Prostor slobodnih ruta u prostoru FAB CE

Lazarin, Dario

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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:119:916601

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-16**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

PROSTOR SLOBODNIH RUTA U PROSTORU FAB CE

Mentor: doc. dr. sc. Biljana Juričić

Student: Dario Lazarin, 0135219597

Zagreb, 2016.

Ovom prilikom se zahvaljujem svima koji su me podržali tokom školovanja.

Posebno se zahvaljujem gospodinu Igoru Baraču – višem stručnom suradniku za analize i simulacije u Hrvatskoj kontroli zračne plovidbe te mentorici doc. dr. sc. Biljani Juričić na pomoći i savjetima pri izradi ovog diplomskog rada.

Također se zahvaljujem obitelji, prijateljima i kolegama na strpljenju, podršci i ohrabrenju te što su me poticali k ostvarenju svojih ciljeva.

PROSTOR SLOBODNIH RUTA U PROSTORU FAB CE

SAŽETAK:

U tijeku je proces ujedinjenja rascjepkanog neba iznad Europe putem projekta Jedinstvenog Europskog Neba koji se postupno uvoditi putem uvođenja funkcionalnih blokova zračnog prometa, a cilj mu je povećati kapacitet Europskog neba. Jedinstveno Europsko Nebo nije jedini projekt kojemu je namjera povećati kapacitet. Uz mnogo drugih projekta, posebno se izdvaja projekt prostora slobodnih ruta gdje korisnici sami odabiru rutu kojom žele letjeti koristeći definirane ulazne i izlazne točke iz takvog prostora. Svrha ovog diplomskog rada je analiza učinkovitosti uvođenja prostora slobodnih ruta unutar Funkcionalnog bloka zračnog prostora Središnje Europe te usporedba trenutne mreže ruta i direktnih ruta unutar prostora po prijeđenoj udaljenosti, potrošenom gorivu i utjecaju na okoliš putem aplikacije NEST. U slučaju uvođenja prostora slobodnih ruta unutar Funkcionalnog bloka zračnog prostora Središnje Europe od razine leta 325 do razine leta 660, na godišnjoj razini uštedjelo bi se 24 milijuna kilograma goriva, emisija CO2 bi se smanjila za 76 milijuna kilograma te emisija dušičnih oksida za 280 tisuća kilograma.

KLJUČNE RIJEČI: funkcionalni blok zračnog prostora; prostor slobodnih ruta; NEST; smanjenje emisija zrakoplova

---

FREE ROUTE AIRSPACE IN FAB CE

SUMMARY:

Single European Sky (SES) project is implemented due to disunited sky over Europe and is now in the process of implementation through functional airspace blocks (FABs). The purpose of this project is to increase the capacity of European airspace. With SES and FAB there are many more projects that have a purpose to increase capacity and one of them is Free Route Airspace (FRA) where users can freely plan there routs through given airspace with only entry and exit points. The purpose of this research work is to analyze the efficiency of Free Route Airspace in FAB Central Europe and to compare present route network and proposed direct routes by miles flown, fuel efficiency and environment impact using NEST software. If one implements FRA in FAB CE from flight level 325 to flight level 660 one can save 24 million kilograms of fuel, 76 million kilograms of CO2 and 280 thousand kilograms of nitrogen oxides.

KEY WORDS: Functional Airspace Blocks; Free Route Airspace; NEST; aircraft emission reduction

Sadržaj

1. Uvod ... 1
2. Područja učinkovitosti sustava ATM-a te indikatori učinkovitosti ... 3
   2.1. Područja mjerenja učinkovitosti ... 3
   2.2. Ključni pokazatelji učinkovitosti ... 3
      2.2.1. Ključni pokazatelji učinkovitosti za područje sigurnosti ... 4
      2.2.2. Ključni pokazatelji učinkovitosti u području okoliša ... 4
      2.2.3. Ključni pokazatelji učinkovitosti u području kapaciteta ... 4
      2.2.4. Ključni pokazatelji učinkovitosti u području troškovne učinkovitosti ... 5
   2.3. Područja mjerenja učinkovitosti u 2013/2014 ... 5
      2.3.1. Sigurnost ... 5
      2.3.2. Kapacitet ... 6
      2.3.3. Okoliš ... 6
      2.3.4. Troškovna učinkovitost ... 6
3. Mjere za provedbu povećanja kapaciteta i smanjenja utjecaja na okoliš ... 7
   3.1. Fleksibilna uporaba zračnog prostora ... 9
   3.2. Inicijalna 4D putanja ... 11
   3.3. SWIM ... 12
   3.4. Prostor slobodnih ruta ... 13
      3.4.1. Povijest ... 13
      3.4.2. Koncept ... 14
      3.4.3. Organizacija zračnog prostora ... 16
      3.4.4. Plan leta ... 16
      3.4.5. Objavljivanje ... 17
      3.4.6. Akcije implementiranja prostora slobodnih ruta ... 19
      3.4.7. Prostor slobodnih ruta danas ... 20
      3.4.8. FRAMaK ... 21
      3.4.9. SEAFRA ... 23
      3.4.10. HUFRA ... 24
4. Funkcionalni blok zračnog prostora ... 26
   4.1. Općenito o FAB-ovima ... 26
   4.2. Funkcionalni blok zračnog prostora Središnje Europe ... 28

4.3. FAB CE Tijela 30
4.4. Prostor FAB CE 30
5. Analiza kašnjenja i horizontalne učinkovitosti ruta u FAB CE 32
5.1. Analiza kašnjenja 32
5.2. Horizontalna učinkovitost ruta 34
6. Kreiranje i uvođenje prostora FAB CE 38
6.1. NEST 38
6.2. Kreiranje prostora 38
6.3. Uvođenje prostora slobodnih ruta 41
7. Simulacija prometa u uvjetima FRA u aplikaciji NEST 44
7.1. Izvoz i dodjeljivanje prostora slobodnih ruta 44
7.2. Simulacija putanje 46
8. Analiza provedenih simulacija 49
8.1. Usporedba ruta 49
8.2. Usporedba prognoziranog prometa 53
9. Zaključna razmatranja 56
Literatura: 58
Popis slika 61
Popis grafikona i tablica 62
Kratice 63
Prilog 1. Točke prostora slobodnih ruta FAB CE 66

1. Uvod

Rascjepkanost zračnog prostora u Europi je problem koji već godinama stvara zagušenja i kašnjenja. Mnogobrojni projekti i sustavi su uvedeni te se trenutno uvode kako bi se smanjila kašnjenja i povećao kapacitet zračnog prostora. Prema trenutnim prognozama STATFOR-a zračni promet u Europi će rasti godišnjom stopom od 2.4% u sljedećih 7 godina te ako ne dođe do prilagodbe pružatelja usluga u zračnoj plovidbi nastat će zagušenja te neće doći do mogućeg daljnjeg razvijanja zračnog prometa u Europi. Povećanjem prometa, uz trenutne vrijednosti kapaciteta, može nastati preopterećenje u radu kontrolora, a samim time može doći i do smanjenja sigurnosnih normi te eventualnih nesreća. Trenutna razina sigurnosti u Europi je na vrlo visokoj razini u odnosu na ostatak svijeta, no takvi podaci nisu garancija da će sigurnost i ostati na visokoj razini. Uvođenjem Jedinstvenog Europskog Neba (eng. Single European Sky), putem uvođenja Funkcionalnih blokova zračnog prostora (eng. Functional Airspace Blocks), povećat će se kapacitet te će samim time i razina sigurnosti ostati na visokoj razini.

Tema ovog diplomskog rada je pregled prednosti i dobitaka uvođenjem prostora slobodnih ruta unutar Funkcionalnog bloka Središnje Europe. U ovaj Funkcionalni blok zračnog prostora pripadaju Republika Hrvatska, republika Austrija, Češka Republika, republika Mađarska, Slovačka Republika, Bosna i Hercegovina te Republika Slovenija te pripadajući pružatelji usluga u zračnoj plovidbi. Navedeni blok zračnog prostora zahvaća najveći broj država te njihovih pružatelja usluga u zračnoj plovidbi te se nalazi u središtu Europe gdje se očekuje najveći porast prometa u bliskoj budućnosti. Iz navedenih razloga bitno je predložiti nova rješenja za povećanje kapaciteta, kako ne bi došlo do opterećenja u radu kontrolora. Neke od država krenule su samostalno s uvođenjem novih rješenja za povećanje kapaciteta dok je i dalje cilj globalno povećanje kapaciteta na razini funkcionalnog bloka.

Svrha ovog diplomskog rada je analiza učinkovitosti uvođenja prostora slobodnih ruta unutar Funkcionalnog bloka zračnog prostora Središnje Europe te usporedba trenutne mreže ruta i direktnih ruta unutar prostora po prijeđenoj udaljenosti, potrošenom gorivu i utjecaju na okoliš. Cilj istraživanja je prikazati učinkovitost prostora slobodnih ruta ukidanjem postojeće

mreže ruta putem izračunatih prijeđenih udaljenosti, potrošenog goriva i količinu štetnih plinova putem aplikacije NEST.

U početnom dijelu diplomskog rada prikazana su područja učinkovitosti sustava ATM-a te indikatori učinkovitosti za područje sigurnosti, okoliša, kapaciteta te troškovne učinkovitosti. U tom poglavlju prikazani su i podaci iz 2013 i 2014 godine u navedenim područjima. U sljedećem poglavlju navedene su mjere za provedbu povećanja kapaciteta i smanjenja utjecaja na okoliš koje je razvio SESAR u suradnji sa Eurocontrolom. Ovdje je i detaljnije objašnjen prostor slobodnih ruta te nekoliko primjera uspješnog uvođenja prostora slobodnih ruta u Europi. U 4. poglavlju objašnjen je pojam funkcionalnog bloka zračnog prostora te povijest i svrha istoga. U istome poglavlju objašnjen je i funkcionalni blok zračnog prostora Središnje Europe te njegova povijest i sastav. U 5. poglavlju je izrađena analiza kašnjenja i horizontalne učinkovitosti standardnih ruta u funkcionalnom bloku zračnog prostora Središnje Europe. U nastavku rada objašnjeno je kreiranje i uvođenje prostora slobodnih ruta u aplikaciji NEST te simulacija prometa nakon uvođenja prostora slobodnih ruta. U 8. poglavlju prikazana je analiza provedenih simulacija uvođenja prostora slobodnih ruta u funkcionalnom bloku zračnog prostora Središnje Europe. U zadnjem poglavlju prikazani su rezultati dobivenih simulacija te je iznesen zaključak opravdanosti uvođenja prostora slobodnih ruta te su dane preporuke daljnjeg istraživanja.

2. Područja učinkovitosti sustava ATM-a te indikatori učinkovitosti

U zadnjih nekoliko desetljeća došlo je do naglog razvoja ATM[1]-a u Europi. Kako bi se pratio razvoj ATM.a u Europi, Europska Komisija implementirala je jednu od najznačajnijih uredbi. Uredba No 390/2013 "laying down a performance scheme for air navigation services and network functions" (hrv. Uredba kojom se utvrđuje nacrt performansi za usluge u zrakoplovnoj navigaciji i mrežnim funkcijama) je izdana 2013. godine te je njome opisano koja područja treba promatrati, kojim se indikatorima služiti za promatranje performansi te tko je odgovoran za donošenje plana performansi. Plan za izvedbu se donosi za svako referentno razdoblje, s time da je prvo referentno razdoblje od 2012 godine do 2014 godine, uključujući i 2014 godinu, te svako sljedeće razdoblje pokriva 5 kalendarskih godina. [1]

2.1. Područja mjerenja učinkovitosti

U Uredbi Komisije 390/2013, spomenutoj gore, opisuju se područja unutar ATM-a koja se moraju promatrati na lokalnim razinama te na razinama FAB[2]-ova. Područja mjerenja učinkovitosti su sigurnost, okoliš, kapacitet te troškovna učinkovitost. Svako područje se procjenjuje s jednim ili više ključnim pokazateljem učinkovitosti. Ti pokazatelji imaju svrhu postavljanja ciljeva za odgovarajuće područje. [1]

2.2. Ključni pokazatelji učinkovitosti

Ključni pokazatelji učinkovitosti su indikatori kojima se mjeri učinkovitost nekog sustava ATM-a. Annex 1 Uredbe Komisije 390/2013 opisuje ključne pokazatelje učinkovitosti u područjima mjerenja učinkovitosti za određivanje ciljeva unutar Europske Unije, te lokalno unutar FAB-ova ili pojedine države. Ovdje će se razmatrati ključni pokazatelji učinkovitosti za područje FAB-ova. [1]

[1] ATM – eng. Air Traffic Management – hrv. Upravljanje zračnim prometom
[2] FAB – eng. Functional Airspace Block – hrv. Funkcionalan blok zračnog prostora

2.2.1. Ključni pokazatelji učinkovitosti za područje sigurnosti

Prvi ključni pokazatelj učinkovitosti u području sigurnosti je razina učinkovitosti upravljanja sigurnošću. Ovaj pokazatelj učinkovitosti se mjeri razinom provedbe: politike i ciljeva sigurnosti, upravljanja sigurnosnim rizikom, osiguravanja sigurnosti, promicanja sigurnosti te kulture sigurnosti. [1]

Drugi ključni pokazatelj učinkovitosti u području sigurnosti je postotak primjene klasifikacije ozbiljnosti na temelju metodologije pomagala za analizu rizika (RAT[3]) na izvješćivanje o narušavanju minimalne separacije, neodobrenim ulascima na uzletno-sletnu stazu i događajima specifičnim za ATM pri svim jedinicama operativnih usluga u zračnom prometu. Ovi događaji moraju biti klasificirani u 5 ozbiljnosnih skupina.

Treći ključni pokazatelj učinkovitosti u području sigurnosti je postotak prijavljivanja događaja unutar "kulture pravednosti" (*eng. Just Culture*). [1]

2.2.2. Ključni pokazatelji učinkovitosti u području okoliša

Ključni pokazatelj učinkovitosti u području okoliša je prosječna učinkovitost horizontalnog leta na ruti stvarne putanje. Pokazatelj se mjeri usporedbom udaljenosti stvarne putanje leta zrakoplova te postignute udaljenosti. Let na ruti se smatra let izvan kružnice od 40 nautičkih milja od polazišnog i odredišnog aerodroma. [1]

2.2.3. Ključni pokazatelji učinkovitosti u području kapaciteta

Prvi ključni pokazatelj učinkovitosti u području kapaciteta su prosječne minute rutnog ATFM[4] kašnjenja po letu. Ovo kašnjenje se definira kao razlika između vremena polijetanja

[3] RAT – eng. Risk Analysis Tool – hrv. Pomagalo za analzu rizika
[4] ATFM – eng. Air Traffic Flow Management – hrv. Upravljanje protokom zračnog prometa

koje je operator zrakoplova zahtijevao u posljednjem predanom planu leta i izračunatog vremena polijetanja kojeg je dodijelila centralna jedinica ATFM-a.

Drugi ključni pokazatelj učinkovitosti u području kapaciteta su prosječne minute dolaznog ATFM kašnjenja po letu koje se mogu pripisati terminalnim i aerodromskim uslugama u zračnom prometu. Uzrokovane su restrikcijama na dolaznim aerodromima. [1]

2.2.4. Ključni pokazatelji učinkovitosti u području troškovne učinkovitosti

Prvi ključni pokazatelj učinkovitosti u području troškovne učinkovitosti je utvrđeni jedinični trošak za rutne usluge u zračnoj plovidbi. Definira se kao omjer između utvrđenih troškova na ruti i predviđenih troškova na ruti. Izražava se u nacionalnoj valuti i u realnim vrijednostima te se mora izdati za svaku godinu referentnog razdoblja.

Drugi ključni pokazatelj je utvrđeni jedinični trošak za terminalne usluge u zračnoj plovidbi. Definira se kao omjer između utvrđenih troškova i predviđenog prometa te se također izražava u nacionalnoj valuti i u realnim vrijednostima te se izdaje za svaku godinu referentnog razdoblja. [1]

2.3. Područja mjerenja učinkovitosti u 2013/2014

Kako bi monitorirao performanse centara oblasnih kontrola u Europi, Eurocontrol prikuplja podatke te ih svake godine objavljuje u dokumentu nazvanom "*Performance Review Report*" (hrv. Izvještaj o izvedbi).

2.3.1. Sigurnost

U 2014 godini razina sigurnosti je bila na visokoj razini uz dvije veće nesreće, obje vezane uz kompaniju "*Malaysia Airlines*". Incidenti koji uzrokuju zabrinutost su narušavanje minimalne separacije te neodobreni ulasci na uzletno-sletnu stazu te je plan da se poveća

razina sigurnosti na tim područjima. Jedan od načina povećanja razine sigurnosti je prikupljanjem izvještaja o incidentima. U 2013 godini 36 država je dostavilo podatke Eurocontrolu, dok 2014 godine to je učinilo 40 država. Samo ova informacija pokazatelj je povećanja razine sigurnosti u Europi. [2]

2.3.2. Kapacitet

Kapacitet u 2014 se smanjuje u odnosu na 2013. ATFM kašnjenje u 2014 godini iznosilo je 36.6 sekundi po letu što je povećanje za 0.08% u odnosu na 2013 godinu. Niti jedan od oblasnih centara unutar FAB CE[5]-a nije označen kao usko grlo.

Zabilježen je porast u broju letova u Europi u 2014 godini od 1.7% u odnosu na 2013 godinu te se očekuje i porast broja letova i u 2015 godini, prema prognozi STATFOR[6]-a. Zrakoplovne kompanije koriste veće zrakoplove s većim brojem sjedala na letovima većih udaljenosti te je time povećanje broja putnika veće od povećanja broja letova. [2]

2.3.3. Okoliš

Efikasnost leta se povećala u 2014 godini. Ovaj podatak se vidi iz podataka o predanim planovima leta. Planovi leta su više direktni te su time poboljšane stvarne putanje leta. [2]

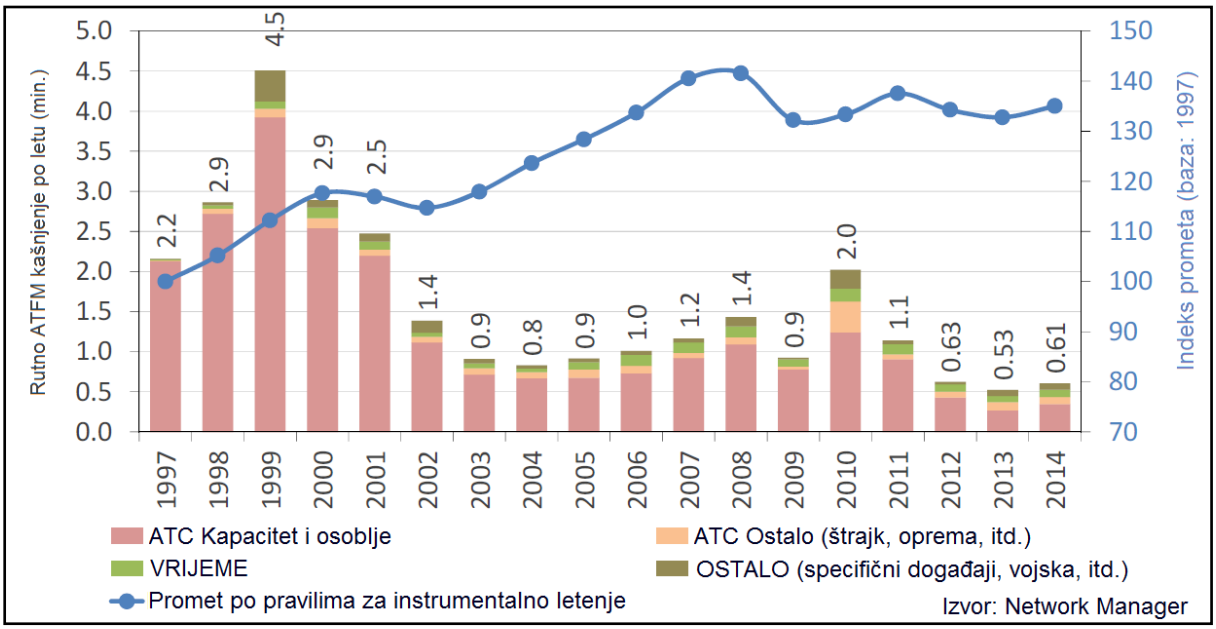
2.3.4. Troškovna učinkovitost

Podaci iz 2013 godine govore da se jedinični trošak za rutne usluge smanjio za 2.2% u odnosu na 2012 godinu. Podaci za 2014 godinu nisu dostupni te su podaci iz 2013 godine aktualni podaci. [2]

[5] FAB CE – eng. FAB Central Europe – hrv. Funkcionalni blok zračnog prostora Središnje Europe
[6] STATFOR – eng. Statistics and Forecasts – hrv. Statistika i prognoza

3. Mjere za provedbu povećanja kapaciteta i smanjenja utjecaja na okoliš

U zadnjih nekoliko godina kapacitet je jedan od glavnih problema za zrakoplovnu zajednicu te iz tog razloga postoje mnoge mjere kako bi se kapacitet povećao. Kapacitet se vrlo efektivno mjeri rutnim ATFM kssnjenjem koje je objašnjeno ranije.



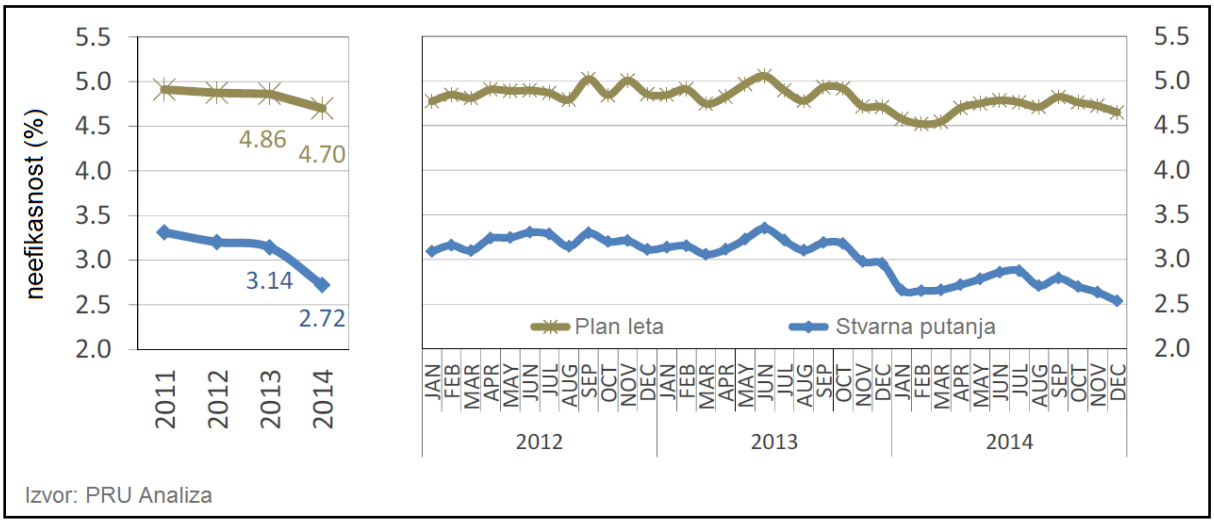
SLIKA 1. PROSJEČNO RUTNO ATFM KAŠNJENJE PO LETU [2]

Na slici 1. prikazan je grafikon IFR[7] letova (plava linija) u odnosu na prosječno rutno ATFM kašnjenje. Vidi se da je 2010 godine kapacitet bio veliki problem, no sljedećih nekoliko godina rutno ATFM kašnjenje se smanjilo sve do 2014 godine kada je ponovo poraslo za 15%, odnosno na 0.61 minutu po letu. Možemo primijetiti da se rutno ATFM kašnjenje po letu sastoji od 4 dijela, no svake godine "ATC[8] Kapacitet i osoblje" predstavlja najveći problem te stoga zrakoplovna zajednica pokušava implementirati nove mjere za smanjenje efekta ATC kapaciteta na rutno ATFM kašnjenje. U odnosu na FAB CE, ACC[9]

[7] IFR – eng. Instrumental Flight Rules – hrv. Pravila za instrumentalno letenje
[8] ATC – eng. Air Traffic Control – hrv. Kontrola zračnog prometa
[9] ACC – eng. Area Control Center – hrv. Centar oblasne kontrole

Beč i ACC Zagreb su klasificirani kao ograničavajući ACC-i, no 2014 godine oba ACC-a su pokazala poboljšanja u izvedbi kapaciteta.

Utjecaj zrakoplovne industrije na klimu i okoliš mjeri se horizontalnom učinkovitošću leta na ruti. Učinkovitost leta se analizira tako da se usporedi trenutna ili planirana putanja leta s postignutom udaljenošću.[2] Zrakoplovna industrija ima značajan utjecaj na okoliš u pogledu CO_2 emisija, no nije samo CO_2 taj koji zagađuje okoliš. IPCC[10] je procijenio da je u 2005 godini zrakoplovna industrija odgovorna za 3.5% svih zagađenja okoliša. Utjecaj zrakoplovne industrije je "malen" u odnosu na prednosti koje donosi.[3]



SLIKA 2. HORIZONTALNA UČINKOVITOST LETA PO RUTI [2]

Na slici 2. , na lijevoj strani, se vidi kako se efikasnost leta na ruti poboljšala u 2014 godini u odnosu na 2013 godinu i na godine prije. Kao primjer, neefikasnost od 2.72% znači da je na svakih 1000 NM leta bilo dodatno 27.2 NM. Vidi se da je neefikasnost bila veća ljeti nego zimi iste godine. [2]

2007 godine Europska Komisija izdala je Uredbu No 219/2007 kojom je uspostavljen SESAR[11] Joint Undertaking (hrv. Zajednički pothvat). Cilj SESAR JU-a je razvoj nove generacije Europskog sustava upravljanja zračnim prometom zbog sve veće potražnje za

[10] IPCC – eng. Intergovernmental Panel on Climate Change – hrv. Međuvladin panel o klimatskim promjenama

[11] SESAR – eng. Single European Sky ATM Research – hrv. Istraživanje ATM-a pod okriljem jedinstvenog europskog neba

tehnološkim napretkom u sustavu upravljanja zračnim prometom. SESAR JU je razvija nove tehnologije koje pomažu u poboljšanju kapaciteta te smanjuju utjecaj avijacije na okoliš.

SESAR program ostvario je zapažene rezultate u području kapaciteta i očuvanja okoliša. Novijim tehnologija povećao se kapaciteta za 27% od 2005 godine do 2012 godine te se smanjio utjecaj na okoliš po letu za 2.8%. Cilj je povećati kapacitet za 73% u odnosu na podatke iz 2004 godine te smanjenje utjecaja na okoliš za 10% u odnosu na podatke iz 2005 godine. Ciljevi se planiraju ostvariti do 2020 godine. Utjecaj avijacije na okoliš se smanjio za 4% od 2005 godine do 2012 godine, 2.8% od tih 4% je zbog utjecaja SESAR-a. Slično je i s kapacitetom koji se povećao za 40% od 2005 godine do 2012 godine te je za 27% od tih 40% zaslužan SESAR.

Jedna od najvećih postignuća i tehnologija SESAR-a, koja su pomogla u povećanju kapaciteta i u uštedi goriva, su i4D[12], Kontrolirano vrijeme dolaska (eng. *Controlled Time of Arrival*), FUA[13], Slobodne Rute, Dinamično upravljanje kapacitetom te SWIM[14].[4] SESAR JU ne razvija sve nove tehnologije, one dolaze iz raznih izvora.

U nekoliko sljedećih stranica, čitatelju će se pokušati približiti neke od tehnologija.

3.1. Fleksibilna uporaba zračnog prostora

U ožujku 1996 godine, ECAC[15] i Eurocontrol su predstavili FUA-u. Glavna ideja FUA-e je bila da se zračni prostor više ne bi trebao označavati kao samo vojni ili samo civilni već bi se trebao smatrati jedinstvenim kontinuumom i trebao bi se dodjeljivati korisnicima po potrebi i u specifičnom vremenskom periodu. Cijela svrha je koordinacija vojnog i civilnog prometa te realna upotreba zračnog prostora. U konceptu FUA, vojska uporabljuje odvojena područja samo u specifičnom vremenskom periodu. Ako država odluči uvesti koncept FUA, treba osnovati i HLAPB[16]. Ovo tijelo je zaduženo za reviziju nacionalnog zračnog prostora,

[12] I4D – eng. Initial 4D Trajectory – hrv. Inicijalna 4D Putanja
[13] FUA – eng. Flexible Use of Airspace – hrv. Fleksibilna uporaba zračnog prostora
[14] SWIM – eng. System Wide Information Management – hrv. Širokopojasno upravljanje informacijama
[15] ECAC – eng. European Civil Aviation Conference – hrv. Europska konferencija civilnog zrakoplovstva
[16] HLAPB – eng. High-Level Airspace Policy Body – hrv. Tijelo visoke razine za određivanje politike zračnog prostora

uspostavu novih fleksibilnih struktura zračnog prostora te za uvođenje procedura za dodjeljivanje zračnih struktura na dnevnoj bazi. Ovaj koncept se koristi kroz tri faze.

Strateška faza 1 – na ovoj fazi se osnuje HLAPB, stalne i privremene strukture zračnog prostora se planiraju i kreiraju te se formulira sporazum o prioritetima za korištenje zračnog prostora.

Predtaktička faza 2 – u ovoj fazi se doznačuje zračni prostor na dnevnoj bazi te se ti podaci šalji svim zainteresiranim stranama. To je posao AMC[17]-a koji doznačuje zračni prostor te je u bliskoj komunikaciji sa Eurocontrolom.

Taktička faza 3 – sastoji se od aktivacije, deaktivacije te ponovnog dodjeljivanja zračnog prostora doznačenog u fazi 2. Taktičku fazu obavljaju kontrolori zračnog prometa u realnom vremenu.

Koncept FUA zahtjeva nove strukture zračnog prostora te procedure koje se lako mogu dodijeliti, aktivirati i deaktivirati, Koncept se sastoji od šest struktura: CDR[18], TRA[19], TSA[20], CBA[21], RCA[22] i PCA[23]. Kondicionalne rute su privremene ATS[24] rute ili dio ATS rute koje mogu biti korištene za planiranje leta, ovisno o uvjetima. Privremeno rezervirani zračni prostor je po definiciji definirani volumen zračnog prostora koji je pod nadležnošću jedne zrakoplovne vlasti te privremeno rezerviran za specifičnu djelatnost druge zrakoplovne vlasti te kroz koji može biti dopušten prolaz ostalom prometu uz ATC odobrenje. Privremeno odvojeni zračni prostor je po definiciji definirani volumen zračnog prostora koji je pod nadležnošću jedne zrakoplovne vlasti te privremeno odvojen za ekskluzivnu upotrebu druge zrakoplovne vlasti te kroz koji ne može biti dopušten prolaz ostalom prometu. Prekogranično područje je rezervirani ili ograničeni dio zračnog prostora utvrđen preko međunarodnih granica te služi za specifične operativne zahtjeve. Zračni prostor smanjene koordinacije je dio zračnog prostora koji se provodi kada OAT[25] nije gust te se GAT[26]-u dopušta funkcionirati izvan ATS mreže ruta bez potrebe za koordinacijom između GAT kontrolora i OAT

[17] AMC – eng. Airspace Management Cell – hrv. Ćelija upravljanja zračnim prostorom
[18] CDR – eng. Conditional Route – hrv. Kondicionalne rute
[19] TRA – eng. Temporary Reserved Area – hrv. Privremeno rezervirani zračni prostor
[20] TSA – eng. Temporary Segregated Area – hrv. Privremeno odvojeni zračni prostor
[21] CBA – eng. Cross-Border Area – hrv. Prekogranično područje
[22] RCA – eng. Reduced Cooperation Airspace – hrv. Zračni prostor smanjene koordinacije
[23] PCA – eng. Prior Coordination Airspace – hrv. Zračni prostor prethodne koordinacije
[24] ATS – eng. Air Traffic Services – hrv. Operativne službe kontrole zračnog prometa
[25] OAT – eng. Operational Air Traffic – hrv. Operativni zračni promet
[26] GAT – eng. General Air Traffic – hrv. Opći zračni promet

kontrolora. Zračni prostor prethodne koordinacije je kontrolirani blok zračnog prostora u kojem se može odvijati vojna aktivnost te je dopušten prolaz GAT-u prema uvjetima specificiranima u sporazumu između civilnih i vojnih ATS jedinica. [5][6]

3.2. Inicijalna 4D putanja

4D putanja je novi način leta. Da bi se dobila 4D putanja leta, treba se dodati komponenta vremena uz položaj zrakoplova u prostoru. Svaka točka na letu zrakoplova određena je zemljopisnom dužinom i širinom, razinom leta te vremenom. Točke se računaju putem FMS[27]-a ili putem računala na zemlji. Ovaj koncept se u Europi razvija od strane SESAR tima, a u Sjedinjenim Američkim Državama od strane NextGen[28]-a te je sada u fazi testiranja.

Zrakoplov, kada leti uz pomoć ovog koncepta, mora ažurirati svoje vrijeme iznad svake točke na putanji leta, čak i promjena u visini zrakoplova može utjecati na vrijeme iznad točke dolaska ili iznad neke druge definirane točke. Kontrola zračnog prometa, znajući vremena dolaska zrakoplova, može vrlo jednostavno odrediti slijed zrakoplov za slijetanje te, ako je potrebno, narediti nekom od zrakoplova da promijeni brzinu kako bi, bez dužeg kašnjenja, prošao preko neke prometne točke. Kontrolirano vrijeme dolaska se koristi od strane ATM-a kako bi se složio niz zrakoplova preko definirane točke "ulijevanja" za pojedinu uzletno-sletnu stazu. Inicijalna 4D putanja je prva faza 4D upravljanja trajektorijom zrakoplova, sljedeća faza naziva se "Puni 4D". Sljedećom fazom dolaze i izazovi za tehnologije zato što oprema mora biti postavljena na zrakoplovu, na aerodromima te unutar ANSP[29]-a.[7]

Prvi let koristeći 4D koncept bio je 2012 godine i on je odrađen u svrhu izvodljivosti koncepta, a drugi let je bio 2014 godine iz Toulousea u Kopenhagen te zatim u Stockholm te je dokazano da je koncept izvodljiv bez poteškoća u realnom prometu.. [8]

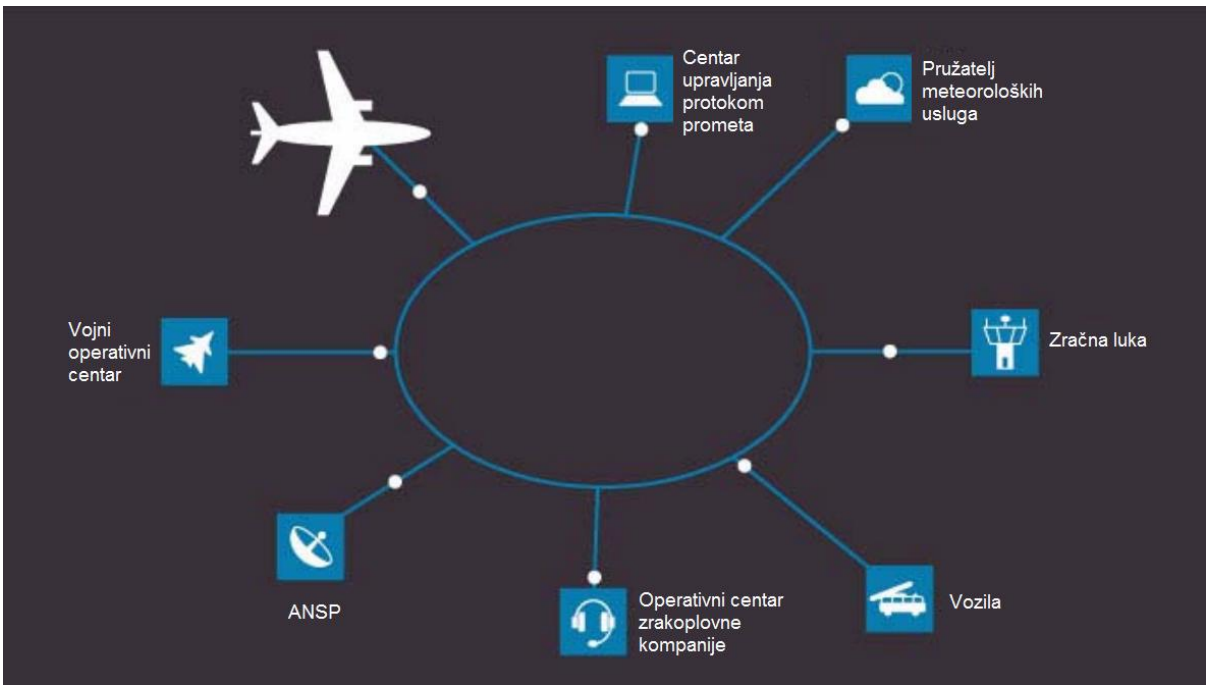
[27] FMS – eng. Flight Management System – hrv. Sustav upravljanja letom

[28] NextGen – eng. Next Generation Air Transportation System – hrv. Sljedeća generacija sustava zračnog prometa

[29] ANSP – eng. Air Navigation Service Provider – hrv. Pružatelj usluga u zračnoj navigaciji

3.3. SWIM

Koncept SWIM se razvija od strane SESAR-a i NextGen-a te ima svrhu promijeniti upravljanje informacijama u avijaciji. Uvođenjem ovog koncepta u poslove ATM-a informacije će ići prema pravom odredištu u pravom trenutku. Koncept se bazira na SOA[30], koja je privatna mreža, te se već koristi u nekim područjima. Jednom kad se informacija stvori ona putuje prema odredištima koja imaju koristi od te informacije. Jednom kad se implementira, biti će od velike važnosti za manje tvrtke koje mogu ovaj koncept koristiti za ponudu svojih poslova.[9][10]



SLIKA 3. SWIM KONCEPT[11]

Na slici 3 vidimo kako bi SWIM trebao funkcionirati. Informacije od svih korisnika se šalju na server te svi korisnici mogu preuzeti informacije sa servera.

[30] SOA – eng. Service Oriented Architecture – hrv. Arhitektura orijentirana na usluge

3.4. Prostor slobodnih ruta

FRA [31] je određen zračni prostor unutar kojeg korisnici sami planiraju rute između definiranih ulaznih i izlaznih točaka, s mogućnošću planiranja ruta sa međutočkama (mogu biti objavljene ili neobjavljene), neovisno o ATS mreži ruta, no ovisno o dostupnosti zračnog prostora. Unutar prostora slobodnih ruta, letovi ostaju pod nadležnošću kontrole zračnog prometa.[12]

3.4.1. Povijest

Ideja o prostoru slobodnih ruta nastala je 1999 godine projektom nazvanim "*Eight-State Free Route Airspace Project*" (hrv. Projekt osam država o prostoru slobodnih ruta). Osam država navedenih u naslovu projekta su: Belgija, Nizozemska, Luksemburg, Njemačka, Danska, Norveška, Švedska i Finska. Eurocontrol je 1999/2000 godine proveo FRAP [32] studiju koja je za cilj imala analizu utjecaja FRA-a na okoliš u sjevernim i središnje-centralnim državama Europe. Zaključak te studije je bio da koncept slobodnih ruta može pridonijeti uštedi goriva i zrakoplovnih emisija. Projekt nije dovršen zbog nedostatka sredstava.[13]

Eurocontrol, zajedno s IATA[33]-om te CANSO[34]-om, je 2008 godine ponovno započeo razvijati ideju o prostoru slobodnih ruta. Koncept slobodnih ruta je bio dio FEP[35]-a koji je izdan u Kolovozu 2008 godine od gore spomenutih strana. FEP je lansiran zbog sve većih cijena goriva te je sadržavao ideje kako efikasno letjeti sa "malo goriva". Plan se sastojao od pet točaka:

1. Jačanje dizajna Europskog rutnog djela zračnog prostora,
2. Poboljšanje korištenja zračnog prostora i dostupnosti mreže ruta,
3. Efikasnost u dizajnu i korištenju terminalnog zračnog prostora,

[31] FRA – eng. Free Route Airspace – hrv. Prostor slobodnih ruta
[32] FRAP – eng. Free Route Airspace Project – hrv. Projekt prostora slobodnih ruta
[33] IATA – eng. Internation Air Transport Association – hrv. Međunarodna udruga za zračni prijevoz
[34] CANSO – Civil Air Navigation Services Organisation – hrv. Međunarodna organizacija pružatelja usluga u civilnoj zračnoj plovidbi
[35] FEP – eng. Flight Efficiency Plan – hrv. Plan učinkovitosti leta

4. Optimizacija operacija na zračnim lukama,
5. Povećanje svjesnosti o performansama.

FEP je pomoću tih pet točaka očekivao uštedu od 470 000 tona goriva godišnje te 1 555 000 tona CO_2 godišnje. Preračunato u troškovnu vrijednost, FEP donosi uštedu od 390 milijuna Eura godišnje te je približio avijaciju ideji o "Zelenoj avijaciji".

FRA je bio dio prve točke kao zahtjev za potporu inicijalnoj implementaciji prostora slobodnih ruta. Kada je FEP objavljen, neke države i njihovi ANSP-ovi su već planirali uvođenje prostora slobodnih ruta te je tako FEP podržao implementaciju te ponudio pomoć ostalim državama u implementaciji prostora slobodnih ruta.

U prvoj točci FEP-a postoje četiri pododjeljka od kojih je jedan o FRA dok su ostali o CDR, o poboljšanju efikasnosti leta za najviše penalizirane parove gradova u Europi te o skraćenju ruta. Očekivalo se da puna implementacija dovede smanjenje u prijeđenoj udaljenosti za 0.1% godišnje te uštedu od 24 000 tona goriva godišnje.[14]

3.4.2. Koncept

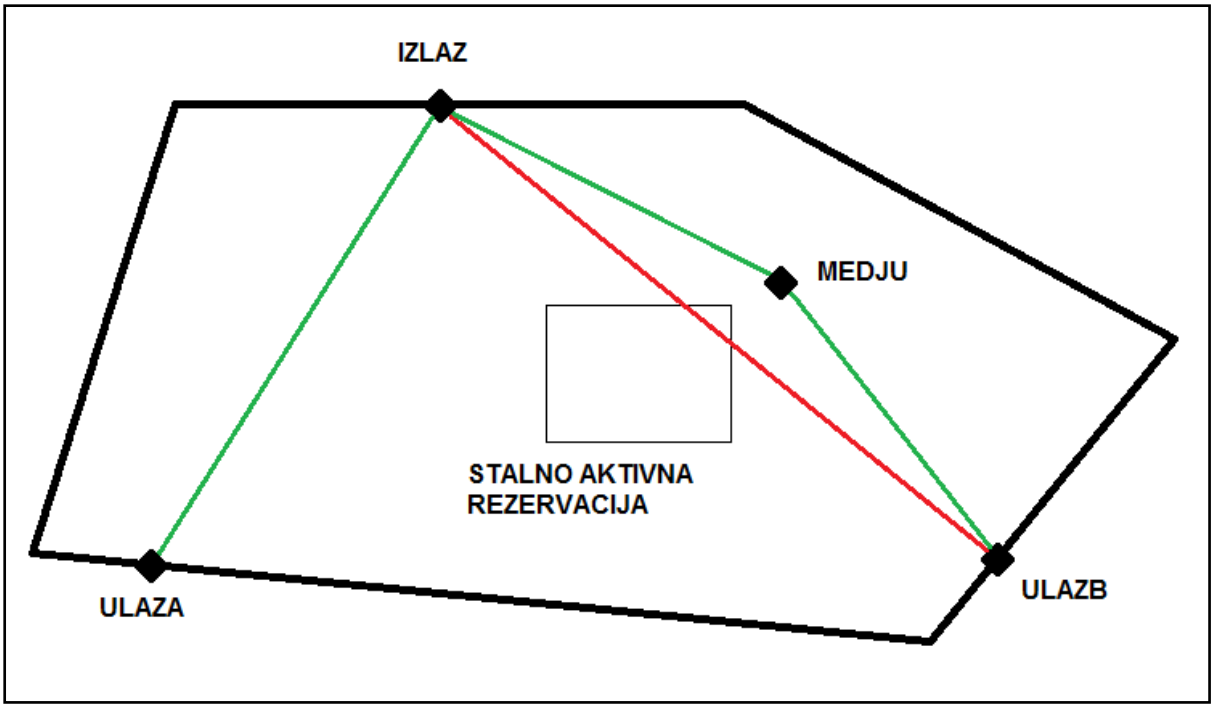
Eurocontrol je inicirao projekt prostora slobodnih ruta, te je kao NM[36] odgovoran za implementaciju operacija slobodnih ruta. Eurocontrol je izdao ERNIP[37] koji je opisan u Dodatku 1 Uredbe Komisije (EU) No 677/2011. ERNIP se sastoji od četiri djela te je u svakome od njih opisan neki dio prostora slobodnih ruta. Opći principi i koncept prostora slobodnih ruta su opisani u prvome djelu ENRIP-a.

Koncept slobodnih ruta mora zadovoljiti sigurnosne standarde, mora biti kompatibilan s postojećim operacijama, mora biti održiv kroz budući razvoj, mora biti sposoban za proširenje i povezivanje sa susjednim zračnim prostorima te mora biti sposoban za proširenje na ostale regije. Ovi se zahtjevi moraju zadovoljiti prije planiranja implementacije FRA-a. U fazi implementacije se preporučuje da prostor bude limitiran, kao što je vremenski ili prostorno limitiran prostor slobodnih ruta. Vremenski limitiran prostor slobodnih ruta je FRA

[36] NM – eng. Network Manager – hrv. Mrežni upravitelj
[37] ERNIP – eng. European Route Network Improvement Plan – hrv. Plan poboljšanja europske mreže ruta

koji je primjenjiv samo tijekom noći ili za vrijeme vikenda, a prostorno ograničen FRA ima ograničenje na dostupnim ulaznim i izlaznim točkama za određene tokove prometa.

Vezano za rezervaciju zračnog prostora unutar FUA koncepta, svi korisnici moraju imati pristup prostoru slobodnih ruta. Kada je zračni prostor ili dio zračnog prostora stalno aktivan ili aktivan u određeni trenucima, mora bit izbjegavan ili prijeđen ovisno o razini koordinacije. Kako bi se izbjegle takve zone, treba objaviti međutočke te prilikom određivanja rute kroz prostor slobodnih ruta treba uzimati u obzir objavljena vremena aktivacija rezerviranih zračnih prostora, kao što se vidi na slici 4. Ruta između točke ULAZB i IZLAZ nije moguća zbog rezerviranog prostora, stoga korisnici mogu planirati rutu preko međutočke MEDJU. Kada rezervirana zona nije aktivna korisnici mogu planirati rutu direktno od točke ULAZB do točke IZLAZ. Kada međutočka nije objavljena, korisnici mogu koristiti koordinate kako bi izbjegli neki zračni prostor. Korisnici prilikom planiranja rute moraju biti upoznati s najnovijim informacijama o dostupnosti određenog zračnog prostora. Prostor slobodnih ruta se klasificira kao Klasa C zračnog prostora. [12]



SLIKA 4. PRIMJER PROSTORA SLOBODNIH RUTA

3.4.3. Organizacija zračnog prostora

Pri implementaciji prostora slobodnih ruta treba obratiti pozornost na odabir donje vertikalne granice takvog prostora. Donja vertikalna granica treba biti određena uzimajući u obzir složenost zračnog prostora te mora biti koordinirana na Europskoj razini kako bi se osigurala međusobna povezanost sa susjednim prostorima. Donja vertikalna granica ne smije utjecati na susjedni prostor gdje prostor slobodnih ruta još nije uveden ili je uveden djelomično. Horizontalne granice prostora slobodnih ruta trebale bi biti određene prema operativnim zahtjevima, a ne prema granicama FIR[38]-a/UIR[39]-a. Horizontalne granice, zajedno s vertikalnim granicama te s ulaznim i izlaznim točkama implementiranog prostora slobodnih ruta, moraju biti objavljene u nacionalnom AIP[40]-u. Ako FRA nije implementiran u susjednom FIR-u, ulazne i izlazne točke moraju osiguravati povezanost s fiksnom ATS mrežom ruta.

Kada se fiksna ATS mreža ruta nalazi ispod prostora slobodnih ruta, međusobna povezanost se mora osigurati objavljivanjem određenih međutočka koje se nalaze na tipičnim profilima leta u spuštanju i penjanju iz jednog prostora u drugi. Takva situacija se može očitovati kada je TMA[41] ispod prostora slobodnih ruta. U tom se slučaju mogu implementirati dodatni SID[42]-ovi i STAR[43]-ovi koji bi dopuštali dodatnu fleksibilnost. Ako je gornja granica terminalnog prostora ujedno i donja granica prostora slobodnih ruta, tada se preporučuje da ulazne i izlazne točke prostora slobodnih ruta budu završne točke SID-ova, odnosno početne točke STAR-ova.[12]

3.4.4. Plan leta

Format plana leta izdan od strane ICAO[44]-a neće se mjenjati zbog uvođenja prostora slobodnih ruta. U predtaktičkoj fazi koncepta FUA, planirana aktivacija rezervacija zračnih

[38] FIR – eng. Flight Information Region – hrv. Područje pružanja letnih informacija
[39] UIR – eng. Upper Flight Information Region – hrv. Gornje područje letnih informacija
[40] AIP – eng. Aeronautical Infomation Publication – hrv. Zbornik zrakoplovnih informacija
[41] TMA – eng. Terminal Control Area – hrv. Završno kontrolirano područje
[42] SID – eng. Standard Instrument Departure – hrv. Standardni instrumentalni odlazak
[43] STAR – eng. Standard Instrument Arrival – hrv. Standardni instrumentalni dolazak
[44] ICAO – eng. International Civil Aviation Organisation – hrv. Međunarodna agencija za civilno zrakoplovstvo

prostara mora biti objavljena i dostupna svim zainteresiranim strankama. U taktičkoj fazi potrebna je povećana suradnja i dijeljenje informacija na mrežnoj bazi kako bi se pomoglo korisnicima da izbjegnu ili prelete određena područja ovisno o tome da li je rezervacija aktivna.. kada korisnici planiraju let, mogu koristiti bilokoje međutočke određujući ih zemljopisnom dužinom i širinom. Ako takvo planiranje nije moguće, mora se osigurati izdavanje 5LNC[45] točaka.

Korisnici moraju koristiti standardni ICAO format kada označuju ulazne točke, izlazne točke i međutočke. Direktne rute moraju imati oznaku DCT (direktno) uz svoj opis. Ponavljajući plan leta može biti predan za let koji prolazi kroz prostor slobodnih ruta, no taj let neće uživati sve pogodnosti prostora slobodnih ruta iz razloga što se mjenja informacija o dostupnosti prostora. Takvi će se planovi leta provjeravati od strane IFPS[46]-a kako bi se ponudile drugaćije rute, kada je to moguće. Predan plan leta može biti odbijen ako direktne rute prolaze kroz rezervirano područje ili ne poštuju zahtjeve vezane uz ulazne ili izlazne točke. Kada predlaže alternativne rute, IFPS će predložiti najkraću rutu ili alternativnu visinu leta kako bi ruta prošla iznad, odnosno ispod, rezerviranog područja. Ostali propisi vezani uz predavanje, distribuciju i limitacije planova leta su isti kao i za standardne planove leta za ATS rute.

3.4.5. Objavljivanje

Implementacija prostora slobodnih ruta mora se objaviti u nacionalnom AIP-u. Učestala terminologija i relevantne kratice moraju biti objavljene u AIP-u, djelu *GEN[47] 2.2 Kratice koje se koriste u AIS publikacijama*. Sve procedure vezane uz FRA operacije moraju biti opisane u AIP-u, u djelu *ENR[48] 1.3 Pravila instrumentalnog letenja*. Ako je ATS jedinica delegirana u ostalim područjima, prostor slobodnih ruta može i tamo bit primjenjiv, no mora biti objavljen u AIP-u, djelu *ENR 2.2 Ostali regulirani zračni prostor*. Granice prostora slobodnih ruta bi trebale biti objavljene u AIP-u obje države ako je neko područje delegirano drugoj ATS jedinici. Strukture FRA-a su objavljene u AIP-u, djelu *ENR 2.1 FIR, UIR, TMA*

[45] 5LNC – eng. Five-Letter Name Code given to waypoints – hrv. Oznaka za točke koja se sastoji od pet slova.
[46] IFPS – eng. Integrated Initial Flight Plan Processing System – hrv. Integrirani sustav za planiranje letenja
[47] GEN – eng. General – hrv. Opći dio
[48] ENR – eng. En-Route – hrv. Rutni dio

ako je prostor slobodnih ruta baziran na granicama FIR/UIR-a ili u djelu *ENR 2.2 Ostali regulirani zračni prostor* ako bočne granice prostora slobodnih ruta nisu bazirane na granicama FIR/UIR-a. Kada susjedni FIR/UIR također implementira prostor slobodnih ruta, informacije o prekograničnom području se objavljuju u AIP-u, djelu *ENR 2.2 Ostali regulirani zračni prostor*. Značajne točke u prostoru slobodnih ruta objavljuju se u AIP-u, djelu *ENR 4.4 Kodni naziv označitelja značajnih točaka* s oznakom da se radi o FRA točkama te oznakom prirode točaka (ulazne, izlazne ili međutočke). Oznake točaka koje prikazuju prirodu točaka su "E" za ulazne točke, "X" za izlazne točke, "A" za dolazne točke, "D" za odlazne točke te "I" za međutočke. Za označivanje FRA točaka, mogu se koristiti i kombinacije ovih oznaka, npr. "EX" oznaka za FRA točku koja je ulazna i izlazna točka.

ENR 4.4 Name-Code Designators for Significant Points

1. IFR Significant Points

Name Code Designator	Coordinates	ATS Route or Other Route	FRA relevance E= entry point X= exit point A= arrival transition point D= departure transition point I = intermediate point	Remarks / Usage
ABEGI	55 50 31N 012 47 20E	EKCH STAR		
ABINO	55 58 06N 009 59 40E	P615, T56	(D)	EKBI
ABKAS	55 35 48N 008 08 06E	L975		
ABLEV	54 59 00.00N 008 52 00.00E	N/A	(I)	To plan when EK R38 is activated
ADIKU	55 20 50.40N 004 17 59.13E	KZ10		
ADOVI	55 43 15N 013 01 56E	EKCH STAR		
ADSEN	56 08 40.88N 010 53 02.25E	M852, M725	(I)	To plan when EK D350 and/or EK D351 is activated
ADVOP	56 07 13.86N 012 07 02.28E	Z703	(I)	To plan when EK D353 is activated
ALASA	54 48 31N 009 57 42E	M611, M852, P615,	(EX)	
ALINI	56 24 59.67N 010 16 54.33E	N/A		RNAV (GPS) EKAH RWY 10R
AMADA	55 00 00N 006 21 00E	Z704, Z705	(EX)	
AMRAK	54 49 28N 009 45 02E	P999	(EX)	
AMRAM	55 56 37N 006 38 03E	L983, N866, P60	(I)	To plan when EK D301 is activated
AMSEV	57 40 31N 008 48 08E	L621, P602	(EX)	

SLIKA 5. KODNI NAZIVI ZA TOČKE UNUTAR PROSTORA SLOBODNIH RUTA U DANSKO [15]

Slika 5 prikazuje izvod iz Danskog AIP-a, djela *ENR 4.4 Kodni naziv označitelja značajnih točaka* iz kojem se primjećuje nekoliko FRA točaka: ABINO, ABLEV, ADSEN,

ADVOP, ALSA, AMADA, AMRAK, AMRAM te AMSEV. U trećem stupca prikazane su oznake za pojedine FRA točke. Vidljivo je da je točka ABINO odlazna točka, pretpostavljamo da je ta točka završna točka nekog SID-a, zatim točka ADSEN je međutočka, ALSA je ulazna i izlazna točka, itd. Postoje i zabilješke pokraj svake međutočke kako bi se naznačilo korisniku kako može koristiti te točke kada su pojedine zone aktivirane. Radionavigacijski uređaji također mogu poslužiti kao značajne točke u prostoru slobodnih ruta te se te točke objavljuju u AIP-u, djelu *ENR 4.1 Radionavigacijski uređaji – na ruti*. Informacije o aktivaciji pojedinih rezerviranih područja objavljuju se putem AUP[49]/UUP[50]-a ili putem NOTAM-a te njima upravlja mrežni upravitelj (eng. Network Manager). Karte prostora slobodnih ruta se objavljuju u AIP-u, djelu *ENR 6 Rutne karte*. Prostor slobodnih ruta može biti iscrtan na postojećim rutnim kartama ili se mogu izdati nove karte. Točke i granice prostora slobodnih ruta se označuju zelenom bojom na kartama. [12]

3.4.6. Akcije implementiranja prostora slobodnih ruta

Implementacija prostora slobodnih ruta vrši se u četiri koraka koja su detaljno objašnjena u priručniku izdanog od strane Eurocontrola, "*European Route Network Improvement Plan – Part 1*" (hrv. Plan za poboljšanje Europske mreže ruta). Koraci za implementaciju su formulirani kao spisak (check list) kako bi se što lakše implementirali.

Prvi korak je operativna validacija sa Eurocontrolom koja bi trebala početi pet AIRAC[51] ciklusa prije datuma implementacije. Operativna validacija mora sadržavati organizaciju zračnog prostora, procedure, restrikcije, aspekte planiranja leta, opis vojnog zračnog prostora te civilno/vojne procedure.

Drugi korak je uključivanje susjednih zemalja u operativnu validaciju koje bi također trebalo početi pet AIRAC ciklusa prije datuma implementacije. U drugom koraku se mora priložiti, uz stavke iz prvog koraka, i transferne točke te LoA[52].

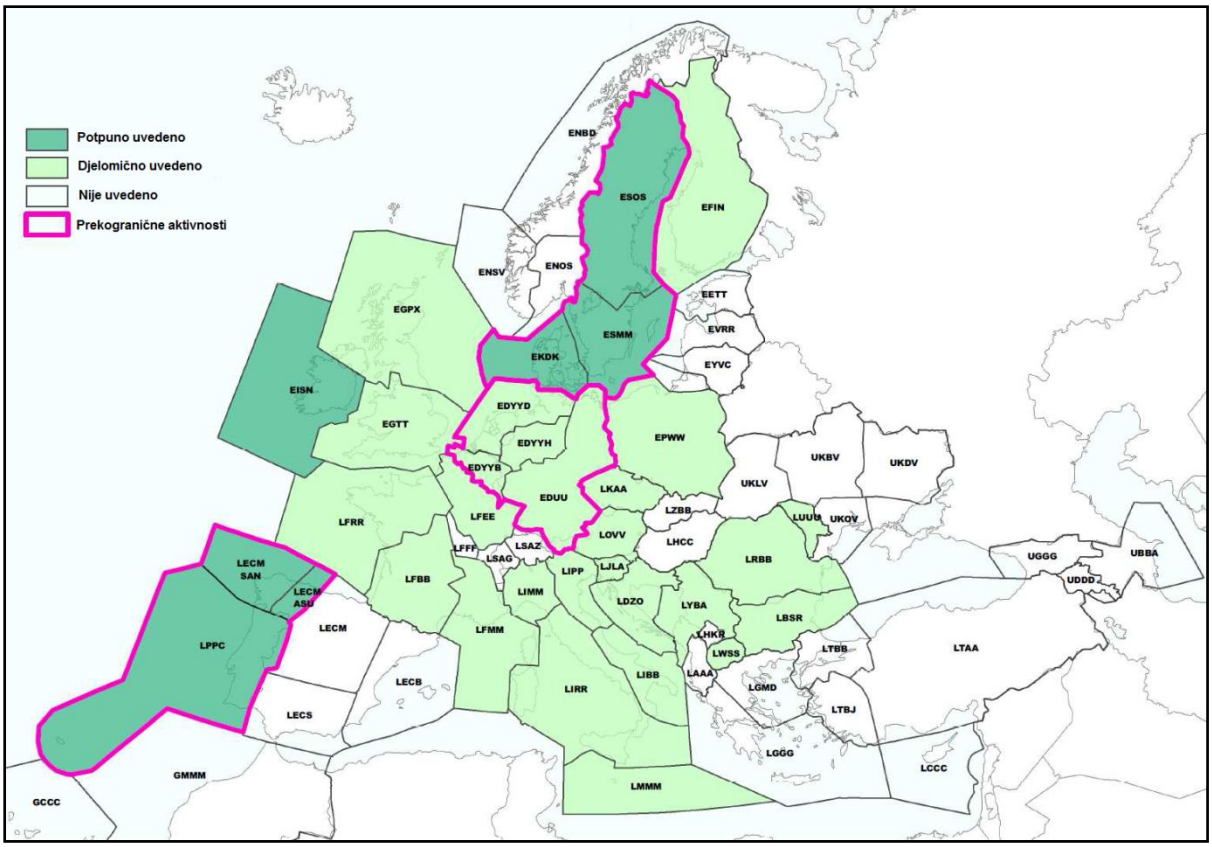
[49] AUP – eng. Airspace Use Plan – hrv. Plan uporabe zračnog prostora
[50] UUP – eng. Updated Airspace Use Plan – hrv. Ažurirani plan uporabe zračnog prostora
[51] AIRAC – eng. Aeronautical Information Regulation And Control – hrv. Uređivanje i kontrola zrakoplovnih informacija
[52] LoA – eng. Letters of Agreement – hrv. Pisma sporazuma

Treći korak se sastoji od opisa predloška AIS publikacija u procesu validacije s Eurocontrol-om i susjedima. Mora sadržavati informacije o karakteristikama prostora slobodnih ruta objavljenog u AIP-u, horizontalne granice, vertikalne granice, sve značajne točke u prostoru slobodnih ruta, primjenjivo vrijeme (Pružatelji usluga u zračnoj plovidbi imaju tendenciju implementiranja prostora slobodnih ruta prvo tijekom noćnih sati ili preko vikenda, a tek kasnije cjelodnevno) te vojni zračni prostor (opis vojnih područja te kako ih izbjeći u trenutku kada su aktivne).

Četvrti korak služi kako bi pružatelji usluga mogli izmijeniti neke od podataka iz prijašnjih 3 koraka, ako je potrebno. Promijene moraju biti izdane minimalno 2 AIRAC ciklusa prije datuma implementacije.[12]

3.4.7. Prostor slobodnih ruta danas

Mrežni upravitelj je odgovoran za koordinaciju razvoja i implementacije prostora slobodnih ruta za većinu ACC-a u Europi. U 2012 godini izdan je plan performansi u kojem je plan bio da se do 2014 godine dostigne brojka od 25 ACC-a s nekim stupnjem implementacije prostora slobodnih ruta. [16] Do listopada 2014 godine mrežni upravitelj je uveo prostor slobodnih ruta u 30 ACC-a širom Europe te je time uspješno postignut cilj od minimalno 25 ACC-a.[17] Na slici 6 nalazi se mapa implementacije prostora slobodnih ruta koje je izdana 8 siječnja 2015 godine. Do tog datuma prostor slobodnih ruta uveden je, djelomično ili puno, u sljedećim prostorima: Beograd ACC, Brest ACC, Brindisi ACC, Bordeaux ACC, Bucuresti ACC, Chisinau ACC, Karlsruhe UAC, Kobenhavn ACC, Lisboa ACC, London ACC, Ljubljana ACC, Maastricht UAC, Madrid ACC, Malmo ACC, Malta ACC, Marseille ACC, Milano ACC, Padova ACC, Praha ACC, Prestwick ACC, Reims ACC, Roma ACC, Shannon ACC, Skopje ACC, Sofia ACC, Stockholm ACC, Tampere ACC, Warsaw ACC, Wien ACC te Zagreb ACC.[18]



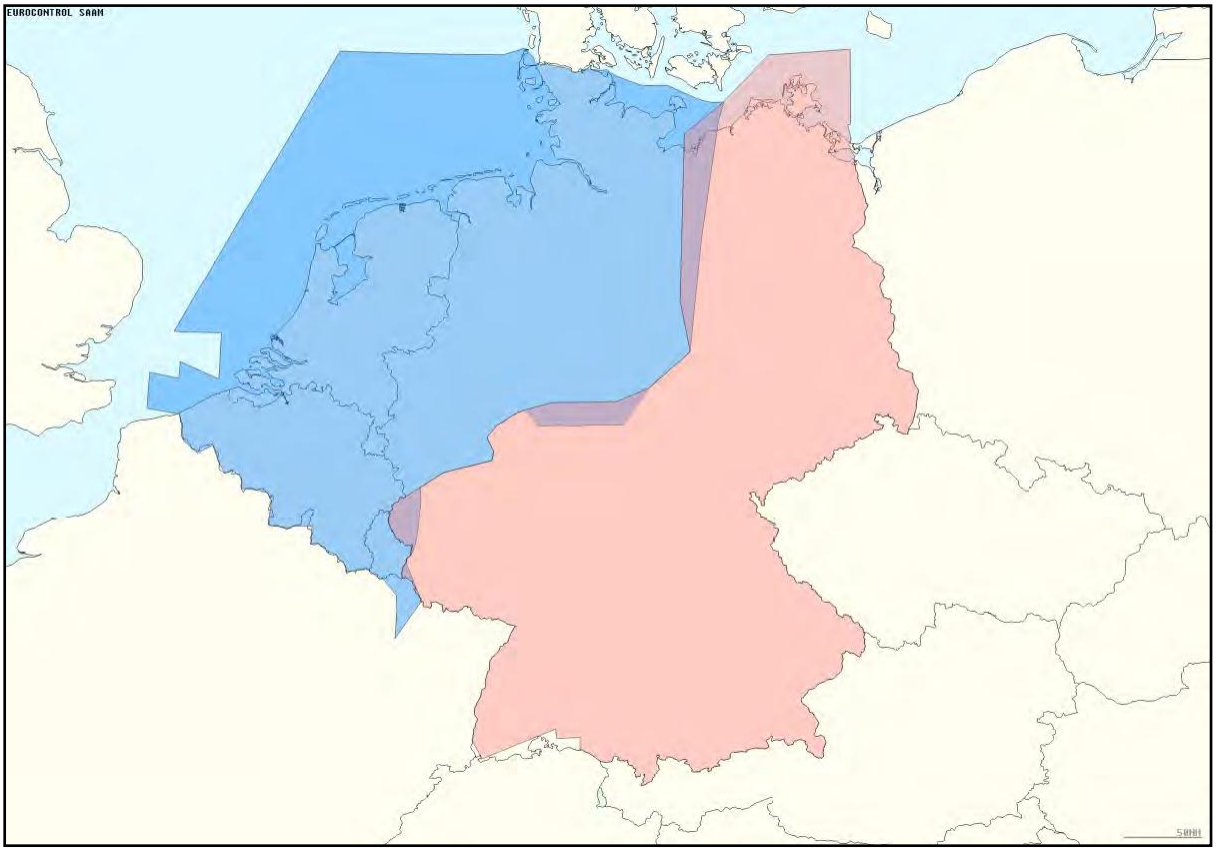
SLIKA 6. IMPLEMENTACIJA PROSTORA SLOBODNIH RUTA U EUROPI DO 8. SIJEČNJA 2015 GODINE [18]

3.4.8. FRAMaK

Uobičajeno je da se za naziv nekog prostora slobodnih ruta uzima skraćenica FRA te skraćenica prostora ili sektora u kojem se prostor slobodnih ruta implementira. Tako je FRAMaK projekt uvođenja prostora slobodnih ruta u Maastricht i Karlsruhe. Projekt je krenuo 2012 godine, a završen je u svibnju 2014 godine te je financiran od strane SESAR Joint Undertaking-a. projekt je nastao iz suradnje nekoliko kompanija: *Deutsche Flugsicherung*, *Deutsche Lufthansa* te *EUROCONTROL Maastricht UAC*[53]. Ta dva prostora imaju veliku gustoću prometa te su pomoću projekta FRAMaK pokušali demonstrirati pune mogućnosti prostora slobodnih ruta. Direktni rezultati uvođenja su smanjenje u dužini ruta na predanim planovima leta za 0.6% te smanjenje u duljini stvarne putanje zrakoplova za 0.3%. Ovi podaci doprinose performansama ATM-a u Europi u pogledu efikasnosti leta i održivosti

[53] UAC – eng. Upper Area Control Centre – hrv. Oblasni centar kontrole gornjeg područja

okoliša. Kada bi operateri koristili FRAMaK u potpunosti, uštedjeli bi 7.5 milijuna Eura godišnje, ne uzimajući u obzir troškove održavanja, troškove osoblja, itd.



SLIKA 7. DFS KARLSRUHE UAC I EUROCONTROL MAASTRICHT UAC PROSTOR ODGOVORNOSTI [19]

FRAM[54] i FRAK[55] projekti započeli su 2009 godine te su se razvijali neovisno jedan o drugome te je svaki projekt bio ograničen za prostor odgovornosti svojeg centra kontrole. U 2011 godini između ova dva prostora bilo je oko 770 000 letova te je projekt FRAMaK bio samo pitanje vremena. FRAMaK projekt demonstrira ujedinjenje dva FRA projekta u jedan, što je i budućnost Europskog zračnog prostora. [19]

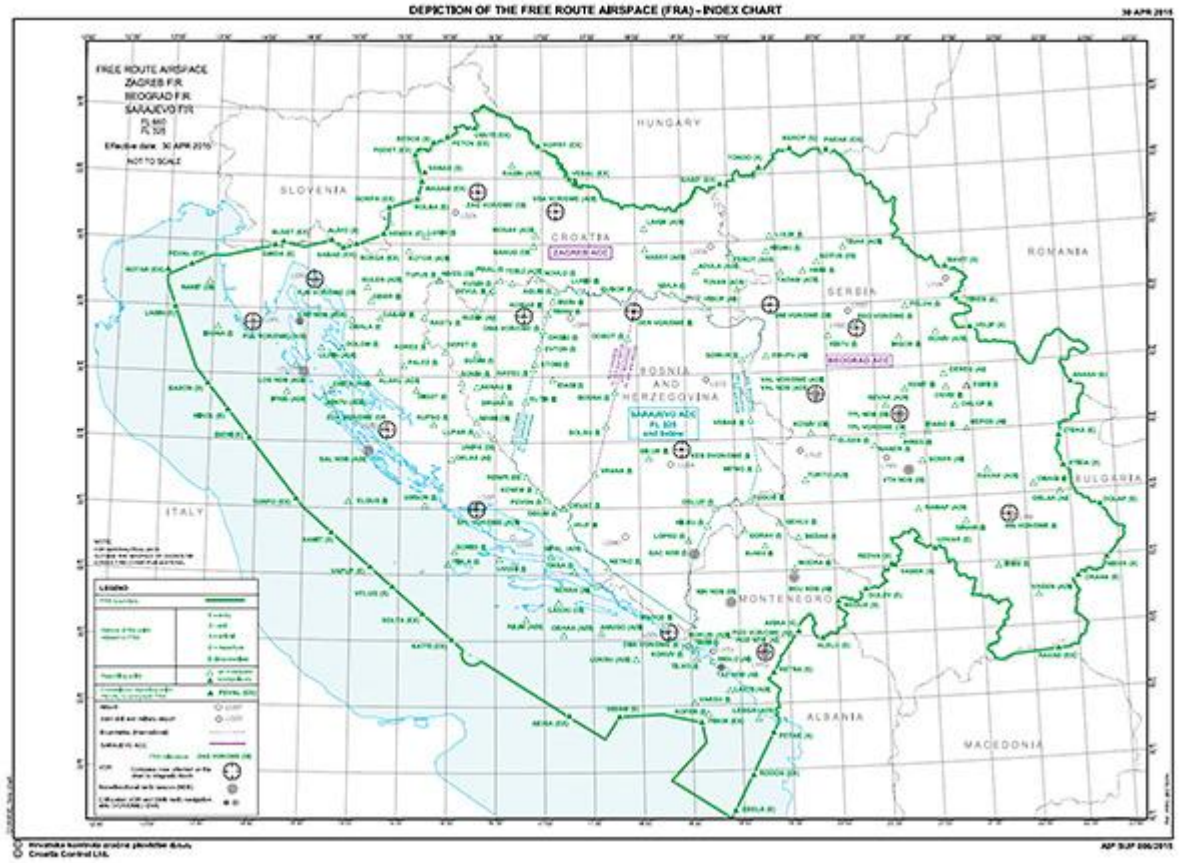
Na slici 7 prikazane su horizontalne granice FRAMaK-a gdje je područje odgovornosti *DFS Karlsruhe UAC* označeno ružičastom bojom, a područje odgovornosti

[54] FRAM – eng. Free Route Airspace Maastricht – hrv. Prostor slobodnih ruta Maastricht
[55] FRAK – eng. Free Route Airspace Karlsruhe – hrv. Prostor slobodnih ruta Karlsruhe

Eurocontrol Maastricht UAC plavom bojom. Zemljopisno, to su zemlje BENELUX-a te Njemačka.

3.4.9. SEAFRA

Prostor slobodnih ruta jugoistočnog koridora, nazvan SEAFRA[56] je prostor koji obuhvaća područje odgovornosti Zagreb ACC-a i Beograd ACC-a, kao što je vidljivo na slici 8.



SLIKA 8. PROSTOR SLOBODNIH RUTA JUGOISTOČNOG KORIDORA [20]

SEAFRA obuhvaća FIR Zagreb, FIR Beograd i FIR Sarajevo iznad razine leta 325, pa sve do razine leta 660, što znači da je područje odgovornosti Beograd ACC-a i Zagreb ACC-a. Koncept je uveden s prekograničnom primjenom što znači da se mogu planirati direktni letovi preko granica područja odgovornosti. SEAFRA je vremenski ograničen na djelovanje

[56] SEAFRA – eng. South-East Axis Free Route Airspace – hrv. Prostor slobodnih ruta jugoistočnog koridora

samo noću, odnosno između 23:00 i 05:00 (22:00 i 04:00 ljeti), a s djelovanjem je započeo 30. 04. 2015 godine.

Zrakoplovi koji uđu u ACC Beograd ili ACC Zagreb ispod razine leta 325, a imaju u planu penjanje na viši nivo unutar SEAFRA prostora, mogu ući u prostor slobodnih ruta putem međutočaka. Tu su uključeni i zrakoplovi kojima je polazišni aerodrom unutar FIR-a Zagreb, FIR-a Beograd ili FIR-a Sarajevo. Planiranje leta unutar SEAFRA prostora može se izvršiti putem neograničenog broja međutočaka, koje mogu biti objavljene ili neobjavljene, te ne postoji ograničenje u duljini rute unutar prostora. Operateri mogu slobodno planirati rute, neovisno o aktivnim vojnim zonama, ako ruta prolazi kroz aktivnu vojnu zonu radarskim vektoriranjem od strane kontrolora će se izbjeći zona, no duljina rute će se povećati za najviše 10 nautičkih milja.[20]

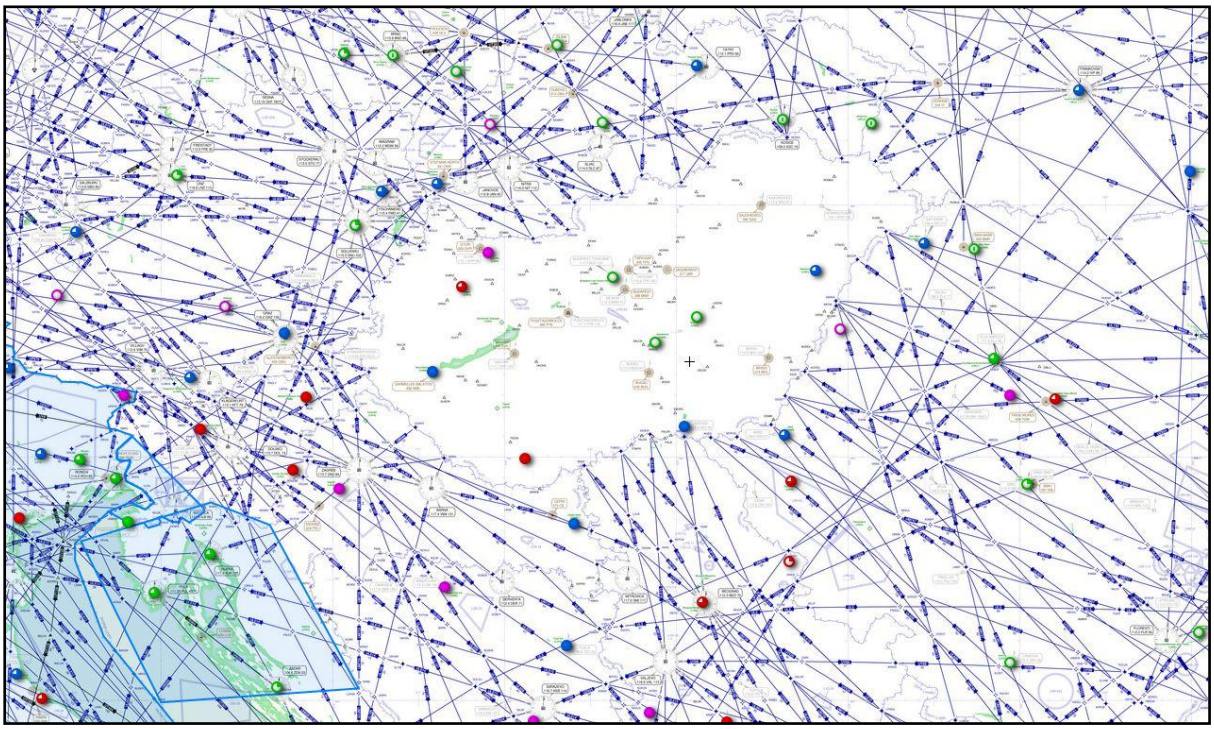
Od 16. do 25. Ožujka 2016 godine u centru za istraživanje, razvoj i simulaciju Mađarskog pružatelja usluga u zračnoj plovidbi, provodila se SEFRA simulacija u realnom vremenu. 39 kontrolora je testiralo različite scenarije u svrhu poboljšanja implementacije planiranja koncepta slobodnih ruta. Plan je uvođenje SEAFRA koncepta bez vremenskog ograničenja 8. Prosinca 2016 godine. Testirano je nekoliko područja, no velika se važnost posvetila ljudskom faktoru, kao što su radno opterećenje, situacijska svjesnost i sigurnost. [21]

3.4.10. HUFRA

Prostor slobodnih ruta u Mađarskom zračnom prostoru, HUFRA [57] je prvi potpuno uvedeni prostor slobodnih ruta u nekoj državi. HUFRA se prostire od 9 000 ft do neograničeno uvis te zauzima cijeli FIR Budimpešte, kao što je prikazano na slici 9. Prostor je uveden 5. Veljače 2015 godine te nema vremenskog niti prostornog ograničenja te je kao takav prvi u Europi. Uvođenje ovakvog prostora nije bilo jednostavno iz razloga što susjedni FIR-evi nisu imali uvdeni FRA, no detaljnjim planiranjem ti problemi su riješeni. Uvođenjem prostora slobodnih ruta, Mađarski pružatelj usluga u zračnoj plovidbi je spriječio nastanak uskog grla u tom području do kojeg bi došlo zbog povečanja rutnog prometa od 13% u 2015 godini. U 2014 godini na području Mađarske bilo je preko 700 000 operacija te uvođenjem

[57] HUFRA – eng. Hungarian Free Route Airspace – hrv. Prostor slobodnih ruta u Mađarskoj

FRA prognoziralo se smanjenje od 1.5 milijuna kilometara u duljini ruta te ušteda od 3 milijuna eura smanjenjem potrošnje goriva te samim time i smanjenje emisije CO_2 za 16 milijuna kilograma godišnje. [22]



SLIKA 9. HUFRA SA OKOLNIM ATS RUTAMA

Tokovi prometa su ostali isti te se iskustvom pokazalo da su uvođenjem FRA najviše profitirali letovi koji su u preletu tako što u pojedinim slučajevima promjene brzine i smjera vjetra let se može skratiti za pola sata i više. Nakon uvedenog prostora slobodnih ruta, pojavili su se letovi kroz HUFRA kojih prije nije bilo, npr. let iz Beča za Zagreb, koji je prije uvođenja HUFRA išao preko zračnog prostora Slovenije. [23]

4. Funkcionalni blok zračnog prostora

Prva ideja o formiranju blokova zračnih prostora u Europi je spomenuta u paketu propisa SES[58] 1. Paket je odobren od strane Europskog parlamenta i Vijeća u ožujku 2004 godine te je implementiran u travnju 2004 godine. Ciljevi SES 1 paketa su:

- Poboljšanje sigurnosti i efikasnosti zračnog prometa u Europi,
- Smanjenje kašnjenja poboljšanim korištenjem zračnog prostora i resursa aerodroma,
- Unaprijediti usluge te smanjiti troškove za putnike u zračnom prijevozu reduciranjem fragmentacije ATM-a u Europi,
- Usavršiti integraciju vojnih sustava u Europski ATM sustav. [24]

Propis 549/2004 je opisao FAB-ove te je nakon pet godina izdan novi propis. Propis 1070/2009 je ispravka propisa 549/2004 te je dio paketa propisa nazvanog SES 2. Ciljevi SES 2 paketa su.

- Uvođenje okvira performansi za ATM u Europi s kvantificiranim ciljevima,
- Stvaranje jedinstvenog okvira sigurnosti koji bi omogućio usklađeni razvoj sigurnosnih regulativa te njihovu efektivnu implementaciju,
- Otvaranje vrata novim tehnologijama omogućujući implementaciju novog operativnog koncepta te povećanja razine sigurnosti za faktor 10,
- Poboljšanje upravljanja kapacitetom aerodroma.

U drugom paketu propisa FAB-ovi su još detaljnije opisani nego u prvome paketu.[25] Propis 1070/2009 opisuje organiziranost FAB-ova te postavlja rok za implementaciju. [26]

4.1. Općenito o FAB-ovima

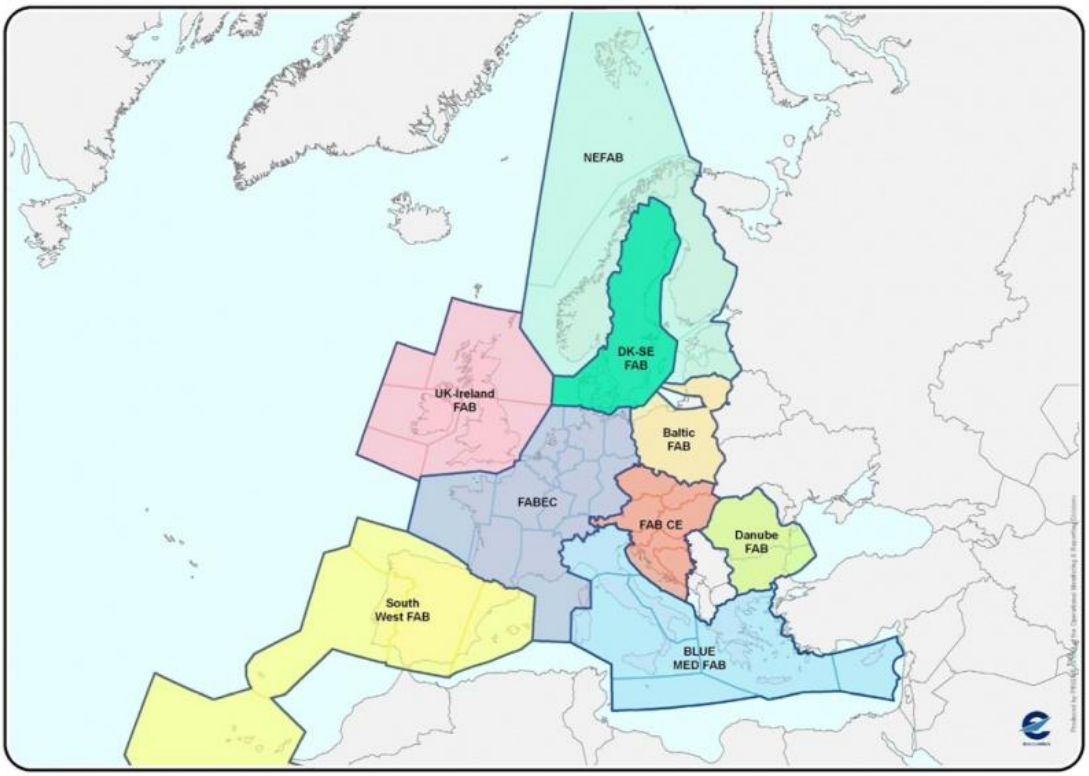
Funkcionalni blok zračnog prostora (eng. FAB – Functional Airspace Block) je blok zračnog prostora baziran na operativnim zahtjevima te utvrđen neovisno o državnim granicama, unutar kojeg se pružaju usluge u zračnoj plovidbi temeljene na performansama.

[58] SES – eng. Single European Sky – hrv. Jedinstveno europsko nebo

Blokovi su optimizirani tako da se može uvesti povećana koordinacija između pružatelja usluga u zračnoj plovidbi ili, ako je moguće, jedinstveni pružatelj usluga.

Na slici 10 prikazani su FAB-ovi, a oni su:

- FAB Baltičkih zemalja (eng. *Baltic FAB*): Litva i Poljska;
- FAB Danske i Švedske (eng. *Danish-Swedish FAB*): Danska i Švedska;
- Sjeverno Europski FAB (eng. *NEFAB – North European FAB*): Estonija, Finska, Latvija i Norveška;
- FAB Ujedinjenog Kraljevstva i Irske (eng. *UK-Ireland FAB*): Ujedinjeno Kraljevstvo i Irska;
- FAB Europske središnjice (eng. *FABEC – FAB Europe Central*): Belgija, Francuska, Njemačka, Luksemburg, Nizozemska, Švicarska i Maastricht;
- FAB Središnje Europe (eng. *FAB CE – FAB Central Europe*): Austrija, Bosna i Hercegovina, Hrvatska, Češka, Mađarska, Slovačka i Slovenija;
- Dunavski FAB (eng. *Danube FAB*): Bugarska i Rumunjska;
- Južno zapadni FAB (eng. *South West FAB*): Portugal i Španjolska;
- FAB Plavi Mediteran (eng. *FAB Blue MED*): Cipar, Grčka, Italija i Malta. [27]



SLIKA 10. FUNKCIONALNI BLOKOVI ZRAČNOG PROSTORA U EUROPI [27]

Zajednički ciljevi svih FAB-ova su:

- Sigurnost – osigurati poboljšane sigurnosne razine usprkos povećanju civilnog prometa;
- Kapacitet – zadovoljiti potražnju povećanja civilnog prometa;
- Isplativost – balansiranje operativnih troškova unutar FAB-ova uvođenjem efektivnije strukture ruta i usluga u zračnom prometu;
- Efikasnost leta – poboljšati efikasnost leta preko poboljšanja u rutama, profilima leta i prijeđenoj udaljenosti;
- Okoliš – smanjiti utjecaj na okoliš preko poboljšanja u rutama, profilima leta i prijeđenoj udaljenosti;
- Efektivnost vojnih misija – poboljšati efektivnost vojnih misija pomoću poboljšanih mogućnosti za obuku. [27]

4.2. Funkcionalni blok zračnog prostora Središnje Europe

FAB CE (Funkcionalni blok zračnog prostora Središnje Europe) nastao je još 1997 godine pod nazivom CEATS[59]. Cilj CEATS je bio pružanje jedinstvene usluge u gornjem zračnom prostoru Austrije, Bosne i Hercegovine, Hrvatske, Češke, Mađarske, Italije, Slovačke te Slovenije. Tijekom trajanja implementacije CEATS-a izdan je paket propisa SES 1 u kojem se spominju sedam od navedenih osam država unutar novog bloka, nazvanog FAB CE. U ožujku 2008 godine Koordinacijska Grupa CEATS-a odlučila je istovremeno provoditi CEATS i FAB CE projekt, no već u lipnju iste godine odgovorni ministri iz pripadajućih država potpisali su potvrdu o terminiranju CEATS-a. CEATS je službeno prestao postojati 12. 5. 2011 godine zaključnim potpisivanjem Italije. [28] [29]

Nakon terminiranja CEATS-a, počeo je razvoj FAB CE-a koji je potican od sedam država i njihovih pružatelja usluga u zračnoj plovidbi (Slika 11):

- Češka Republika (*ANS CR*),
- Republika Austrija (*Austro Control*),
- Republika Hrvatska (*Croatia Control*),

[59] CEATS – eng. Central European Air Traffic Services – hrv. Usluge u zračnom prometu u Središnjoj Europi

- Republika Mađarska (*HungaroControl*),
- Slovačka Republika (*LPS*),
- Bosna i Hercegovina (*BHDCA*),
- Republika Slovenija (*Slovenia Control*)

Prilikom osnivanja FAB CE-a doneseni su ciljevi koji bi se trebali ispuniti u određenim područjima ATM-a. Pa tako je za područje kapaciteta određeno da bi se kapacitet trebao povećati do mjere da se može nositi s povećanjem prometa od 140% u 2025 godini s maksimalnim kašnjenjem od 0.6 minuta po letu te zadovoljavanjem vojnih potreba. U području sigurnosti određeno je da će uvođenjem FAB CE-a tadašnja razina sigurnosti ostati ista te da će se povećati gdje je god moguće usprkos povećanju prometa. U području troškovne učinkovitosti određeno je da će se rutna troškovna učinkovitost poboljšati za 10% u 2025 godini, u odnosu na 2006 godinu. U području letne učinkovitosti određeno je će se uštedjeti 2 milijuna kilometara godišnje do 2017 godine, pa nadalje. U području okoliša određeno je da će se emisije CO_2 smanjiti za 22 tisuće tona godišnje do 2017 godine, pa nadalje. [30]

SLIKA 11. FAB CE DRŽAVE I PRUŽATELJI USLUGA

4.3. FAB CE Tijela

Kako u FAB CE-u jednaku odgovornost imaju i državna tijela i nacionalni pružatelji usluga u zračnom prometu, tako su osnovana državna tijela koja djeluju na razini FAB-a. ta tijela imaju odgovornost za implementaciju i operativno djelovanje FAB CE-a. U svibnju 2011 godine potpisan je Sporazum o uspostavi funkcionalnog bloka zračnog prostora središnje Europe u kojem su države ugovornice dogovorile osnivanje sljedećih tijela:

- Vijeće FAB CE,
- Zajedničko civilno-vojno povjerenstvo za koordinaciju zračnog prostora (JCMACC[60]),
- Koordinacijsko povjerenstvo nacionalnih nadzornih tijela (NSA CC[61]),
- Druga tijela koja osnuje Vijeće FAB CE.

Vijeće FAB CE sastoji se od predstavnika država ugovornica, svaka država ima po jedan glas, može ju zastupati nekoliko izaslanika. Vijeće ima zadatak poduzimanja mjera koje su neophodne da bi se osigurala provedba, operativni rad i daljnji razvoj FAB CE-a, kako bi se osigurala njegova usklađenost sa zahtjevima i ostvarivanje ciljeva koji su utvrđeni SES legislativom. Zajedničko civilno-vojno povjerenstvo za koordinaciju zračnog prostora sastoji se od predstavnika civilnog i vojnog zrakoplovstva država ugovornica u svrhu strateške koordinacije nacionalnog upravljanja zračnim prostorom, postupaka upravljanja protokom i kapacitetom zračnog prometa te civilne i vojne suradnje svih država FAB CE-a. JCMACC za svoj rad odgovara Vijeću FAB CE. Koordinacijsko povjerenstvo nacionalnih nadzornih tijela sastoji se od predstavnika nacionalnih nadzornik tijela te obavlja zadaću nadzora u zračnom prostoru FAB CE. NSA CC, također, za svoj rad odgovara Vijeću FAB CE-a. [31]

4.4. Prostor FAB CE

U tablici 1 vidimo lateralne granice FAB CE-a koje se sastoje od 7 FIR-ova, FIR-a Beč, FIR-a Sarajevo, FIR-a Zagreb, FIR-a Prag, FIR-a Budimpešta, FIR-a Bratislava te FIR-a

[60] JCMACC – eng. Joint Civil Military Airspace Coordination Committee
[61] NSA CC – eng. National Supervisory Authorities Coordination Committee

Ljubljana. Također su prikazane i vertikalne granice pojedinog FIR-a koje su određene Sporazumom o uspostavi FAB CE. [31]

TABLICA 1. LATERALNE I VERTIKALNE GRANICE FAB CE-A [31]

Lateralne granice FAB CE	Vertikalne granice FAB CE
FIR Beč	Od tla do neograničeno uvis
FIR Sarajevo	Od FL 165 do neograničeno uvis
FIR Zagreb	Od FL 205 do neograničeno uvis
FIR Prag	Od tla do neograničeno uvis
FIR Budimpešta	Od tla do neograničeno uvis
FIR Bratislava	Od FL 195 do neograničeno uvis
FIR Ljubljana	Od FL 175 do neograničeno uvis

Republika Austrija, Češka Republika te Republika Mađarska odredile su cijeli svoj FIR, i lateralno i vertikalno, za FAB CE, dok su ostale države odredile donju granicu, koja je ponajviše određena gornjom granicom najvišeg terminalnog prostora u FIR-u.

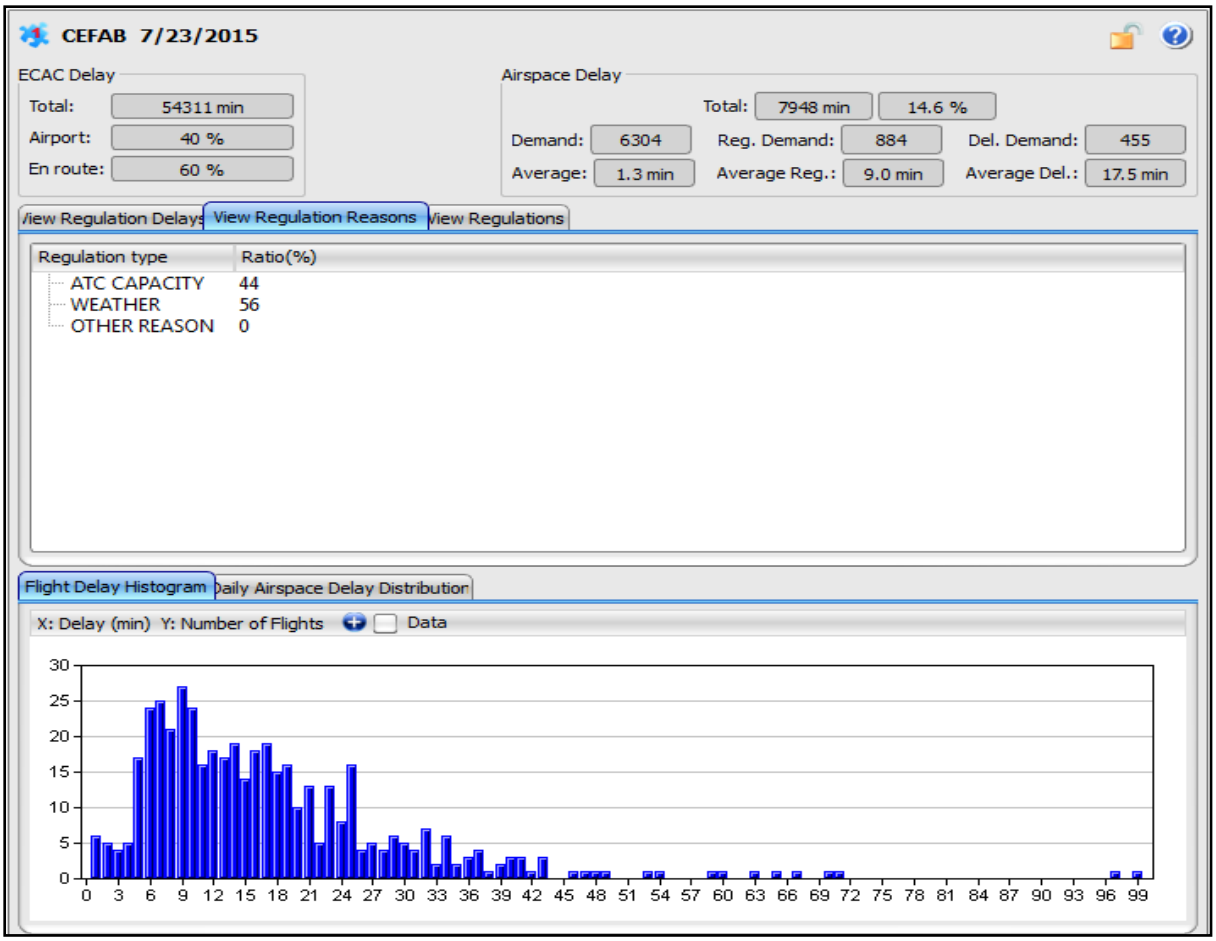
5. Analiza kašnjenja i horizontalne učinkovitosti ruta u FAB CE

Ukupno kašnjenje u Europi se povećalo za 23% u 2015 godini u odnosu na 2014 godinu. Uska grla u 2015 godini su bili ACC Nikozija, ACC Brest, ACC Lisabon, ACC Athania i Makedonija, ACC Zagreb, ACC Reims te ACC Barcelona. Ovi centri zajedno kontroliraju 14.5% ukupnog prometa u Europi te zajedno skupe 58.1% ukupnog rutnog ATFM kašnjenja. Horizontalna učinkovitost ruta se smanjila u 2015 godini usprkos mnogim napredcima u prošlim godinama. Neefikasnost u predanim planovima leta povećala se na 4.74% sa 4.70%. [32]

5.1. Analiza kašnjenja

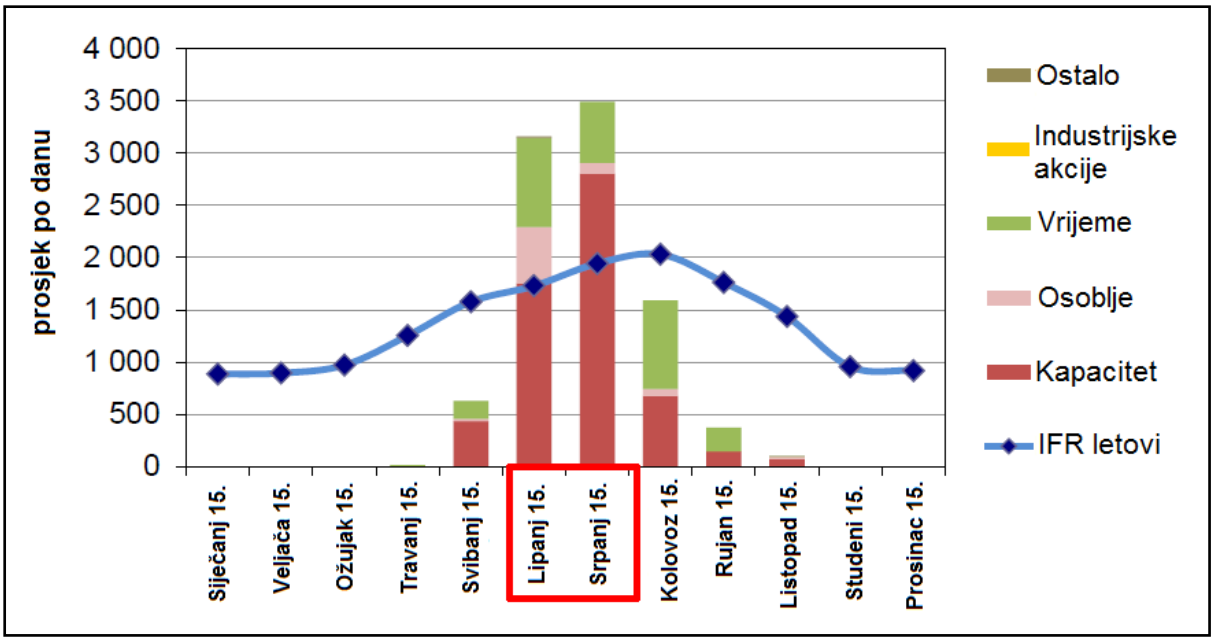
Rutno ATFM kašnjenje je u porastu u Europi za 23.3% u 2015 godini, te je iznosilo 0.73 minute po letu, dok je 2014 godine rutno ATFM kašnjenje iznosilo 0.61 minutu po letu. Kapacitet i osoblje je i dalje najveći uzrok kašnjenja. Postotak letova koji su pogođeni ATFM rutnim kašnjenjem povećao se sa 3.2% na 3.9% u 2015 godini.

FAB CE ima relativno malen utjecaj na ukupno rutno ATFM kašnjenje u Europi, jedino usko grlo je ACC Zagreb. Na slici 12 prikazana su kašnjenja u FAB CE-u 23.7. 2015 godine, gdje vidimo da je ukupno ATFM kašnjenje u ECAC području u navedenom danu bilo 54311 minuta, od toga 7948 minuta u FAB CE-u, odnosno 14.6% ATFM kašnjenja toga dana uzrokovano je događajima u FAB CE-u. Također je vidljivo da je tog dana u prostor ušlo 6304 zrakoplova, od čega su 884 bila pod nekom regulacijom, a 455 zrakoplova je imalo kašnjenje. U posljednjem redu djela koji prikazuje kašnjenja u FAB CE, vidimo da je prosječno kašnjenje bilo 1.3 minute po letu te da je prosječna regulacija iznosila 9 minuta po letu. Od 455 zrakoplova koja su prouzročila kašnjenja, prosječno kašnjenje po letu je iznosilo 17.5 minuta. U ECAC području od ukupnog kašnjenja od 54311 minute, 40% je bilo na aerodromima, dok je ostalih 60% bio u rutnome djelu leta. Faktor koji najviše pridonosi kašnjenju u Europi u 2015 godini je kapacitet te je tako kapacitet uzrok 44% ATFM kašnjenja u području FAB CE, dok je ostalih 56% uzrok vremenske neprilike. Na donjem djelu slike uočavamo da je većina zrakoplova dobivala kašnjenja u rasponu od 5 do 30 minuta te je najviše zrakoplova bilo s kašnjenjem od 9 minuta (27 zrakoplova).



SLIKA 12. KAŠNJENJA U FAB CE-U 23.07.2015.; IZVOR:NEST 1.4.3.. AIRAC 1508

Na slici 13 vidimo da je u 2015 godini u ACC Zagreb u Kolovozu bilo najviše IFR prometa, no kašnjenja su veća bila u Srpnju. Najveći uzroci kašnjenju su kapacitet i osoblje. Analizom je utvrđeno da je kapacitet ACC-a Zagreb vrlo često veći od objavljenog kapaciteta, u nekim slučajevima u do 20%, iz čega je zaključeno da postoji volja među osobljem za rješavanjem problema kašnjenja. ACC Zagreb objavljuje da može u nekom trenutku imati maksimalno 10 sektora otvorenih, no u danima najvećih kašnjenja, sektorizacija je postavljena s maksimalno 8 sektora što govori o nedostatku osoblja. [32]



SLIKA 13. ATFM KAŠNJENJE U ACC ZAGREB U 2015 GODINI [32]

5.2. Horizontalna učinkovitost ruta

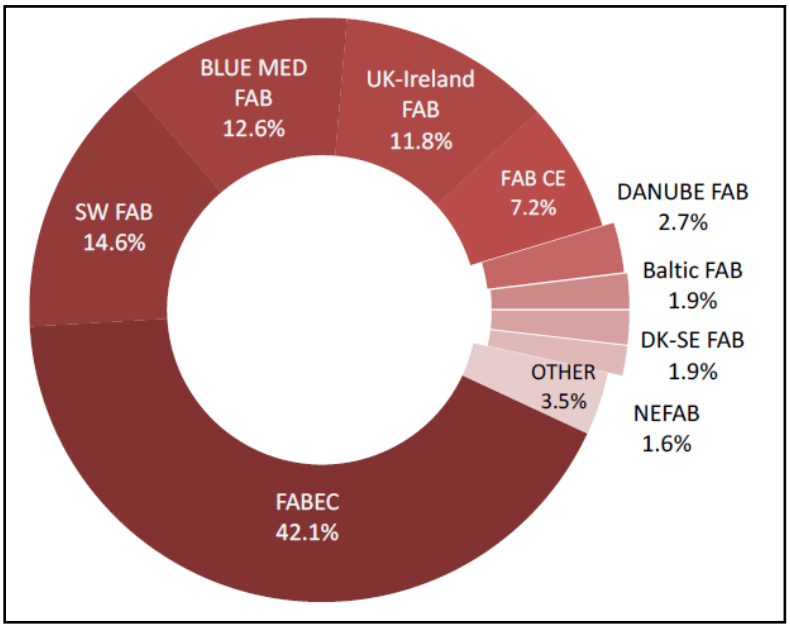
Učinkovitost ruta se može gledati kao vertikalna i kao horizontalna komponenta, no puno je zanimljivija horizontalna komponenta u smislu učinkovitosti zato što je ekonomski i ekološki značajnija. Analiza horizontalne učinkovitosti ruta se bazira na usporedbi realne ili planirane duljine ruta s odgovarajućom prijeđenom udaljenošću. Mnogo faktora utječe na odabir ruta pa tako i na sustav mjerenja učinkovitosti ruta:

- Dizajn mreže ruta (trenutna mreža ruta),
- Dostupnost ruta (uporaba vojnog prostora),
- Mogućnosti planiranja leta (korištenje ponavljajućih planova leta),
- Prioriteti korisnika (vrijeme leta, rutne naknade, gorivo),
- Rutiranje od strane ATC-a, te
- Posebni događaji.

Najkraća moguća ruta koji korisnik može odabrati ograničena je dokumentom o dostupnosti ruta (RAD[62]) te kondicionalnim rutama. Oba faktora smanjuju broj dostupnih

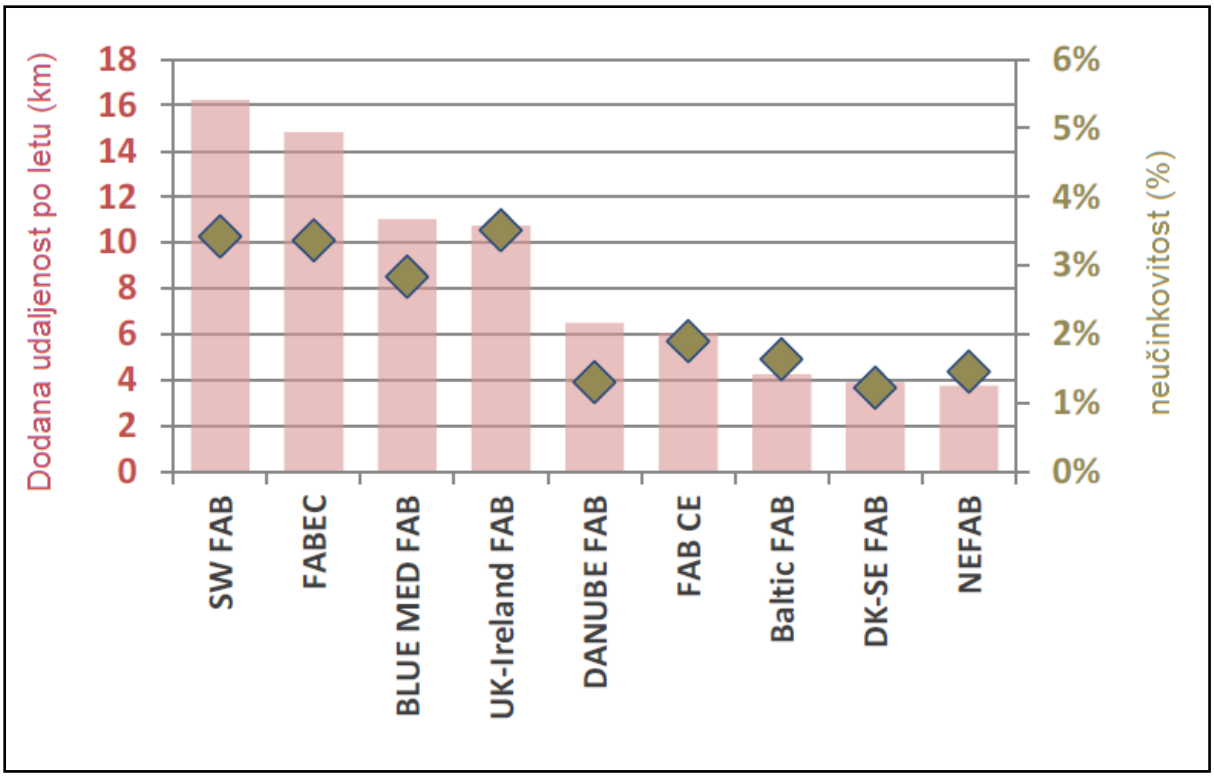
[62] RAD – eng. Route Availability Document

ruta u nekom sektoru kojeg korisnik može koristiti za planiranje leta stoga je potrebno uložiti dodatni trud kako bi se pronašla najkraća ruta prije samoga početka leta. Može doći do razlike između rute u predanom planu leta i najkraće moguće rute zato što korisnik nije svjestan da postoji kraća ruta, ili je svjestan, no iz određenih poslovnih razloga odabire alternativnu rutu. Iz ovih razloga sve se više inzistira na uvođenju prostora slobodnih ruta, koji bi olakšavao korisnicima i dao im veći izbor prilikom planiranja rute.



SLIKA 14. UDIO UKUPNE STVARNE DODANE UDALJENOSTI PO FAB-OVIMA [32]

Na slici 14 vidimo udio po FAB-ovim ukupne dodane udaljenosti. Dodana udaljenost je razlika između udaljenosti u planiranom letu i stvarne prijeđene udaljenosti. Sa slike 13 vidimo da FAB CE spada među 5 najvećih FAB-ova u pogledu dodane udaljenosti. Ovih pet FAB-ova zajedno odgovaraju za preko 85% dodane udaljenosti u cijeloj Europi.



SLIKA 15. STVARNA DODANA UDALJENOST PO LETU PO FAB-OVIMA[32]

Na slici 15 vidimo da FAB CE je među boljim FAB-ovima po učinkovitosti, odnosno ima među najmanjim postotkom neučinkovitosti leta koja je na slici prikazana kvadratićem. Razina neučinkovitosti je izražena kao postotak i ne ovisi samo o dodanoj udaljenosti, koja je na slici prikazana u stupcima, nego i o prosječnoj udaljenosti stvarne putanje. [32]

U tablici 2 prikazana je detaljna analiza horizontalne učinkovitosti ruta u FAB CE prostoru u razdoblju od 23.07.2015 do 19.08.2015. Podaci u tablici su grupirani prema duljinama rute u šest skupina te su zatim podaci analizirani prema tim skupinama. Uočavamo da ima relativno malen broj "domaćih" ruta, odnosno kratkih ruta, te veliki broj dužih ruta što nam govori da je prostor FAB CE izuzetno tranzitni prostor.

TABLICA 2. HORIZONTALNA UČINKOVITOST RUTA U FAB CE-U

Duljina rute (NM)	Broj letova	Ukupna duljina rute (NM)	Direktna udaljenost (NM)	Neučinkovitost (%)
0 - 150	4471	454243.50	425164.97	6.84
150 - 300	14235	3354637.13	3103683.81	8.09
300 - 500	22926	9249032.74	8665425.96	6.73
500 - 800	35476	23123679.06	21939751.19	5.40
800 - 1200	47526	47367113.45	45494574.89	4.12
1200 – na više	70794	154238933.98	148133242.43	4.12
UKUPNO	**195 428**	**237 787 639.87**	**227 761 843.25**	**4.40**

Iz tablice 2 vidimo da je neučinkovitost najveća na kraćim rutama, donosno na rutama koje započinju ili završavaju u FAB CE prostoru ili u susjednim zemljama, dok je na dužim rutama ta neučinkovitost nešto manja. Ovi podaci govoro mnogo o rascjepkanosti prostora unutar FAB CE bloka.

6. Kreiranje i uvođenje prostora FAB CE

Simulacija prostora slobodnih ruta unutar zračnog prostora FAB CE-a odvijat će se u softveru NEST (eng. Network Strategic Tool) unutar kojeg je potrebno kreirati zračni prostor FAB CE putem kojeg je zatim moguća simulacija prostora slobodnih ruta.

6.1. NEST

Kreiranje i simulacija prostora slobodnih ruta unutar FAB CE prostora odvijat će se u softveru NEST koji je alat za modeliranje mreže ruta i simuliranje tokova prometa. Razvijen je od strane Eurocontrol-a te pružatelja usluga u zračnoj plovidbi kako bi pomogao pri dizajniranju i razvoju strukture zračnog prostora, planiranju kapaciteta i analiziranju podataka, organiziranju tokova prometa, pripremi scenarija za simulacije u realnom vremenu te za proučavanje mreže. NEST je sklopljen od dvaju prijašnjih alata: SAAM (eng. *System for traffic Assignment and Analysis at a Macroscopic level*) te NEVAC. NEST se može koristiti na lokalnoj razini, odnosno na razini centra oblasne kontrole ili zračne luke, te na globalnoj razini za strateško planiranje. Softver je u mogućnosti procesuirati i ujediniti velike količine podataka koji se protežu nekoliko godina te istovremeno omogućuje korisniku detaljno analiziranje podataka.

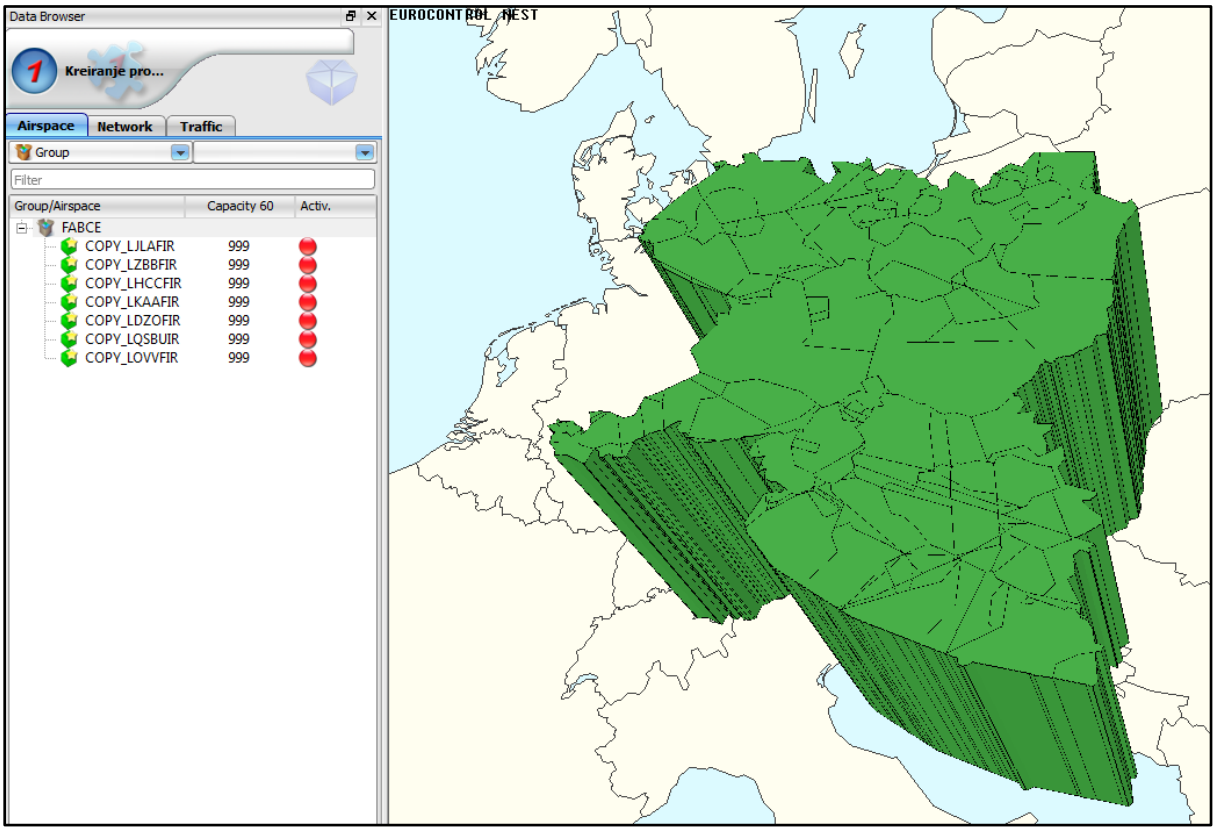
Polazište svih podataka nalazi se u AIRAC datoteci koja sadržava podatke u rasponu od 28 dana (jednakih trajanju AIRAC ciklusa). Ti polazišni podaci u AIRAC datoteci se ne mogu mjenjati, već se svaka promijena sprema u novi scenarij. [33]

6.2. Kreiranje prostora

Lateralne i vertikalne granice prostora FAB CE opisane su u tablici 1. Kreiranje prostora u NEST-u sastoji se od nekoliko koraka. Prvo je potrebno izraditi kopije FIR sektora država FAB CE regije te ih grupirati unutar jedne grupe prostora. Navedena grupa je prikazana na slici 16. Sa slike je vidljivo da se prostori stavljeni pod grupu sektora nazvanu “FABCE”.

Unutar grupe nalaze se FIR-ovi država sa prefiksom “COPY_” koji govori da se radi o kopiiji sektora. Sektor “COPY_LJLAFIR” predstavlja FIR Ljubljanu sa kapacitetom od 999 koji označava broj operacija u sektoru tijekom jednog sata.

Pojedini sektori u softveru imaju doznačeni kapacitet, no veliki broj sektora nema objavljen kapacitet iz razloga sto je kapacitet za pojedine sektore nemoguće odrediti ili kapacitet nije objavljen te se za takve sektore programski postavlja kapacitet 999. U trećem stupcu kružićem se označava aktiviranost sektora. Crveni kružić označuje neaktivan sektor, dok zeleni kružić označuje aktivan sektor.



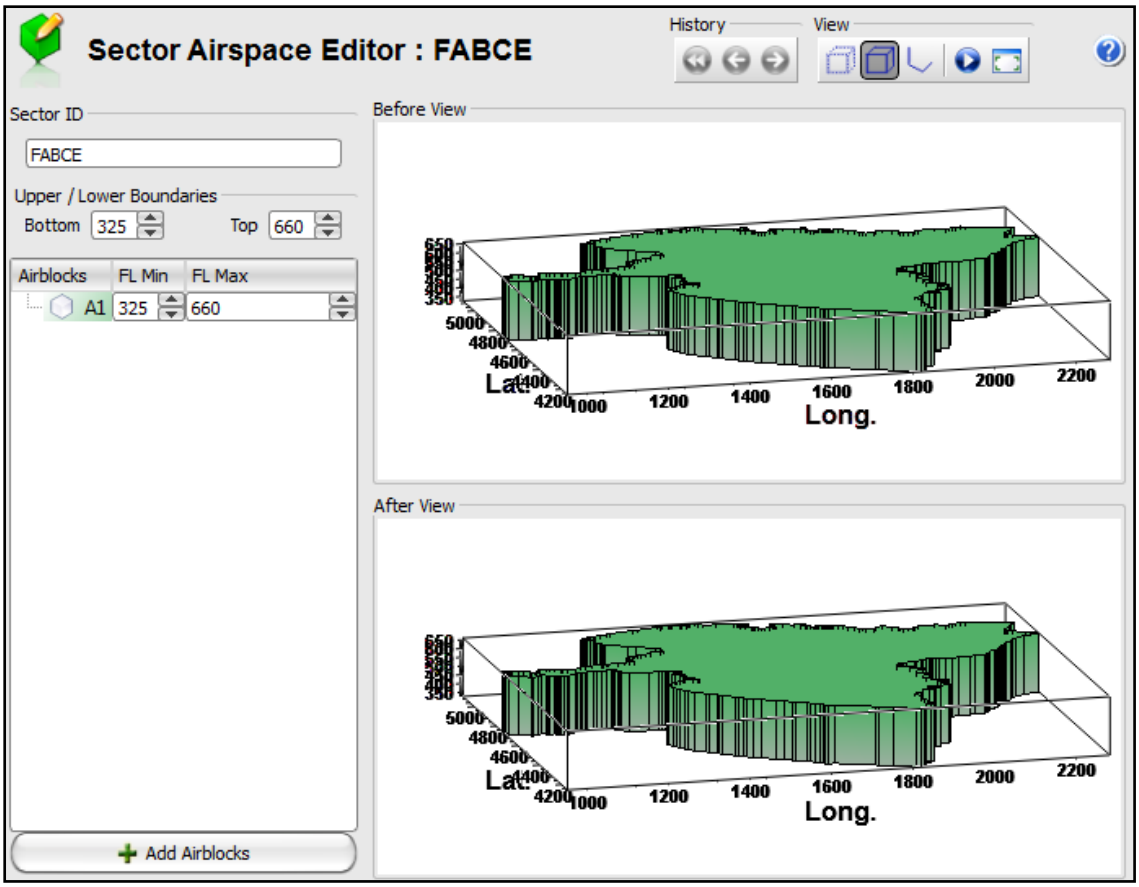
SLIKA 16. FABCE GRUPA SEKTORA U SOFTVERU NEST

Sektori unutar grupe FABCE su redom:

- FIR Ljubljana
- FIR Bratislava
- FIR Budimpešta

- FIR Prag
- FIR Zagreb
- UIR Sarajevo
- FIR Beč

Ovako kreirana grupa sektora ne može se koristiti za analizu i kreiranje prostora slobodnih ruta, te je stoga potrebno navedene sektore sklopiti u jedan sektor. Nakon sklapanja u jedan sektor, potrebno je sve zračne blokove unutar takvog sektora sklopiti u jedinstveni zračni blok. Naime, većina sektora u softveru se sastoji od jednoga, ili više, blokova zračnih prostora. Ti blokovi služe za detaljniju analizu sektora u smislu dijelova sektora koja u nekom trenutku mogu biti nedostupna za zračni promet. Sa slike 17 vidimo kako je sektor "FABCE" prikazan kao jedan blok zračnog prostora generičkog naziva "A1". Novi blok zračnog prostora, koji je ujedno i ukupni FABCE sektor, vertikalno se proteže od razine leta 325 do razine leta 660. Razlog iz kojeg se ovakav vertikalni raspon ne podudara s dogovorenim vertikalnim granicama FAB CE-a je zbog jednostavnosti simulacije prostora slobodnih ruta koji će imati lateralne granice iste onima dogovorenim, no vertikalno će biti jedinstven za sve FIR-ove.



SLIKA 17. FABCE SEKTOR KAO JEDAN BLOK ZRAČNOG PROSTORA

Ovako nastali sektor FABCE, koji sa svojim vertikalnim granicama od razine leta 325 do razine leta 660, može se koristiti za simulaciju prostora slobodnih ruta te se može koristiti za sve detaljnije analize oko prometa koji prolazi ovim prostorom, prije samog uspostavljanja prostora slobodnih ruta. [33]

6.3. Uvođenje prostora slobodnih ruta

Uvođenje prostora slobodnih ruta unutar FAB CE prostora biti će od razine leta 325 do razine leta 660 zbog jednostavnosti izvedbe. Lateralne granice biti će iste onima koje određuju FIR-evi država članica FAB CE-a.

Za uvođenje FRA unutar softvera NEST potrebno je prvo kreirati prostor gdje će se uvoditi FRA, što je opisano ranije. Zatim je potrebno definirati takav kreirani prostor kao

FRA prostor, što se čini uvođenjem datoteke "FRP datoteke"[63]. FRP datoteka se izrađuje u *Notepadu* tako što se ispisuju sve točke FRA prostora te njihova namjena. Točka može biti ulazna (E), izlazna (X), međutočka (I), dolazna točka (A) te odlazna točka (D). U primjeru uvođenja FRA u FAB CE korištene su međutočke (I) te ulazno/izlazne točke (EX). Ulazno/izlazne točke se koriste za ulazak i izlazak zrakoplova u/iz prostora slobodnih ruta. Pojedina točka, u ovom slučaju, se koristi kao točka za ulazni te kao točka za izlazni promet. Međutočke se, u ovom slučaju, koriste za napuštanje, odnosno dolazak prometa u prostor slobodnih ruta na mjestima koje nisu na rubu FRA. Točke se u *Notepadu* ispisuju tako da se u svakome redu teksta ispisuje prostor na koji se odnosi točka, zatim namjena točke te samo ime dotične točke. Kao primjer možemo uzeti kreiranje FAB CE prostora slobodnih ruta:

FABCE EX ADADO

FABCE EX AGNAV

FABCE I ABETI

FABCE I ABLOM

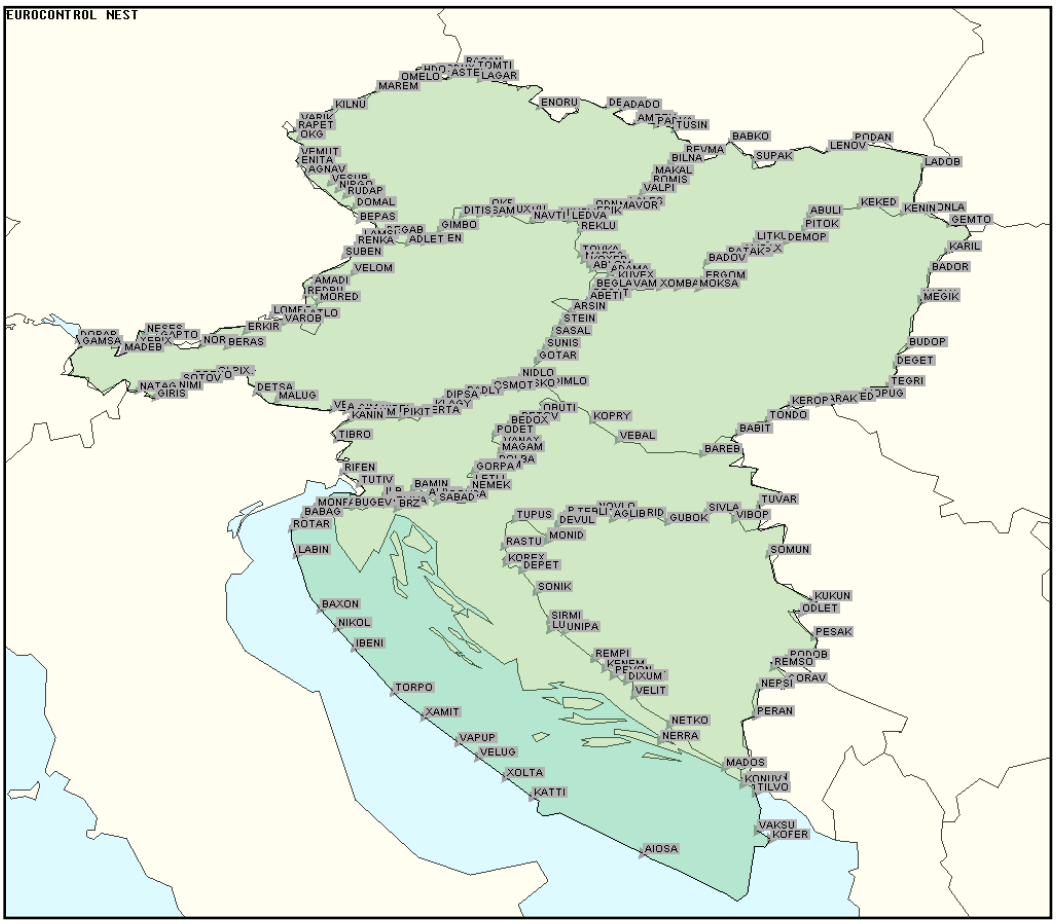
Ovakav FRP dokument "govori" softveru da sektor naziva FABCE treba prenamijeniti u FRA te mu dodati dvije ulazno/izlazne točke ADADO i AGNAV te dvije međutočke ABETI i ABLOM. Točke se mogu ispisivati bez nekog reda, a softver ih sam kasnije sortira po namjeni te po nazivu točke. U Prilogu 1. nalaze se točke koje su uvedene u softver NEST kako bi se kreirao prostor slobodnih ruta unutar FAB CE. Uvedene su samo dvije vrste točaka, a to su ulazno/izlazne točke te međutočke.Ulazno/izlazne točke smještene se uzduž vanjskih granica FAB CE prostora, dok su međutočke odabirane tako da se nalaze na unutarnjim granicama FIR-eva. Na slici 18 vidimo takvu raspodjelu točaka gdje se jasno vide putem međutočka vide granice između FIR-eva u FAB CE-u.

Odabir samo dvije vrste točaka pri kreiranju prostora slobodnih ruta je takav da bi se omogućilo softveru da lakše manipulira s rutama. Detaljnijom analizom može se vrlo lagano utvrditi namjena pojedinih točaka, no takvim definiranjem točaka pri kreiranju prostora dodao bi se još jedan ograničavajući faktor. Kako se točke na vanjskim granicama definiraju

[63] FRP File – eng. Free Route Points file – hrv. Datoteka koja sadrži opise FRA točaka

kao ulazni/izlazne postoji lakša prilagodba s eventualnim proširenjem prostora slobodnih ruta na ostale FAB-ove ili na pojedine države.

Međutočke koje se nalaze na granicama između FIR-eva služe za lakšu prilagodbu pojedinih država, odnosno njihovih pružatelja usluga, na prostor slobodnih ruta u FAB CE-u te za ulazak i izlazak zrakoplova iz prostora slobodnih ruta prilikom spuštanja ka odredištu, odnosno pri penjanju od odredišta. [33]



SLIKA 18. PROSTOR SLOBODNIH RUTA FABCE

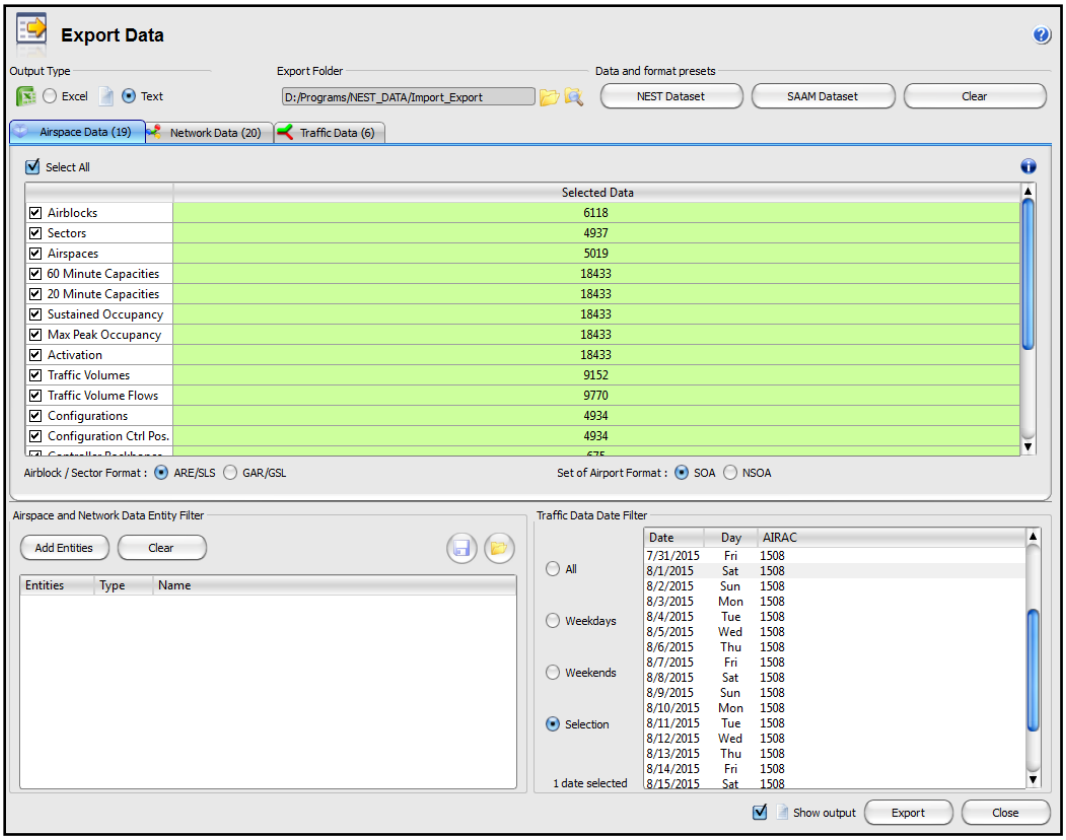
7. Simulacija prometa u uvjetima FRA u aplikaciji NEST

Nakon kreiranja i uvođenja prostora slobodnih ruta potrebno je izraditi simulaciju u zadanim uvjetima. Prije same simulacije potrebno je uraditi nekoliko koraka kojima se kreirani prostor dodjeljuje ostalim prostorima slobodnih ruta u Europi.

Za ssimulaciju prometa korišteni su podaci iz AIRAC ciklusa 1508, odnosno promet od 23.07.2015. do 19.08.2015. Navedeni period je jedan od najprometnijih perioda u 2015 godini.

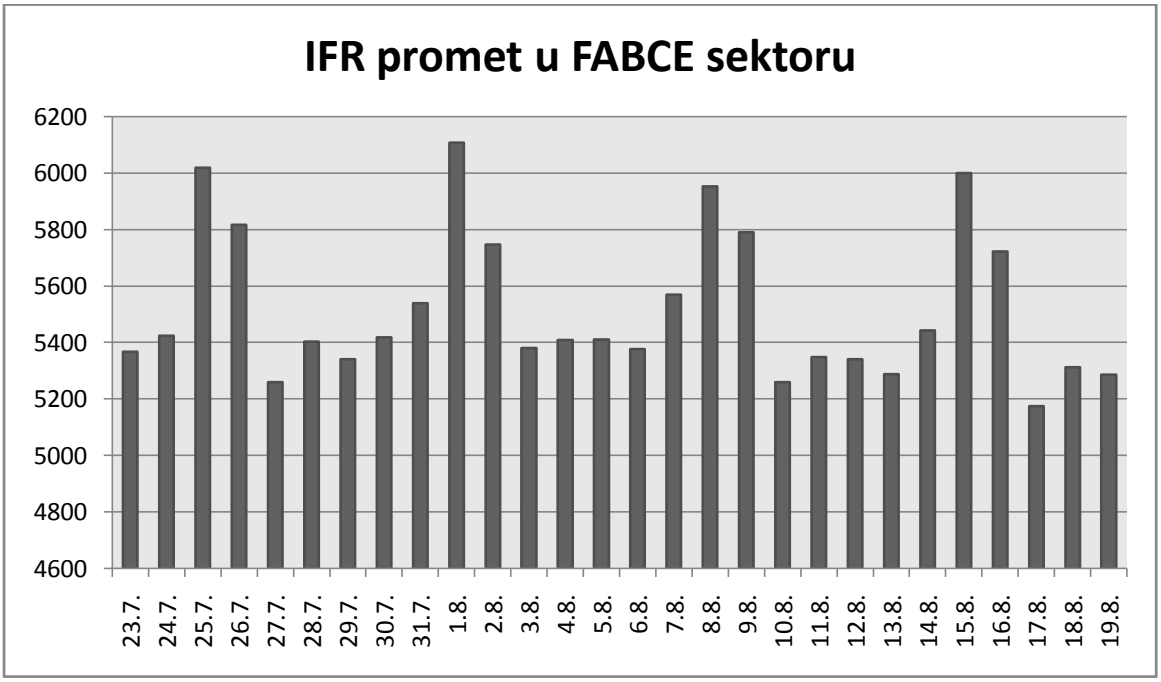
7.1. Izvoz i dodjeljivanje prostora slobodnih ruta

Kako bi se izvršilo dodjeljivanje prvo je potrebno izvesti sve podatke iz NEST-a. Izvoz podataka vrši se pritiskom na ikonu izvoza podataka nakon čega se otvara zaseban prozor prikazan na slici 19.



SLIKA 19. IZVOZ PODATAKA IZ APLIKACIJE NEST

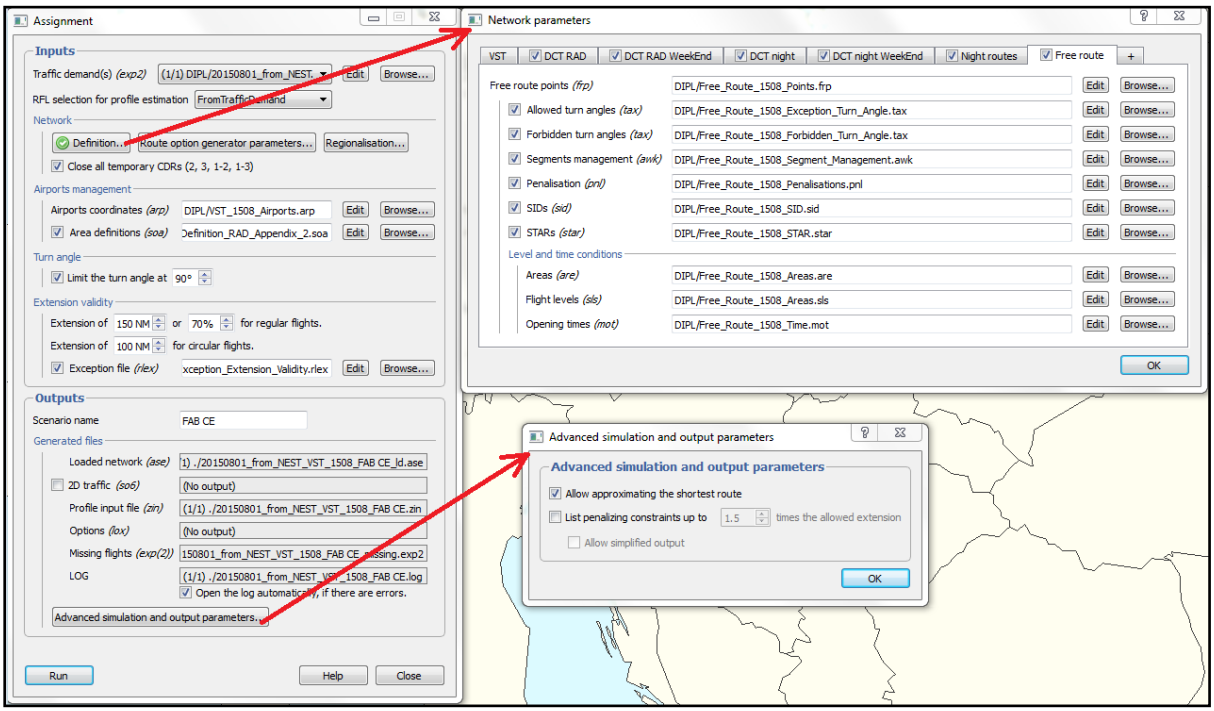
Na slici 19 prikazan je prozor za izvoz podataka iz aplikacije. Ponuđeni je tip izlaznih podataka ovisno o potrebnoj razini preglednosti. Ponuđena je mapa u koju se spremaju izlazni podaci te su ponuđene tvorničke postavke s obzirom na vrstu podataka potrebnu korisniku. Postoji skup podataka za aplikaciju NEST te skup podataka za aplikaciju SAAM. Kako bi se dobili svi potrebni podaci za sljedeći korak, odabrani su svi podaci iz skupine podataka o zračnom prostoru, svi podaci iz skupine podataka o mreži ruta te svi podaci iz skupine podataka o prometu. Kako bi se smanjilo radno opterećenje aplikacije, odabran je samo jedan referentni datum, 1.8.2015. Ovaj datum je odabran zato što je 1.8.2015. bilo najviše IFR prometa kroz kreirani sektor FABCE u razdoblju od 23.07.2015 do 19.08.2015, odnosno u AIRAC ciklusu 1508 kao što je prikazano u Grafikonu 1.



GRAFIKON 1. IFR PROMET U SEKTORU FABCE U RAZDOBLJU OD 23.7.2015 DO 19.08.2015

Nakon što su svi podaci izvezeni potrebno je takve podatke ponovo dodijeliti u program kako bi se mogla izvršiti simulacija. Ovaj postupak je potreban zato što su se podaci o prostorima mijenjali te ih je potrebno dodijeliti. Dodjeljivanje se vrši u zasebnom prozoru naziva "Assignment" što se vidi na slici 20. Ulazni podaci za dodjeljivanje su podaci koji su bili izvezeni iz aplikacije. Kod dodjeljivanja potrebno je priložiti sve datoteke koje definiraju prostore, rute, aktivacije i ostalo. Svaka datoteka je primjereno nazvana te stoga teže dolazi

do zabune prilikom odabira datoteka za pojedino polje. Svako polje u dijelu "*Inputs*" (hrv. Ulazni podaci) mora biti ispunjeno kako bi se dodjeljivanje bilo uspješno. Opcije o kutu zaokreta te vrijednostima produženja ruta su odabrane prema tvorničkim postavkama aplikacije, kako te opcije ne utječu na ishod simulacije FRA.



SLIKA 20. DODJELJIVANJE PODATAKA U APLIKACIJI NEST

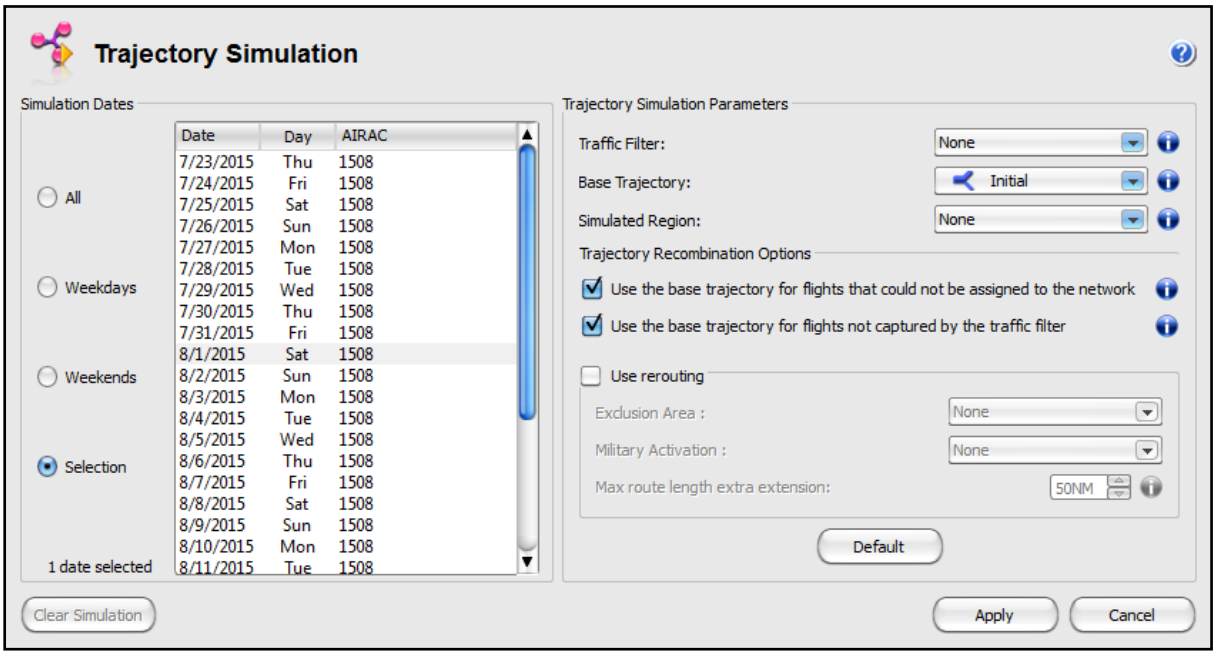
U izlaznim podacima se upisuje naziv scenarija te su ispisane datoteke koje će aplikacija izraditi nakon dodjeljivanja. Mogu se mijenjati izlazni parametri gdje se dopušta aplikaciji da skraćuje rute ako za to postoje uvjeti.

7.2. Simulacija putanje

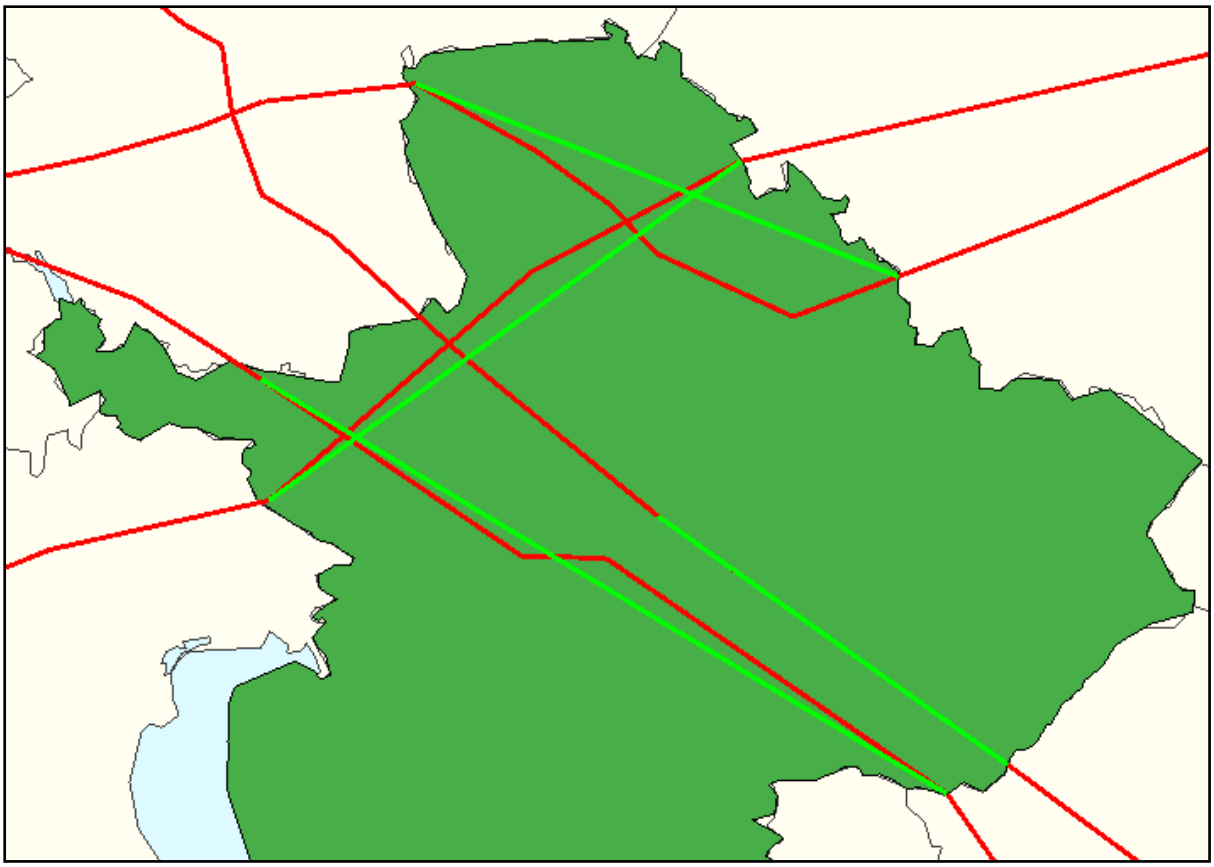
Unutar aplikacije NEST nalaze se nekoliko vrsta simulacija koje aplikacija sama izvodi, uz zadane uvjete. Kako bi simulirali putanje u kreiranom prostoru slobodnih ruta FABCE potrebno je izvršiti simulaciju putanje (eng. "*Trajectory Simulation*"). Na slici 21 prikazan je prozor gdje se zadaju uvjeti za simulaciju putanje. Postoji mogućnost simuliranja svih AIRAC datuma, no u ovom slučaju simulirati će se putanja samo 1.8.2015. iz razloga što je

na taj datum bilo najviše IFR prometa u AIRAC ciklusu 1508 kroz sektor FABCE, prema grafikonu 1.

Simulacija putanje može se izvoditi za pojedine sektore posebno, no preporuča se simulacija za sav prostor. Ostali parametri koji se mogu podesiti je simulacija na bazi inicijalnog ili stvarnog prometa. U ovome slučaju odrađena je simulacija na bazi inicijalnog prometa. Nije potrebno odabiranje opcije u kojoj aplikacija postavlja putanje kako bi izbjegle potencijalne vojne zone, iz razloga što u simuliranom slučaju ne dolazi do aktivacija vojnih zona.



SLIKA 21. SIMULACIJA PUTANJE U APLIKACIJI NEST



SLIKA 22. PRIMJER SLOBODNIH RUTA U FABCE SEKTORU

Na slici 22 prikazane su četiri rute koje su nakon simulacije bile skračene. Zbog lakoče prikaza na slici su samo neke od ruta dok će se u sljedećem poglavlju biti analizirana cijela simulacija te kolika je ušteda primjenom prostora slobodnih ruta. Na slici 22 vidimo rute koje su bile predane u planu leta crvenom bojom te rute koje su mogle biti predane u planu leta, da je uveden prostor slobodnih ruta, zelenom bojom.

8. Analiza provedenih simulacija

Provedenom simulacijom u aplikaciji NEST simuliran je promet kroz sektor FABCE gdje je uveden prostor slobodnih ruta između razine leta 325 i razine leta 660 prema ulaznim i izlaznim točkama na dan 1.8.2015.

8.1. Usporedba ruta

Na dan 1.8. 2015 bilo je 6108 letova kroz kreirani sektor FABCE, kao što je prikazano na grafikonu 1. Od 6108 IFR letova simulirano je 5800 letova, ostatak letova nije bilo potrebno simulirati zato što su već imali najkraću moguću putanju unutar FABCE sektora.

Izradom analize horizontalne učinkovitosti rute dobiveni su podaci koji se nalaze u tablici 3. Produljenje koje se koristi u tablici 3. odnosi se na postotak za koji su rute mogle biti dodatno skraćene, naziva se i neefikasnost rute. Ovdje se koriste svi IFR letovi koji su nekim dijelom prolazili kroz prostor slobodnih ruta FABCE te se ukupna duljina ruta računa i dio rute koji se nalazi van prostora slobodnih ruta. Iz tog razloga postoji razlika od 3.00% između direktne udaljenosti od polazišne do odredišne točke i ukupne duljine ruta u slučaju prostora slobodnih ruta. Vidljivo je da je postotak produljenja ruta smanjen u slučaju kada je sektor FABCE uveden kao prostor slobodnih ruta. Postotak produljenja ruta se može smanjiti samo u slučaju kada je FRA uveden većim dijelom putanje zrakoplova.

Prosječna duljina leta može se izračunati prema formuli:

$$Prosječna\ duljina\ leta^{64} = \frac{Ukupna\ duljina\ ruta}{Ukupni\ broj\ IFR\ letova}$$

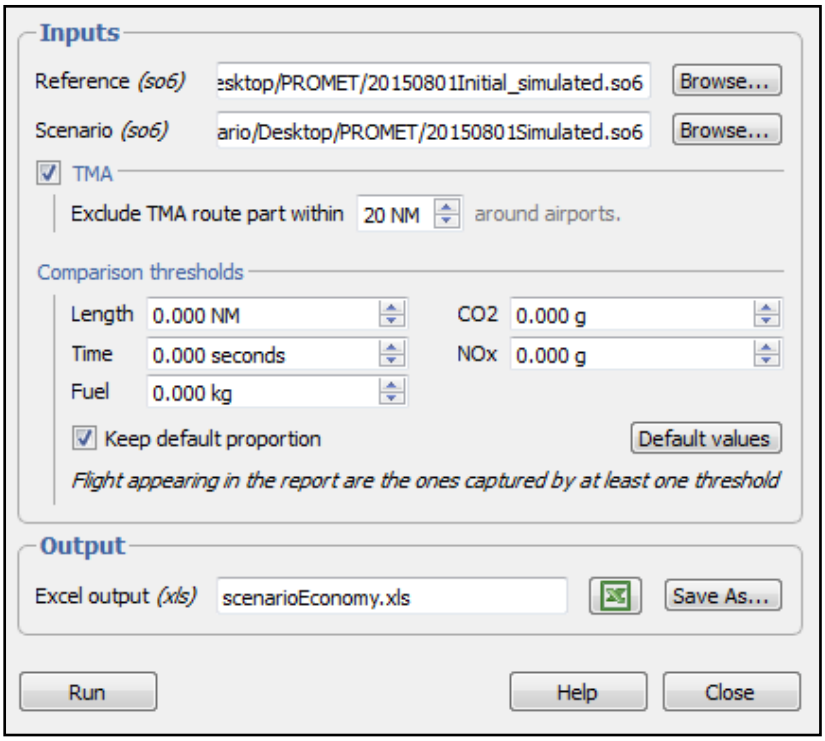
Prema gore navedenoj formuli dobivamo da je prosječna duljina ruta u slučaju ATS ruta 1 361 NM, dok u slučaju FRA iznosi 1 348 NM te time uočavamo smanjenje prosječne duljine leta za 13 NM uvođenjem prostora slobodnih ruta.

[64] Formula za prosječnu duljinu leta je prikazana kako bi se čitatelju približila dobit po pojedinom letu zrakoplova unutar prostora slobodnih ruta te kao takva nije službena formula za prikazivanje i analizu podataka.

TABLICA 3. ANALIZA HORIZONTALNE UČINKOVITOSTI RUTA UVOĐENJEM PROSTORA SLOBODNIH RUTA

	Ukupni broj IFR letova	**Ukupna duljina ruta (NM)**	**Ukupna direktna udaljenost (NM)**	**Produljenje (%)**
FAB CE uz ATS rute	6108	8 312 301.81	7 975 657.92	4.22
FAB CE kao prostor slobodnih ruta	5800	7 819 738.28	7 591 790.22	3.00

Ušteda goriva i emisije plinova mogu se okvirno izračunati prema AEM[65] podacima. AEM model je pojednostavljeni model za izračun duljine rute, vremena trajanja putanje, potrošnje goriva te emisija CO_2 i NO_x (dušični oksidi) te on daje okvirne rezultate za usporedbu različitih scenarija prometa. [33]



SLIKA 23. ANALIZA EFIKASNOSTI PUTANJA

[65] AEM – eng. Advanced Emission Model – hrv. Napredni model emisija

Na slici 23 prikazan je prozor "*Scenario Economy*" (hrv. Ekonomski Scenario) koji nam služi za detaljnu analizu efikasnosti putanja. Kao ulazne podatke koristimo podatke o putanjama koji su prethodno izvezeni iz aplikacije kao "*.so6*" tip datoteke. Kao referentni scenario koristi se referentni promet kroz sektor FABCE na dan 1.8. 2015., a za scenario koji želimo vidjeti promjene, odabire se simulirani promet kroz prostor slobodnih ruta FABCE na dan 1.8.2015. Ako se označi kvadratić pored TMA, aplikacija ne uzima za analizu dio rute koji prolazi kroz terminalni prostor, a isti se može virtualno odrediti prema udaljenosti od aerodroma. Ovdje je proizvoljno određena udaljenost od 20 nautičkih milja, detaljnija analiza terminalnih prostora u ovom slučaju nije potrebna zato što neće uvelike utjecati na rezultate. Sljedeće vrijednosti udaljenosti, vremena, goriva CO2 i NOx su postavljene 0. Zadane vrijednosti ovih parametara određuju koji će let biti analiziran. Kako bi let bio uključen u analizu, potrebno je da ispunjava barem jedan kriterij parametara. Parametri su u ovome slučaju postavljeni na nulu iz razloga da što više letova bude uključeno u analizu.

Uspoređivanjem prometa iz referentnog originalnog scenarija s prometom koji je dobiven simulacijom prostora slobodnih ruta, dobiveni se detaljni podaci koji su prikazani u tablici 4.

TABLICA 4. DETALJNI PRIKAZ PODATAKA ANALIZE EFIKASNOSTI

Status	Duljina rute (NM)		Vrijeme (min)		Gorivo (kg)	
	Broj letova	Ukupno	Broj letova	Ukupno	Broj letova	Ukupno
Povećanje	561	2020.379	624	358.566	816	23426.855
Jednako	1279	0.000	1273	0.000	1264	0.000
Smanjenje	3806	-12269.462	3749	-1640.757	3566	-89981.653
Ukupno	**5646**	**-10249.083**	**5646**	**-1282.191**	**5646**	**-66554.798**
	CO_2 (kg)		**NO_x (kg)**			
	Broj letova	Ukupno	Broj letova	Ukupno		
Povećanje	810	74032.049	880	623.593		
Jednako	1270	0.000	1265	0.000		
Smanjenje	3566	-284341.779	3501	-1398.171		
Ukupno	**5646**	**-210309.730**	**5646**	**-774.578**		

Analiza efikasnosti putanja urađena je putem aplikacije NEST te je obuhvatila 5 646 putanja. Manji broj putanja je izbačen iz analize zbog raznih grešaka na ruti koje bi mogle ugroziti točnost podataka. Dobiveni podaci se mogu koristiti kao okvirno mjerilo efikasnosti uvođenja prostora slobodnih ruta.

Iz tablice 4. vidimo da je ušteda u duljini ruta 10 249 nautičkih milja, s time da je od analiziranih 5 646 putanja, 561 putanja "doživjelo" produljenje, dok je 3 806 ruta doživjelo smanjenje u duljini te je 1 279 jednake duljine. Ušteda uvođenjem prostora slobodnih ruta na promet iz 1.8.2015 je sljedeća:

- Smanjenje u ukupnoj duljini rute za 10 249 NM,
- Smanjenje u kumulativnom vremenu trajanja leta za 21 sat i 22 minute,
- Smanjenje u ukupnom potrošenom gorivu za 66,5 tona,
- Smanjenje emisije CO_2 za 210 tone,
- Smanjenje emisije dušičnih oksida za 775 kilograma.

Na godišnjoj razini ušteda je:

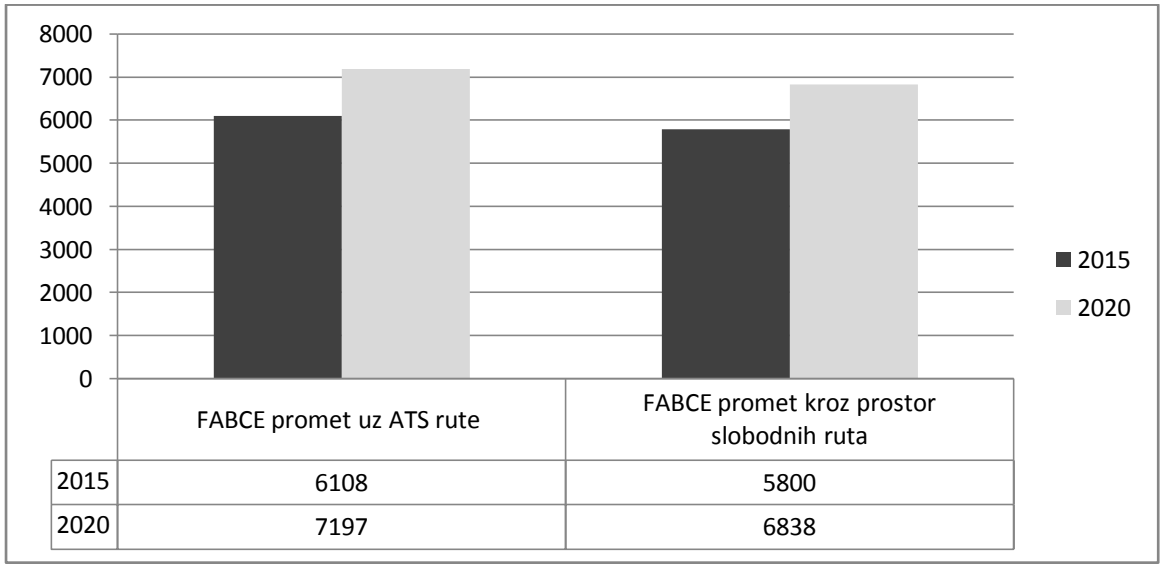
- Smanjenje u ukupnoj duljini rute za oko 7 milijuna kilometara,
- Smanjenje u kumulativnom vremenu trajanja leta za oko 325 dana,
- Smanjenje u ukupnom potrošenom gorivu za oko 24 tisuće tona,
- Smanjenje emisije CO_2 za oko 76 tisuće tona,
- Smanjenje emisije dušičnih oksida za oko 280 tona.

Dodatno smanjenje se može postići detaljnijom analizom prostora slobodnih ruta te mogućim uvođenjem dodatnih međutočka za izlaz prometa iz prostora slobodnih ruta iako u realnom prostoru korisnici mogu sami "stvarati" nove međutočke kako bi izašli iz prostora, odnosno kako bi izbjegli neki dio prostora.

Navedene uštede dobivene simulacijom FRA najviše doprinose dobiti zrakoplovnih kompanija, zato što korištenjem prostora slobodnih ruta, lete kraćim rutama te ranije dođu na odredište. Uštedom goriva na pojedinim rutama, zrakoplovne kompanije mogu planirati iste rute s manje goriva, te samim time i više plaćenog tereta, što za posljedicu može imati jeftinije karte putnicima.

8.2. Usporedba prognoziranog prometa

Ako se uradi prognoza prometa unutar aplikacije NEST, mogu se prikazati podaci simulirane prometne potražnje u budućnosti. Kako bi simulirana potražnja bila što realnija i da bi se podaci mogli uspoređivati, urađena je osnovna srednjoročna simulacija prometne potražnje do 2020 godine s podacima iz 1.8.2015 godine, odnosno petogodišnja simulacija prometne potražnje. Prilikom izvođenja simulacije uključena je opcija koja ne dozvoljava preopterećenje kapaciteta na aerodromima.



	FABCE promet uz ATS rute	FABCE promet kroz prostor slobodnih ruta
2015	6108	5800
2020	7197	6838

GRAFIKON 2. USPOREDBA PROMETA IZ 2015 GODINE I SIMULACIJE PROMETNE POTRAŽNJE ZA 2020 GODINU

Na grafikonu 2 vidimo da u oba slučaja dolazi smanjenja prometa unutar sektora FABCE prilikom uvođenja prostora slobodnih ruta. Simulacija prometa kroz FRA u 2020 godini urađena je tako da je simulacija provedena na prometu iz 2020 godine, odnosno kao zamišljeni slučaj uvođenja prostora slobodnih ruta u 2020 godini, no dolazi se do identičnih podataka ako se izradi simulacija uvođenja FRA u 2015 godini te se simulira prometna potražnja za 2020 godinu.

TABLICA 5.USPOREDBA HORIZONTALNE UČINKOVITOSTI RUTA UVOĐENJEM PROSTORA SLOBODNIH RUTA U 2020 GODINI

	Ukupni broj IFR letova	**Ukupna duljina ruta (NM)**	**Ukupna direktna udaljenost (NM)**	**Produljenje (%)**
FAB CE uz ATS rute	7197	9 864 174.64	9 466 046.84	4.21
FAB CE kao prostor slobodnih ruta	6838	9 256 929.21	8 987 880.68	2.99

Uspoređujući podatke iz tablice 5 i tablice 3 vidimo da je neefikasnost ruta, odnosno produljenje, ostalo približno isto zato što se nisu dogodile nikakve promijene u strukturi prostora. Primjenom formule za prosječnu duljinu leta i uspoređivanjem razlike, dolazimo do podatka da u 2020 godini može doći do smanjena prosječne duljine leta za 16 NM uvođenjem prostora slobodnih ruta.

Analiza efikasnosti putanja urađena je prema istim ulaznim vrijednosti za udaljenost, vrijeme, gorivo, CO2, NOx te TMA prostor, no rađena je usporedba između simuliranog prometa iz 2020 godine bez uvođenja FRA te prometa iz 2020 s uvođenjem FRA. Podaci su ispisani u tablici 6.

TABLICA 6.DETALJNI PRIKAZ PODATAKA ANALIZE EFIKASNOSTI IZ 2020 GODINE

Status	Duljina rute (NM)		Vrijeme (min)		Gorivo (kg)	
	Broj letova	Ukupno	Broj letova	Ukupno	Broj letova	Ukupno
Povećanje	679	2454.769	758	432.533	974	27525.379
Jednako	1515	0.000	1507	0.000	1495	0.000
Smanjenje	4465	-14276.105	4394	-1906.706	4190	-105242.007
Ukupno	**6659**	**-11821.336**	**6659**	**-1474.173**	**6659**	**-77716.628**
	CO_2 (kg)		**NO_x (kg)**			
	Broj letova	Ukupno	Broj letova	Ukupno		
Povećanje	966	86983.249	1046	717.010		
Jednako	1503	0.000	1497	0.000		
Smanjenje	4190	-332554.749	4116	-1633.637		
Ukupno	**6659**	**-245571.500**	**6659**	**-916.627**		

Promatrajući rezultate iz tablice 6 i tablice 4 vidimo da u oba slučaja dolazi do ušteda na svim područjima. Ukoliko bi se FRA uveo u FAB CE 2020 godine uštede u jednom od najprometnijih dana u godini bi bile:

- Smanjenje u ukupnoj duljini rute za 11 821 NM,
- Smanjenje u ukupnom vremenu trajanja leta za 24 sat i 34 minute,
- Smanjenje u ukupnom potrošenom gorivu za 77,7 tona,
- Smanjenje emisije CO_2 za 245 tone,
- Smanjenje emisije dušičnih oksida za 916 kg.

9. Zaključna razmatranja

Ovaj diplomski rad odnosi se na prednosti uvođenja prostora slobodnih ruta unutar Bloka zračnog prostora Središnje Europe (FAB CE). Prostor slobodnih ruta simuliran je od razine leta 325 do razine leta 660 s lateralnim granicama dogovorenog FAB CE prostora. Simulacijom u aplikaciji NEST i analizom dobivenih podataka dolazimo do zaključka da bi uvođenje prostora slobodnih ruta donijelo velike prednosti i uštede u gornjem prostoru FAB CE bloka. Većina ruta koje bi "zahvatila" ova promjena su duže rute koje prelijeću FAB CE.

Dobiveni podaci se odnose na jedan dan u 2015 godini, koji je ujedno i jedan od najprometnijih dana u navedenoj godini. Uvođenjem prostora slobodnih ruta u FAB CE od razine leta 325 do razine leta 660 na godišnjoj razini bi se uštedjelo oko 24 milijuna kilograma goriva, emisija CO_2 bi se smanjila za 76 milijuna kilograma te emisija dušičnih oksida za 280 tisuća kilograma.

Prilikom osnivanja FAB CE bloka doneseni su ciljevi uštede. Cilj uštede u području letne učinkovitosti bio je ušteda od 2 milijuna kilometara godišnje te cilj uštede u području okoliša bio je smanjenje emisije CO_2 za 22 milijuna kilograma godišnje. Analizom rezultata uvođenja FRA dobivamo da je godišnja ušteda u području letne učinkovitosti oko 7 milijuna kilometara, a u području okoliša oko 76 milijuna kilograma CO_2 godišnje. Samim uvođenjem prostora slobodnih ruta može se uvelike uštedjeti bez velikih ulaganja u infrastrukturu i školovanje novih kadrova.

Uvođenje prostora slobodnih ruta je dugotrajan proces koji se, kao što se vidi iz dobivenih podataka, na kraju isplati. Najčešći način uvođenja FRA je postepeno uvođenje koje se vrši nakon detaljne analize i simulacije istoga. Cilj ovog diplomskog rada je pokazivanje prednosti i ušteda uvođenjem FRA u prostor FAB CE te eventualno potaknuti uvođenje prostora slobodnih ruta u FAB CE zato što ideja i plan postoje, no nedostaje inicijativa.

Uvođenjem SEAFRA prostora iznad Hrvatske, Bosne i Hercegovine te Srbije pokazalo se koliko se realno može uštedjeti goriva, CO_2 i NO_x na relativno malom prostoru. Prostor slobodnih ruta FAB CE može biti kompatibilan sa SEAFRA zato što je prostor SEAFRA uveden između visina leta 325 i razina leta 660, isto kao i predložen FAB CE prostor slobodnih ruta. Ako FAB CE prostor slobodnih ruta postane realnost, SEAFRA ne treba

prestati postojati, već se samo prostor slobodnih ruta proširi s FAB CE prostora na zračni prostor iznad Republike Srbije. Na isti način može se i "priključiti" i ostatak prostora ispod razine leta 325 u pojedinim državama FAB CE bloka, kao što je HUFRA, te zračni prostor susjednih država koje graniče s FAB CE blokom.

Kao što je spomenuto u odjeljku "*3.4.10. HUFRA*", uvođenjem prostora slobodnih ruta u zračni prostor Mađarske pojavili su se novi letovi gdje su zrakoplovne kompanije promijenile svoje standardne rute i počele koristiti prostor slobodnih ruta izbjegavajući, koliko je moguće, standardne rute. Istu takvu pojavu može očekivati i uvođenjem FRA u prostor FAB CE, gdje će, npr. eventualni letovi koji trenutno prelijeću talijanski prostor možda odabrati prelet preko FAB CE prostora. Ovakve scenarije aplikacija NEST ne može predvidjeti, no može se očekivati da će se povećati promet kroz FAB CE nakon uvođenja prostora slobodnih ruta.

Ušteda goriva uvođenjem FRA je opisana te je realno za očekivati da će zrakoplovne kompanije iz tog razloga prolaziti kroz prostor slobodnih ruta. Ako zrakoplovne kompanije koriste rute gdje troše manje goriva imat će veće mogućnosti s obzirom na manju težinu goriva koji će zrakoplov nositi. Ova razlika se može koristiti za nove rute s većim dosegom ili za veći plaćeni teret (prtljaga, putnici te ostali plaćeni teret). Manja količina emisija štetnih plinova kroz prostor slobodnih ruta će približiti cilj o "Zelenoj avijaciji".

Literatura:

[1] COMMISSION REGULATION (EU) No 390/2013, *Official Journal of the European Union*

[2] Performance Review Report 2014, Performance Review Commission, Eurocontrol, Svibanj 2015

[3] IPCC, Aviation and the Global Atmosphere: A Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (1999), Cambridge University Press

[4] European ATM Master Plan edition 2, SESAR Joint Undertaking, Listopad 2012

[5] https://www.eurocontrol.int/articles/flexible-use-airspace, Flexible Use of Airspace, 01.07.2015.

[6] EUROCONTROL Specification for the application of the Flexible Use of Airspace (FUA), Eurocontrol, 2009

[7] http://www.skybrary.aero/index.php/4D_Trajectory_Concept, 4D Trajectory Compact, 01.07.2015.

[8] http://www.sesarju.eu/newsroom/all-news/4d-flights-make-air-travel-even-more-predictable, 4D flights to make air travel even more predictable, 01.07.2015.

[9] Skyway magazine, zima 2012, *SWIM - data sharing concepts make headway*, Eurocontrol

[10] SESAR factsheet, SESAR JU, 2011

[11] http://www.eurocontrol.int/swim, SWIM, 02.07.2015.

[12] European Route Network Improvement Plan – Part 1, European Airspace Design Methodology Guidelines, General principles and technical specifications for airspace design, Eurocontrol, 25 Studeni 2014

[13] The Free Route Airspace Project (FRAP), Environmental Benefit Analysis, EUROCONTROL Experimental Centre, 2002

[14] Flight Efficiency Plan, IATA, Eurocontrol and CANSO, Kolovoz 2008

[15] AIP Denmark, ENR 4.4 Name-Code Designators for Significant Points, NAVIAIR, 23.07.2015.

[16] NM Performance Plan, Eurocontrol, 2012.

[17] European Free Route Airspace Developments, Eurocontrol, 16 Ožujak 2015

[18] European Route Network Improvement Plan – Implementation Monitoring Report AIRAC 1501, Eurocontrol, 8 Siječanj 2015

[19] FRAMaK – Final Project Report, SESAR Joint Undertaking, 2014

[20] Free Route Airspace Beograd FIR, Sarajevo FIR and Zagreb FIR – South-East Axis FRA (SEAFRA), AIP Supplement 002/2016, Hrvatska kontrola zračne plovidbe d.o.o., 21 Sječanj 2016

[21] http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=3575, SEAFRA Real-Time Simulation, 15.06.2016.

[22] http://ec.europa.eu/transport/modes/air/ses/ses-award/projects/hufra_en.htm, Hungarian Free Route Airspace (HUFRA), 13.07.2016

[23] Skyway Magazine, jesen/zima 2015, *Hungary pioneers full free route airspace*

Operations, Eurocontrol

[24] http://www.skybrary.aero/index.php/Single_European_Sky_(SES), Single European Sky (SES), 01.09.2015.

[25] http://www.skybrary.aero/index.php/Single_European_Sky_(SES)_II, Single European Sky (SES) II, 01.09.2015.

[26] REGULATION (EC) No 1070/2009, Official Journal of the European Union

[27] http://www.skybrary.aero/index.php/Functional_Airspace_Block_(FAB), Functional Airspace Block (FAB), 19.07.2016.

[28] http://www.rlp.cz/en/company/profile/Pages/fab-ce-project.aspx; FAB CE Project, 20.07.2016.

[29] CEATS Termination Agreement, Parlament Republike Austrije, 2011.

[30] Evaluation odf Functional Airspace Block (FAB) Initiatives and their contribution to Performance Improvement, EUROCONTROL Performance Review Commission, Listopad 2008.

[31] Zakon o potvrđivanju Sporazuma o uspostavi Funkcionalnog bloka zračnog prostora Središnje Europe, Hrvatski Sabor, Zagreb, 24. Travanj 2012.

[32] Performance Review Report 2015, Performance Review Commission, Eurocontrol, Lipanj 2016.

[33] NEST User Guide 1.4, Eurocontrol, 2015.

Popis slika

Slika 1. prosječno rutno Atfm kašnjenje po letu [2] 7
Slika 2. Horizontalna učinkovitost leta po ruti [2] 8
Slika 3. SWIM koncept[11] 12
Slika 4. PRIMJER PROSTORA SLOBODNIH RUTA 15
Slika 5. kodni nazivi za točke unutar prostora slobodnih ruta u dansko [15] 18
Slika 6. IMPLEMENTACIJA PROSTORA SLOBODNIH RUTA U EUROPI DO 8. SiJEČNJA 2015 GODINE [18] 21
Slika 7. DFS Karlsruhe UAC i Eurocontrol Maastricht UAC prostor odgovornosti [19] 22
Slika 8. Prostor slobodnih ruta jugoistočnog koridora [20] 23
Slika 9. HUFRA sa okolnim ATS rutama 25
Slika 10. Funkcionalni Blokovi zračnog prostora u europi [27] 27
Slika 11. fab ce države i pružatelji usluga 29
Slika 12. KAŠNJENJA U FAB CE-U 23.07.2015.; izvor:nest 1.4.3.. airac 1508 33
Slika 13. atfm kašnjenje u acc zagreb u 2015 godini [32] 34
Slika 14. udio ukupne stvarne dodane udaljenosti po fab-ovima [32] 35
Slika 15. stvarna dodana udaljenost po letu po fab-ovima[32] 36
Slika 16. FABCE grupa sektora u softveru nest 39
Slika 17. FABCE sektor kao jedan blok zračnog prostora 41
Slika 18. Prostor slobodnih ruta fabce 43
Slika 19. izvoz podataka iz aplikacije nest 44
Slika 20. dodjeljivanje podataka u aplikaciji nest 46
Slika 21. simulacija putanje u aplikaciji nest 47
Slika 22. primjer slobodnih ruta u FABCE sektoru 48
Slika 23. analiza efikasnosti putanja 50

Popis grafikona i tablica

Grafikon 1. IFR promet u sektoru FABCE u razdoblju od 23.7.2015 do 19.08.2015.....45
Grafikon 2. Usporedba prometa iz 2015 godine i simulacije prometne potražnje za 2020 godinu 53

Tablica 1. Lateralne i vertikalne granice FAB CE-a 31
Tablica 2. Horizontalna učinkovitost ruta u FAB CE-u 37
Tablica 3. Analiza horizontalne učinkovitosti ruta uvođenjem prostora slobodnih ruta 50
Tablica 4. Detaljni prikaz podataka analize efikasnosti.....51
Tablica 5. Usporedba horizontalne učinkovitosti ruta uvođenjem prostora slobodnih ruta u 2020 godini 54
Tablica 6.Detaljni prikaz podataka analize efikasnosti iz 2020 godine.....55

Kratice

5LNC	Oznaka za točke koja se sastoji od pet slova.
ACC	Centar oblasne kontrole
AEM	Napredni model emisija
AIP	Zbornik zrakoplovnih informacija
AIRAC	Uređivanje i kontrola zrakoplovnih informacija
AMC	Ćelija upravljanja zračnim prostorom
ANSP	Pružatelj usluga u zračnoj navigaciji
ATC	Kontrola zračnog prometa
ATFM	Upravljanje protokom zračnog prometa
ATM	Upravljanje zračnim prometom
ATS	Operativne službe kontrole zračnog prometa
AUP	Plan uporabe zračnog prostora
CANSO	Međunarodna organizacija pružatelja usluga u civilnoj zračnoj plovidbi
CBA	Prekogranično područje
CDR	Kondicionalne rute
CEATS	Usluge u zračnom prometu u Središnjoj Europi
ECAC	Europska konferencija civilnog zrakoplovstva
ENR	Rutni dio
ERNIP	Plan poboljšanja europske mreže ruta
FAB	Funkcionalan blok zračnog prostora
FAB CE	Funkcionalni blok zračnog prostora Središnje Europe

FEP	Plan učinkovitosti leta
FIR	Područje pružanja letnih informacija
FMS	Sustav upravljanja letom
FRA	Prostor slobodnih ruta
FRAK	Prostor slobodnih ruta Karlsruhe
FRAM	Prostor slobodnih ruta Maastricht
FRAP	Projekt prostora slobodnih ruta
FRP	Datoteka koja sadrži opise FRA točaka
FUA	Fleksibilna uporaba zračnog prostora
GAT	Opći zračni promet
GEN	Opći dio
HLAPB	Tijelo visoke razine za određivanje politike zračnog prostora
HUFRA	Prostor slobodnih ruta u Mađarskoj
I4D	Inicijalna 4D Putanja
IATA	Međunarodna udruga za zračni prijevoz
ICAO	Međunarodna agencija za civilno zrakoplovstvo
IFPS	Integrirani sustav za planiranje letenja
IFR	Pravila za instrumentalno letenje
IPCC	Međuvladin panel o klimatskim promjenama
JCMACC	Zajedničko civilno-vojno povjerenstvo za koordinaciju zračnog prostora
LoA	Pisma sporazuma
NextGen	Sljedeća generacija sustava zračnog prometa

NM	Mrežni upravitelj
NSA CC	Koordinacijsko povjerenstvo nacionalnih nadzornih tijela
OAT	Operativni zračni promet
PCA	Zračni prostor prethodne koordinacije
RAD	Dokument o dostupnosti ruta
RAT	Pomagalo za analizu rizika
RCA	Zračni prostor smanjene koordinacije
SEAFRA	Prostor slobodnih ruta jugoistočnog koridora
SES	Jedinstveno europsko nebo
SESAR	Istraživanje ATM-a pod okriljem jedinstvenog europskog neba
SID	Standardni instrumentalni odlazak
SOA	Arhitektura orijentirana na usluge
STAR	Standardni instrumentalni dolazak
STATFOR	Statistika i prognoza
SWIM	Širokopojasno upravljanje informacijama
TMA	Završno kontrolirano područje
TRA	Privremeno rezervirani zračni prostor
TSA	Privremeno odvojeni zračni prostor
UAC	Oblasni centar kontrole gornjeg područja
UIR	Gornje područje letnih informacija
UUP	Ažurirani plan uporabe zračnog prostora

Prilog 1. Točke prostora slobodnih ruta FAB CE

Naziv točke	Namjena točke	Zemljopisna širina i dužina	Naziv točke	Namjena točke	Zemljopisna širina i dužina
ADADO	EX	N501234 E0174453	ALIVO	I	N453124 E0144421
AGNAV	EX	N493405 E0123652	AMRAX	I	N480529 E0192158
AIOSA	EX	N415542 E0171454	ARGOM	I	N454740 E0152539
AMADI	EX	N480529 E0125450	ARMIX	I	N452857 E0141604
AMTEK	EX	N500012 E0175725	ARNOS	I	N463229 E0133410
ASTEL	EX	N505152 E0145138	ARSIN	I	N473402 E0164513
BABAG	EX	N452313 E0130737	BADOV	I	N480116 E0184857
BABIT	EX	N455554 E0185544	BALAP	I	N480405 E0191500
BABKO	EX	N493642 E0192810	BAMIN	I	N453732 E0143246
BADOR	EX	N473425 E0220629	BAREB	I	N454446 E0182448
BAXON	EX	N442459 E0132747	BEDOX	I	N461558 E0154934
BEPAS	EX	N485354 E0133035	BEGLA	I	N474951 E0170652
BERAS	EX	N472134 E0114610	BERTA	I	N462659 E0143731
BRENO	EX	N465848 E0112236	BILNA	I	N492337 E0182650

BUDOP	EX	N464115 E0212948	BRZ	I	N452525 E0142043
DEGAB	EX	N484220 E0135553	BUGEV	I	N452756 E0134624
DEGET	EX	N462937 E0211602	BUSET	I	N453006 E0141327
DESEN	EX	N501612 E0173101	DEGUM	I	N462757 E0134157
DETSA	EX	N464809 E0121652	DEMOP	I	N481029 E0200325
DOMAL	EX	N490540 E0132543	DEPET	I	N444044 E0155810
DORAP	EX	N472822 E0093603	DEVUL	I	N450749 E0162628
ENITA	EX	N494208 E0122826	DIMLO	I	N464101 E0162522
ENORU	EX	N502025 E0162213	DIPSA	I	N463635 E0145520
ERKIR	EX	N473216 E0120032	DITIS	I	N485353 E0150659
GAMSA	EX	N472430 E0093907	DIXUM	I	N432945 E0171158
GAPTO	EX	N472807 E0104534	ERGOM	I	N474830 E0184359
GEMTO	EX	N480800 E0223540	GEMKA	I	N452813 E0141215
GIRIS	EX	N464618 E0105303	GIMBO	I	N484331 E0144633
GORAV	EX	N431829 E0190440	GIMIX	I	N463123 E0134251
HDO	EX	N505541 E0142208	GOLVA	I	N464232 E0153909

IBENI	EX	N440051 E0135518	GORPA	I	N454623 E0152112
INVED	EX	N460928 E0202405	GOTAR	I	N465952 E0161329
KANIN	EX	N462626 E0133743	GUBOK	I	N450241 E0175142
KARIL	EX	N474738 E0222632	ILB	I	N453352 E0141013
KATTI	EX	N423028 E0160256	KEKED	I	N483123 E0211729
KEROP	EX	N461104 E0194148	KENEM	I	N433800 E0165648
KILNU	EX	N502837 E0125442	KENIN	I	N482142 E0215538
KOFER	EX	N415538 E0183949	KLAGY	I	N463051 E0144631
KUKUN	EX	N440415 E0193337	KONUV	I	N422609 E0182612
LABIN	EX	N445909 E0130529	KOPRY	I	N461425 E0165746
LADOB	EX	N485701 E0222655	KOREX	I	N444616 E0154609
LAGAR	EX	N504743 E0152202	KOXER	I	N480739 E0170254
LAMSI	EX	N483912 E0133500	KUSIB	I	N450853 E0162818
LATLO	EX	N474102 E0124824	KUVEX	I	N475430 E0172615
LENOV	EX	N492011 E0210037	LALES	I	N485155 E0174234
LIKDA	EX	N470101 E0114503	LANUX	I	N485317 E0153657

LOMRO	EX	N474400 E0122128	LEDVA	I	N484344 E0164721
LONLA	EX	N482024 E0221911	LETLI	I	N453809 E0152058
MADEB	EX	N471928 E0101720	LITKU	I	N481350 E0193555
MALUG	EX	N464222 E0123551	LOKVU	I	N485229 E0155006
MAREM	EX	N504256 E0133744	LUPAR	I	N440333 E0161813
MEGIK	EX	N471230 E0215140	LURID	I	N450806 E0172358
MONFA	EX	N452914 E0131645	MADOS	I	N423609 E0181457
MOPUG	EX	N460948 E0204229	MAGAM	I	N455822 E0154211
MORED	EX	N475235 E0130056	MAKAL	I	N491446 E0180957
NARKA	EX	N471454 E0215136	MAREG	I	N481126 E0165809
NATAG	EX	N465129 E0103708	MAVOR	I	N484917 E0173215
NEPSI	EX	N431735 E0184540	MIKOV	I	N484705 E0163716
NESES	EX	N473253 E0103317	MOKSA	I	N474204 E0183758
NIKOL	EX	N441319 E0134110	MOKUN	I	N422701 E0182848
NIRGO	EX	N491951 E0130756	MONID	I	N445803 E0161821
NORIN	EX	N472312 E0112408	MUREG	I	N464224 E0154829

ODLET	EX	N435738 E0192323	NAVTI	I	N484611 E0161218
OKG	EX	N500355 E0122421	NEMEK	I	N453429 E0151753
OLPIX	EX	N470102 E0114125	NERRA	I	N425419 E0173236
OMELO	EX	N505016 E0140003	NETKO	I	N430230 E0173942
PADKA	EX	N495602 E0181700	NIDLO	I	N464815 E0155944
PARAK	EX	N460950 E0200539	NIPEL	I	N462922 E0140157
PERAN	EX	N430200 E0184000	NIVES	I	N451326 E0155427
PESAK	EX	N434307 E0193015	NOVLO	I	N451346 E0165711
PODAN	EX	N492446 E0212621	OBUTI	I	N462242 E0161627
PODOB	EX	N433154 E0190840	ODNEM	I	N485112 E0171004
RAPET	EX	N501126 E0122019	OKF	I	N485809 E0153244
RASAN	EX	N510050 E0150541	ORVAT	I	N432948 E0171256
REDBU	EX	N475721 E0124906	OSMOT	I	N464059 E0153450
REGLI	EX	N500149 E0175944	PATAK	I	N480423 E0190738
REMSO	EX	N432825 E0185727	PEPIK	I	N484658 E0170445
RENKA	EX	N483505 E0133019	PESAT	I	N474254 E0170311

RIFEN	EX	N455104 E0133523	PETOV	I	N461835 E0155834
RODUX	EX	N505634 E0143702	PEVON	I	N433331 E0170224
ROTAR	EX	N451546 E0125944	PIKIT	I	N462613 E0142046
RUDAP	EX	N491429 E0131556	PISAM	I	N485334 E0152314
SOMUN	EX	N443547 E0190618	PITOK	I	N481929 E0202218
SOTOV	EX	N465638 E0111238	PIXAL	I	N451318 E0163316
SUBEN	EX	N482611 E0132012	PODET	I	N461017 E0153736
SUPAK	EX	N491813 E0194759	RADLY	I	N463849 E0151233
TEGRI	EX	N461546 E0210616	RASTU	I	N445632 E0154436
TIBRO	EX	N461306 E0132822	REKLU	I	N483515 E0165616
TILVO	EX	N422046 E0183327	REMPI	I	N434412 E0164922
TOMTI	EX	N505711 E0151736	REVMA	I	N492950 E0184201
TONDO	EX	N460250 E0192121	ROKSA	I	N452942 E0150026
TORPO	EX	N433351 E0142529	ROLBA	I	N455025 E0153918
TUSIN	EX	N495051 E0183422	ROMIS	I	N490738 E0180639
TUTIV	EX	N454231 E0134936	RUDIK	I	N445948 E0161818

TUVAR	EX	N450736 E0190439	SABAD	I	N452757 E0145203
UNIMI	EX	N465139 E0110355	SASAL	I	N471705 E0162828
VAKSU	EX	N420051 E0183137	SIRMI	I	N440900 E0161813
VAPUP	EX	N430321 E0151220	SIVLA	I	N450607 E0182254
VARIK	EX	N501728 E0122252	SONIK	I	N442654 E0160836
VAROB	EX	N473734 E0123219	STEIN	I	N472539 E0163559
VEKEN	EX	N463349 E0132246	SUNIS	I	N470831 E0162059
VELOM	EX	N481316 E0132958	TEBLI	I	N451205 E0164033
VELUG	EX	N425427 E0152615	TISKO	I	N464057 E0155931
VEMUT	EX	N494839 E0122740	TOVKA	I	N481613 E0165535
VESUB	EX	N492509 E0125951	TUPUS	I	N451315 E0155323
XAMIT	EX	N431842 E0144752	UNIPA	I	N440146 E0162858
XEBIX	EX	N472400 E0102848	VALPI	I	N490129 E0175701
XOLTA	EX	N424214 E0154454	VAMOG	I	N474714 E0173945
ABETI	I	N474040 E0170046	VANAX	I	N460228 E0154353
ABLOM	I	N480403 E0170516	VEBAL	I	N455929 E0171748

ABULI	I	N482903 E0202912	VELIT	I	N432106 E0171638
ADAMA	I	N475916 E0172029	VENEN	I	N483400 E0143229
ADLET	I	N483403 E0141757	VIBOP	I	N445957 E0184339
AGLIB	I	N450804 E0170912	XOMBA	I	N474524 E0180343
ALAMU	I	N474413 E0181948			

METAPODACI

Naslov rada: Prostor sobodnih ruta u prostoru FAB CE

Student: Dario Lazarin

Mentor: doc. dr. sc. Biljana Juričić

Naslov na drugom jeziku (engleski):

Free Route Airspace in FAB CE

Povjerenstvo za obranu:

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

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

Zavod: Zavod za aeronautiku

Vrsta studija: diplomski

Studij: Aeronautika (npr. Promet, ITS i logistika, Aeronautika)

Datum obrane diplomskog rada: 27. rujna 2016.

Napomena: pod datum obrane diplomskog rada navodi se prvi definirani datum roka obrane.