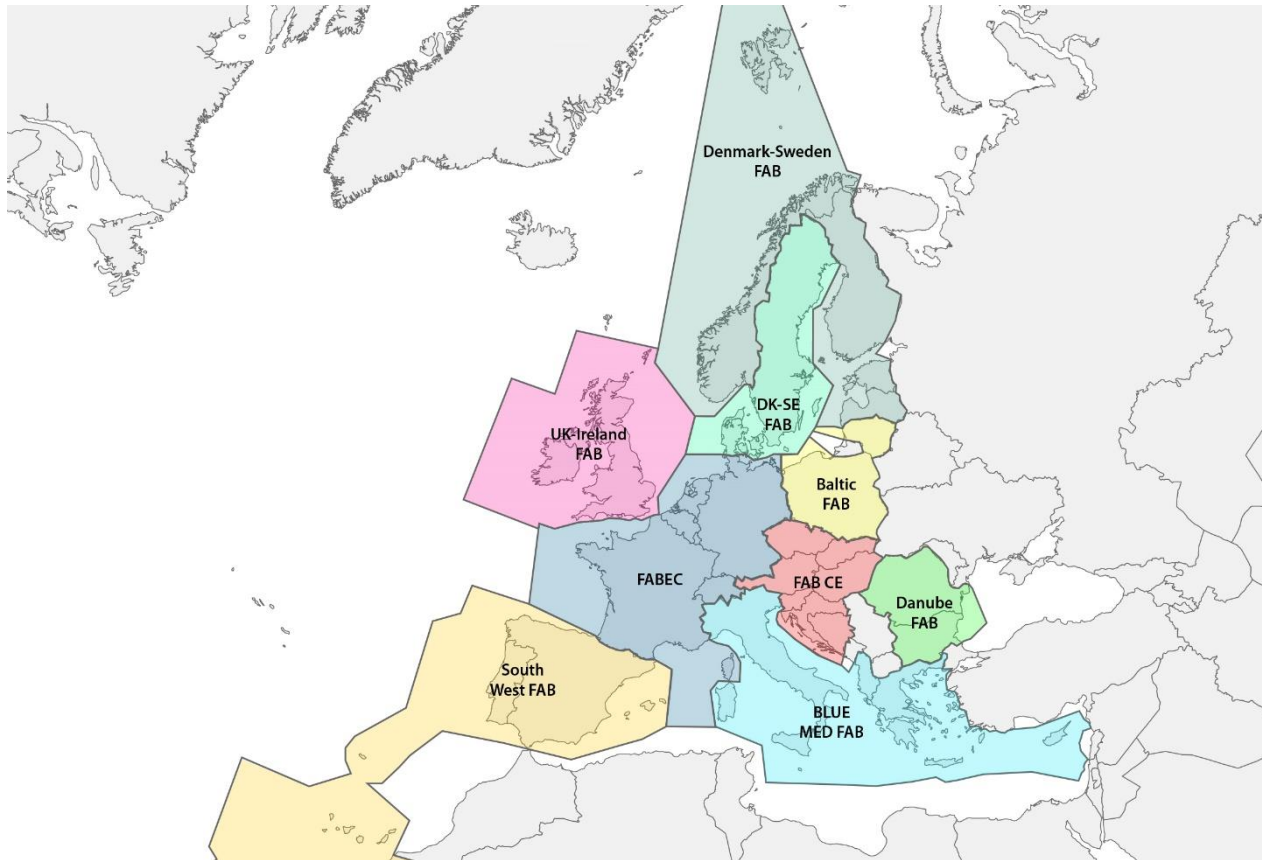
Uspostavljeno je devet FAB prostora:

- UK - Ireland FAB (Irska i Ujedinjeno Kraljevstvo),
- Danish – Swedish FAB (Danska i Švedska),
- Baltic FAB (Litva i Poljska),
- BLUE MED FAB (Cipar, Grčka, Italija i Malta),
- Danube FAB (Bugarska i Rumunjska),
- FAB CE (Austrija, Bosna i Hercegovina, Češka, Hrvatska, Mađarska, Slovačka i Slovenija),
- FABEC (Belgija, Francuska, Luksemburg, Nizozemska i Njemačka),
- North European FAB (Estonija, Finska, Latvija i Norveška),
- South West FAB (Portugal i Španjolska). [4]

Na slici 2. 1. prikazani su navedeni FAB-ovi.

⁸ EASA – eng. European Aviation Safety Agency, Europska agencija za sigurnost u zrakoplovstvu

⁹ SESAR – eng. Single European Sky ATM Research, projekt modernizacije upravljanja zračnim prostorom u Europi



Slika 2. 1. Europski FAB-ovi [4]

U uspostavljanju okvira suradnje i donošenju planova sudjeluju civilne i vojne vlasti država članica pojedinih FAB-ova, uključujući i njihove NSA-ove. Analogno ciljevima inicijative SES, članice FAB-ova formiraju projekte koji će donijeti pozitivne rezultate na područjima sigurnosti, kapaciteta, ekonomičnosti, tehnološkog razvoja i smanjenja utjecaja na okoliš.

2. 1. 3. Projekt SESAR

Kako bi se postigli željeni rezultati SES inicijative potrebno je razviti nove tehnologije, te je zbog tog razloga 2007. godine osnovan SESAR program s ciljem razvoja novih tehnologija potrebnih za poboljšanje i modernizaciju ATM sustava. *SESAR Joint Undertaking* je javno-privatno partnerstvo te uključuje interesne skupine cijele ATM zajednice: EUROCONTROL-ov odjel *Network Manager*, civilne i vojne pružatelje usluga zračne plovidbe, aerodrome, civilne i vojne korisnike zračnog prostora, znanstvenu zajednicu te istraživačke centre. [5]

Europski *ATM Master Plan* opisuje osnovne operativne i tehnološke promjene predviđene programom SESAR u područjima sigurnosti, zaštite, ekonomičnosti, kapaciteta, operativne učinkovitosti te ekologije. Konkretni ciljevi SES-a (*high level goals*) koji se žele postići pomoću SESAR-a su:

- utrostručenje kapaciteta,
- smanjenje troškova po letu za 50%,
- smanjenje štetnih emisija za 50%,
- povećanje sigurnosti za faktor deset. [5]

SESAR-ova rješenja odnose se na nove ili poboljšane procedure odnosno tehnologije koje unaprjeđuju europski sustav ATM-a. Jedno od rješenja SESAR-a koje vodi prema ujedinjenju europskog neba u jedinstvenu cjelinu je i prostor slobodnih ruta FRA¹⁰.

2. 2. Koncept prostora slobodnih ruta

Koordinirani razvoj i implementacija FRA inicirana je od strane EUROCONTROL-a 2008. godine kao dio *Flight Efficiency Plan* kojeg su razvijali IATA¹¹, CANSO¹² i EUROCONTROL. Prvi koraci prema implementaciji najavljeni su dokumentom *European ATS Route Network 6 (ARN 6)*, a cjelokupna koordinacija uključena je u ARN verziju 7 u kontekstu RND SG¹³. To je koordinacijski forum za europski dizajn zračnog prostora i razvoj, planiranje i implementaciju poboljšane europske mreže ATS¹⁴ ruta, optimizaciju ATC sektora te civilnih i vojnih struktura zračnog prostora. [6]

ATC sektori moraju se prilagoditi glavnim tokovima prometa i optimalnoj mreži ruta, te je potrebno povećanje broja prekograničnih ATC sektora kako bi se olakšale operacije u prostoru slobodnih ruta. Potrebno je i usklađivanje klasa zračnog prostora u cijeloj Europi kako bi se osigurao neometan protok prometa te kako bi se povećala sigurnost. [6]

2. 2. 1. Dizajn FRA

Prostor slobodnih ruta je određeni zračni prostor u kojem korisnici mogu slobodno planirati rutu između definirane ulazne i izlazne točke, s mogućnošću planiranja preko među-točaka (objavljenih ili neobjavljenih), bez korištenja fiksne mreže ruta, pod uvjetom da je određeni zračni prostor dostupan za planiranje. U ovom prostoru, letovi su podložni kontroli zračnog prometa. [6]

Cilj FRA koncepta je pružanje zakonodavnog okvira za implementaciju FRA u europskom prostoru gdje god država/FAB/ANSP ili grupa država/FAB-ova/ANSP-ova donese odluku o implementaciji takvog oblika zračnog prostora. FRA implementacija je obvezna:

¹⁰ FRA – eng. Free route airspace – hrv. prostor slobodnih ruta

¹¹ IATA – eng. International Air Transport Association – hrv. Međunarodna udruga za zračni prijevoz

¹² CANSO – eng. Civil Air Navigation Services Organization - hrv. Organizacija pružatelja usluga u zračnoj plovidbi

¹³ RND SG – eng. Route Network Development Sub-group, skupina za organizaciju rutne mreže

¹⁴ ATS – eng. Air traffic services – hrv. operativne službe kontrole zračnog prometa

- poštivati sigurnosne ciljeve,
- biti kompatibilna s postojećim operacijama,
- biti održiva u budućem razvoju prostora/operacija,
- biti u stanju proširiti se na susjedni prostor ili povezati se sa postojećim susjednim FRA prostorom,
- biti u stanju proširiti se u druge regije. [6]

Preduvjeti za uspostavu FRA su:

- prikladan sustav podrške (za planiranje leta i provedbu ATFCM¹⁵-a),
- unaprjeđene procedure za operacije unutar FRA,
- prilagodba strukture zračnog prostora,
- prilagodba procedura upravljanja zračnim prostorom,
- manje modifikacije sustava za planiranje leta zrakoplovnih operatera kako bi se iskoristile sve beneficije FRA. [6]

Prije implementacije FRA, strane koje ga implementiraju moraju u suradnji s *Network Managerom* provesti sljedeće korake:

1. Operativna validacija s NM¹⁶ (organizacija zračnog prostora, procedure, restrikcije, aspekti planiranja leta, opis vojnih aktivnosti i civilno-vojne procedure) – barem 5 AIRAC¹⁷ ciklusa prije implementacije.
2. Uključiti susjedne države/FAB-ove/ANSP-ove u validaciju (definirati organizaciju zračnog prostora kroz transferne točke, ažurirati sporazumna pisma susjednih zemalja LoA¹⁸, opisati restrikcije, aspekte planiranja leta te opis vojnih aktivnosti i civilno-vojne procedure) – barem 5 AIRAC ciklusa prije implementacije
3. Omogućiti dostupnost skica AIS¹⁹ publikacija sa sljedećim informacijama o karakteristikama FRA: lateralne granice, vertikalne granice, FRA ulazne i izlazne točke, FRA točke koje povezuju FRA prostor s odlaznim i dolaznim rutama, FRA među-točke, vrijeme primjenjivosti FRA, vojni prostor.
4. Nakon validacije, postoji mogućnost potrebe za promjenom određenih podataka i informacija što je potrebno napraviti tako da je finalna AIS publikacija spremna barem 2 AIRAC ciklusa prije implementacije. [7]

¹⁵ ATFCM – eng. Air traffic flow and capacity management – hrv. upravljanje protokom i kapacitetom zračnog prometa

¹⁶ NM – eng. Network Manager, upravitelj mreže, funkcija EUROCONTROLA

¹⁷ AIRAC – eng. Aeronautical information regulation and control – hrv. uređivanje i kontrola zrakoplovnih informacija

¹⁸ LoA – eng. Letter of agreement – hrv. sporazumna pisma susjednih zemalja

¹⁹ AIS – eng. Aeronautical information services – hrv. usluge zrakoplovnog informiranja

2. 2. 2. Ograničenja FRA

Prostor slobodnih ruta može biti vremenski i strukturalno ograničen, ali i ograničen mogućnostima planiranja leta.

Vremenski ograničen FRA (npr. noćni ili sezonski FRA) koristan je za ranu implementaciju, te omogućuje lakšu prilagodbu na nove sustave i procedure. Potrebno je ustanoviti procedure za tranziciju između korištenja FRA i fiksne mreže ruta. [6]

Strukturalno ograničen FRA pogodan je za korištenje u kompleksnim zračnim prostorima gdje bi potpuna implementacija FRA imala negativan utjecaj na kapacitet istog. Npr. moguće je ograničiti dostupne horizontalne ulazne i izlazne točke za određene tokove prometa kako bi se povećala predvidljivost prometa i smanjio broj potencijalnih konflikata. [6]

Ograničenja planiranja leta kroz IFPS²⁰ navedena su u CACD²¹ (*Central Airspace and Capacity Database*) te njima definiraju dva modela FRA ovisno o mogućnostima planiranja leta. U oba FRA modela zrakoplovi lete od FRA ulazne do FRA izlazne točke preko jedne ili više FRA među-točaka koje nije obvezno navesti u planu leta. [6]

U „Full FRA“ modelu kao među-točke mogu se koristiti:

- sve objavljene točke,
- neobjavljene točke definirane geografskim koordinatama.

U „FRA-IP²²“ mogu se koristiti samo objavljene među-točke za planiranje leta.

2. 2. 3. Organizacija zračnog prostora u FRA

FRA se najčešće klasificira kao prostor klase C. FLOS²³ koji će biti korišten u FRA treba objaviti u relevantnoj nacionalnoj AIS publikaciji.

Donja vertikalna granica prostora treba biti koordinirana na europskoj razini kako bi se osigurala dobra povezanost sa susjednim prostorima. To može uzrokovati različite visine donje granice unutar jednog FRA, koje mogu biti vremenski ograničene. Donja granica trebala bi biti što je moguće niža visina uzimajući u obzir kompleksnost zračnog prostora i prometnu potražnju.

Vertikalna povezanost između FRA i donje fiksne mreže ruta mora uzeti u obzir tipične profile spuštanja i penjanja zrakoplova. Preporuča se osigurati dostupnost putnih točaka koje

²⁰ IFPS – eng. Initial flight plan processing system – hrv. sustav za procesiranje planove leta

²¹ CACD – eng. Central Airspace and Capacity Database, baza podataka o zračnom prostoru i kapacitetu

²² FRA-IP – eng. FRA with Intermediate points – hrv. prostor slobodnih ruta s među-točkama

²³ FLOS – eng. Flight level orientation scheme – hrv. shema dodjela visine leta prema orijentaciji

odgovaraju tim profilima, npr. objavljivanje produljenih SID²⁴-ova i STAR²⁵-ova, dizajn novih SID-ova i STAR-ova kako bi se osigurala fleksibilnost ili dizajn konektirajućih ruta između FRA točaka i posljednje točke SID-a ili prve točke STAR-a. [6]

Horizontalne granice objavljuju se u nacionalnoj AIS publikaciji, te je poželjno da se baziraju na operativnim zahtjevima, a ne nužno na granicama FIR²⁶-a ili granicama ATC²⁷ jedinice, pogotovo u prostorima gdje bi direktna ruta zahtijevala da zrakoplov na kratko vrijeme izađe izvan granica FRA. U takvim je situacijama potreban dogovor sa susjednim ATC jedinicama. [6]

Horizontalne ulazne i izlazne točke moraju biti objavljene u AIS publikaciji te mora biti točno određena vrsta točke (npr. ulazna, izlazna, ulazno-izlazna). One moraju osigurati nesmetani prijelaz između FRA i fiksne mreže ruta.

2. 2. 3. 1. Rezervacije zračnog prostora unutar FRA

Koncept FUA kroz vojno-civilnu suradnju minimizira odvajanje prostora samo za određene korisnike, umjesto toga strukture zračnog prostora odvajaju se samo pod određenim uvjetima i u specificiranim vremenskim periodima. Time se omogućava korištenje zajedničkog prostora kroz primjerenu vojno-civilnu koordinaciju. FUA definira sljedeće strukture zračnog prostora koje mogu biti korištene za civilne i vojne aktivnosti:

- TRA (*Temporary Reserved Area*) – privremeno rezervirano područje,
- TSA (*Temporary Segregated Area*) – privremeno odvojeno područje,
- CBA (*Cross-Border Area*) – prekogranično područje,
- D (*Danger Area*) – opasno područje,
- R (*Restricted Area*) – ograničeno područje,
- P (*Prohibited Area*) – zabranjeno područje. [6]

Ove strukture zračnog prostora koriste se i u konceptu FRA, te mogu biti stalno ili privremeno aktivne.

2. 2. 3. 2. Sektorizacija zračnog prostora

Postoji mogućnost da trenutna sektorizacija zračnog prostora mora biti prilagođena novim uvjetima kad prostor postane FRA kako bi se uskladio FRA i donji prostor fiksne mreže ruta. Promet će se potencijalno raširiti na cijeli prostor sektora, za razliku od prostora fiksnih

²⁴ SID – eng. Standard instrument departure – hrv. standardna instrumentalna procedura za odlazak

²⁵ STAR – eng. Standard instrument arrival – hrv. standardna instrumentalna procedura za dolazak

²⁶ FIR – eng. Flight information region – hrv. područje pružanja letnih informacija

²⁷ ATC – eng. Air traffic control – hrv. kontrola zračnog prometa

ruta gdje je sav promet na točno određenim prometnim pravcima. Također je moguća potreba za većom fleksibilnošću dizajna sektora ovisno o prometnoj potražnji.

FRA sektori trebaju biti neovisni od državnih granica ili granica FIR-a te fleksibilni za rekonfiguraciju kako bi se zadovoljila prometna potražnja.

Dizajn sektora mora uzeti u obzir:

- glavne prometne tokove i orijentaciju prometa,
- minimiziranje broja kratkih prijelaza između sektora,
- minimiziranje broja ponovnih ulazaka u sektor ili ACC²⁸,
- rezervacije zračnog prostora,
- dinamičnije prometne uzorke koji utječu na kapacitet sektora,
- koherentnost sa susjednim sektorima fiksne mreže ruta i susjednim ATS rutama koje ga spajaju sa SID-ovima/STAR-ovima,
- aspekte vojno-civilne koordinacije. [7]

Aktivna konfiguracija sektora mora biti koordinirana u stvarnom vremenu s NMOC²⁹, te lokalni FMP³⁰ mora imati proaktivnu ulogu pri odabiru optimalne konfiguracije.

2. 2. 4. Upravljanje zračnim prostorom i planiranje leta u FRA

ASM³¹ u FRA razlikuje se od onog u mreži fiksnih ruta jer operatori zrakoplova nemaju informacije o tome koje su rute slobodne za planiranje, već koji je prostor (ne)dostupan. Oni moraju imati informacije o aktivnosti svih rezervacija prostora tijekom njihovog boravka u FRA. Potrebna je kontinuirana razmjena informacija u o aktivaciji rezervacija zračnog prostora između ATC jedinica, odgovarajućih vojnih vlasti, korisnika zračnog prostora i upravitelja mrežom NM. 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. [6]

LoA se trebaju korigirati zbog specifičnosti FRA, posebno u kategorijama transfernih točaka, fleksibilne promjene sektorizacije, veza između FRA i mreže fiksnih ruta, fluktuacije prometnih tokova te mogućnosti izlaska iz prostora na nasumičnim točkama. Također je potrebno osigurati automatsku razmjenu podataka između ACC-ova.

²⁸ ACC – eng. Area control centre – hrv. jedinica oblasne kontrole

²⁹ NMOC – eng. Network Manager operation centre – hrv. centar mrežnog upravljanja

³⁰ FMP – eng. Flow management position – hrv. pozicija za upravljanje protokom zračnog prometa

³¹ ASM – eng. Airspace management – hrv. upravljanje zračnim prostorom

Procedure planiranja leta unutar FRA moraju biti jednostavne za korištenje i povezane s procedurama unutar ATS fiksne mreže ruta. Standardni ICAO³² format plana leta vrijedi i za planiranje leta unutar FRA.

Kako bi se osigurali optimalni uvjeti operacija, korisnici zračnog prostora mogu koristiti bilo koje među-točke koje nisu objavljene, a definirane su geografskim koordinatama ili *bearingom* i udaljenošću. Ako to nije moguće, potrebno je osigurati objavu FRA među-točaka.

Planovi leta trebaju se predati kroz sustav IFPS u zadanom vremenskom periodu prije leta. Uz standardne provjere u IFPS-u, planirana ruta bit će odbijena ako:

- ne poštuje objavljene FRA horizontalne ulazne ili izlazne točke,
- ne poštuje FRA odlazne/dolazne među-točke ili neke druge zahtjeve,
- krši rezervaciju prostora,
- krši vremenske parametra FRA (kod vremenski ograničenih FRA). [6]

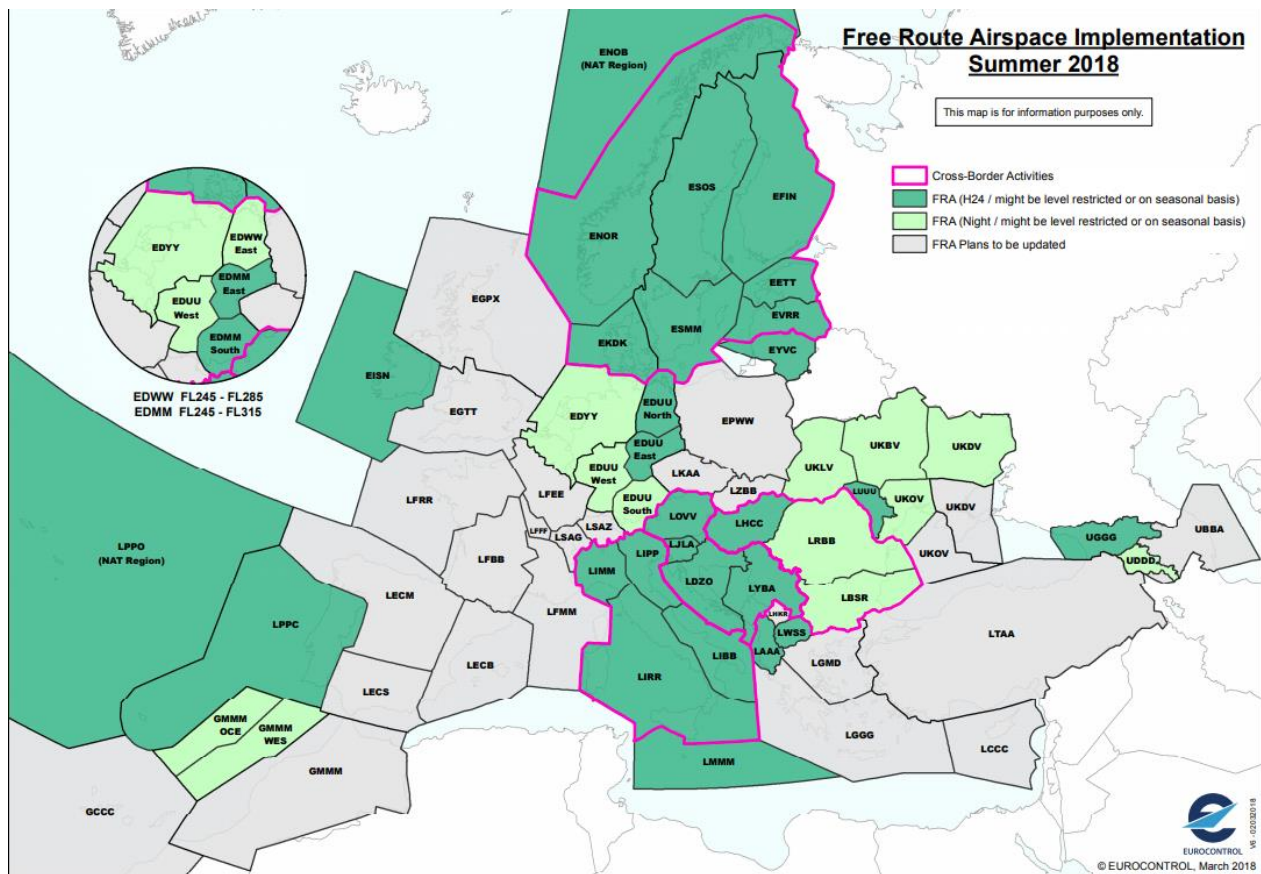
Prilikom predlaganja alternativne rute, IFPS nije u mogućnosti uzeti u obzir različite kriterije korisnika pri odabiru rute, već ih predlaže na temelju najkraće udaljenosti i/ili na alternativnoj razini leta (ispod/iznad rezervacije zračnog prostora).

Planovi leta distribuiraju se relevantnim ATS pružateljima usluga, vojnim organizacijama te drugim stranama koje imaju dozvolu nacionalnih vlasti.

2. 2. 5. Implementacija FRA u europskom zračnom prostoru

51 jedinica kontrole zračnog prometa implementirala je u potpunosti ili djelomično FRA operacije do kraja 2017. godine, time je nadmašen prvotni cilj od 35 ACC-ova koji je bio objavljen u *Network Manager Performance Plan*. Na slici 2. 2. je prikazana implementacija u Europi za ljetu 2018. [8]

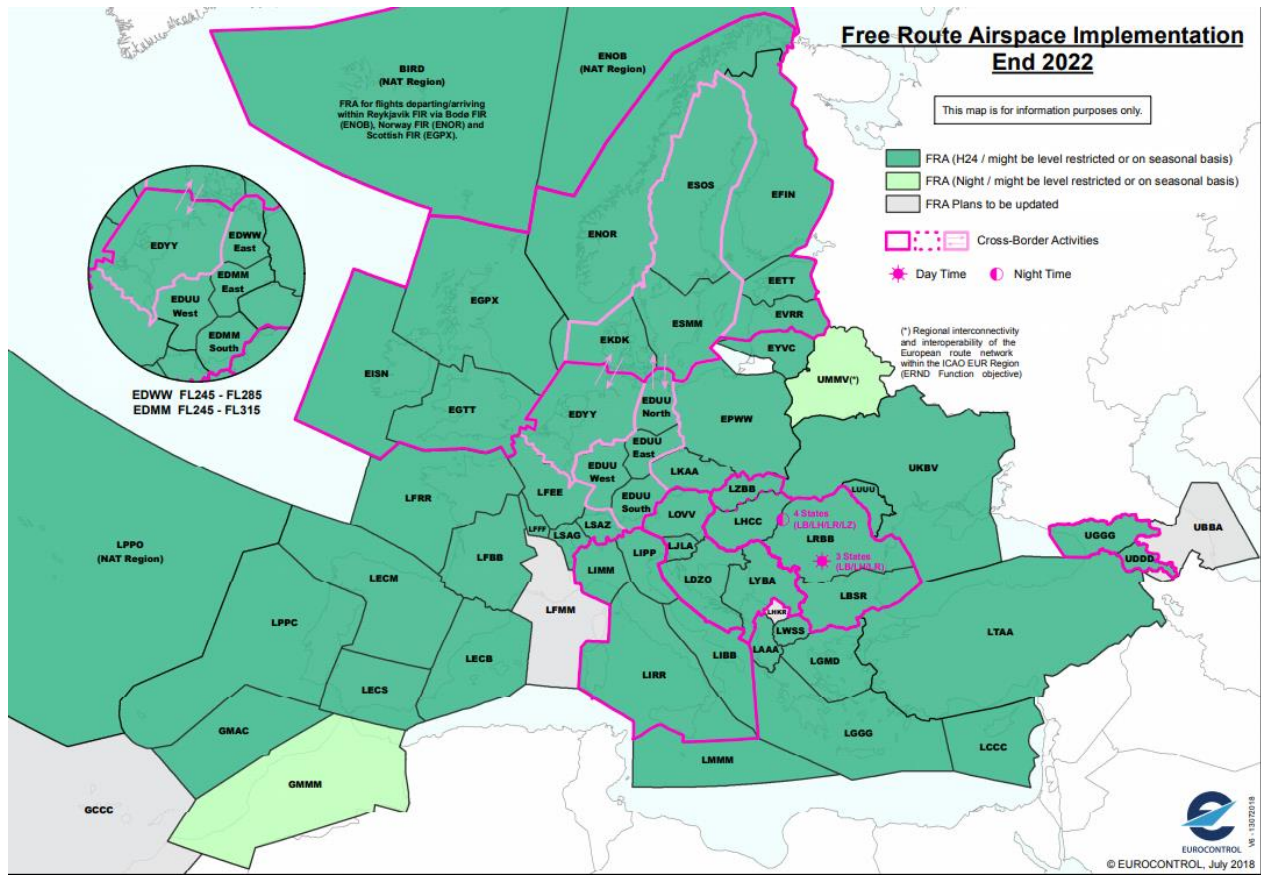
³² ICAO – eng. International Civil Aviation Organization – hrv. Organizacija međunarodnog civilnog zrakoplovstva



Slika 2. 2. Implementacija FRA u Europi za ljeto 2018. [8]

Prekogranični FRA implementiran je u sljedećim državama: SESC FRA (Austrija, Slovenija, Hrvatska, Srbija, Bosna i Hercegovina), SEENFRA (Rumunjska, Mađarska, Bugarska), NEFRA (Estonija, Latvija, Finska, Švedska, Danska, Norveška), Malta/Italija FRA.

Predviđa se da će do kraja 2019. većina europskog zračnog prostora imati implementiranu neku vrstu FRA, a do 2021. ili 2022. će cijeli zračni prostor imati FRA operacije. Na slici 2. 3. prikazan je plan FRA implementacije za kraj 2022. godine. [8]

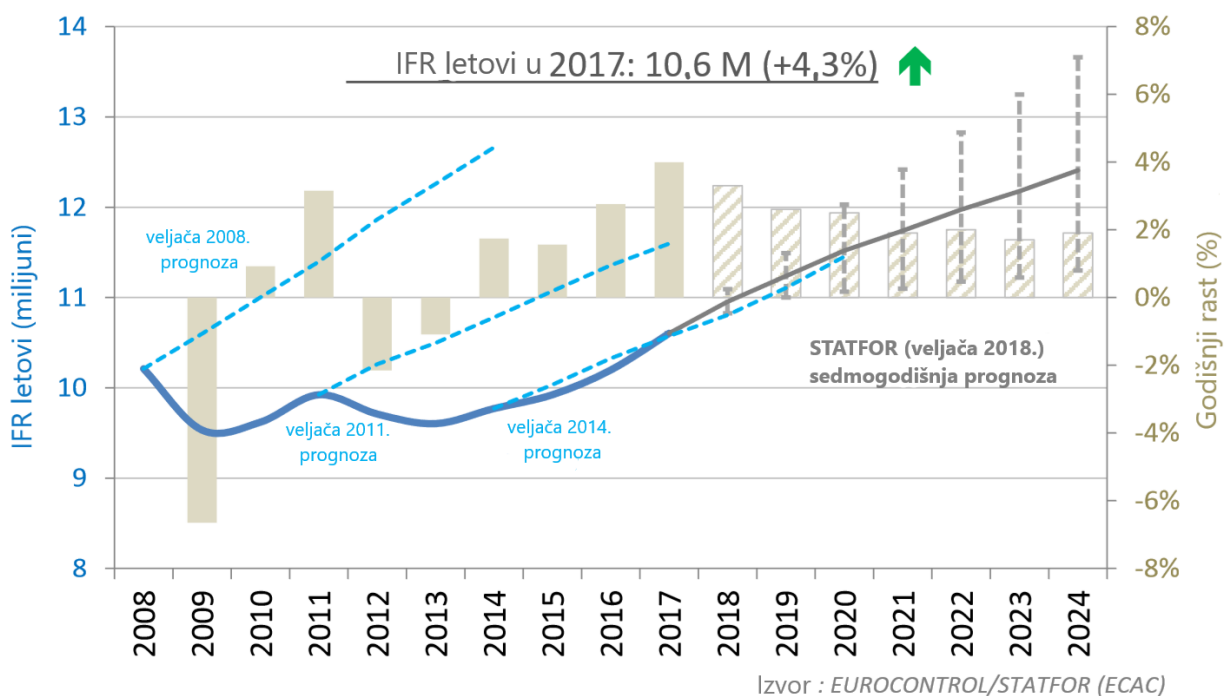


Slika 2. 3. Plan implementacije FRA u Europi za kraj 2022. godine [8]

3. Ključni pokazatelji za mjerenje učinkovitosti unutar sustava upravljanja zračnim prometom

Kako bi se odredila razina učinkovitosti cijelog ATM sustava, kao i kvaliteta usluge zračne plovidbe potrebno je odrediti mjerljive indikatore – ključne pokazatelje učinkovitosti KPI³³. Oni se upotrebljavaju za postavljanje ciljeva učinkovitosti unutar ATM-a, praćenje i vrednovanje učinkovitosti. Najbitnija područja ATM-a su sigurnost, utjecaj na okoliš, ekonomičnost te kapacitet.

Svake godine, nezavisno tijelo EUROCONTROLA *Performance Review Commission* objavljuje PRR³⁴, izvješće o učinkovitosti europskog ATM-a. Na temelju PRR-a, komisija definira nezavisno mišljenje o izvedbi pojedinih pružatelja usluga u zračnom prometu te daje savjete i preporuke zemljama članicama EUROCONTROL-a. Na slici 3. 1. prikazan je broj letova i godišnji porast prometa u ECAC³⁵ regiji.



Slika 3. 1. Broj letova i godišnji porast prometa za ECAC regiju [9]

³³ KPI – eng. Key performance indicator – hrv. ključni pokazatelj učinkovitosti

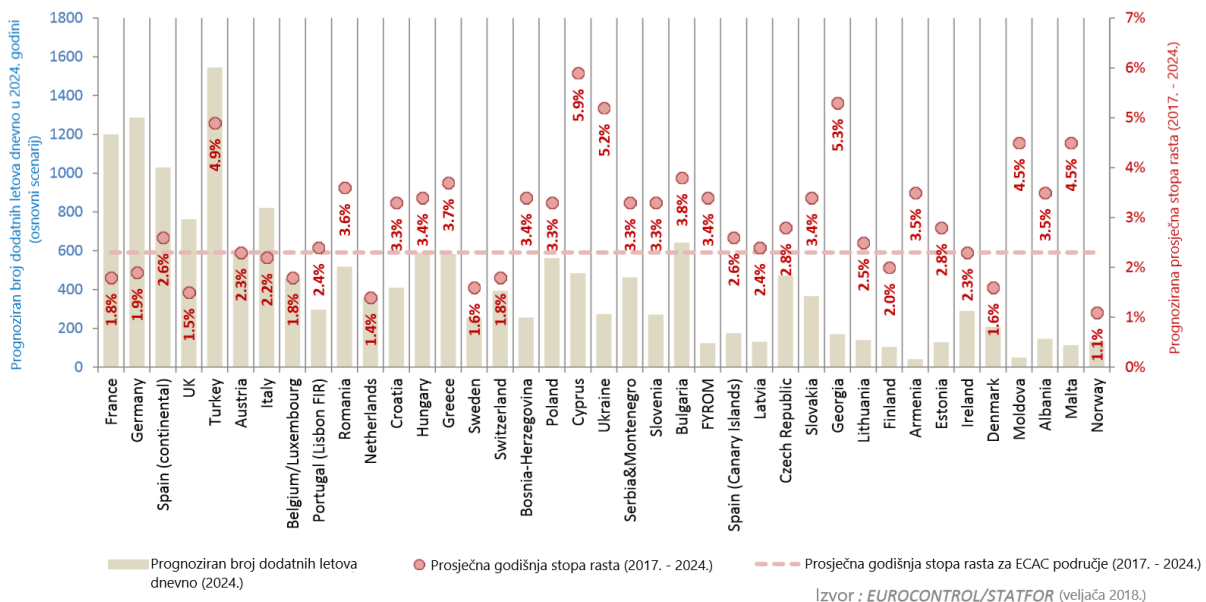
³⁴ PRR – eng. Performance review report – hrv. pregled izvještaja o izvedbi

³⁵ ECAC – eng. European Civil Aviation Conference – hrv. Europska konferencija za civilno zrakoplovstvo

2017. godine broj IFR³⁶ letova u ECAC regiji narastao je za 4,3% u odnosu na 2016. što je odgovaralo optimističnoj prognozi STATFOR³⁷-a. Po najrecentnijoj prognozi osnovnog scenarija, u 2018. godini očekuje se porast od 3,3%. [9]

Najveći broj letova zabilježen je 30. lipnja i iznosio je 35 251 let, broj letova toga dana bio je 23,8% veći od broja letova na prosječni dan. U analizu je uključen 41 ANSP i svi osim AVINOR, pružatelja usluga u Norveškoj, zabilježili su porast prometa u odnosu na 2016. godinu. Najveći porast imali su DSNA (Francuska), NATS (Ujedinjeno Kraljevstvo), DFS (Njemačka) i ENAIRE (Španjolska). U odnosu na 2016. godinu povećao se i broj sati leta (+5,4%) i prijeđena udaljenost (+5,7%). Oboje je raslo većom stopom od rasta broja letova, što je uz porast prosječne mase zrakoplova pri polijetanju (+1,4%) dovelo do rasta cijene za rutnu fazu (*unit rate* koji ovisi o masi i udaljenosti) (+6,2%). [9]

Prema osnovnom scenariju procjenjuje se da će se broj letova do 2024. godine povećati za 17% u odnosu na 2017. godinu, što bi iznosilo 12,4 milijuna letova, no rast prometa nije jednoliko raspoređen ECAC područjem. Na slici 3. 2. prikazana je prometna prognoza za sve države članice ECAC-a za sljedećih 7 godina. Stupci prikazuju prognoziran broj dodatnih letova dnevno u 2024. godini, a točke označavaju prosječni godišnji rast između 2017. i 2024. godine. [9]



Slika 3. 2. Prometna prognoza za članice ECAC-a [9]

Predviđa se da će Turska imati najveći broj dodatnih letova dnevno, a slijede Njemačka i Francuska. Najmanji broj dodatnih letova, po prognozi, imat će Armenija i Moldavija. Najveća je

³⁶ IFR - eng. Instrument flight rules – hrv. pravila instrumentalnog letenja

³⁷ STATFOR – eng. Statistics and forecasts – hrv. statistike i prognoze

godišnja stopa rasta prognozirana za Cipar (5,9%), Gruziju (5,3%) i Tursku (4,9%) a najmanji rast trebala bi imati Norveška (1,1%). [9]

3. 1. Sigurnost

KPI za sigurnost su: broj incidenata, broj zrakoplovnih nesreća, korištenje RAT³⁸ alata te promocija sigurnosti.

Najčešći incidenti su narušavanje separacijskog minimuma (*SMI – separation minima infringements*), neovlašteni ulasci na uzletno-sletnu stazu (*RI – runway incursion*), neovlašteni ulasci u zračni prostor (*AI – airspace infringement* ili *UPA – unauthorised penetrations of airspace*), te ATM specifični događaji. [9]

Zrakoplovne nesreće povezane s ATM-om se dijele na nesreće s direktnim utjecajem ATM-a (procijenjeno je da je barem jedna stavka ATM-a bila u „lancu događaja“ koji su prethodili nesreći ili incidentu/nezgodi) i nesreće s indirektnim utjecajem ATM-a (nijedna stavka ATM-a nije direktno bila u „lancu događaja“ koji su doveli do nesreće ili incidenta, ali je postojala barem jedna stavka ATM-a koja je potencijalno povećala rizik za događanje nesreće; procjenjuje se da bi se bez te stavke nesreća ili nezgoda svejedno mogle dogoditi).

³⁸ RAT – eng. Risk analysis tool – hrv. alat za analizu rizika

U tablici 1. prikazana je analiza broja događaja narušavanja sigurnosti u Europi za 2017. godinu u odnosu na godinu ranije.

Tablica 1. Analiza događaja povezanih sa sigurnosti u Europi za 2017. godinu [9]

Događaj	2016.	2017.	Promjena
Nesreće i incidenti			
Ukupan broj nesreća povezanih s ATM-om	2	1	-50%
Ukupan broj nesreća razina ozbiljnosti A i B	727	827	+14%
Ukupan broj prijavljenih ATM incidenata	25 044	36 487	+46%
Događaji bez dodijeljene razine ozbiljnosti	24%	8%	-67%
Narušavanje separacijskih minimuma (SMI)			
Ukupan broj prijavljenih događaja	2435	2368	-3%
Ukupan broj prijavljenih događaja razine ozbiljnosti A i B	344	287	-17%
Neovlašteni ulazak na USS (RI)			
Ukupan broj prijavljenih događaja	1622	1454	-10%
Ukupan broj prijavljenih događaja razine ozbiljnosti A i B	117	104	-11%
Neovlašten ulazak u zračni prostor (UPA)			
Ukupan broj prijavljenih događaja	4646	5012	+8%
Ukupan broj prijavljenih događaja razine ozbiljnosti A i B	81	87	+7%
ATM specifični događaji			
Ukupan broj prijavljenih događaja	17 675	16 287	-8%
Ukupan broj prijavljenih događaja razine ozbiljnosti A i B	316	326	+3%

Veliko povećanje prijavljenih incidenata pripisuje se implementaciji Uredbe o izvještavanju, analizi i naknadnom postupanju u vezi s događajima u civilnom zrakoplovstvu (376/2014) koja obvezuje korisnike da prijavljuju događaje koje ranije nije bilo potrebno prijaviti, npr. udar ptice ili ometanje laserom. [9]

Za sigurnosne analize bitan je način na koji se nesreće i nezgode prijavljuju, istražuju i analiziraju. Potrebno je prikupiti što više podataka vezano uz događaj kako bi se olakšala istraga i analiza. Događaje je bitno točno klasificirati obzirom na njihov uzrok kako bi se analizom sličnih događaja došlo do rješenja za povećanje sigurnosti. Za klasifikaciju se koristi alat RAT sa sustavom razina ozbiljnosti događaja (od incidenta bez utjecaja na sigurnost do ozbiljnog incidenta).

Unutar organizacija vrednuju se razina implementacije kulture sigurnosti, način upravljanja rizicima, promocija i osiguravanje sigurnosti.

Unatoč konstantnom rastu prometa u Europi, razina sigurnosti ostaje na konstantno visokoj razini. Također, povećala se kvaliteta i cjelovitost podataka o sigurnosti koji se prijavljuju EUROCONTROL-u.

3. 2. Kapacitet

Zbog prevelike prometne potražnje koju ANSP-ovi ne mogu zadovoljiti dovoljnim kapacitetom dolazi do primjene različitih regulacija, a one potom uzrokuju kašnjenja koja su uzeta kao glavni KPI za kapacitet zračnog prostora. KPI za kapacitet je broj minuta rutnog ATFM kašnjenja po letu. Definiran je kao razlika između zahtijevanog vremena polijetanja od strane operatora zrakoplova u zadnjem predanom planu leta i izračunatog vremena polijetanja od strane centralne jedinice ATFM-a.

Kao i posljednje tri godine, ukupno rutno ATFM kašnjenje povećalo se većom stopom (+7,1% u odnosu na 2016. godinu) nego broj letova (+4,3% u odnosu na 2016.) što je dovelo do povećanja prosječnog rutnog kašnjenja po letu u odnosu na 2016. godinu. 5,3% svih letova u EUROCONTROL području kasnilo je zbog rutnih ATFM regulacija, odnosno broj letova zahvaćenih kašnjenjem povećao se za 0,6% u odnosu na 2016. godinu kad je kasnilo 4,7% svih letova. Ipak, prosječno kašnjenje po letu smanjilo se s 18,1 minute po letu u 2016. na 16,5 minuta po letu u 2017. godini. [9]

U tablici 2. prikazan je odnos broja letova zahvaćenih kašnjenjem i prosječnog kašnjenja po letu za 2017. godinu u odnosu na godinu ranije s navedenim uzrocima kašnjenja.

Tablica 2. Analiza kašnjenja u Europi za 2017. godinu [9]

Uzroci rutnog ATFM kašnjenja	Letovi zahvaćeni kašnjenjem [%]		Kašnjenje po letu [minute]	
	2017.	Promjena u odnosu na 2016.	2017.	Promjena u odnosu na 2016.
Kapacitet (ATC)	2,6%	+0,4%	14,6	-0,8
Manjak osoblja (ATC)	1,0%	+0,3%	13,9	-2,1
Štrajkovi (ATC)	0,3%	0,0%	33,1	-5,9
Vremenski uvjeti	1,0%	+0,2%	20,4	-0,2
Specijalni događaji	0,2%	-0,3%	13,7	-3,3
Kapacitet	0,1%	+0,1%	14,3	-1,0
Štrajkovi	0,1%	-0,1%	20,0	-0,8
Ukupno	5,3%	+0,6%	16,5	-1,5

Iz navedenih podataka može se primijetiti da su najveći uzrok kašnjenja manjak ATC kapaciteta i osoblja s uzrokovanih 59,9% kašnjenja, što ukupno iznosi 5,6 milijuna minuta kašnjenja (porast od 16% u odnosu na 2016.) iz čega se dobiva iznos od 560 milijuna eura dodatnih troškova za korisnike zračnog prostora. Preporuke komisije za smanjenje udjela ATC kapaciteta i osoblja kao uzroka kašnjenja za ANSP-ove su sljedeće:

- planirati i implementirati prikladne programe osposobljavanja,
- evaluacija trenutnih i prognoziranih ograničavajućih faktora za kapacitet te implementacija proaktivnih planova kapaciteta,
- fleksibilnost pri izradi rasporeda smjena za osoblje koja omogućuje dovoljan broj kontrolora za zadovoljavanje prometne potražnje. [9]

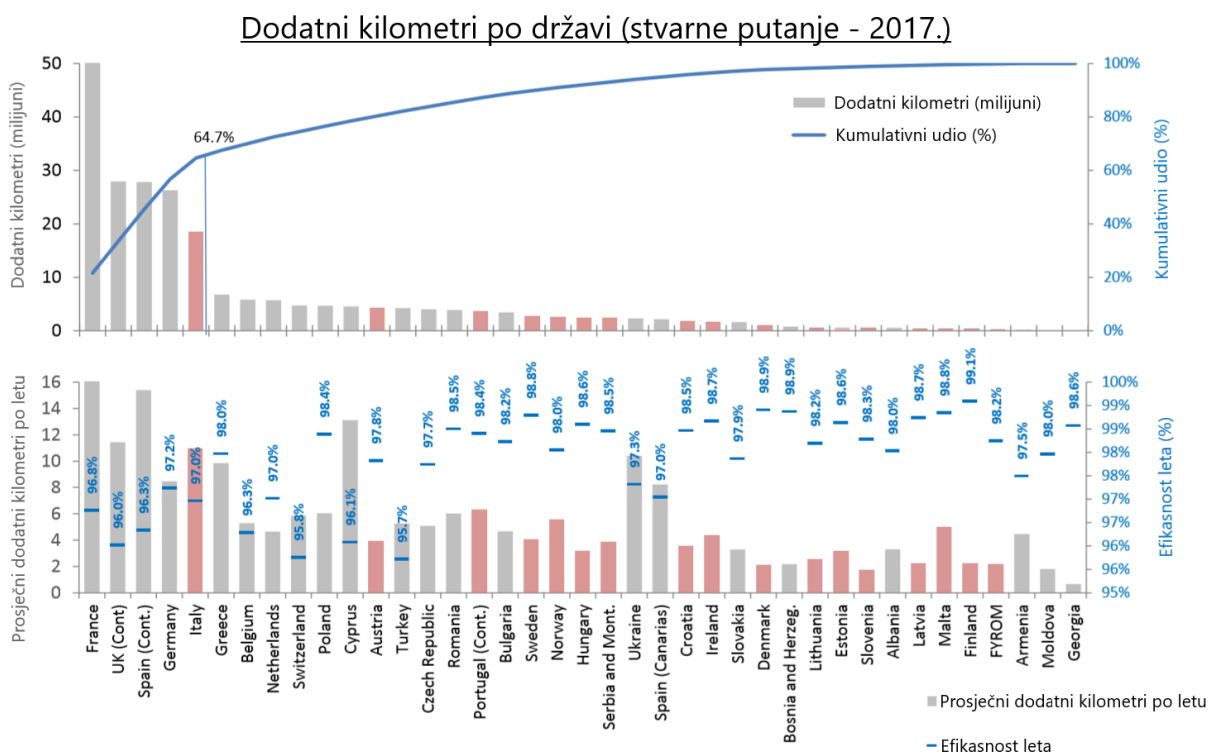
3. 3. Utjecaj na okoliš

Horizontalna efikasnost leta definira se kao razlika između stvarne duljine rute i one optimalne koja je najčešće ortodroma. Rutna faza se definira kao udaljenost koju zrakoplov prijeđe izvan kruga od 40 NM oko aerodroma. Efikasnost se računa za putanju navedenu u zadnjem predanom planu leta (KEP) te za ostvarenu putanju leta (KEA).

Analiziraju se svi komercijalni IFR letovi unutar europskog zračnog prostora (ako let počinje ili završava izvan Europe, promatra se samo dio rute iznad europskog teritorija). Ne ubrajaju se kružni letovi te letovi s duljinom ortodrome između terminalnih područja manjom od 80 NM.

Unatoč značajnom povećanju količine prometa, horizontalna efikasnost leta u planovima leta povećala se s 95,4% u 2016. na 95,6% u 2017. godini, analogno tome stvarna efikasnost leta povećala se s 97,1% u 2016. na 97,3% u 2017. godini. [9]

Na slici 3. 3. prikazani su podatci o efikasnosti leta po pojedinim državama. Podatci se odnose na stvarne putanje leta. Države koje imaju implementiran cjelodnevni FRA obojene su crveno. Na gornjem su grafu prikazani ukupni dodatni kilometri po državama, kao i kumulativni udio, dok su na donjem grafu prikazani dodatni kilometri po letu za svaku državu te efikasnost leta na državnoj razini.



Slika 3. 3. Efikasnost leta po državama ECAC-a [9]

Zbog veličine prostora i relativno niske efikasnosti leta, gotovo dvije trećine ukupnih dodatnih kilometara zrakoplovi ostvare na prostoru Francuske, Ujedinjenog Kraljevstva, Španjolske, Njemačke i Italije. Vidljivo je da države s implementiranim FRA imaju bolje rezultate u efikasnosti leta. Iako zbog veličine prostora i dalje dodaje mnogo kilometara, Italija je implementacijom FRA krajem 2016. smanjila prosječne dodatne kilometre po letu za oko 1,7 kilometara te povećala efikasnost leta za oko 0,5%. Iako efikasnost leta nikada ne može dostići

vrijednost od 100%, prednosti uvođenja FRA mogu pridonijeti povećanju iste što rezultira smanjenjem troškova, potrošnje goriva i štetnih emisija. [9]

3. 4. Ekonomičnost

Kao KPI za ekonomičnost koristi se prosječan trošak usluga kontrole zračne plovidbe posebno za rutnu i terminalnu fazu. Računa se kao omjer ukupnih ANS rutnih ili terminalnih troškova i broja jedinica naplate. U PRR iz 2017. godine analizirani su financijski podatci iz 2016. godine (nema dostupnih recentnijih podataka). U tablici 3. prikazani su troškovi usluga za 2016. godinu u usporedbi s 2015. godinom.

Tablica 3. Analiza naplate usluga u Europi za 2017. [9]

	2016. godina	Promjena u odnosu na 2015. godinu
Rutna ANS ekonomičnost (38 zona naplate)		
Ukupni rutni troškovi (milijuni eura)	7318	+0,4%
Broj jedinica naplate (milijuni)	138	+4,1%
Rutni ANS trošak po jedinici naplate (euri)	52,9	-3,5%
Terminalna ANS ekonomičnost		
Ukupni terminalni troškovi (milijuni eura)	1214	+1,0%
Broj jedinica naplate (milijuni)	6,6	+4,8%
Terminalni ANS trošak po jedinici naplate (euri)	183,4	+1,5%

Rutna ekonomičnost povećala se četvrtu godinu zaredom smanjenjem troška po jedinici naplate za 3,5%, što je postignuto kompenzacijom manjeg povećanja troškova s većim brojem jedinica naplate. Očekuje se daljnje smanjenje prosječnog troška u rutnoj fazi za 1,3% do 2019. godine. [9]

4. Struktura zračnog prostora unutar SEENFRA

U ovom poglavlju opisani su zračni prostori Mađarske, Rumunjske i Bugarske, te je dan pregled prometa kroz te države. Na kraju je opisan i njihov zajednički noćni prostor slobodnih ruta.

U tablici 4. prikazane su pružane usluge i zahtjevi za letove po pojedinim ICAO klasama zračnog prostora kako bi se lakše analizirala složenost zračnih prostora država u pitanju, opisanih u ovom poglavlju.

Tablica 4. ICAO klasifikacija zračnog prostora [10]

Klasa	Tip leta	Razdvajanje	ATS usluga	Podliježe ATC odobrenjima
A	samo IFR	svi zrakoplovi	ATC	da
B	IFR	svi zrakoplovi	ATC	da
	VFR ³⁹	svi zrakoplovi	ATC	da
C	IFR	IFR od drugih IFR IFR od VFR	ATC	da
	VFR	VFR od IFR	- ATC za razdvajanje od IFR - VFR/VFR informacije o prometu	da
D	IFR	IFR od drugih IFR	ATC	da
	VFR	-	VFR/IFR informacije o prometu	da
E	IFR	IFR od drugih IFR	ATC	da
	VFR	-	informacije o prometu	ne
F	IFR	IFR od drugih IFR	- FIS ⁴⁰ - savjetodavna usluga	ne
	VFR	-	FIS	ne
G	IFR	-	FIS	ne
	VFR	-	FIS	ne

³⁹ VFR – eng. Visual Flight Rules – hrv. pravila vizualnog letenja

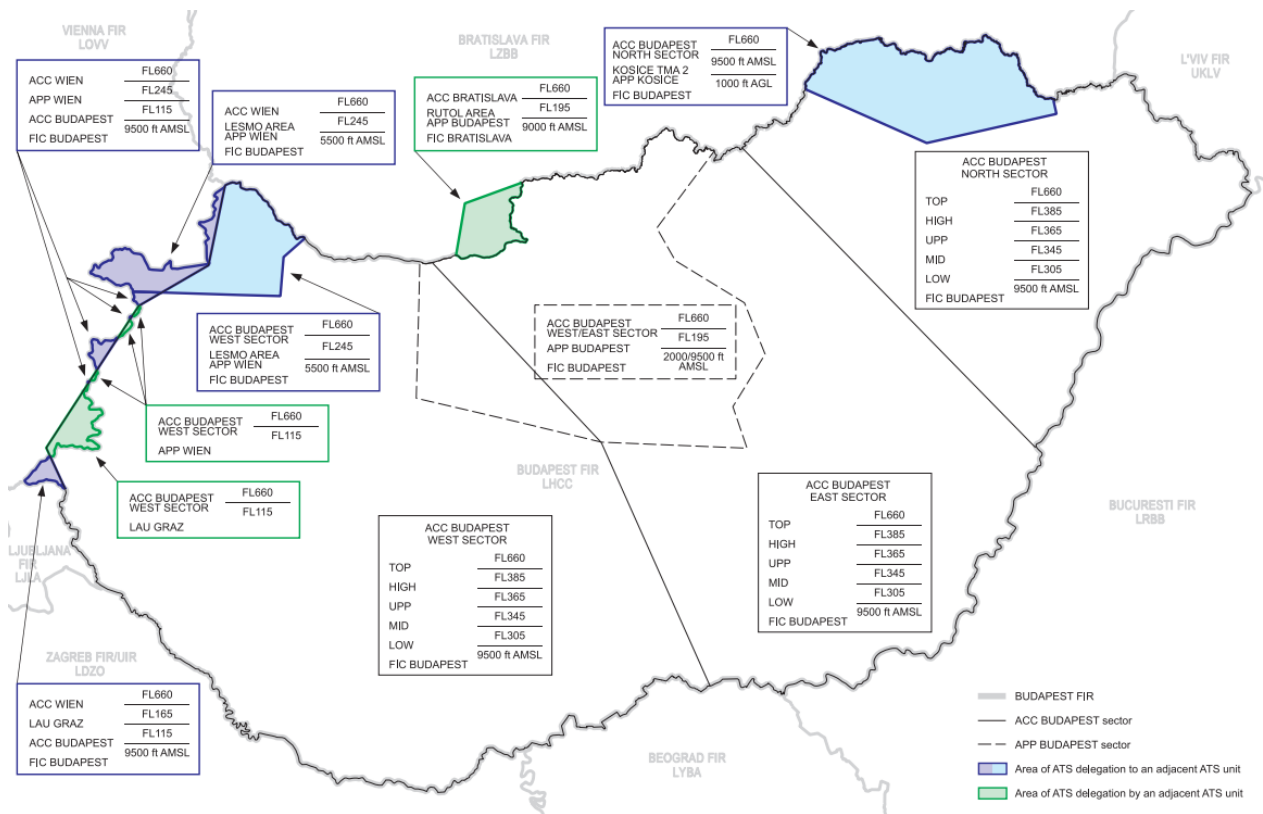
⁴⁰ FIS – eng. Flight information service – hrv. usluga pružanja letnih informacija

4. 1. Zračni prostor i promet Mađarske

Za upravljanje zračnim prostorom nadležni su Ministarstvo nacionalnog razvoja i Ministarstvo obrane. Nadzornu ulogu kao NSA ima Nadzorni odjel za aerodrome i ANS, a ulogu civilne zrakoplovne vlasti imaju četiri odjela Ministarstva nacionalnog razvoja - Nadzorni odjel za aerodrome i ANS, Nadzorni odjel, Odjel za licenciranje i Odjel za procjenu rizika. Pružatelj usluga zračne plovidbe je HungaroControl te ima nadležnost pružanja usluga zračne plovidbe iznad teritorija Mađarske, ali također pruža ANS u gornjem zračnom prostoru Kosova. Mađarska je članica EUROCONTROL-a od 1992., ECAC-a od 1990., Europske Unije i EASA-e od 2004. [11]

4. 1. 1. Zračni prostor Mađarske

Na slici 4. 1. prikazan je prostor Mađarske s nadležnostima jedinica oblasne i prilazne kontrole zračne plovidbe.



Slika 4. 1. Mađarski zračni prostor [12]

ACC Budimpešta podijeljen je na tri glavna sektora WEST, EAST I NORTH, koji se potom po visini dijele na LOW (9500 ft AMSL⁴¹ – FL⁴²305), MID (FL305 – FL345), UPPER (FL345 – FL365), HIGH (FL365 – FL385) i TOP (FL385 – FL660). Dio WEST i EAST sektora od 2000/9500 ft AMSL do FL195 pod nadležnošću je APP⁴³ Budimpešta. Neki od graničnih dijelova pod nadležnosti su susjednih država i obratno kako bi se spriječili nepotrebni višestruki prijelazi granice. Plavom bojom su označeni dijelovi mađarskog prostora u kojem HungaroControl pruža usluge u gornjem zračnom prostoru, a prostor od 5500 ft AMSL do FL245 je pod nadležnošću APP Beč u jednom slučaju, a u drugom je prostor od 1000 ft AGL do 9500 ft AMSL pod nadležnošću APP Košice (Košice TMA⁴⁴). Ljubičastom bojom su označeni dijelovi Mađarske koji su djelomično pod nadležnosti austrijske kontrole zračne plovidbe u gornjem zračnom prostoru. Zelenom je pak bojom označen prostor drugih država gdje je nadležna mađarska kontrola zračne plovidbe. Na granici a Austrijom radi se o prostoru gdje je ACC Budimpešta nadležna za prostor od FL115 do FL660 kako bi se spriječili nepotrebni višestruki prelasci granica nadležnosti. Na granici sa Slovačkom, radi se od dijelu slovačkog prostora čiji je gornji dio pod nadležnosti ACC Bratislava, a od 9000 ft do FL 195 pridani je prilaznom prostoru APP Budimpešta. Zrakoplovne informacije pruža jedinica FIC Budimpešta koja je nadležna za cijeli teritorij Mađarske. [12]

U mađarskom zračnom prostoru na snazi je cjelodnevni prostor slobodnih ruta od 9500 ft do FL660.

Mađarska ima 7 međunarodnih aerodroma. To su, Šamelik – Balaton (LHSM), Pečuh – Pogany (LHPP), Segedin (LHUD), Jura – Per (LHPR), Bekescsaba (LHBC), Debrecin (LHDC) i Budimpešta (LHBP).

Mađarski zračni prostor dijeli se na kontrolirani i nekontrolirani prostor sljedeće klasifikacije:

Klasi C pripada:

- sav kontrolirani zračni prostor od visine 9500 ft do FL 660 (VFR letovi su zabranjeni iznad FL 285),
- TMA Budimpešta.

Klasi D pripada:

- kontrolirani prostor Košice TMA2 (pod nadležnosti APP Košice),
- CTR⁴⁵ Budimpešta do visine 9500 ft.

⁴¹ AMSL – eng. above mean sea level – hrv. iznad srednje razine mora

⁴² FL – eng. Flight level – hrv. razina leta

⁴³ APP – eng. Approach control service – hrv. jedinica prilazne kontrole

⁴⁴ TMA – eng. Terminal control area – hrv. terminalno kontrolirano područje

⁴⁵ CTR – eng. Control zone – hrv. kontrolirana zona

Nekontrolirani zračni prostor podijeljen je između dvije klase, F i G.

Klasa F obuhvaća:

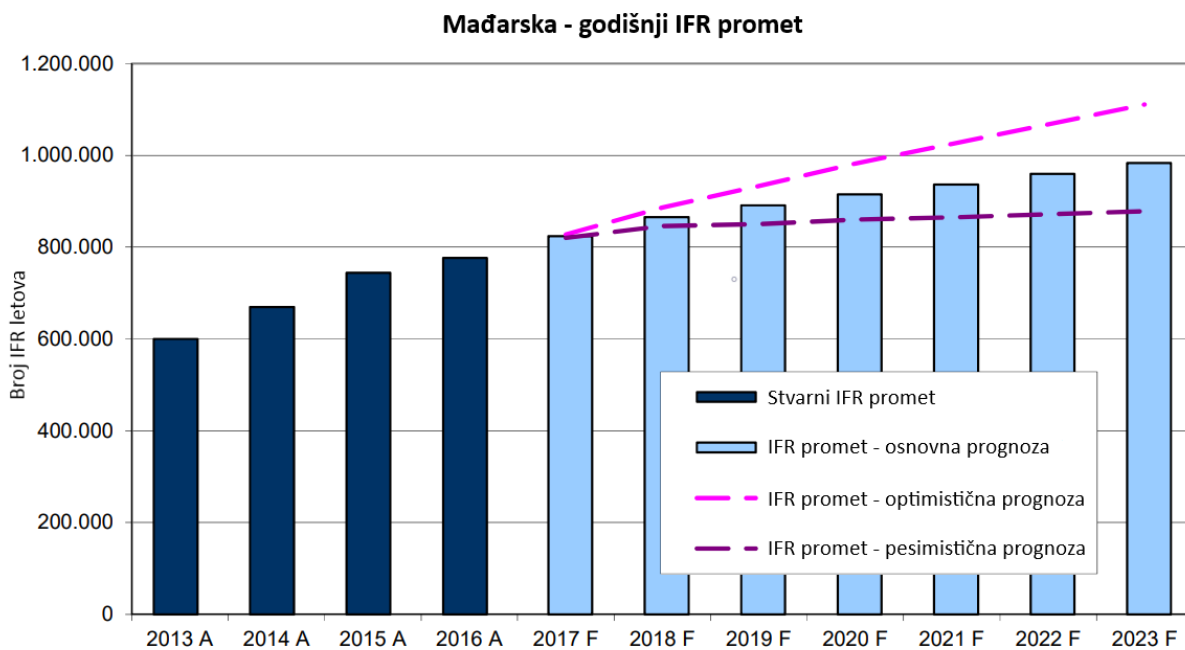
- nekontrolirani prostor visine od 4000 ft do 9500ft AMSL,
- aerodromske zone informacija TIZ⁴⁶.

Klasi G pripada nekontrolirani prostor ispod visine od 4000 ft AMSL.

Klase zračnog prostora A, B, E se ne koriste u prostoru FIR-a Budimpešta. [12]

4. 1. 2. Zračni promet kroz Mađarsku

Na slici 4. 2. prikazan je godišnji IFR promet kroz Mađarsku za razdoblje od 2013. do 2016., te su prikazane STATFOR-ove prognoze prometa do 2023. godine.



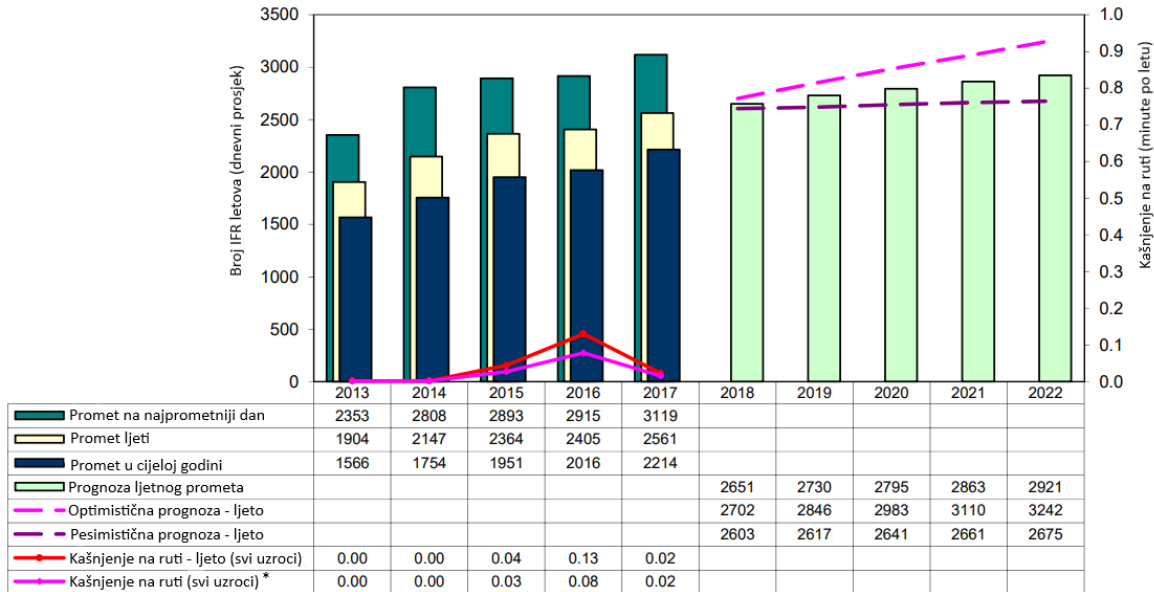
Slika 4. 2. Godišnji IFR promet kroz Mađarsku [11]

Vidljiv je strmi porast do 2017. godine, a nakon toga STATFOR po osnovnoj prognozi predviđa dostizanje skoro milijun letova godišnje do 2023. godine. Ta bi se brojka u slučaju ostvarenja optimistične prognoze dosegla već 2020. godine.

Tijekom ljeta 2017. (svibanj-listopad) promet u Mađarskoj povećao se za 6,5% u odnosu na isto razdoblje godinu dana ranije. Za razdoblje od 2018. do 2022. godine predviđa se prosječni godišnji rast prometa između 1,2% i 5,2%, s osnovnim rastom od 3,1%. [11]

⁴⁶ TIZ – eng. Traffic information zone – hrv. zona prometnih informacija

Na slici 4. 3. prikazani su dnevni prosjeci broja letova za cijelu godinu i ljetni promet, promet najprometnijeg dana te kašnjenje na ruti za cijelu godinu i ljetnu sezonu za Mađarsku.



*od 01.01.2017. do 31.10.2017.

Slika 4. 3. Analiza kašnjenja i prosječnog broja letova za Mađarsku [11]

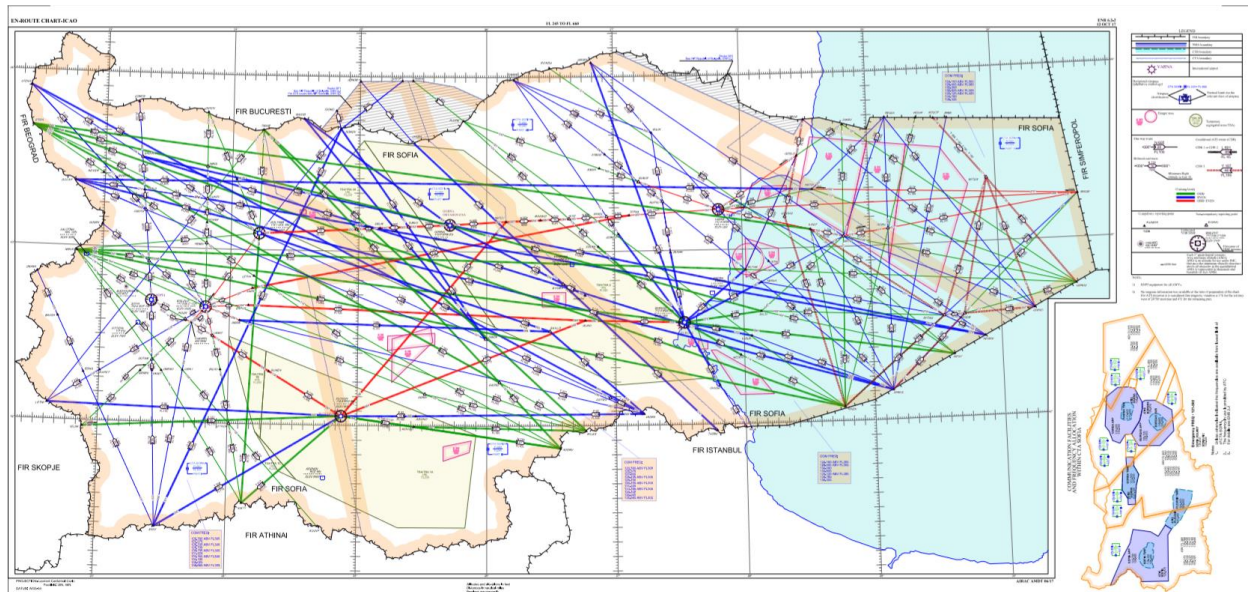
Prosječno kašnjenje na ruti smanjilo se s 0,13 minuta po letu u ljetnom periodu 2016. na samo 0,02 minute po letu za ljetno 2017. godine. Promet najprometnijeg dana u 2017. iznosi 3119 letova, što je 41% više od prosječnog dnevnog broja letova. Osnovna prognoza ljetnog prometa predviđa da će prosječni ljetni dan 2022. godine imati 2921 let, što je veće od najprometnijeg dana 2016. godine. [11]

4. 2. Zračni prostor i promet Bugarske

Nadležna vlast je Ministarstvo prometa, informacijske tehnologije i komunikacija. Usluge zračne plovidbe pruža BULATSA (*Bulgarian Air Traffic Services Authority*), a nadzor vrši Generalna uprava „Civilne zrakoplovne administracije“, pravna osoba unutar Ministarstva prometa. Članica je EUROCONTROL-a od 1997. te Europske Unije i EASA-e od 2007. godine. [13]

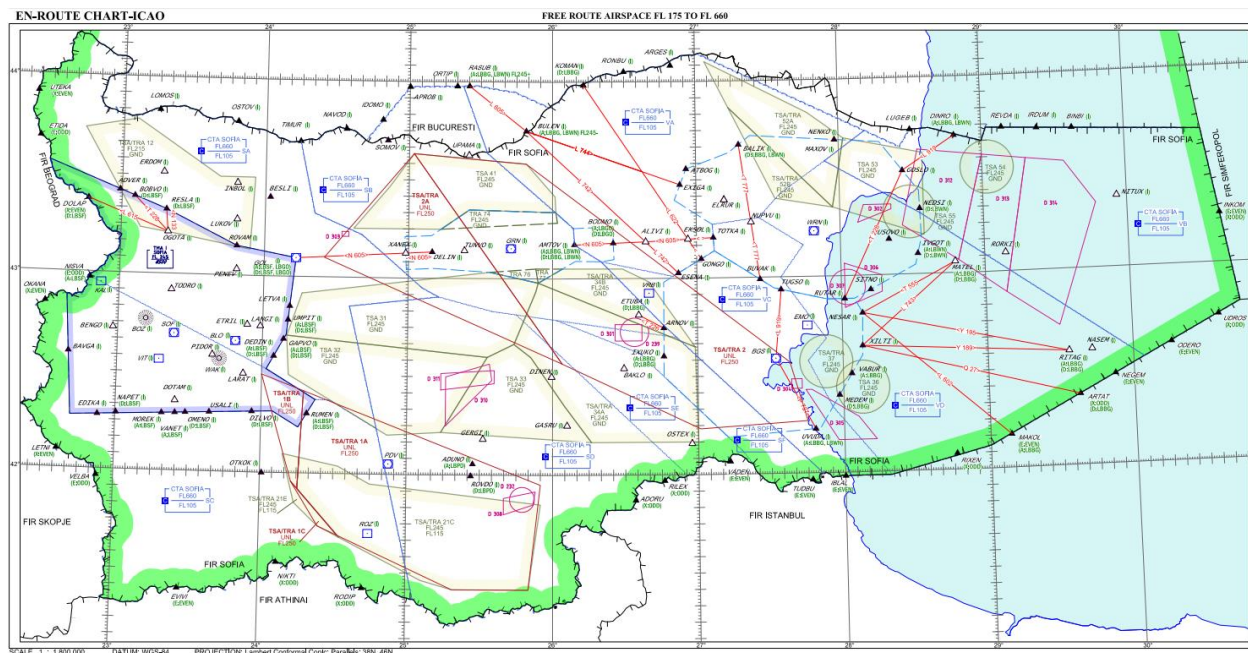
4. 2. 1. Zračni prostor Bugarske

Na slici 4. 4. prikazana je rutna karta bugarskog zračnog prostora koja vrijedi za prostor od FL 245 do FL 660.



Slika 4. 4. Zračni prostor Bugarske – ATS mreža ruta [14]

Na slici 4. 5. je pak prikazana karta bugarskog prostora slobodnih ruta koji zamjenjuje gore prikazanu mrežu ruta tijekom noći. Noćni FRA obuhvaća prostor od FL 175 do FL 660 te je dio SEENFRA. Susjednom Rumunjskom vezan je među-točkama koje se nalaze na granici dvaju država.



Slika 4. 5. Zračni prostor Bugarske – noćni FRA [14]

FIR Sofija podijeljen je na deset elementarnih sektora (granice sektora na karti iznad prikazane su plavim linijama). Tih 10 sektora mogu se dalje podijeliti na do 40 sektora ovisno o operativnim zahtjevima. Dije se visinski *na top, upper, middle* i *lower* sektore. [14]

U Bugarskoj postoje tri terminalne zone, to su TMA Sofija, TMA Varna i TMA Burgas.

U Bugarskoj je za međunarodni promet otvoreno sljedećih pet aerodroma: Sofija (LBSF), Varna (LBWN), Burgas (LBBG), Plovdiv (LBPD) i Gorna Oryahovitsa (LBGO).

Bugarska je zajedno s Rumunjskom osnivačica funkcionalnog bloka zračnog prostora (FAB) nazvanog DANUBE FAB, koji je osnovan u studenom 2012. godine. Kroz FAB ove države su uspostavile okvir za suradnju u pružanju usluga ATM-a i ANS-a unutar FAB-a. Jedan od najbitnijih projekata ovog FAB-a je uspostava SEENFRA u suradnji s Mađarskom u ožujku 2017. godine. Do kraja 2019. godina planira se proširenje FRA operacija na 24 sata dnevno, kad bi sadašnji SEENFRA postao SEEFRA. [13]

Klasifikacija bugarskog zračnog prostora provedena je na sljedeći način:

Klasi C pripada:

- prostor unutar lateralnih i vertikalnih granica CTR-ova,
- prostor unutar lateralnih granica TMA-ova od visine 600 m do gornje granice terminalne zone,
- prostor ATS ruta unutar FIR Sofija (od minimalne visine definirane za pojedinu ATS rutu do FL 660),
- sav prostor unutar FIR Sofija od FL 105 do FL 660 izvan CTR-ova, TMA-ova i ATS ruta.

Pravila klase G primjenjuju se:

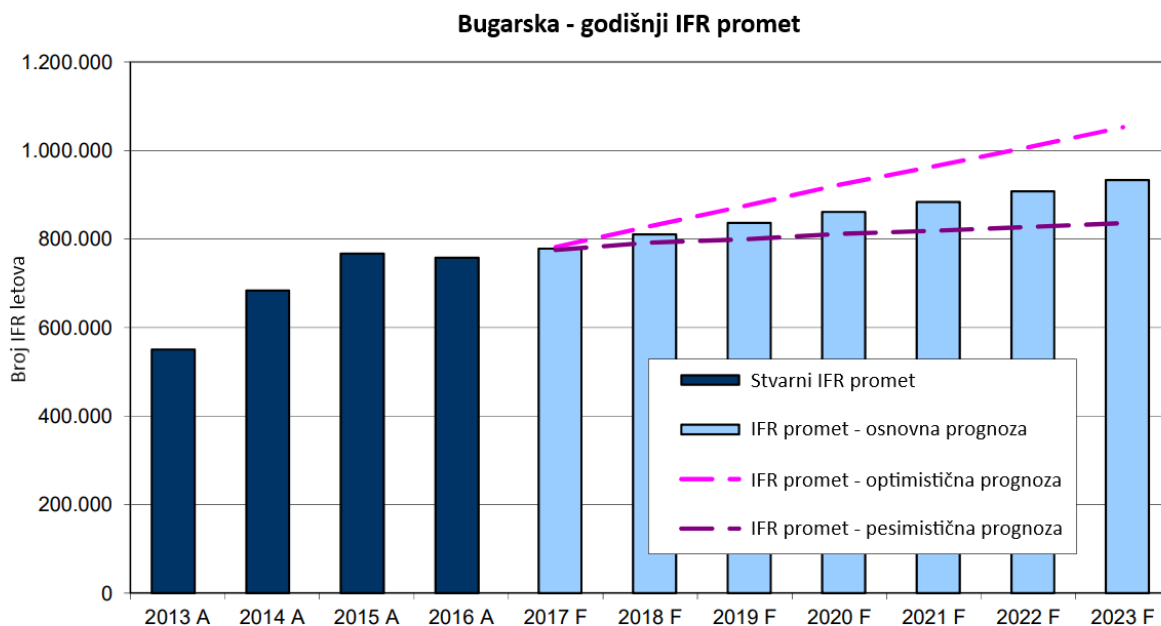
- unutar lateralnih granica FIR Sofija od površine zemlje/razine mora do FL 105 isključujući CTR-ove, TMA-ove, CTA-ove i ATS rute,
- unutar lateralnih granica TMA-ova, isključujući CTR-ove od površine zemlje/razine mora do visine 600 m.

U neklasificiran prostor spadaju:

- zabranjena (*prohibited*) područja, ograničena (*restricted*) područja, opasna (*danger*) područja, privremeno izdvojeno područje (*temporary segregated area*) ili njihov ekvivalent kad je aktiviran,
- prostor iznad FL 660. [14]

4. 2. 2. Zračni promet u Bugarskoj

Na slici 4. 6. prikazan je godišnji IFR promet kroz bugarski zračni prostor od 2013. do 2016. godine, te STATFOR-ove prognoze osnovnog, pesimističnog i optimističnog scenarija za sve sljedeće godine do 2023.

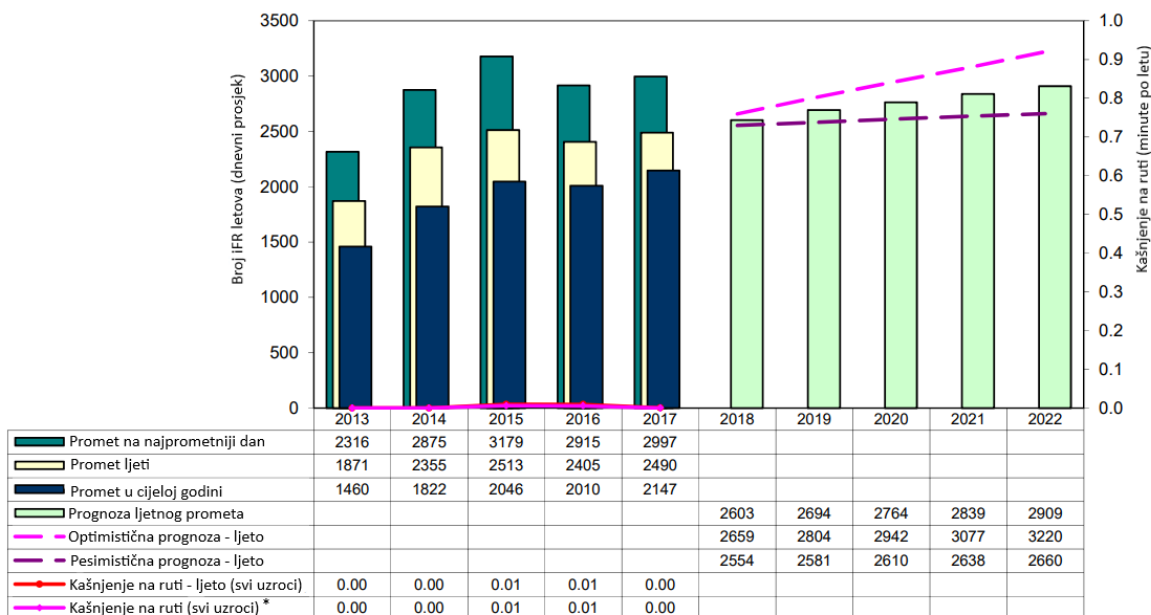


Slika 4. 6. Godišnji IFR promet kroz Bugarsku [13]

U 2014. godini promet se povećao za 24,1% u odnosu na 2013. godinu, u 2015. porast je iznosi 12,2%, dok je 2016. došlo do smanjenja prometa od 1,2% zbog situacije u Ukrajini koja je dovela do promjene prometnih tokova kroz Bugarsku. [13]

EUROCONTROL-ova sedmogodišnja prognoza predviđa prosječno godišnje povećanje prometa između 1,3% i 5,2% s osnovnim porastom od 3,1% između 2018. i 2022. godine. [13]

Na slici 4. 7. prikazani su podatci za Bugarsku o dnevnim prosjecima broja letova za cijelu godinu i ljetni promet, prometu najprometnijeg dana te o kašnjenju na ruti za cijelu godinu i ljetnu sezonu.



*od 01.01.2017. do 31.10.2017.

Slika 4. 7. Analiza kašnjenja i prosječnog broja letova za Bugarsku [13]

Ukupno povećanje prometa kroz Bugarsku u 2017. godini iznosi 4,1% u odnosu na 2016., dok se tijekom ljeta promet povećao za 3,8% u odnosu na isto razdoblje 2016. godine. Unatoč tome, rutno kašnjenje smanjilo se s 0,01 minute po letu u 2015. i 2016. godini na 0 minuta po letu u 2017. [13]

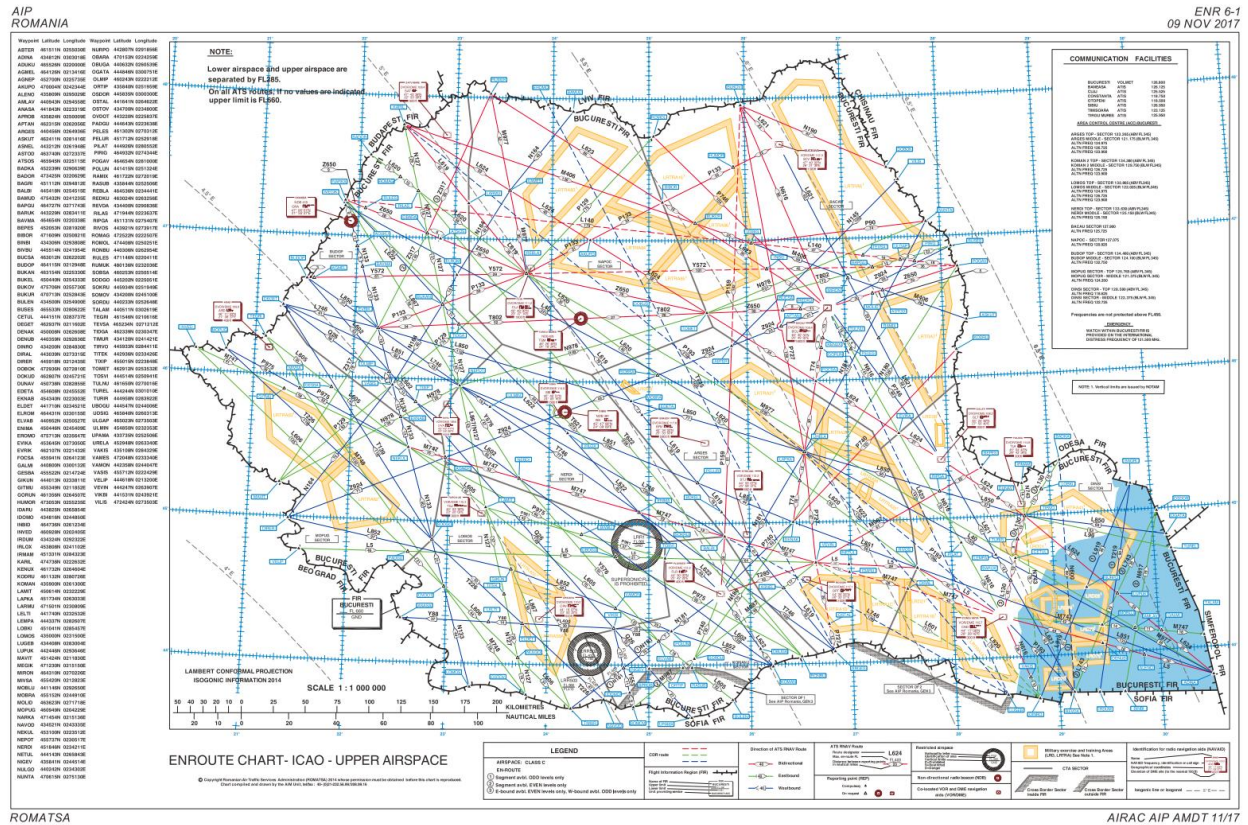
Kako bi nastavila pružati usluge bez kašnjenja i restrikcija prometa uz konstantan porast prometa, BULATSA planira sljedeće akcije: novi ATCO plan regrutacije kako bi se mogao zadovoljiti prognozirani porast prometa u nadolazećim godinama, implementacija sustava *Traffic Complexity Tool* te novi *en-route* radar na obali Crnog mora. [13]

4. 3. Zračni prostor i promet Rumunjske

Nadležna vlast je Ministarstvo prometa – Administracija za zračni promet. Pružatelj usluga u zračnoj plovidbi je ROMATSA (*Romanian Air Traffic Services Administration*), dok je nadzorno tijelo RCAA (*Romanian Civil Aviation Authority*). Rumunjska je članica EUROCONTROL-a od 1996., a Europske Unije i EASA-e od 2007. [15]

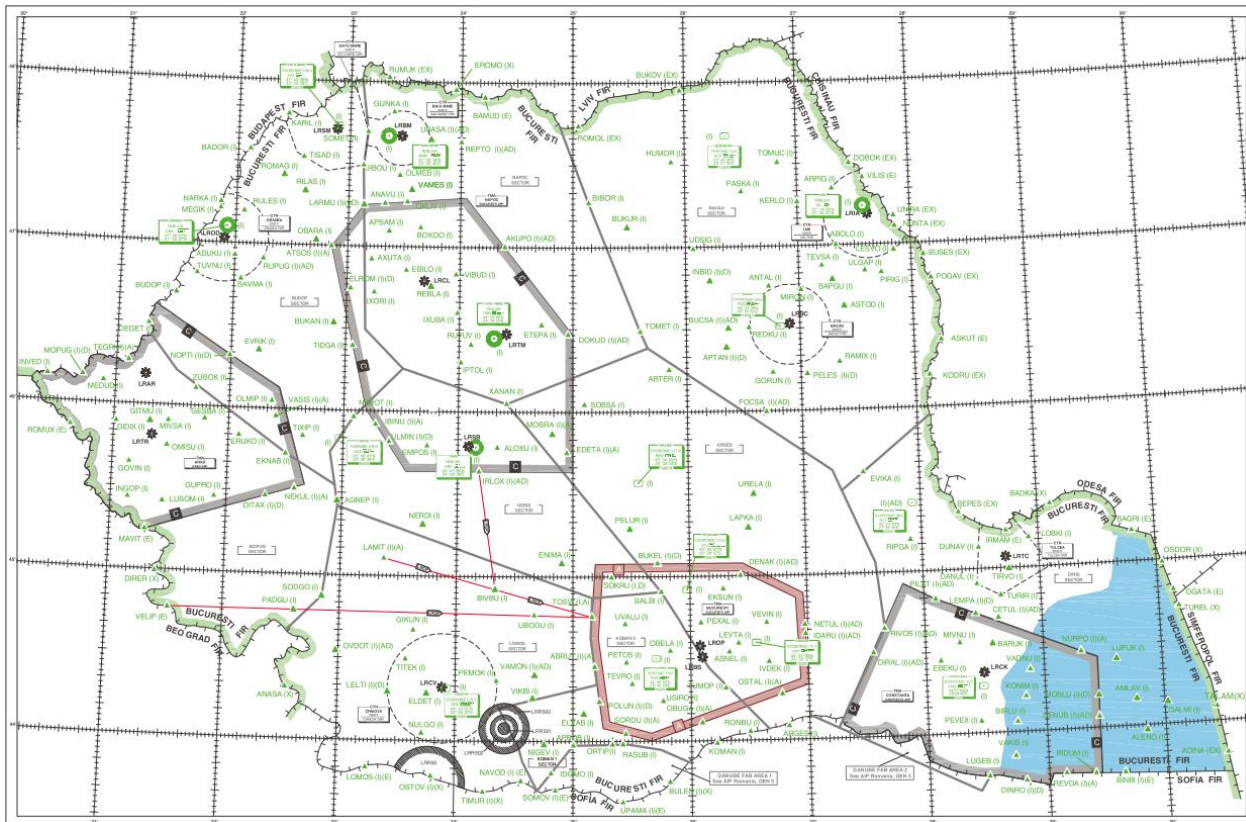
4. 3. 1. Zračni prostor Rumunjske

Na slici 4. 8. prikazan je rumunjski gornji zračni prostor od FL 285 do FL 660 te pripadajuća mreža ATS ruta.



Slika 4. 8. Zračni prostor Rumunjske – ATS mreža ruta [16]

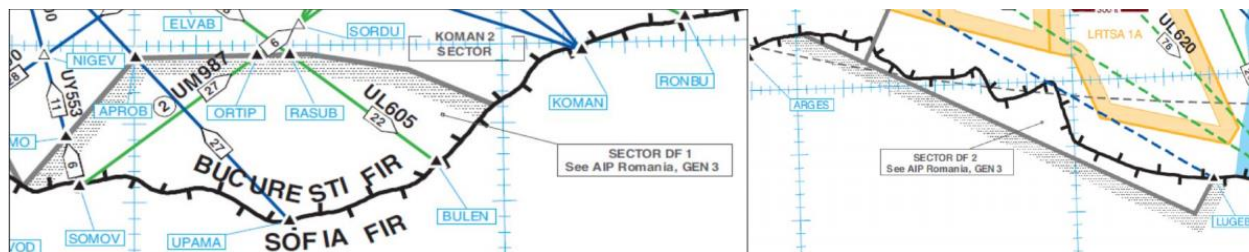
Slika 4. 9. prikazuje prostor slobodnih ruta na području Rumunjske koji je unutar SEENFRA aktivan noću. Vertikalne granice FRA u Rumunjskoj su FL 105 i FL 660.



Slika 4. 9. Zračni prostor Rumunjske – noćni FRA [16]

Podijeljena je na 9 sektora koji su na gornjoj karti odijeljeni tankim sivim linijama. Osnovni sektori mogu se podijeliti vertikalno te kombinacijom sektora činiti više od 100 konfiguracija ovisno o prometnoj potražnji i kompleksnosti. [16]

U sklopu DANUBE FAB-a uspostavljena su 2 prekogranična sektora na granici Rumunjske i Bugarske, sektori DF1 i DF2 prikazani na slici 4. 10.



Slika 4. 10. Sektori DF1 i DF2 [15]

Sektor DF1 obuhvaća dio prostora Rumunjske od FL 245 do FL 660 u kojem nadležnost ima FIR Sofija. Dok je sektor DF2 od FL 245 do FL 660 dio bugarskog prostora, ali nadležnost u njemu ima FIR Bukurešt. [15]

Unutar FIR-a Bukurešt djeluju 4 centra prilazne kontrole to su: Bukurešt TMA/APP (za oba aerodroma u Bukureštu, Henri Coanda i Aurel Vlaicu), Constanța TMA/APP (za zračnu luku Constanța), Arad TMA/APP (za aerodrome Arad i Temišvar) i Napoc TMA/APP (za Cluj Napoca, Sibiu i Târgu Mureș).

Rumunjska ima 16 međunarodnih aerodroma, od toga je 7 otvoreno za međunarodni promet samo pod određenim uvjetima. To su: Bukurešt – Henri Coanda (LROP), Cluj Napoca (LRCL), Temišvar (LRTR), Iași (LRIA), Sibiu (LRSB), Craiova (LRCV), Bacău (LRBC), Suceava (LRSV), Oradea (LROD), Constanța (LRCK), Satu Mare (LRSM), Arad (LRAR), Bukurešt – Aurel Vlaicu (LRBS), Tulcea (LRTC), Târgu Mureș (LRMT) i Baia Mare (LRBM).

Klasifikacija zračnog prostora Rumunjske provedena je na sljedeći način:

Klasa A se primjenjuje unutar TMA Bukurešt.

Klasa C obuhvaća:

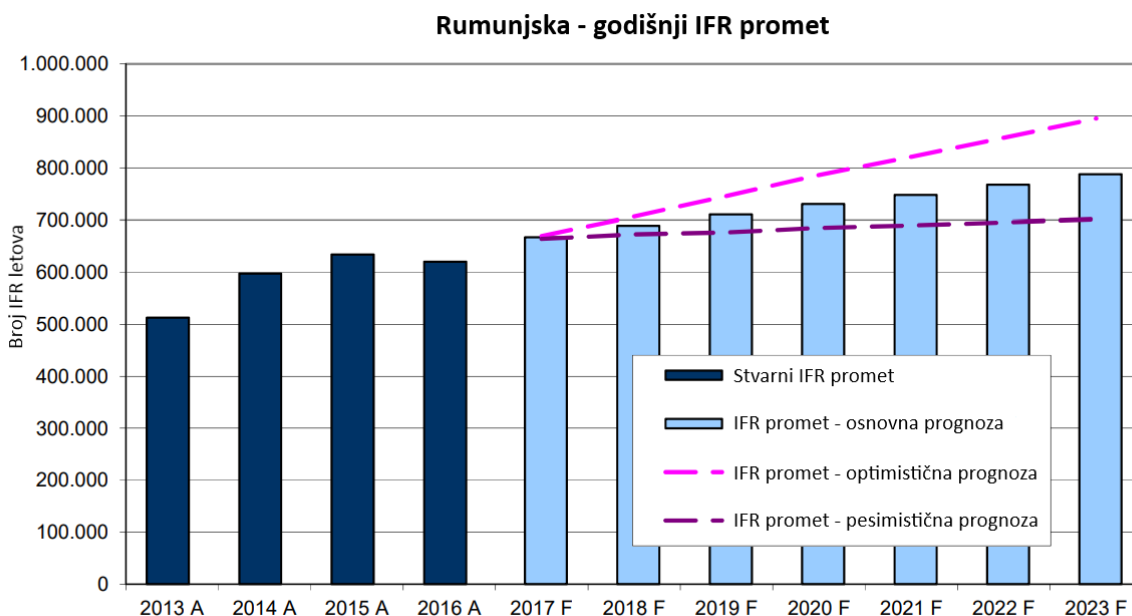
- sve ATS rute u FIR-u Bukurešt,
- sve aerodromske zone – CTR-ovi: Arad, Bacău, Baia Mare, Băneasa, Otopeni, Cluj, Constanța, Craiova, Iași, Oradea, Satu Mare, Sibiu, Suceava, Târgu Mureș, Timișoara, Tulcea,
- TMA-ove CONSTANTA TMA, ARAD TMA, NAPOC TMA,
- sav zračni prostor FIR-u Bukurešt iznad FL 105.

Klasu G čini sav zračni prostor izvan ATS ruta, sav zračni prostor koji ne spada u klase A ili C i koji nije ograničeno područje (*restricted area*).

Klase B, D, E, F ne primjenjuju se u FIR-u Bukurešt. [16]

4. 3. 2. Zračni promet u Rumunjskoj

Na slici 4. 11. prikazan je godišnji IFR promet kroz Rumunjsku od 2013. do 2016. godine, te STATFOR-ove prognoze osnovnog, pesimističnog i optimističnog scenarija do 2023.

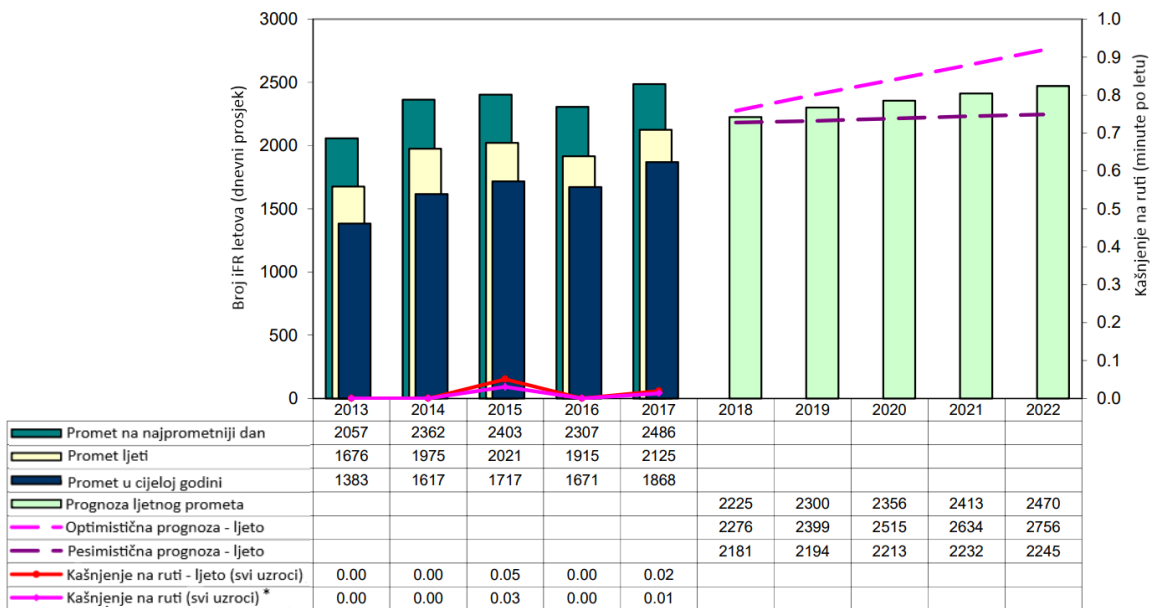


Slika 4. 11. Godišnji IFR promet kroz Rumunjsku [15]

Kao i kod Bugarske, broj letova kroz zračni prostor Rumunjske povećavao se velikom stopom do 2015. godine, te nakon smanjenja od 2,2% u 2016., broj letova ponovno raste. Promet kroz Rumunjsku povećao se za 11,0% tijekom ljeta 2017. u odnosu na 2016. godinu.

EUROCONTROL-ova sedmogodišnja prognoza predviđa prosječan godišnji porast prometa između 2018. i 2022. godine od 0,9% do 5,1% s osnovnim porastom od 2,8%. [15]

Na slici 4. 12. prikazani su podaci za rumunjski zračni prostor o dnevnim prosjecima broja letova za cijelu godinu i ljetni promet, prometu najprometnijeg dana te o kašnjenju na ruti za cijelu godinu i ljetnu sezonu.



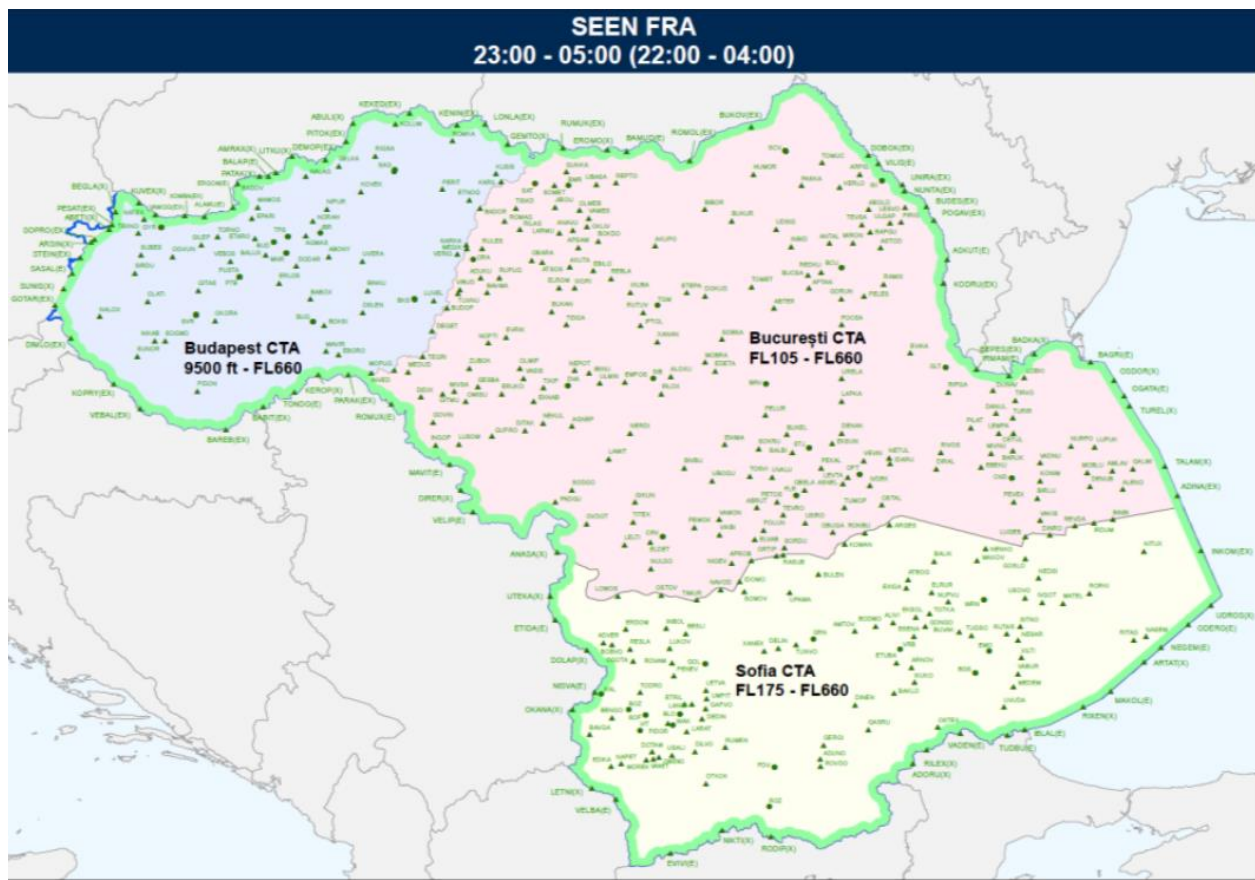
*od 01.01.2017. do 31.10.2017.

Slika 4. 12. Analiza kašnjenja i prosječnog broja letova za Rumunjsku [15]

Prosječno rutno ATFM kašnjenje povećalo se s 0 minuta po letu u 2016. na 0,02 minute po letu u 2017. godini. 95% kašnjenja uzrokovano je štrajkom ATC osoblja u svibnju 2017. [15]

4. 4. SEENFRA prostor slobodnih ruta

U kolovozu 2015. uspostavljen je noćni FRA prostor između Rumunjske i Bugarske nazvan N-FRAB. Nakon koordinacijskog procesa između HUNGAROCNTROL-a, ROMATSA-e i BULATSA-e uspostavljen je SEENFRA (*South East European Night Free Route Airspace*) u ožujku 2017. Ovaj projekt spaja cjelodnevni FRA uspostavljen u Mađarskoj s noćnim prekograničnim FRA na prostorima Rumunjske i Bugarske. Na slici 4. 13. prikazan je prostor SEEN FRA. [15]



Slika 4. 13. Prostor SEENFRA s vertikalnim granicama [15]

Vertikalne granice SEENFRA su:

- od 9500 ft do FL 660 u CTA Budimpešta,
- FL 175 do FL 660 u CTA Sofija,
- FL 105 do FL 660 u CTA Bukurešt, isključujući TMA-ove,
- FL 105 do FL 245 u sektoru DF1,
- FL 245 do FL 660 u sektoru DF2. [15]

SEENFRA klasificiran je kao prostor klase C.

SEENFRA dostupan je za operacije od 2300 do 0500 UTC⁴⁷ zimi te od 2200 do 0400 UTC u periodu ljetnog računanja vremena.

⁴⁷ UTC – eng. Coordinated universal time – hrv. koordinirano svjetsko vrijeme

Broj među-točaka nije limitiran, kao ni duljina DCT⁴⁸ segmenata. Granične točke FIR-ova postaju FRA među-točke. Sva ograničenja i iznimke objavljena su u RAD⁴⁹-u. U AIP-ovima država objavljeni su svi potrebni podatci za korisnike zračnog prostora u vezi ovog FRA.

Do kraja 2019. godina planira se proširenje FRA operacija na 24 sata dnevno, kad bi sadašnji SEENFRA postao SEEFRA. Implementacija cjelodnevnog FRA ovisi o nekoliko faktora, uključujući redizajn zračnog prostora, nadogradnju ATM sustava te integraciju novih sustava, npr. *datalink*. [15]

⁴⁸ DCT – eng. direct – hrv. direktna putanja

⁴⁹ RAD – eng. Route availability document – hrv. dokument dostupnih ruta

5. Simulacija uvođenja cjelodnevnog prekograničnog FRA na prostoru Mađarske, Rumunjske i Bugarske

Kako bi se provela simulacija uvođenja cjelodnevnog prekograničnog FRA koristi se NEST⁵⁰ softverski alat za kreiranje, simuliranje i analizu scenarija, kojeg je razvio EUROCONTROL, a nastao je integracijom alata SAAM⁵¹ s mogućnošću dizajna zračnog prostora i NEVAC⁵² alata s funkcijama za analizu kapaciteta. Namijenjen je za dizajn i razvoj struktura zračnog prostora, planiranje kapaciteta, provođenje post-operativnih analiza, organiziranje prometnih tokova u ATFCM strateškoj fazi, pripremu temeljnih scenarija za *fast-time* simulacije, simulacije u stvarnom vremenu, te provedbu *ad-hoc* studija na lokalnoj i mrežnoj razini. [17]

Studije u kojima se koristi NEST uključuju: implementaciju FRA, simulacije FUA, razvoj terminalnih zona, planiranje strateških mrežnih operacija, studije FAB-ova, simulacije prometa prilikom bitnih događaja, razvoj novih ATS ruta i rutnih mreža, planiranje kapaciteta, pripremu scenarija za simulacije u stvarnom vremenu i *fast-time* simulacije te ekološke studije. [18]

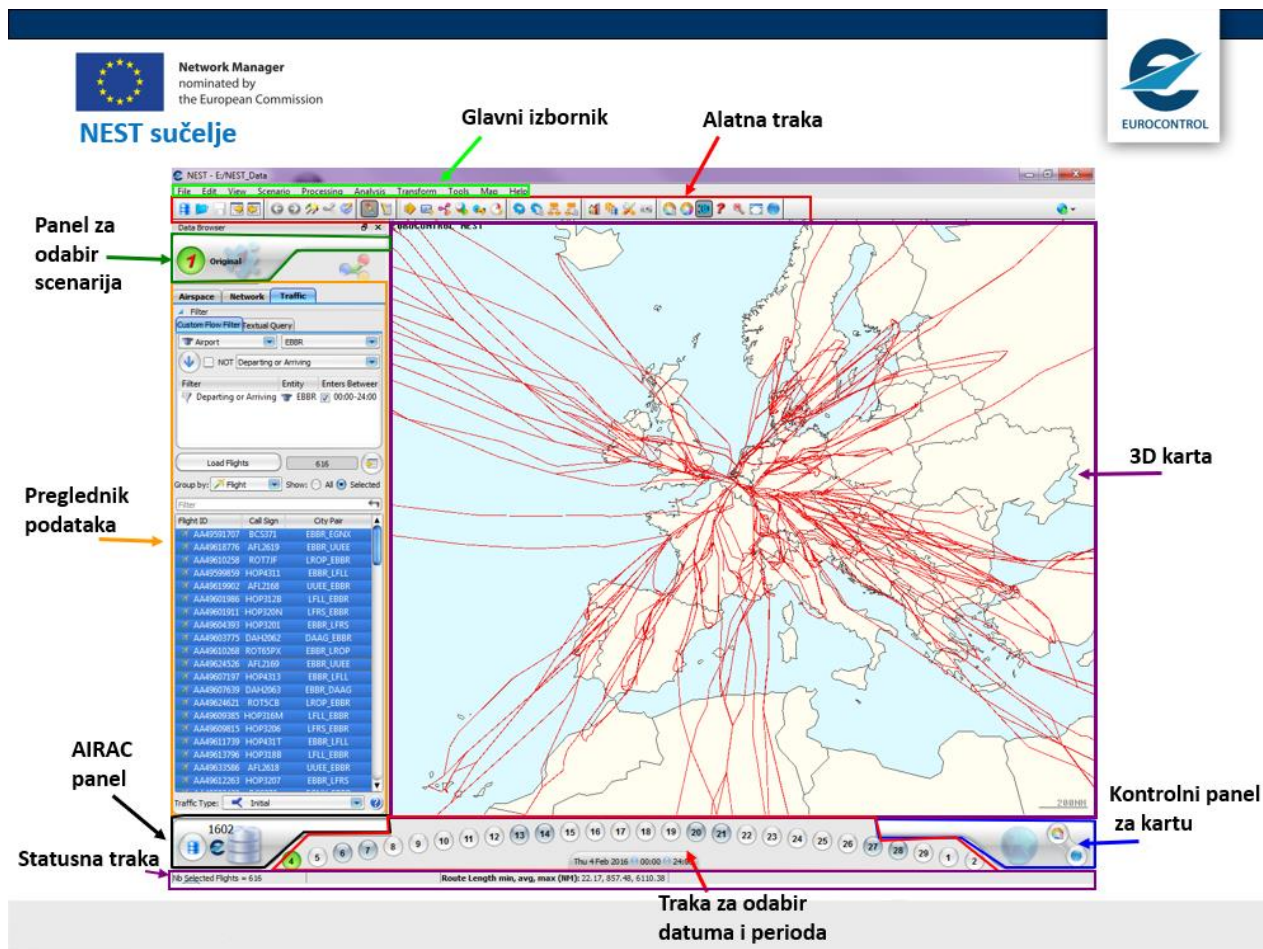
Glavni skup podataka za korištenje NEST-a je datoteka s ekstenzijom .nest koja predstavlja jedan AIRAC ciklus. Ona sadrži podatke NM arhive (prostor i promet) za svih 28 dana određenog AIRAC ciklusa, najnoviju STATFOR prognozu, podatke o strukturi zračnog prostora (mreža, RAD restrikcije). Iz .nest datoteke se modifikacijama dobiva datoteka tipa .scn koja predstavlja novi scenarij s rezultatima provedenih simulacija. Moguće je istovremeno otvoriti dva scenarija te uspoređivati sve njihove aspekte.

NEST sučelje sastoji se od glavnog izbornika, alatne trake, 3D karte, kontrolnog panela za kartu, trake za odabir datuma i perioda, statusne trake, AIRAC panela, preglednika podataka, panela za odabir scenarija. Sučelje s elementima je prikazano na slici 5. 1.

⁵⁰ NEST – eng. Network strategic tool

⁵¹ SAAM – eng. System for traffic Assignment and Analysis at a Macroscopic level – hrv. sustav dodjele i analize prometa na makrorazini

⁵² NEVAC – eng. Network Estimation and Visualisation of ACC Capacity – hrv. alat za procjenu i vizualizaciju mreže i ACC kapaciteta



Slika 5. 1. NEST sučelje [18]

Preglednik podataka podijeljen je na tri dijela: „Airspace“ (zračni prostor), „Network“ (mreža) i „Traffic“ (promet).

Prvi dio, „Airspace“ sadrži sve podatke vezane za zračni prostor, odnosno ACC-ove, sektore, prometne volumene, konfiguracije sektora, vojna područja, regulacije, aerodrome. Za svaki tip prostora/strukture dostupne su tri glavne funkcije: pregled („View“), uređivanje („Edit“) i analiza („Analyse“).

U ovom se dijelu funkcijama izbornika „View“ mogu vidjeti podatci o ulascima u prostor i zauzetosti prostora, lista letova, te lista i shema regulacija. Funkcijama izbornika „Edit“ moguće je uređivati postojeće strukture i prostore te kreirati nove volumene prostora. Izbornik „Analyse“ daje mogućnost analize kašnjenja, protoka prometa i kompleksnosti.

U dijelu „Network“ moguće je pregledavati i analizirati mreže ruta, segmente ruta, navigacijske točke, aerodrome, RAD područja, restrikcije na rutama, visinske restrikcije, SID-ove i STAR-ove te implementirana područja FRA. Iste je moguće mijenjati ili stvarati nove elemente.

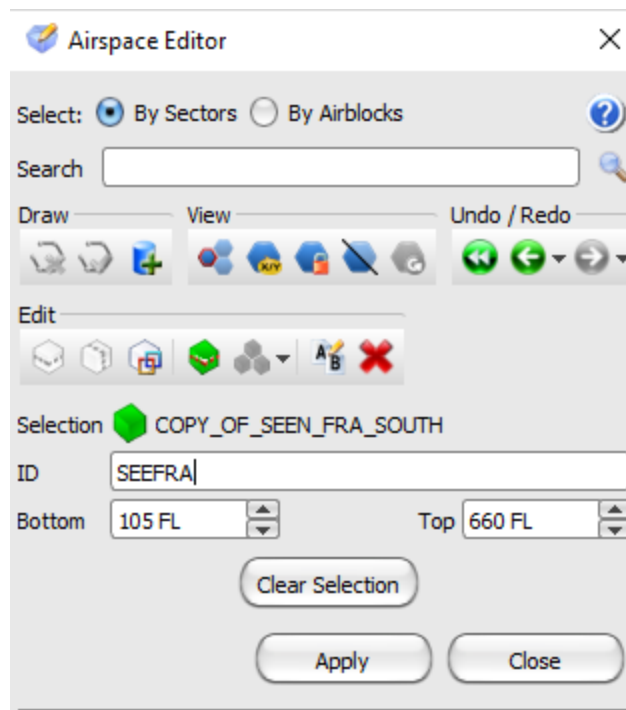
U dijelu „*Traffic*“ moguće je vizualizirati prometne tokove koristeći prostorne i vremenske filtre. Prostorno filtriranje najčešće se ograničava na ACC, sektor, navigacijske točke, aerodrom polijetanja ili slijetanja, parove gradova ili tipove zrakoplova. Moguće je prikazati trajektorije svih letova ili samo odabranih. Također je moguće napraviti vlastiti prilagođeni upit pomoću logičkih operatora te grupirati dobivene rezultate po različitim kriterijima. Moguće je odabrati tip prometa/putanja koje će se prikazati između inicijalne (prema zadnjem predanom planu leta), regulirane (putanja iz plana leta nadopunjena regulacijama koje su bile aktivirane) i stvarne putanje (putanja iz plana leta nadopunjena radarskim podacima). Putanje je moguće prikazati na karti kao pojedinačne trajektorije ili kao prometne tokove sa skalom opterećenja (operacija na tom određenom toku).

Simulirani promet ili drugi podatci mogu se lako izvesti funkcijom „*Export data*“ u izborniku „*File*“ kao datoteke tipa .so6 ili .xlsx.

5. 1. Kreiranje prostora za simulaciju u programu NEST

Potrebno je kreirati zajednički prostor SEEFRA u kojem će se prvo simulirati trenutno stanje, odnosno putanje s FRA prostorom h24 u Mađarskoj i prostorom noćnog FRA kroz Rumunjsku i Bugarsku, a potom putanje cjelodnevnog prekograničnog FRA.

SEEFRA prostor može se kreirati spajanjem NEST sektora HUFRA koji obuhvaća mađarski zračni prostor koji već ima implementiran cjelodnevni FRA i sektora SEEN_FRA_SOUTH koji obuhvaća prostor Rumunjske i Bugarske s dnevnom mrežom ATS ruta i noćnim FRA prostorom. Novi prostor kreira se funkcijom „*Group - Copy to group*“ koja kreira kopije sektora koje se spajaju te ih dodaje u zajedničku grupu. Kopije sektora HUFRA i SEEN_FRA_SOUTH spajaju se pomoću funkcije „*Airspace Editor*“, koristeći opciju „*Merge sectors*“. Prozor funkcije „*Airspace Editor*“ prikazan je na slici 5. 2.



Slika 5. 2. Spajanje dvaju sektora

Prostor će imati vertikalne granice od FL 105 (donja granica rumunjskog FRA) i FL 660. Na slici 5. 3. je prikazan kreirani prostor SEEFRA.

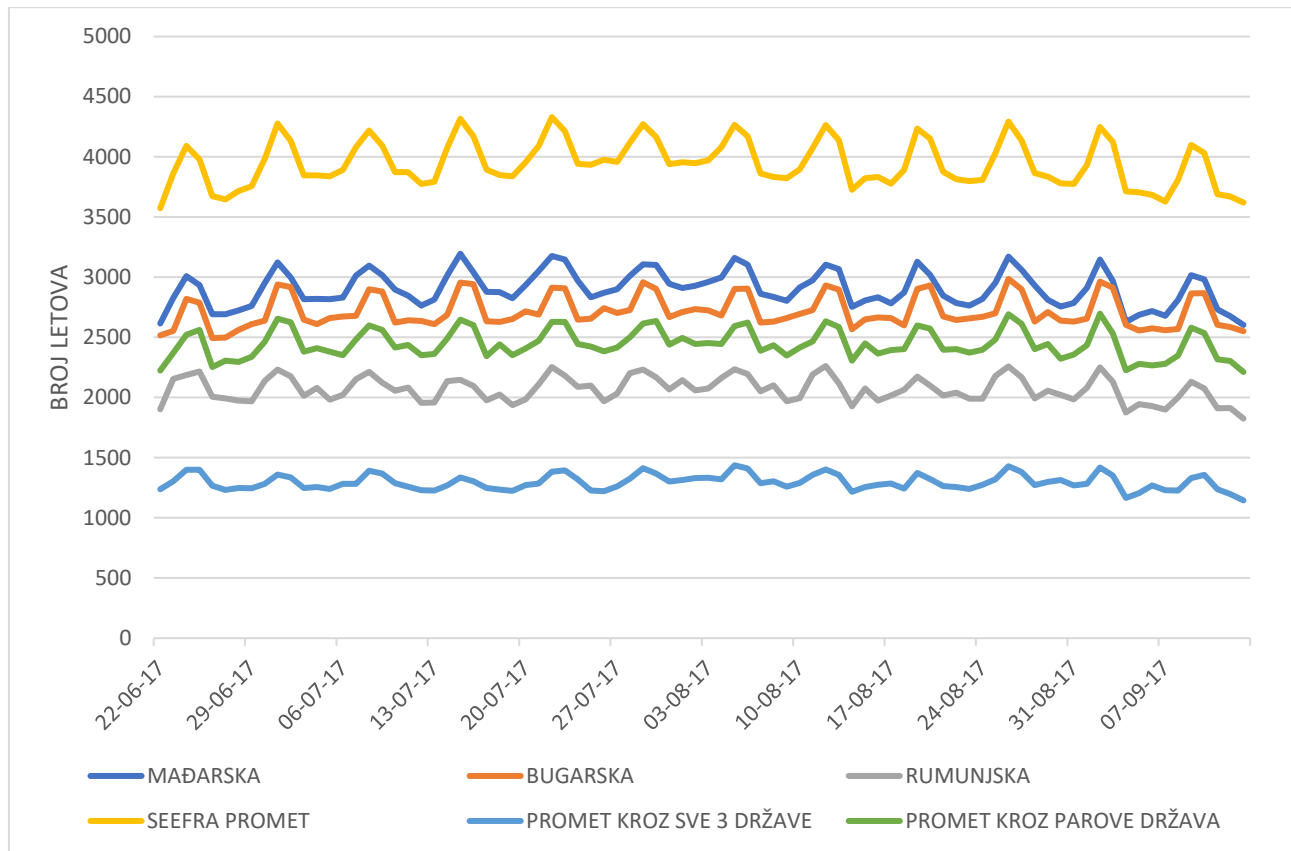


Slika 5. 3. Kreirani prostor SEEFRA

5. 2. Odabir perioda simulacije

Prije izrade simulacije, potrebno je odabrati referentni datum za koji će se analizirati prometni tokovi. Kako je u ljetnim mjesecima količina prometa u Europi općenito, kao i u SEEFRA prostoru najveća, najprije su analizirana tri ljetna AIRAC ciklusa, AIRAC 1707 (od 22.06.2017. do 19.07.2017.), AIRAC 1708 (od 20.07.2017. do 16.08.2017.) i AIRAC 1709 (od 17.08.2017. do 13.09.2017.). Koristeći prilagođeni upit i stvarni tip prometa - „*Actual*“ dobiveni su podatci o prometu pojedinačno kroz Mađarsku, Rumunjsku i Bugarsku, prometu kroz prostor SEEFRA, prometu koji prolazi kroz sve tri zemlje i prometu koji prolazi kroz barem dvije zemlje ovog FRA.

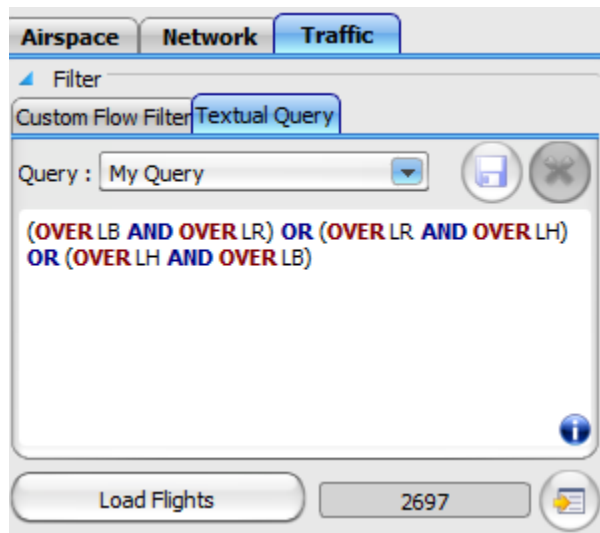
Na slici 5. 4. prikazan je promet za navedena područja od 22.06.2017. do 13.09.2017.



Slika 5. 4. Broj letova kroz područja SEENFRA

Logično, najveći je promet koji obuhvaća sve tokove kroz SEEFRA prostor, slijedi promet Mađarske pa Bugarske. Očekivano je najmanji broj letova koji prolaze kroz sve tri države. Oscilacije u broju letova velike su te je najveći promet zabilježen vikendom, dok je tijekom radnog tjedna broj letova manji.

Kako promet kroz cijeli prostor SEEFRA obuhvaća i letove koji prolaze kroz samo jednu od zemalja, on se neće koristiti jer se tim podacima ne dobivaju zaključci o prednostima uspostave prekograničnog FRA. Zbog toga se koristi filtar prometa koji prolazi kroz barem dvije zemlje SEEFRA prostora. Na slici 5. 5. je prikazan upit za dobivanje ovih podataka.



Slika 5. 5. Prilagođeni upit za filtriranje letova

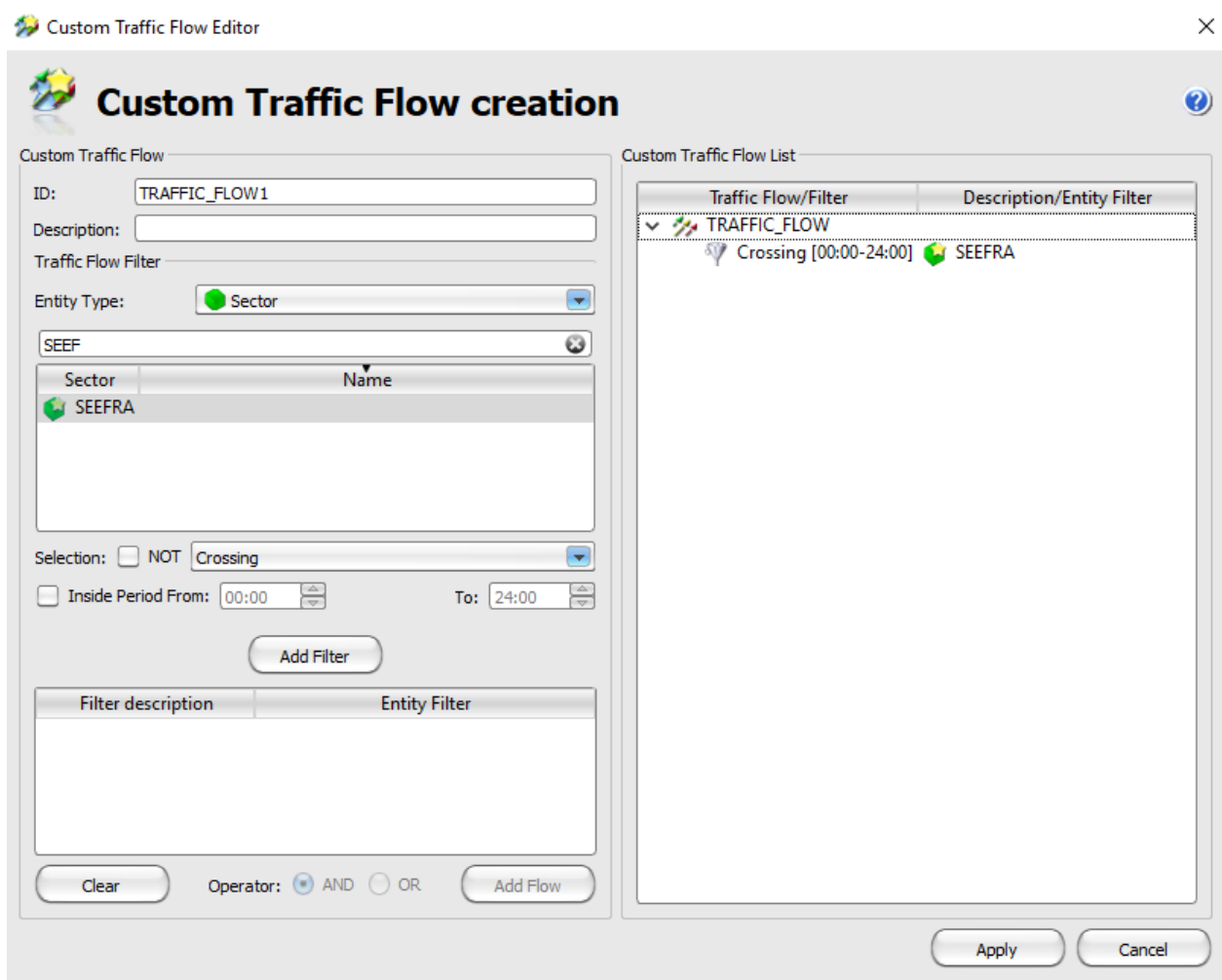
Ovaj filter obuhvaća letove kroz sve tri zemlje, letove preko susjednih parova Mađarske i Rumunjske te Rumunjske i Bugarske, kao i letove koji prolaze kroz Mađarsku, preko Srbije te potom kroz Bugarsku, broj letova prikazan je na prethodnoj slici zelenom bojom.

Pregledom tri najprometnija AIRAC ciklusa pronađen je dan s najvećim brojem interakcija koje zadovoljavaju ovaj upit, to je datum 02.09.2017. Tada je između parova država zabilježeno 2697 letova. Toga dana na europskoj razini bila su 32092 leta.

5. 3. Simulacija putanja prije uvođenja prekograničnog FRA

Kako bi se prometni tokovi nakon uvođenja FRA mogli uspoređivati s trenutnim stanjem noćnog FRA, najprije je potrebno simulirati tokove koji koriste FRA kroz Mađarsku i fiksnu mrežu ATS ruta kroz Rumunjsku i Bugarsku danju i noćni FRA.

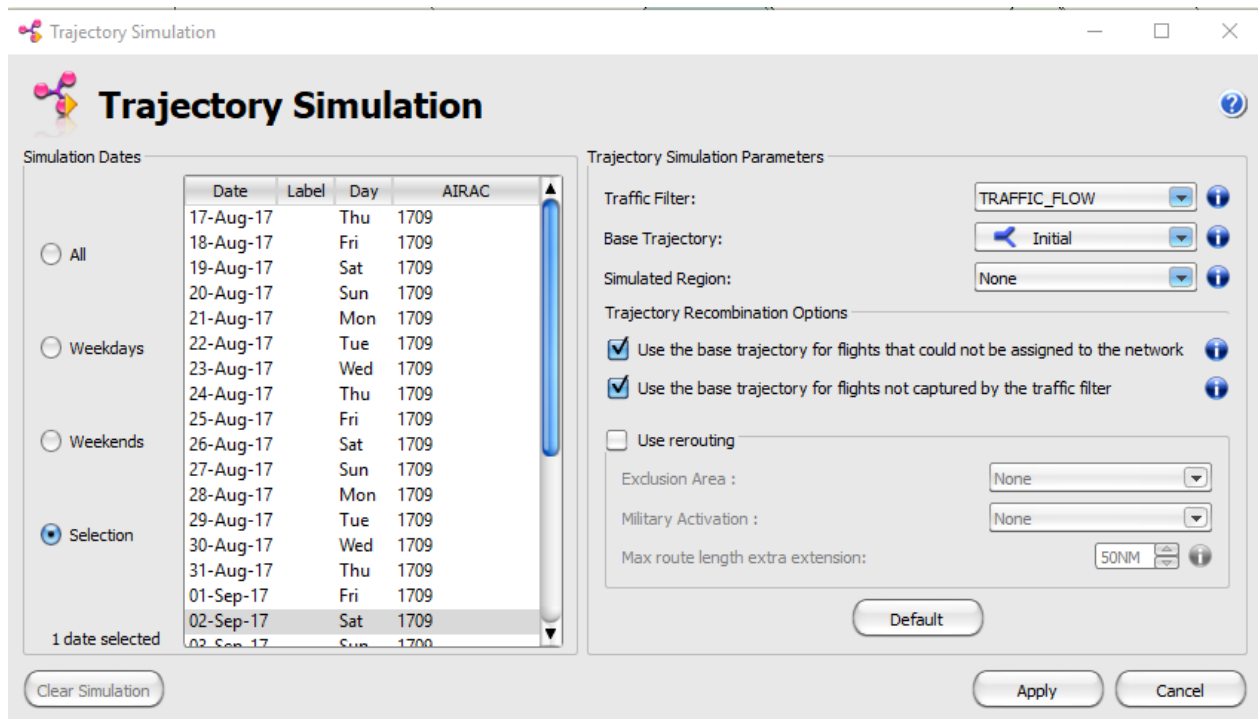
Kako bi se iz analize izuzeli letovi kroz cijelu Europu, te koji nemaju utjecaja na novi FRA prostor, prvo se kreira „*Custom traffic flow*“ u izborniku „*Edit*“ koji prolazi referentnim SEEFRA prostorom. Na slici 5. 6. je prikazano stvaranje referentnog prometnog toka.



Slika 5. 6. Stvaranje referentnog prometnog toka

Odabran je sektor SEEFRA te će se simulirati svi letovi tijekom perioda od 0:00 do 24:00 na datum 02.09.2017.

Na slici 5. 7. je prikazan korak simulacije putanja.

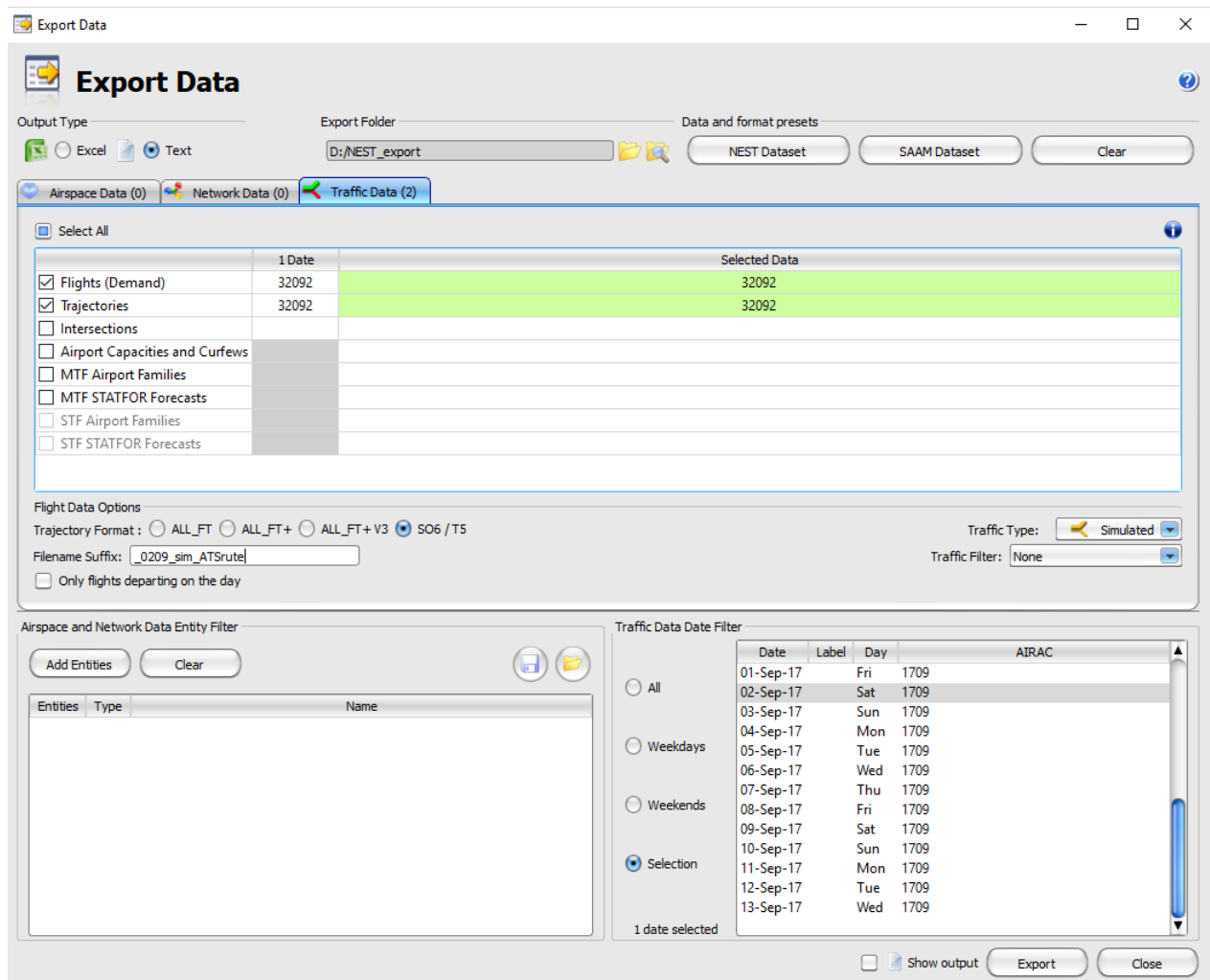


Slika 5. 7. Simulacija putanja prije implementacije FRA

Sljedeći korak je simulacija putanja, koja se provodi naredbom „*Simulate Trajectory*“ u izborniku „*Scenario*“, odabran je zadani datum simulacije, kao filter prometa odabran je filter *TRAFFIC_FLOW* kreiran u prethodnom koraku, bazna putanja je inicijalna putanja letova te su odabrane opcije korištenja bazne putanje za letove izvan mreže te za letove koji nisu zahvaćeni prometnim filtrom.

Nakon ovog koraka, podatke o putanjama potrebno je izvesti koristeći izbornik „*File*“ i funkciju „*Export data*“. Putanje se spremaju u datoteku ekstenzije *.so6* koja će se kasnije koristiti za usporedbu prije i nakon implementacije FRA.

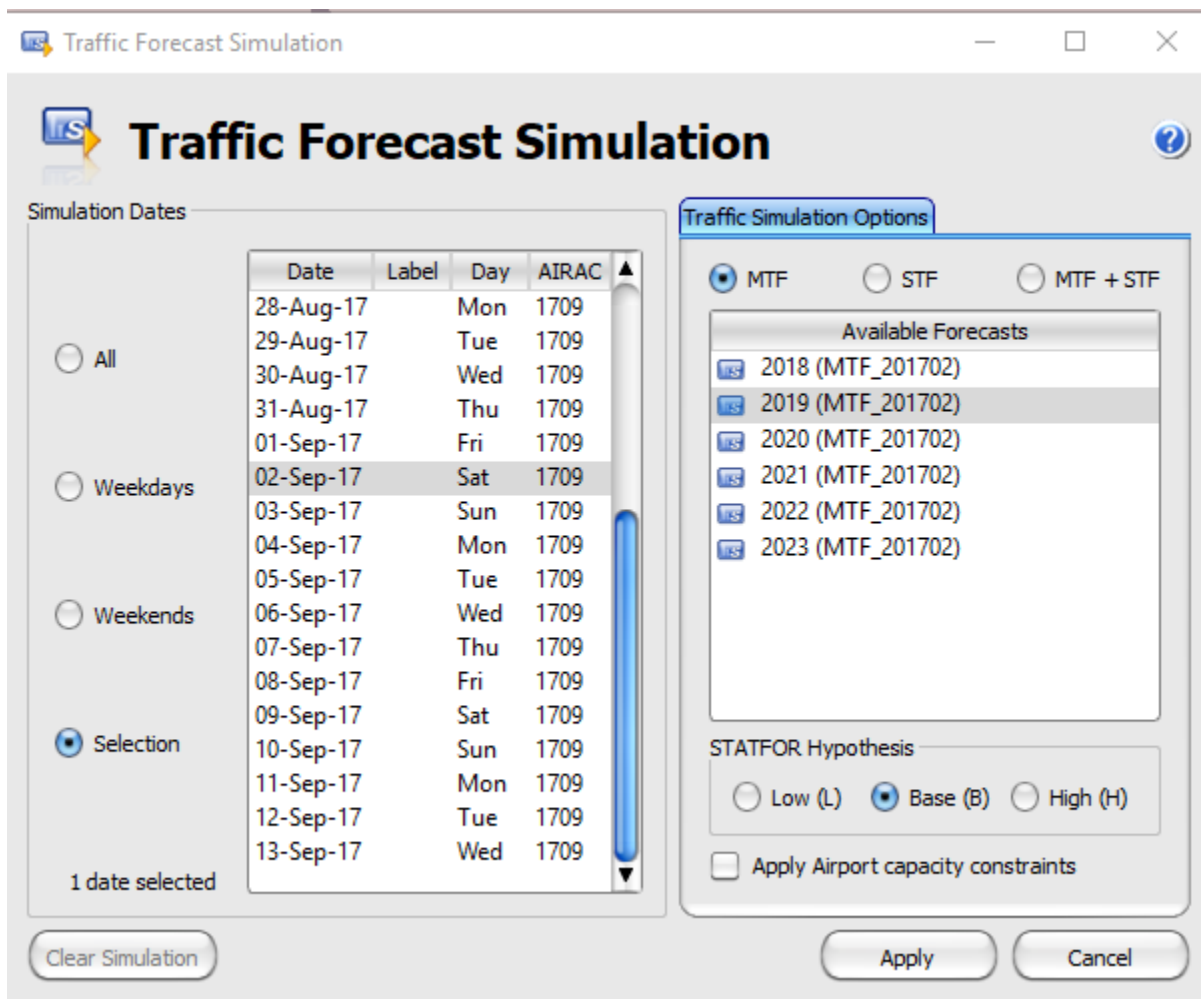
Na slici 5. 8. je prikazan prozor funkcije „*Export Data*“ u NEST-u gdje se odabire koji se podatci žele izvesti. Odabrani su podatci o prometu, odnosno letovi i putanje simuliranog prometa za 02.09.2017.



Slika 5. 8. Izvoz podataka za usporedbu

5. 4. Simulacija putanja nakon uvođenja cjelodnevnog prekograničnog FRA

Kako se u trenutnom AIRAC-u nalaze podatci za 2017., a implementacija SEE FRA planira se za 2019. godinu, potrebno je kod simulacije putanja uračunati i očekivano povećanje prometa. Korištenjem funkcije „*Simulate Traffic Forecast*“ u izborniku „*Scenario*“ dobit će se prognozirani promet za 02.09.2019. godine. Na slici 5. 9. je prikazan prozor funkcije „*Traffic Forecast Simulation*“ u kojem se odabiru podatci na kojima se temelji prognoza, kao i željena buduća godina.



Slika 5. 9. Simulacija povećanja prometa

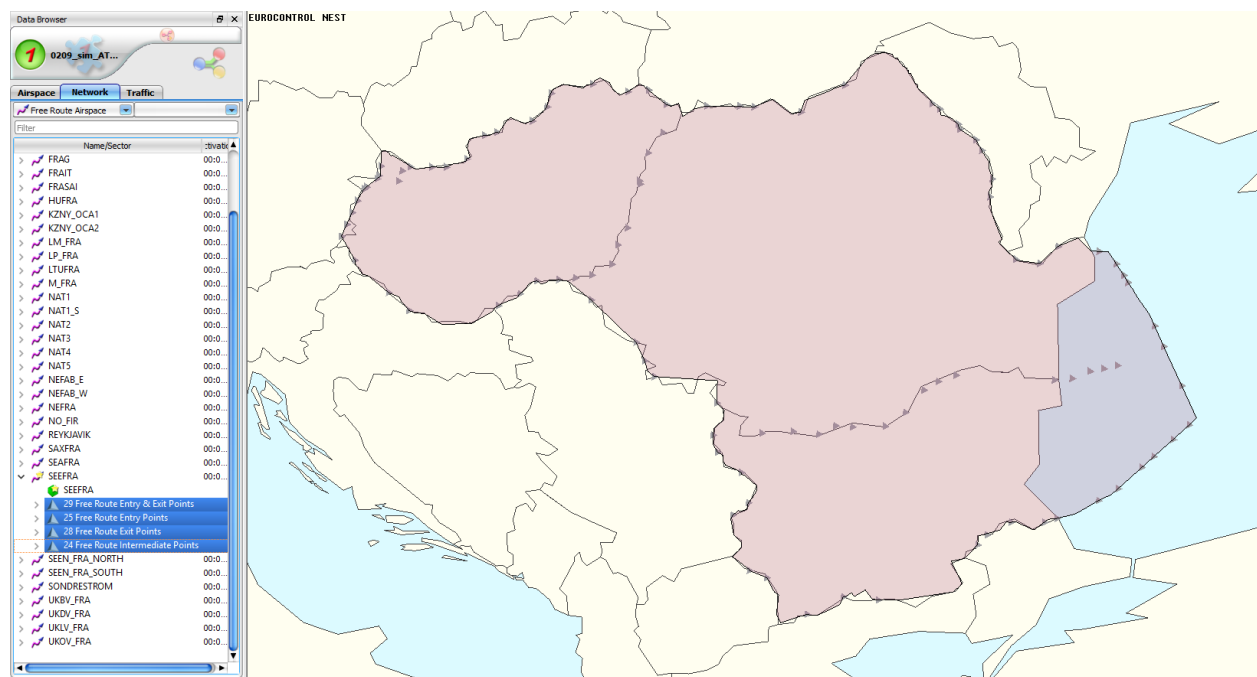
Odabran je datum 02.09. te buduća godina 2019. Prognoza se temelji na STATFOR-ovoj prognozi MTF_201702, s osnovnom hipotezom (srednje povećanje). Zanemaruju se ograničenja zbog kapaciteta aerodroma.

Kako sadašnji prostor – sektor SEEFRA koji je kreiran u prvom koraku i koji je korišten za simulaciju tokova nije cjelodnevni FRA, najprije je potrebno kreirati novi FRA prostor.

U dijelu „Network“ funkcijom „Create New Free Route Airspace“ kreira se novi FRA za sektor SEEFRA.

Sada je u listi FRA-ova u NEST-u naveden novi prostor SEEFRA, ali mu je pridružen samo kreirani prostor. Kako bi se mogle simulirati putanje potrebno je prostoru pridružiti ulazne, izlazne i među-točke funkcijom „Import data“. Ranije je kreiran popis svih točaka koje će se koristiti za ovu simulaciju korištenjem AIP-ova Mađarske, Rumunjske i Bugarske. Te točke već se nalaze u NEST-u u dijelu „Network“, samo ih je potrebno pridružiti novom SEEFRA prostoru. Kao ulazne i izlazne

točke koriste se već postojeće takve točke za SEENFRA, a za među-točke koristit će se točke na granicama FIR-ova. Točke koje trenutno imaju funkciju među-točaka u SEENFRA, a nalaze se unutar granica pojedinih FIR-ova su zanemarene.



Slika 5. 10. SEEFRA prostor s relevantnim FRA točkama

Na slici 5. 10. je prikazan novi SEEFRA sa svim točkama, od kojih je:

- 29 ulazno-izlaznih točaka,
- 25 ulaznih točaka,
- 28 izlaznih točaka,
- 24 među-točke.

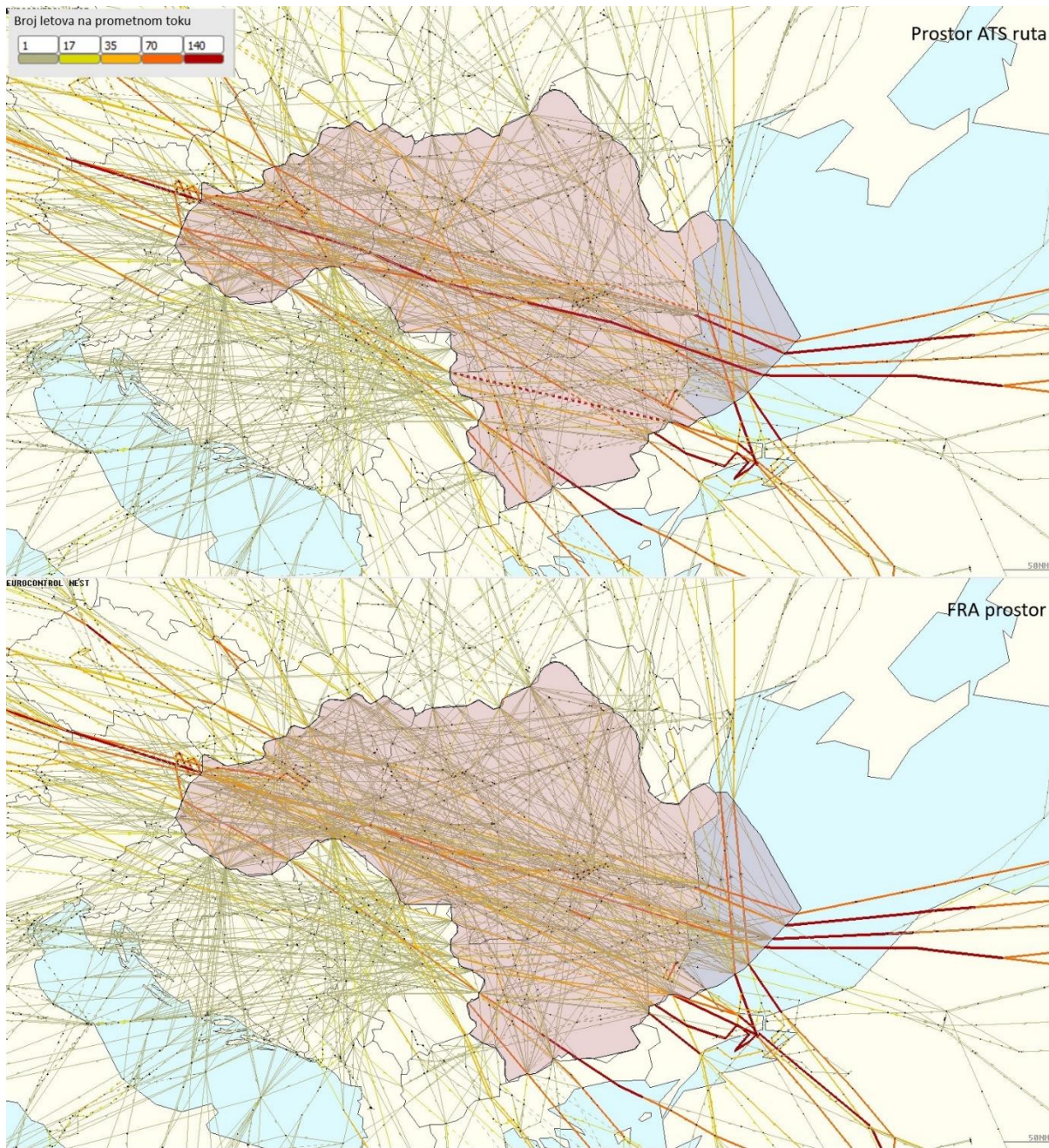
Korištenje među-točaka obvezno je kako bi se osigurala određena predvidljivost prometnih tokova prilikom prelaska granica ACC-ova.

Nakon kreiranja FRA, potrebno je simulirati putanje kroz prostor za 2019., to se postiže ponavljanjem koraka „*Simulate trajectories*“ koristeći „*Custom traffic flow*“ s istim postavkama kao i prvi put.

Na kraju, potrebno je izvesti podatke o letovima pomoću funkcije „*Export data*“. Putanje su spremljene u novu datoteku .so6 ekstenzije.

6. Analiza prometnih tokova nakon uvođenja cjelodnevnog prekograničnog FRA

Na slici 6. 1. prikazani su prometni tokovi kroz SEEFRA za parove država nakon simulacije tokova s ATS rutnom mrežom te tokovi koji simuliraju povećanje prometa do 2019. godine te implementaciju cjelodnevnog SEE FRA područja.



Slika 6. 1. Prometni tokovi kroz prostor SEEFRA prije i nakon implementacije FRA

Odmah se može primijetiti smanjenje opterećenosti određenih tokova i prostiranje tokova kroz veće područje. U tablici 5. naveden je broj letova prije i nakon implementacije SEEFRA za bitne prostore.

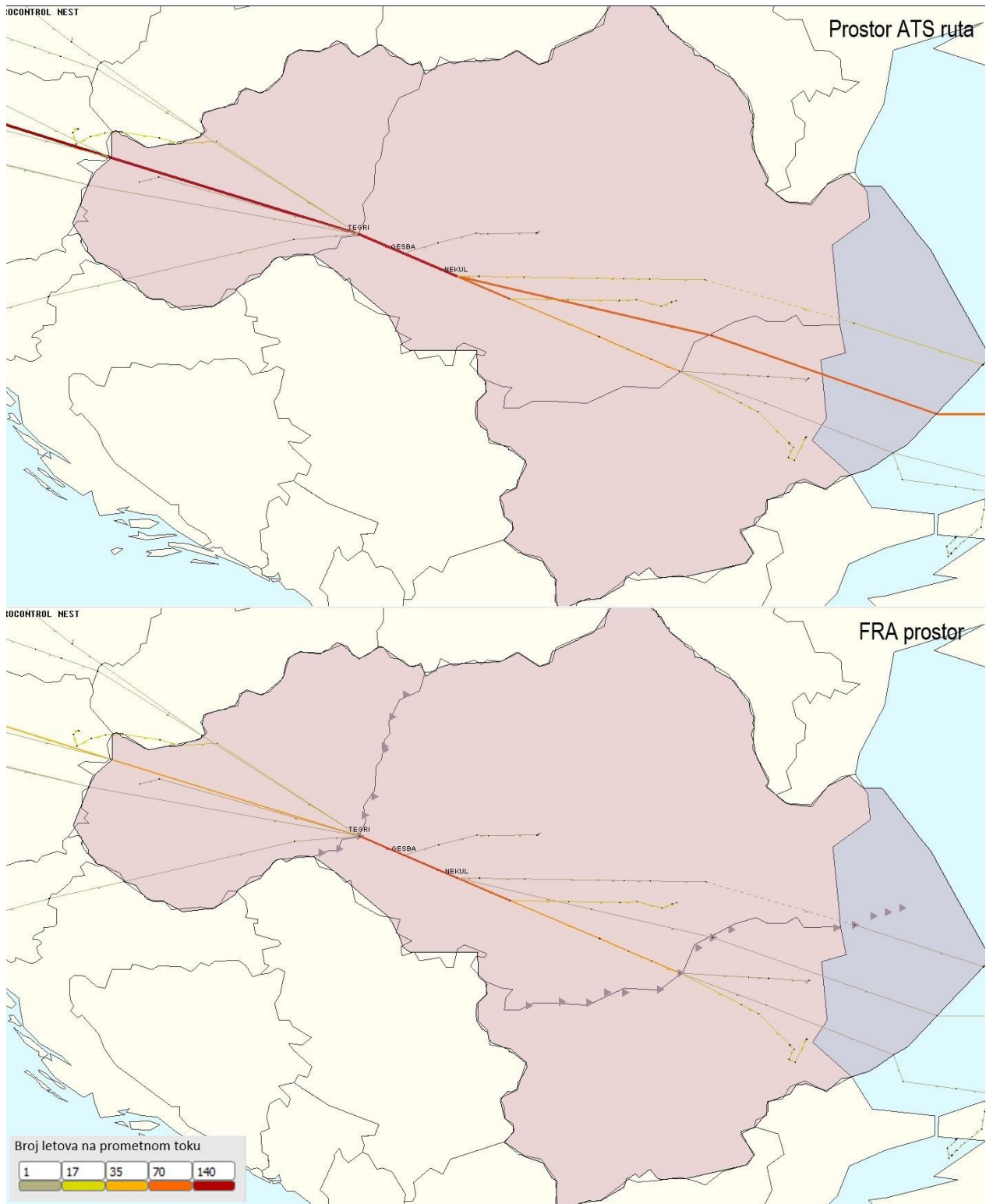
Tablica 5. Broj letova prije i nakon implementacije FRA

Prostor	Broj letova prije implementacije SEEFRA	Broj letova nakon implementacije SEEFRA	Razlika
Mađarska	2415	2602	+7,74%
Bugarska	2521	2703	+7,22%
Rumunjska	2044	2454	+20,06%
Cijeli prostor SEEFRA	3742	3998	+6,84%
Letovi kroz sve tri države	1100	1339	+21,72%
Letovi koji prolaze kroz barem dvije države	2237	2515	+12,42%

Do povećanja je došlo zbog simuliranja povećanja prometne potražnje po osnovnom scenariju prognoze STATFOR-a. Mađarska i Bugarska ostvarile su sličan porast prometa od 7,74% i 7,22%, takav je i porast prometa koji prolazi kroz cijeli SEEFRA prostor s povećanjem od 6,84%. Ukupno se najviše povećao broj letova koji prolazi kroz sve tri države s porastom od 21,72%, zatim porast prometa od 20,06% kroz Rumunjsku. Takav se porast može objasniti prometom koji nakon implementacije FRA mijenja rutu i prolazi kroz sve tri države, a kako se Rumunjska nalazi u sredini SEEFRA prostora, svi takvi tokovi prolaze kroz njen prostor.

6. 1. Segment toka TEGRI-GESBA-NEKUL

Na slici 6. 2. prikazan je segment toka TEGRI-GESBA-NEKUL i usporedni prometni tokovi za obje simulacije. Taj segment je najprometniji unutar promatranog područja dok je aktivna mreža ATS ruta sa 189 letova koji prolaze tim segmentom, dok kod FRA prostora tim segmentom prolazi samo 85 letova.

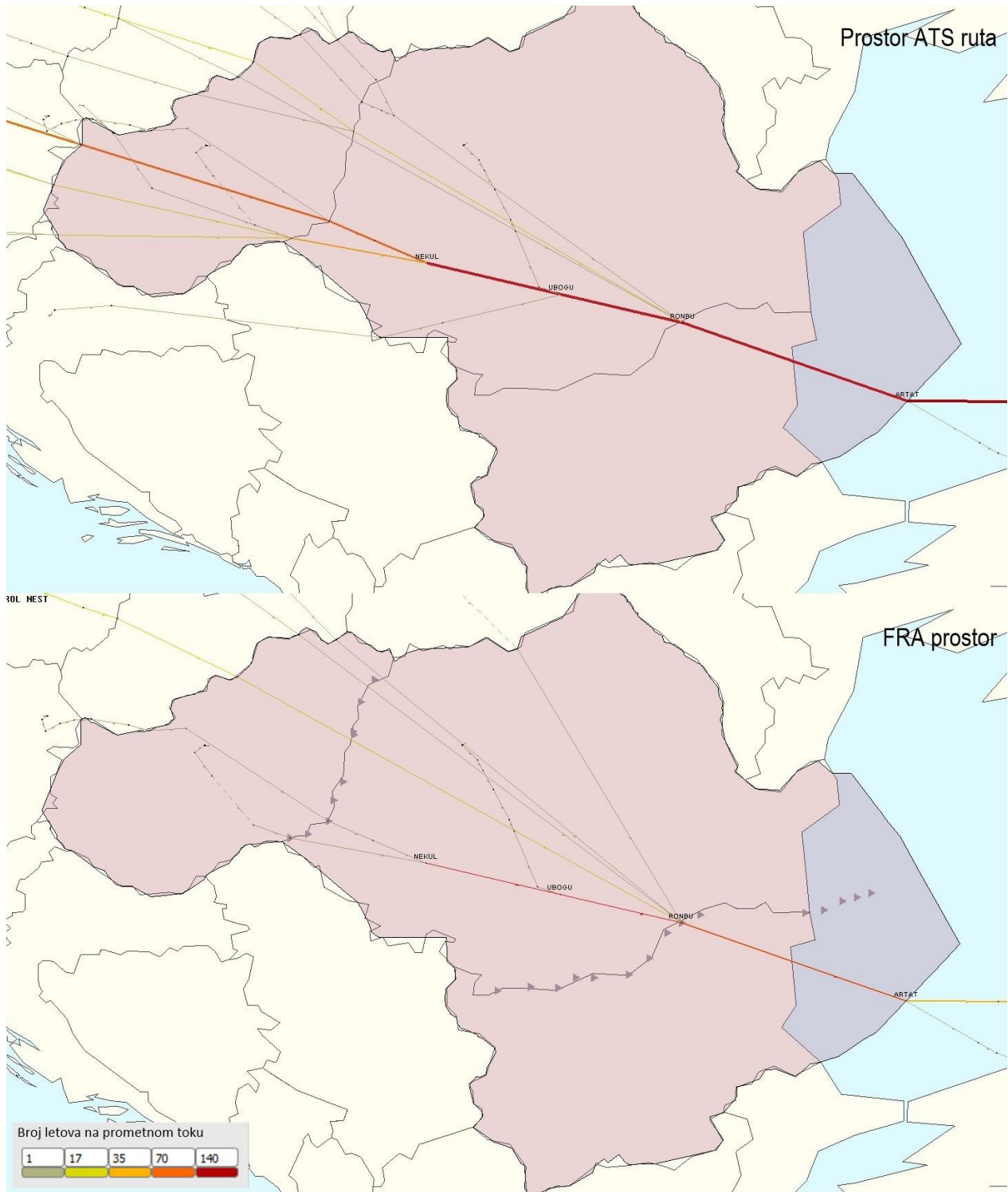


Slika 6. 2. Segment toka TEGRI-GESBA-NEKUL; prije i nakon implementacije FRA

6. 2. Segment toka RONBU-ARTAT

Na slici 6. 3. prikazan je segment toka RONBU-ARTAT i usporedni prometni tokovi za obje simulacije. Taj segment je drugi najprometniji unutar promatranog područja dok je aktivna mreža ATS ruta sa 184 letova koji prolaze tim segmentom, dok kod FRA prostora tim segmentom prolazi samo 50 letova.

Najopterećeniji tok prije implementacije FRA je tok od točke PESAT (na granici Austrije i Mađarske) preko točaka TEGRI, NEKUL i RONBU kroz Rumunjsku i Bugarsku do točke ARTAT (na morskoj granici Bugarske i Turske). Tu rutu koriste zrakoplovi na rutama od Ujedinjenih Arapskih Emirata i Katara prema zemljama zapadne Europe, ponajprije prema Ujedinjenom Kraljevstvu i obratno. U prostoru slobodnih ruta takvi letovi koriste direktnije rute te ne konvergiraju prema točkama TEGRI i NEKUL.

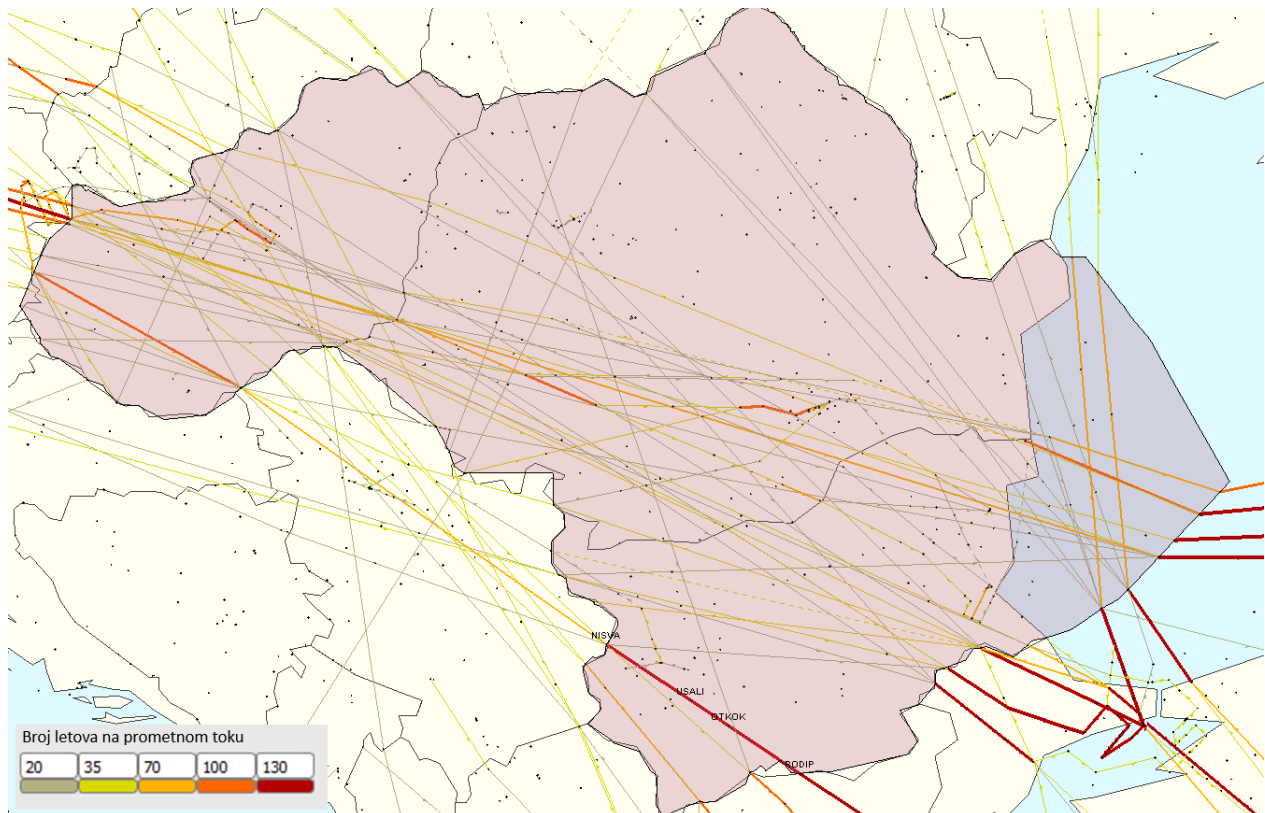


Slika 6. 3. Segment toka RONBU-ARTAT; prije i nakon implementacije FRA

6. 3. Segment toka NISVA-USALI-OTKOK-RODIP

Na slici 6. 4. prikazani su tokovi kroz novi SEEFRA prostor, ali je skala opterećenosti tokova pomaknuta kako bi se eliminirali tokovi kojima prolazi manje od 20 letova.

Najopterećeniji tok sa 140 letova nakon implementacije FRA je segment od točke NISVA (na granici Srbije i Bugarske) direktno preko točaka USALI i OTKOK do točke RODIP (na granici Bugarske i Grčke). Može se primijetiti da dio letova na tom toku prolazi i mađarskim zračnim prostorom te do točke NISVA dolazi koristeći srpski prostor slobodnih ruta. Većina letova na tom segmentu rute ima polazište ili odredište u zračnoj luci LTAI (Antalaya u Turskoj).



Slika 6. 4. Segment toka NISVA-USALI-OTKOK-RODIP nakon implementacije FRA

7. Analiza promjena u duljini ruta i utjecaja na okoliš nakon uvođenja FRA

Koristeći funkciju „Scenario Economy“ unutar izbornika „Analysis“ u NEST-u, moguće je usporediti simulirane putanje prije i poslije implementacije SEEFRA koje su ranije izvezene kao .so6 datoteke opcijom „Export data“. Na slici 7. 1. je prikazan prozor ove funkcije.

The screenshot shows the 'Scenario Economy' dialog box with the following configuration:

- Inputs:**
 - Reference (so6): ort/20170902_0209_sim_ATSrutna_mreza.so6
 - Scenario (so6): NEST_export/20170902_0209_sim_seefra.so6
 - TMA
 - Exclude TMA route part within 40 NM around airports.
 - Keep only flights departing and arriving in ...
 - Europe, mediterranean countries and part of the russian federation
 - Europe
 - ECAC
 - Use comparison thresholds to discard flights without differences
 - Length: 0.050 NM
 - Time: 0.494 seconds
 - Fuel: 0.275 kg
 - CO2: 863.500 g
 - NOx: 2.200 g
 - Keep default proportion
 - Default values
 - Flight appearing in the report are the ones captured by at least one threshold
- Output:**
 - Excel report (xls): promjene.xlsx
 - Save As...
- Buttons:** Run, Help, Close

Slika 7. 1. Usporedba ekonomičnosti scenarija

Kao referentni podatci odabrane su putanje po ATS mreži ruta, a pod scenarij odabrani su podatci o putanjama nakon implementacije FRA. Kako bi se eliminirali letovi koji nisu promijenjeni, odnosno letovi na europskom području koji ne prolaze kroz zadani prostor koristi se opcija „Comparison thresholds“ da bi se eliminirali letovi bez promjena.

Rezultat usporedbe dobiva se u .xlsx datoteci koja sadrži tri liste: ukupne promjene, promjene prikazane za svaki pojedini let te promjene po parovima aerodroma.

U tablicama 6. i 7. prikazane su ukupne promjene.

Tablica 6. Promjene u duljini leta, vremenu leta i količini goriva nakon implementacije FRA

Status	Duljina leta(NM)		Vrijeme leta (minute)		Gorivo (kg)	
	Broj letova	Promjena	Broj letova	Promjena	Broj letova	promjena
Povećanje	2	3,790	43	18,093	104	2438,054
Jednako	74	-0,892	100	-0,514	28	-5,620
Smanjenje	1488	-7935,835	1421	-1044,895	1432	-52924,219
Ukupno	1564	-7932,937	1564	-1027,316	1564	-50491,785

Tablica 7. Promjene u emisijama ugljikovog dioksida i dušikovih oksida nakon implementacije FRA

Status	CO ₂ (kg)		NO _x (kg)	
	Broj letova	Promjena	Broj letova	promjena
Povećanje	105	7707,460	110	46,839
Jednako	24	-16,120	6	-0,001
Smanjenje	1435	-167 243,040	1448	-759,999
Ukupno	1564	-159 551,700	1564	-713,161

Promjenama je zahvaćeno 1564 letova. Ukupno je ostvarena ušteda od 7933 NM, 1027 minuta, 50,5 tona goriva, te je smanjeno ispuštanje štetnih plinova u atmosferu u iznosu od 159,5 tona ugljikovog dioksida i 713 kg dušikovih oksida.

7. 1. Letovi s najvećim uštedama goriva i nautičkih milja

Najveće smanjenje prijeđene udaljenosti od 66,24 NM ostvario je let RYR60HM iz Rodosa u Grčkoj (aerodrom LGRP) do Kaunasa u Litvi (aerodrom EYKA). Ruta leta prikazana je na slici 7. 2.



Slika 7. 2. Putanja leta RYR60HM prije (crvenom bojom) i nakon (zelenom bojom) implementacije FRA

Let je ostvaren zrakoplovom Boeing B738 prijevoznika Ryanair. Na slici je crvenom bojom označena originalna ruta, a zelenom ruta nakon implementacije FRA. Ovaj let je uštedio i najviše vremena i to 9 minuta.

Najviše goriva, i to 453 kg uštedio je let UAE180 iz Varšave u Poljskoj (aerodrom EPWA) u Dubai u Ujedinjenim Arapskim Emiratima (aerodrom OMD) čije su rute prije (crvenom bojom) i poslije (zelenom bojom) implementacije FRA prikazane na slici 7. 3.



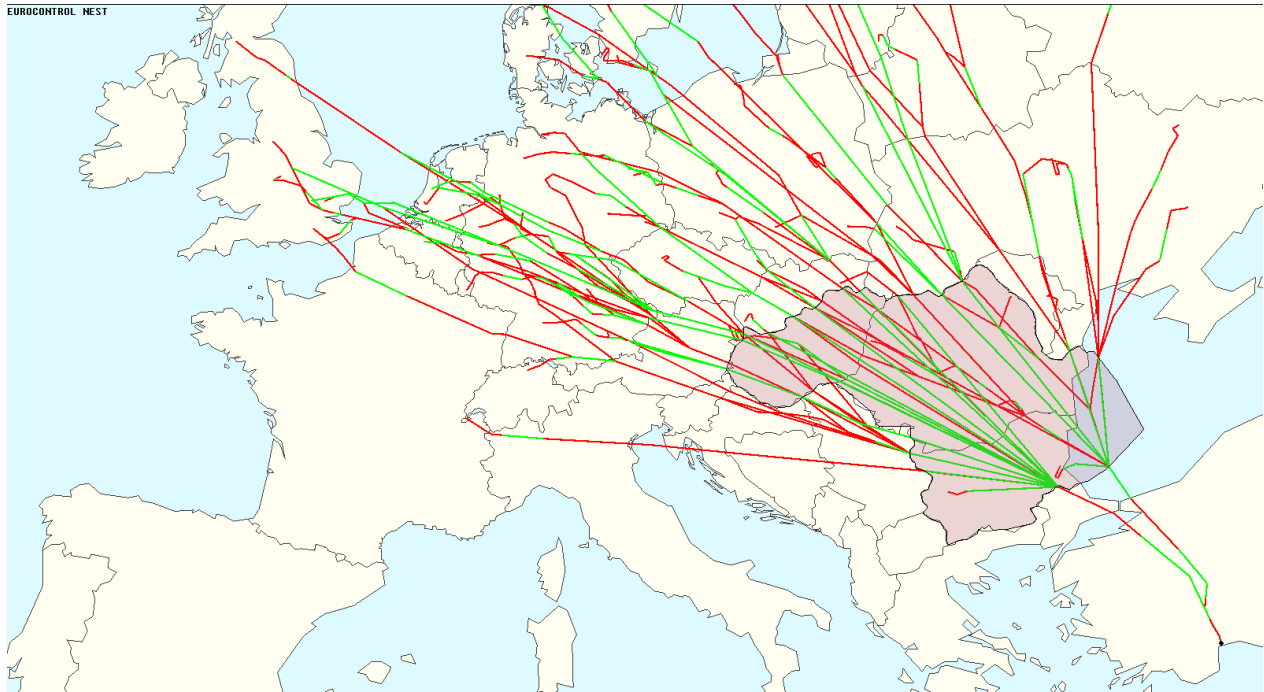
Slika 7. 3. Putanja leta UAE180 prije (crvenom bojom) i nakon (zelenom bojom) implementacije FRA

Let je ostvaren zrakoplovom Boeing B77W prijevoznika Emirates. Taj let je ostvario i najveće smanjenje CO₂ od 1431 kg i NO_x plinova od 8,7 kg.

Po tipu zrakoplova najveće je uštede ostvario Boeing 738 s 373 leta (ušteda 2696 NM i 13 041 kg goriva), sljedeći je s 225 letova Airbus A320 (ušteda 1392 NM i 6827 kg goriva), što je i logično jer su ta dva tipa zrakoplova najčešće korišteni za letove u europskom zračnom prostoru.

7. 2. Najveće uštede prema destinaciji

Letovi koji su poletjeli iz ili sletjeli u Antalyu u Turskoj (LTAI) preletjeli su ukupno 1972 NM manje u novom FRA prostoru te su uštedjeli 10 528 kg goriva, ukupno je bilo 228 letova koji su poletjeli iz LTAI i 93 leta koji su sletjeli na isti aerodrom. Prosječno je po letu smanjeno 6,14 NM i 33 kg goriva. Na slici 7. 4. prikazane su putanje svih letova iz i prema LTAI prije i nakon implementacije FRA.



Slika 7. 4. Putanje letova iz i prema LTAI prije (crvenom bojom) i nakon (zelenom bojom) implementacije FRA

8. Zaključak

Kako bi se analizirale prednosti proširenja trenutnog noćnog prostora slobodnih ruta na prostoru SEENFRA na cjelodnevne operacije koristio se softverski alat NEST. Najprije su simulirane putanje koje se koriste pri trenutnoj organizaciji prostora, gdje je u Mađarskoj na snazi cjelodnevni FRA, a Rumunjska i Bugarska koriste fiksnu ATS mrežu ruta danju, a FRA noću. Sljedeća simulacija temeljila se na cjelodnevnom FRA. Kako se u stvarnosti prijelaz sa SEENFRA u SEEFRA planira za 2019. godinu, najprije je simuliran porast prometa u odnosu na korištene podatke za 2017. pomoću prognoze STATFOR-a. Potom je napravljena simulacija putanja kroz novokreirani prostor SEEFRA.

Simulirane putanje prije i nakon implementacije cjelodnevnog FRA uspoređene su kroz funkciju „*Scenario Economy*“ te su dobiveni sljedeći rezultati: u jednom danu obuhvaćeno je 1564 leta koji su ostvarili uštede od: 7933 NM, 1027 minuta leta, 50 492 kg goriva, 159 552 kg CO₂ te 713 kg NO_x.

Do 2022. godine u cijelom europskom zračnom prostoru planirana je implementacija nekog oblika prostora slobodnih ruta, potpunog ili vremenski odnosno strukturalno ograničenog. Vremenski ograničeni FRA služe kao među-korak između prostora ATS mreže ruta i potpune implementacije FRA, njima je moguće u stvarnom prometu testirati promjene prometnih tokova te donijeti odluke o potrebnim preinakama ATM sustava da bi se postigla potpuna implementacija FRA.

U vrlo kompleksnim zračnim prostorima potpuna bi implementacija FRA imala negativan utjecaj na kapacitet pa se u takvim prostorima treba planirati FRA ograničenja za određene prometne tokova kako bi se smanjila mogućnost nastanka potencijalnih konflikata.

Kroz dosadašnju se implementaciju i provedene studije pokazalo da implementacija FRA donosi mnogobrojne koristi, najviše za operatore zrakoplova koji direktnijom rutom smanjuju prijeđene milje, a time i potrošnju goriva te se time smanjuje trošak prijevoza. Smanjenom potrošnjom goriva, ostvaruje se također i smanjenje štetnog utjecaja na okoliš. Nakon implementacije, moguće je održati istu razinu kapaciteta zračnog prostora ili je povećati bez negativnog utjecaja na sigurnost.

Simulacija provedena u ovom radu pokazala je mogućnost smanjenja prijeđene udaljenosti, vremena leta, potrošenog goriva te štetnih emisija nakon implementacije FRA.

Popis literature

1. Single European Sky: Report of the high-level group, Europska komisija, studeni 2000.
2. [https://www.skybrary.aero/index.php/Single_European_Sky_\(SES\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Single_European_Sky_(SES)) (pristupljeno: rujan 2018.)
3. Uredba (EZ) br. 1070/2009 Europskog parlamenta i vijeća od 21. listopada 2009. o izmjeni uredaba (EZ) br. 549/2004, (EZ) br. 550/2004, (EZ) br. 551/2004 i (EZ) br. 552/2004 radi poboljšanja izvedbe i održivosti europskog zrakoplovnog sustava, Europski parlament, Vijeće Europske unije, listopad 2009.
4. <https://www.eurocontrol.int/articles/functional-airspace-block-fab> (pristupljeno: kolovoz 2018.)
5. SESAR Solutions Catalogue, SESAR Joint Undertaking, 2017.
6. Free Route Airspace developments, EUROCONTROL, prosinac 2016.
7. European Route Network Improvement Plan, Part 1: European Airspace Design Methodology – Guidelines, EUROCONTROL, lipanj 2016.
8. <https://www.eurocontrol.int/articles/free-route-airspace> (pristupljeno: kolovoz 2018.)
9. Performance Review Report 2017, EUROCONTROL, svibanj 2018.
10. Annex 11 to the Convention on International Civil Aviation: Air Traffic Services, International Civil Aviation Organization, srpanj 2011.
11. Local Single Sky Implementation LSSIP 2017 – Hungary: Level 1 – Implementation Overview, EUROCONTROL, ožujak 2018.
12. Hungary: Aeronautical Information Publication, HUNGAROCNTRON, lipanj 2018.
13. Local Single Sky Implementation LSSIP 2017 – Bulgaria: Level 1 – Implementation Overview, EUROCONTROL, svibanj 2018.
14. Aeronautical Information Publication of the Republic of Bulgaria, BULATSA, studeni 2017.
15. Local Single Sky Implementation LSSIP 2017 – Romania: Level 1 – Implementation Overview, EUROCONTROL, srpanj 2018.
16. Aeronautical Information Publication Romania, ROMATSA, srpanj 2018.
17. <https://www.eurocontrol.int/services/nest-modelling-tool> (pristupljeno: rujan 2018.)
18. NEST Training, Module 1, EUROCONTROL, 2017.

Popis kratica

ACC	(Area control centre) jedinica oblasne kontrole
AIRAC	(Aeronautical information regulation and control) uređivanje i kontrola zrakoplovnih informacija
AIS	(Aeronautical information services) usluge zrakoplovnog informiranja
AMSL	(above mean sea level) iznad srednje razine mora
ANSP	(Air navigation service provider) pružatelj usluga u zračnoj plovidbi
APP	(Approach control service) jedinica prilazne kontrole
ASM	(Airspace management) upravljanje zračnim prostorom
ATC	(Air traffic control) kontrola zračnog prometa
ATC	(Air traffic control) kontrola zračnog prometa
ATFCM	(Air traffic flow and capacity management) upravljanje protokom i kapacitetom zračnog prometa
ATM	(Air traffic management) upravljanje zračnim prometom
ATS	(Air traffic services) operativne službe kontrole zračnog prometa
CACD	(Central Airspace and Capacity Database) baza podataka o zračnom prostoru i kapacitetu
CANSO	(Civil Air Navigation Services Organization) Organizacija pružatelja usluga u zračnoj plovidbi
CTR	(Control zone) kontrolirana zona
DCT	(direct) direktna putanja
EASA	(European Aviation Safety Agency) Europska agencija za sigurnost u zrakoplovstvu
ECAC	(European Civil Aviation Conference) Europska konferencija za civilno zrakoplovstvo
FAB	(Functional airspace block) funkcionalni blok zračnog prostora
FIR	(Flight information region) područje pružanja letnih informacija
FIS	(Flight information service) usluga pružanja letnih informacija

FL	(Flight level) razina leta
FLOS	(Flight level orientation scheme) shema dodjela visine leta prema orijentaciji
FMP	(Flow management position) pozicija za upravljanje protokom zračnog prometa
FRA	(Free route airspace) prostor slobodnih ruta
FRA-IP	(FRA with Intermediate points) prostor slobodnih ruta s među-točkama
FUA	(Flexible use of airspace) fleksibilno korištenje zračnog prostora
IATA	(International Air Transport Association) Međunarodna udruga za zračni prijevoz
ICAO	(International Civil Aviation Organization) Organizacija međunarodnog civilnog zrakoplovstva
IFPS	(Initial flight plan processing system) sustav za procesiranje planove leta
IFR	(Instrument flight rules) pravila instrumentalnog letenja
KPI	(Key performance indicator) ključni pokazatelj učinkovitosti
LoA	(Letter of agreement) sporazumna pisma susjednih zemalja
NEST	Network strategic tool
NEVAC	(Network Estimation and Visualisation of ACC Capacity) alat za procjenu i vizualizaciju mreže i ACC kapaciteta
NM	(Network Manager) upravitelj mreže, funkcija EUROCONTROLA
NMOC	(Network Manager operation centre) centar mrežnog upravljanja
NSA	(National supervisory authority) nacionalna nadzorna vlast
PRR	(Performance review report) pregled izvještaja o izvedbi
RAD	(Route availability document) dokument dostupnih ruta
RAT	(Risk analysis tool) alat za analizu rizika
RNDSG	(Route Network Development Sub-group) Skupina za organizaciju rutne mreže
SAAM	(System for traffic Assignment and Analysis at a Macroscopic level) sustav dodjele i analize prometa na makrorazini
SES	(Single European Sky) Jedinstveno europsko nebo
SESAR	(Single European Sky ATM Research) projekt modernizacije upravljanja zračnim prostorom u Europi

SID	(Standard instrument departure) standardna instrumentalna procedura za odlazak
STAR	(Standard instrument arrival) standardna instrumentalna procedura za dolazak
STATFOR	(Statistics and forecasts) statistike i prognoze
TIZ	(Traffic information zone) zona prometnih informacija
TMA	(Terminal control area) terminalno kontrolirano područje
UTC	(Coordinated universal time) koordinirano svjetsko vrijeme
VFR	(Visual Flight Rules) pravila vizualnog letenja

Popis slika

Slika 2. 1. Europski FAB-ovi [4].....	6
Slika 2. 2. Implementacija FRA u Europi za ljetno 2018. [8].....	13
Slika 2. 3. Plan implementacije FRA u Europi za kraj 2022. godine [8].....	14
Slika 3. 1. Broj letova i godišnji porast prometa za ECAC regiju [9].....	15
Slika 3. 2. Prometna prognoza za članice ECAC-a [9].....	16
Slika 3. 3. Efikasnost leta po državama ECAC-a [9].....	21
Slika 4. 1. Mađarski zračni prostor [12].....	24
Slika 4. 2. Godišnji IFR promet kroz Mađarsku [11].....	26
Slika 4. 3. Analiza kašnjenja i prosječnog broja letova za Mađarsku [11].....	27
Slika 4. 4. Zračni prostor Bugarske – ATS mreža ruta [14].....	28
Slika 4. 5. Zračni prostor Bugarske – noćni FRA [14].....	28
Slika 4. 6. Godišnji IFR promet kroz Bugarsku [13].....	30
Slika 4. 7. Analiza kašnjenja i prosječnog broja letova za Bugarsku [13].....	31
Slika 4. 8. Zračni prostor Rumunjske – ATS mreža ruta [16].....	32
Slika 4. 9. Zračni prostor Rumunjske – noćni FRA [16].....	33
Slika 4. 10. Sektori DF1 i DF2 [15].....	33
Slika 4. 11. Godišnji IFR promet kroz Rumunjsku [15].....	35
Slika 4. 12. Analiza kašnjenja i prosječnog broja letova za Rumunjsku [15].....	36
Slika 4. 13. Prostor SEENFRA s vertikalnim granicama [15].....	37
Slika 5. 1. NEST sučelje [18].....	40
Slika 5. 2. Spajanje dvaju sektora.....	42
Slika 5. 3. Kreirani prostor SEEFRA.....	43
Slika 5. 4. Broj letova kroz područja SEENFRA.....	44
Slika 5. 5. Prilagođeni upit za filtriranje letova.....	45
Slika 5. 6. Stvaranje referentnog prometnog toka.....	46
Slika 5. 7. Simulacija putanja prije implementacije FRA.....	47
Slika 5. 8. Izvoz podataka za usporedbu.....	48
Slika 5. 9. Simulacija povećanja prometa.....	49
Slika 5. 10. SEEFRA prostor s relevantnim FRA točkama.....	50
Slika 6. 1. Prometni tokovi kroz prostor SEEFRA prije i nakon implementacije FRA.....	51
Slika 6. 2. Segment toka TEGRI-GESBA-NEKUL; prije i nakon implementacije FRA.....	53
Slika 6. 3. Segment toka RONBU-ARTAT; prije i nakon implementacije FRA.....	55
Slika 7. 1. Usporedba ekonomičnosti scenarija.....	57
Slika 7. 2. Putanja leta RYR60HM prije (crvenom bojom) i nakon (zelenom bojom) implementacije FRA.....	59
Slika 7. 3. Putanja leta UAE180 prije (crvenom bojom) i nakon (zelenom bojom) implementacije FRA... ..	60
Slika 7. 4. Putanje letova iz i prema LTAI prije (crvenom bojom) i nakon (zelenom bojom) implementacije FRA.....	61

Popis tablica

Tablica 1. Analiza događaja povezanih sa sigurnosti u Europi za 2017. godinu [9]	18
Tablica 2. Analiza kašnjenja u Europi za 2017. godinu [9]	20
Tablica 3. Analiza naplate usluga u Europi za 2017. [9]	22
Tablica 4. ICAO klasifikacija zračnog prostora [10]	23
Tablica 5. Broj letova prije i nakon implementacije FRA.....	52
Tablica 6. Promjene u duljini leta, vremenu leta i količini goriva nakon implementacije FRA	58
Tablica 7. Promjene u emisijama ugljikovog dioksida i dušikovih oksida nakon implementacije FRA	58



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ diplomski rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

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

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ diplomskog rada
pod naslovom **Utjecaj uvođenja prekograničnog zračnog prostora slobodnih ruta
na prometne tokove kroz Mađarsku, Bugarsku i Rumunjsku**

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

Student/ica:

U Zagrebu, 18.09.2018. _____

Magdalena Šutaj
(potpis)