



ANTANO GUSTAIČIO AVIACIJOS INSTITUTAS
AVIACIJOS TECHNOLOGIJŲ KATEDRA

Darius Liutkevičius

ORO ERDVĖS BLOKŲ FORMAVIMO EUROPOS REGIONE EIGOS TYRIMAS
ANALYSIS OF AIRSPACE FORMATION IN EUROPEAN REGION

Baigiamasis magistro darbas

Skrydžių valdymo studijų programa, valstybinis kodas 601H41002

Aeronautikos inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2017

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
ANTANO GUSTAIČIO AVIACIJOS INSTITUTAS
AVIACIJOS TECHNOLOGIJŲ KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)
Vytautas Rimša

(Vardas, pavardė)

(Data)

Darius Liutkevičius
ORO ERDVĖS BLOKŲ FORMAVIMO EUROPOS REGIONE EIGOS TYRIMAS
ANALYSIS OF AIRSPACE FORMATION IN EUROPEAN REGION

Baigiamasis magistro darbas

Skrydžių valdymo studijų programa, valstybinis kodas 601H41002
Aeronautikos inžinerijos studijų kryptis

Vadovas habil. dr. prof. Jonas Stankūnas _____
(Pedag. vardas, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Lietuvių kalbos konsultantė lekt. Angelika Petrėtienė _____
(Pedag. vardas, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Vilnius, 2017

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
ANTANO GUSTAIČIO AVIACIJOS INSTITUTAS
AVIACIJOS TECHNOLOGIJŲ KATEDRA

Aeronautikos inžinerijos studijų kryptis

Skrydžių valdymo studijų programa, valstybinis kodas 601H41001

SVfau-12 grupė

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

Vytautas Rimša

(Vardas, pavardė)

(Data)

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO UŽDUOTIS

2016-11-16 Nr.

Vilnius

Studentui (ei)

Darius Liutkevičius

(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: **ORO ERDVĖS BLOKŲ FORMAVIMO EUROPOS REGIONE
EIGOS TYRIMAS**

patvirtinta 2017 m. 04 mėn. 12 d. dekanu potvarkiu Nr. 85ai

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2017 m. _____ mėn. _____ d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Ištirti, kaip keičiasi maršrutai laisvųjų oro kelių oro erdvėje šiandien veikiančiuose funkcinuose oro erdvės blokuose (FAB), 4 dalių FAB, FAB, dalijančių Europą į 2 dalis ir 1 FAB, kuris apimtų visą Europą ir pasiūlyti alternatyvų Europos FAB variantą.

Duomenys:

1.

- 1.1. Išnagrinėti pasaulio oro erdves ir palyginti jas su Europos oro erdve.
- 1.2. Išanalizuoti mokslinę literatūrą baigiamojo darbo tema ir parinkti metodą, kuriuo bus nustatytas tinkamiausias alternatyvių Europos funkcinų oro erdvės blokų variantas.

2.

- 2.1. Išnagrinėti Europos oro erdvę.
- 2.2. Išnagrinėti Europos funkcinius oro erdvės blokus.
- 2.3. Išnagrinėti Europos oro eismo valdymo sistemos atnaujinimo projektus.

3.

- 3.1. Ištirti, kaip keičiasi maršrutai laisvųjų oro kelių oro erdvėje šiandien veikiančiuose funkcinuose oro erdvės blokuose (FAB), 4 dalių FAB, FAB, dalijančių Europą į 2 dalis ir 1 FAB, kuris apimtų visą Europą.
- 3.2. Pasiūlyti alternatyvų Europos FAB variantą.

Baigiamojo magistro darbo konsultantai: _____
(Pedag. vardas, vardas, pavardė)

Vadovas
(Parašas) _____
(Pedag. vardas, vardas, pavardė)

Užduotį gavau
.....
(Parašas)

.....
(Vardas, pavardė)

.....
(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Antano Gustaičio aviacijos institutas

Aviacinių technologijų katedra

ISBN

ISSN

Egz. sk.

Data-....-....

Skrydžių valdymo studijų programos baigiamasis magistro darbas

Pavadinimas: Oro erdvės blokų formavimo Europos regione eigos tyrimas

Autorius Darius, Liutkevičius

Vadovas Jonas, Stankūnas

Kalba

☒

lietuvių



užsienio

Anotacija

Šiandien egzistuojantys funkciniai oro erdvės blokai (FAB) veikia ne taip efektyviai, kaip galėtų, dėl nuolat kintančių politinių santykių su kaimyninėmis valstybėmis ir skirtingų oro eismo vadybos sistemų naudojimo. Dabartiniai FAB apžvelgus šiandienos iššūkius galėtų būti pakoreguoti. Baigiamajame magistro darbe buvo tirta, kaip kito maršrutai laisvųjų oro kelių oro erdvėje 4 dalių FAB, FAB, dalijančių Europą į 2 dalis ir 1 FAB, kuris apimtų visą Europą. Atlikus skaičiavimus buvo nustatyta, kad maršrutus pakoregavus jiems pritaikius laisvųjų oro kelių koncepciją šiandienos oficialiai įsteigtuose FAB vidutiniškai sutaupoma 0,77 % kelio ir degalų. 4 dalių FAB vidutiniškai sutaupoma 0,94 % kelio ir degalų. FAB, dalijančių Europą į 2 dalis, vidutiniškai sutaupoma 1,35 % kelio ir degalų. FAB, apimančių visa Europą, sutaupoma 1,99 % kelio ir degalų. Daugiausia atstumo ir degalų buvo sutaupyta maršrutams pritaikius laisvuosius oro kelius, jeigu Europos oro erdvė būtų sudaryta tik iš 1 FAB. Kadangi 1 FAB Europos oro erdvė dėl politinių priežasčių yra mažai tikėtina, magistro darbe siūlomas 4 dalių Europos FAB, nes jis sudarytas remiantis oficialiais pasirašytais laisvųjų oro kelių projektais ir šio varianto tyrimų rezultatas yra geresnis nei šiandien egzistuojančiuose FAB.

Darbo apimtis –75 p. teksto be priedų, 56 iliustr., 11 lent., 52 bibliografiniai šaltiniai.

Atskirai pridedami darbo priedai.

Prasminiai žodžiai: bendras Europos dangus, funkciniai oro erdvės blokai, laisvieji oro keliai.

Vilnius Gediminas Technici University
Antanas Gustaitis' aviation Institute
Aviation Technologies department

ISBN ISSN
Copy no.
Date -.....-....

Air traffic control study programme Master Graduation Thesis

Title: **Analysis of airspace formation in European region**

Author: **Darius, Liutkevičius**

Academic supervisor: **Jonas, Stankūnas**

Language

☒

Lithuanian

☐

Foreign

Annotation

Today functional airspace blocks (FAB) work not as effective as it could be due to changing political relationships and different air traffic management systems in use. Because of that today's existing FAB's could be altered. In this masters degree work the analysis was about how planned flight routes change if we altered them using concept of free route airspace in different types of European airspace blocks (today's FAB's, 4 part FAB's, 2 part FAB's and 1 part FAB). After calculations the results were that in today's FAB's free route airspace routes saved 0,77% of distance and fuel. In 4 part FAB's routes saved 0,94% distance and fuel. In 2 part FAB's routes saved 1,35% distance and fuel. In 1 part FAB routes saved 1,99% distance and fuel. Most distance and fuel were saved in 1 part FAB. However 1 part European FAB is highly unlikely due to political relationships so in this master degree work proposed variant is 4 part European FAB's because they are formed based on existing projects and also because research results of 4 part FAB are better than today's FAB's results.

Work volume – 75 pages of text without appendixes, 56 illustrations, 11 tables

Prasminiai žodžiai: single European sky, functional airspace block, free route airspace

Vilniaus Gedimino technikos universiteto
egzaminų sesijų ir baigiamųjų darbų rengimo bei
gynimo organizavimo tvarkos aprašo 2011–2012 m.
m.
2 priedas

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Darius Liutkevičius, 20122500

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)
Antano Gustaičio aviacijos institutas

(Fakultetas)
Skrydžių valdymas, Svfa-12

(Studijų programa, akademinė grupė)

**BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)
SĄŽININGUMO DEKLARACIJA**

2017 d.
m. _____
(Data)

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas (projektas) tema „Oro erdvės blokų formavimo
Europos regione eigos tyrimas“

patvirtintas 20____ m. _____ d. dekanų potvarkiu Nr. _____, yra
savarankiškai parašytas. Šiame darbe (projekte) pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar
netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Prenkant ir įvertinant medžiagą bei rengiant baigiamąjį darbą (projektą), mane konsultavo
mokslininkai ir specialistai: habil. dr. prof. Jonas Stankūnas

Mano darbo (projekto) vadovas habil. dr. prof. Jonas Stankūnas

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą (projektą) nėra. Jokių įstatymų nenumatytų piniginių
sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).

DARIUS LIUTKEVIČIUS

(Parašas)

(Vardas ir pavardė)

TURINYS

Paveikslų sąrašas.....	10
Lentelių sąrašas.....	12
Santrumpų sąrašas.....	13
IVADAS.....	15
1. LITERATŪROS ANALIZĖ	17
1.1 Regioniniai oro erdvės blokai	17
1.2 Funkciniai oro erdvės blokai (FAB).....	18
1.3 Funkcinių oro erdvės blokų formavimo įrankio sudarymas taikant sintezės skilimą	22
1.4 Europos oro eismo valdymo sistemos atnaujinimo projektas	22
1.5 Siūlomas metodas pateikiant alternatyvų Europos FAB variantą.....	23
1.6 Pirmojo skyriaus išvados.....	25
2. DABARTINIŲ EUROPOS FUNKCINIŲ ORO ERDVĖS BLOKŲ (FAB) ANALIZĖ .	26
2.1. Bendras Europos dangus	26
2.2. Europos oro eismo valdymo sistemos atnaujinimo projektai	26
2.2.1. Laisvieji oro keliai	28
2.3. Europos funkciniai oro erdvės blokai (FAB).....	28
2.3.1. Šiaurės Europos FAB (NEFAB).....	29
2.3.2. Danijos–Švedijos FAB	31
2.3.3. Jungtinės Karalystės–Airijos FAB	32
2.3.4. Baltijos FAB	34
2.3.5. Centrinės Europos FAB.....	36
2.3.6. Vakarinės Europos FAB.....	37
2.3.7. Bulgarijos–Rumunijos FAB	39
2.3.8. Pietų Europos FAB.....	40
2.3.9. Pietvakarių Europos FAB.....	42
2.4. Europos FAB saugos sistemos.....	44
2.5. Magistro darbe tiriamų FAB variantai.....	45
2.6. Antrojo skyriaus išvados.....	47
3. MARŠRUTŲ EFEKTYVUMO TYRIMAS SKIRTINGUOSE FAB.....	48
3.1. Maršruto Vilnius–Roma tyrimas pritaikius laisvuosius oro kelius.....	48
3.2. Maršruto Maridas–Roma tyrimas pritaikius laisvuosius oro kelius	50
3.3. Maršruto Madridas–Helsinkis tyrimas pritaikius laisvuosius oro kelius.....	52
3.4. Maršruto Kijevas–Lutonas tyrimas pritaikius laisvuosius oro kelius.....	54
3.5. Maršruto Kijevas–Mančesteris tyrimas pritaikius laisvuosius oro kelius	56

3.6. Maršruto Stambulas–Hitrou tyrimas pritaikius laisvuosius oro kelius.....	58
3.7. Maršruto Stambulas–Barselona tyrimas pritaikius laisvuosius oro kelius	61
3.8. Tyrimų rezultatai	63
3.9. Rezultatų lyginimas su kitų darbų rezultatais	66
3.10. Trečiojo skyriaus išvados	67
IŠVADOS	68
LITERATŪRA	70

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Europos oro erdvės suskirstymas į oro erdvės blokus	17
2 pav. Europos FAB	20
3 pav. JAV ir Europos karinių zonų palyginimas.....	21
4 pav. Geriausias Europos oro erdvės išsidėstymas rastas naudojant sintezės skylimo algoritną nuo skrydžio lygio 180 iki 280	22
5 pav. Vertikalaus oro erdvės užimtumo pavyzdys	24
6 pav. Alternatyvių Europos FAB kūrimo sistema.....	24
7 pav. NEFAB oro erdvė	29
8 pav. „Borealis“ aljanso laisvųjų oro kelių siekis 2021 m.	31
9 pav. DK-SE FAB.....	32
10 pav. JK–Airijos FAB oro erdvė.....	33
11 pav. Baltijos FAB oro erdvė	35
12 pav. FABCE oro erdvė	36
13 pav. FABEC oro erdvė	38
14 pav. DANUBE FAB oro erdvė.....	39
15 pav. BLUE MED FAB oro erdvė	41
16 pav. SW FAB oro erdvė	43
17 pav. 4 dalių FAB.....	45
18 pav. FAB, dalijantis Europą į 2 dalis.....	46
19 pav. FAB, apimantis visą Europos oro erdvę	46
20 pav. Realus EYVI–LIME suplanuotas maršrutas.....	49
21 pav. Maršrutas EYVI–LIME pagal dabartinių FAB laisvuosius oro kelius.....	49
22 pav. Maršrutas EYVI–LIME pagal 4 dalių FAB laisvuosius oro kelius	49
23 pav. Maršrutas EYVI–LIME pagal 2 dalių FAB laisvuosius oro kelius	49
24 pav. Maršrutas EYVI–LIME pagal 1 Europos FAB laisvuosius oro kelius.....	50
25 pav. Realus LEMD–LIME suplanuotas maršrutas	51
26 pav. Maršrutas LEMD–LIME pagal dabartinių FAB laisvuosius oro kelius.....	51
27 pav. Maršrutas LEMD–LIME pagal 4 dalių FAB laisvuosius oro kelius	51
28 pav. Maršrutas LEMD–LIME pagal 2 dalių FAB laisvuosius oro kelius	51
29 pav. Maršrutas LEMD–LIME pagal 1 Europos FAB laisvuosius oro kelius.....	52
30 pav. Realus LEMD–EFHK suplanuotas maršrutas	53
31 pav. Maršrutas LEMD–EFHK pagal dabartinių FAB laisvuosius oro kelius	53
32 pav. Maršrutas LEMD–EFHK pagal 4 dalių FAB laisvuosius oro kelius	53

33 pav.	Maršrutas LEMD–EFHK pagal 2 dalių FAB laisvuosius oro kelius	53
34 pav.	Maršrutas LEMD–EFHK pagal 1 Europos FAB laisvuosius oro kelius	54
35 pav.	Realus UKBB–EGGW suplanuotas maršrutas	55
36 pav.	Maršrutas UKBB–EGGW pagal dabartinių FAB laisvuosius oro kelius	55
37 pav.	Maršrutas UKBB–EGGW pagal 4 dalių FAB laisvuosius oro kelius	55
38 pav.	Maršrutas UKBB–EGGW pagal 2 dalių FAB laisvuosius oro kelius	56
39 pav.	Maršrutas UKBB–EGGW pagal 1 Europos FAB laisvuosius oro kelius.....	56
40 pav.	Realus UKBB–EGCC suplanuotas maršrutas	57
41 pav.	Maršrutas UKBB–EGCC pagal dabartinių FAB laisvuosius oro kelius	57
42 pav.	Maršrutas UKBB–EGCC pagal 4 dalių FAB laisvuosius oro kelius	57
43 pav.	Maršrutas UKBB–EGCC pagal 2 dalių FAB laisvuosius oro kelius	57
44 pav.	Maršrutas UKBB–EGCC pagal 1 Europos FAB laisvuosius oro kelius	58
45 pav.	Realus LTBA–EGLL suplanuotas maršrutas	59
46 pav.	Maršrutas LTBA–EGLL pagal dabartinių FAB laisvuosius oro kelius	59
47 pav.	Maršrutas LTBA–EGLL pagal 4 dalių FAB laisvuosius oro kelius.....	60
48 pav.	Maršrutas LTBA–EGLL pagal 2 dalių FAB laisvuosius oro kelius.....	60
49 pav.	Maršrutas LTBA–EGLL pagal 1 Europos FAB laisvuosius oro kelius	60
50 pav.	Realus LTBA–LEBL suplanuotas maršrutas.....	62
51 pav.	Maršrutas LTBA–LEBL pagal dabartinių FAB laisvuosius oro kelius.....	62
52 pav.	Maršrutas LTBA–LEBL pagal 4 dalių FAB laisvuosius oro kelius.....	62
53 pav.	Maršrutas LTBA–LEBL pagal 2 dalių FAB laisvuosius oro kelius.....	62
54 pav.	Maršrutas LTBA–LEBL pagal 1 Europos FAB laisvuosius oro kelius.....	62
55 pav.	Sutaupyto kelio grafikas maršrutams pritaikius laisvuosius oro kelius.....	64
56 pav.	Sutaupyto kelio vidurkio grafikas maršrutams pritaikius laisvuosius oro kelius	64

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Europos ir JAV oro eismo paslaugų organizavimo rodikliai.....	20
2 lentelė. Maršruto EYVI–LIME informacija	48
3 lentelė. Maršruto LEMD–LIME informacija	50
4 lentelė. Maršruto LEMD–EFHK informacija.....	52
5 lentelė. Maršruto UKBB–EGGW informacija	54
6 lentelė. Maršruto UKBB–EGCC informacija.....	56
7 lentelė. Maršruto LTBA–EGLL informacija.....	58
8 lentelė. Maršruto LTBA–LEBL informacija	61
9 lentelė. Maršrutų sutaupyto kelio duomenys jūrmylėmis jiems pritaikius LOK skirtinguose FAB	63
10 lentelė. Maršrutų sutaupyto kelio duomenys procentais jiems pritaikius LOK skirtinguose FAB	63
11 lentelė. Maršrutų sutaupyto degalų ir išmesto CO ₂ dujų kiekio duomenys jiems pritaikius LOK skirtinguose FAB	65

SANTRUMPŲ SĄRAŠAS

ATFM – skrydžių srautų vadyba (angl. *Air Traffic Flow Management*)

EATCHIP – Europos skrydžių valdymo harmonizavimo ir integracijos programa (angl. *European Air Traffic Control Harmonisation and Integration Programme*)

EATMP – Europos oro eismo vadybos programa (angl. *European Air Traffic Management Programme*)

ECIP – Europos konvergencijos ir diegimo planavimo mechanizmas (angl. *European Convergence and Implementation Plan*)

ESSIP – Europos bendro dangaus diegimo programa (angl. *European Single Sky Implementation*)

FAB – funkcinis oro erdvės blokas (angl. *Functional Airspace Block*)

ICAO – tarptautinė civilinė aviacijos organizacija (angl. *International Civil Aviation Organization*)

JAV – Jungtinės Amerikos Valstijos (angl. *USA – United States of America*)

LOK – laisvieji oro keliai (angl. *FRA-free route airspace*)

NM – jūrmylė (angl. *Nautical Mile*)

OEB – oro erdvės blokas (angl. *Airspace Block*)

OEV – oro eismo vadyba (angl. *ATM – Air Traffic Management*)

SESAR – Europos oro eismo valdymo sistemos atnaujinimo projektas. (angl. *SESAR – Single European Sky new ATM system Research*)

SES – bendras Europos dangus (angl. *Single European Sky*)

SPP – skrydžiai pagal prietaisus (angl. *FIR – Instrument flights*)

SV – skrydžių valdymas (angl. *ATC – Air Traffic Control*)

SVC – skrydžių valdymo centras (*ATCC – Air Traffic Control Center*)

SIR – skrydžių informacijos regionas (angl. *FIR – Flight Information Region*)

NEFAB – Šiaurės Europos funkcinis oro erdvės blokas

DK-SE FAB – Danijos–Švedijos funkcinis oro erdvės blokas

FABEC – Vakarų Europos funkcinis oro erdvės blokas

FABCE – Centrinės Europos funkcinis oro erdvės blokas

DANUBE FAB – Rumunijos–Bulgarijos funkcinis oro erdvės blokas

BLUE MED FAB – Pietų Europos funkcinis oro erdvės blokas

JK-Airijos FAB – Jungtinės Karalystės ir Airijos funkcinis oro erdvės blokas

SW FAB – Pietvakarių Europos funkcinis oro erdvės blokas

EYVI – Vilniaus oro uosto ICAO kodas

LIME – Orto oro uosto ICAO kodas

LEMD – Madrido oro uosto ICAO kodas

EFHK – Helsinkio oro uosto ICAO kodas

UKBB – Kijevo oro uosto ICAO kodas

EGGW – Lutono oro uosto ICAO kodas

EGCC – Mančesterio oro uosto ICAO kodas

LTBA – Stambulo oro uosto ICAO kodas

EGLL – Hitrou oro uosto ICAO kodas

LEBL – Barselonos oro uosto ICAO kodas

IVADAS

Aviacijoje, kaip ir kitose transporto srityse, būtinas geros komunikacijos, saugos ir efektyvumo užtikrinimas. Anksčiau Europos oro erdvė ir jos oro navigacijos paslaugos buvo labai susiskaldžiusios, tai sukėlė nepatogomų oro erdvės naudotojams. Dėl šios priežasties ir augančių skrydžių srautų buvo inicijuota Bendro Europos dangaus idėja. Jos tikslas buvo patvirtinti vis labiau integruotos oro erdvės koncepciją bendros transporto politikos kontekste ir nustatyti bendras suskirstymo, planavimo ir valdymo procedūras, užtikrinančias efektyvų ir saugų oro eismo valdymą (Europos parlamento ir tarybos reglamentas Nr. 551, 2004).

Vienas iš Europos bendro dangaus projektų yra Europos oro eismo valdymo sistemos atnaujinimo projektas (SESAR). Tai technologinis Bendro Europos dangaus iniciatyvos ramstis. Įgyvendinant šį projektą siekiama Europoje modernizuoti oro eismo valdymą. SESAR tikslas - iki 2020 m. sukurti veiksmingą skrydžių valdymo infrastruktūrą Bendrijoje, suteikiančią galimybę plėtoti saugų ir aplinką tausojantį oro transportą, visapusiškai pasinaudojant technologijos pažangą. SESAR projektu siekiama integruoti ir koordinuoti mokslinių tyrimų ir plėtros veiklą, kuri Bendrijoje iki 2007 m. buvo vykdoma nesutelktai ir nesuderintai, įskaitant jos atokiausius ir nuošaliausius regionus (Europos Sąjungos tarybos reglamentas Nr. 219/2007).

Kitas Bendro Europos dangaus projektas yra funkciniai regioniniai blokai (FAB). FAB – oro erdvės blokas, nustatytas pagal skrydžio reikalavimus ir sukurtas neatsižvelgiant į valstybės sienas, kai oro navigacijos ir su ja susijusių paslaugų teikimas priklauso nuo naudojimo savybių ir optimizuojamas taip, kad kiekviename funkciname oro erdvės bloke būtų užtikrinta glaudi sąveika tarp oro navigacijos paslaugų teikėjų, o, kur įmanoma – tarp bendro teikėjo (Europos parlamento ir tarybos reglamentas Nr. 1070, 2009). Siekiant užtikrinti didžiausią bendro Europos dangaus oro eismo valdymo tinklo pajėgumą ir efektyvumą ir išlaikyti aukštą saugos lygį, viršutinė oro erdvė pertvarkoma sukuriant funkcinius oro erdvės blokus. (Europos parlamento ir tarybos reglamentas Nr. 551, 2004)

Deja, planuoti funkciniai oro erdvės blokai veikia ne taip kaip efektyviai, kaip galėtų, dėl nuolat kintančių politinių santykių su kaimyninėmis valstybėmis, skirtingų technologinių sistemų ir skirtingų oro eismo vadybos sistemų naudojimo. Dabartiniai FAB apžvelgus šiandienos iššūkius galėtų būti pakoreguoti.

Darbo tikslas – ištirti, kaip keičiasi maršrutai laisvųjų oro kelių oro erdvėje šiandien veikiančiose FAB, 4 dalių FAB, FAB, dalijančių Europą į 2 dalis ir 1 FAB, kuris apimtų visą Europą ir pasiūlyti alternatyvų Europo FABs variantą.

Uždaviniai.

1. Išnagrinėti pasaulio oro erdves ir palyginti jas su Europa.

2. Išnagrinėti Europos oro erdvę.
3. Išnagrinėti Europos FAB.
4. Išnagrinėti SESAR projektus.
5. Ištirti maršrutų efektyvumą šiandien veikiančiose FAB, 4 dalių FAB, FAB, dalijančių Europą į 2 dalis ir 1 FAB, kuris apima visą Europą.
6. Remiantis atliktu tyrimu ir literatūros analize, pasiūlyti alternatyvų Europos FAB variantą.

1. LITERATŪROS ANALIZĖ

1.1 Regioniniai oro erdvės blokai

Anksčiau Europos oro erdvė buvo labai susiskaldžiusi, kiekviena maža valstybė turėjo savo oro erdvę ir įskridimo ir išskridimo taškus, tai sukėlė nepatogumų oro erdvės naudotojams. Skrendant ilgais maršrutais, skrydžiams reikėjo kirsti visų valstybių oro erdves, tai sukėlė tiesių maršrutų nuokrypius ir padidino išlaidas. Dėl šių pagrindinių priežasčių buvo pradėta galvoti apie Europos oro erdvės pertvarkymą.

Vienas iš variantų, kaip būtų galima pertvarkyti Europos oro erdvę yra jos suskirstymas į regioninius oro erdvės blokus (OEB), kurie remiasi skrydžių srautais. Kondroškos V. (2012) disertacinio darbo „Regioninių oro erdvės blokų formavimo remiantis skrydžių srautais metodikos sukūrimas“ variante pateiktas pavyzdys, kaip turėtų atrodyti Europos OEB (1 pav.).



1 pav. Europos oro erdvės suskirstymas į oro erdvės blokus (Kondroška 2012)

Šie Europos OEB buvo suformuoti naudojantis struktūrizuotomis kvadratinėmis gardelėmis (Thompson *et. al.* 1997; Martinez *et. al.* 2007; Klein 2005), kurios buvo suskirstytos į atitinkamas svorio klases. Tinkamas regioninių OEB skaičius tiriamoje oro erdvėje buvo nustatytas remiantis hierarchiniais klasterizacijos metodais (Jain *et. al.* 1999; Sambamoorthi 2009; Spath 1980; Anderberg 1973; Heller 2005; Johnson 1967).

Kondroškos V. (2012) disertaciniame darbe OEB buvo formuojami vyraujančių skrydžių srautų pagrindu, todėl buvo galima suformuoti tinkamus oro erdvės darinius neatsižvelgiant į didžiausios aviacijos fragmentacijos priežastį – valstybių sienas. Tai sudarė sąlygas užtikrinti

efektyvesnius skrydžius (horizontalias ir vertikalias trajektorijas), mažinti skrydžių užlaikymo trukmę, turėti didesnę oro erdvės pralaidumą ir mažesnę aviacijos sektoriaus taršą (Kondroška 2012).

Formuojant regioninius OEB buvo atsižvelgiama į karinių zonų išdėstymą, taigi sudaromos sąlygos išvengti didelės dalies šiuo metu atliekamo koordinavimo tarp kaimyninių SVC dėl vienu ar kitu naudojimo zonų.

Taip pat regioniniai OEB buvo formuojami remiantis laisvųjų skrydžių maršrutų sistema, kuri leidžia skrydžiams keliauti ne esamais maršrutais o laisvai pasirinktu keliu. Tai padėtų sumažinti degalų sunaudojimą, aplinkos taršą ir sutaupyti pinigų oro erdvės naudotojams (Kraus 2011; Aneeka, Zhong 2016). Regioninių OEB sudalinimas į regiono SVC ir SV sektorius šiuos sutaupymus leistų padidinti kelis kartus (Kondroška 2012).

1.2 *Funciniai oro erdvės blokai*

Šiandien Europos oro erdvė yra suskirstyta į funkcinis oro erdvės blokus, kurie yra Bendro Europos dangaus (SES) iniciatyvos dalis. SES tikslas yra patvirtinti vis labiau integruotos oro erdvės koncepciją bendros transporto politikos kontekste ir nustatyti bendras suskirstymo, planavimo ir valdymo procedūras, užtikrinančias efektyvų ir saugų oro eismo valdymą (Europos parlamento ir tarybos reglamentas Nr. 551/2004, 2004).

Funkcinis oro erdvės blokas (FAB) – oro erdvės blokas, nustatytas pagal skrydžio reikalavimus ir sukurtas neatsižvelgiant į valstybės sienas, kai oro navigacijos ir su ja susijusių paslaugų teikimas priklauso nuo naudojimo savybių ir optimizuojamas taip kad, kiekviename funkciname oro erdvės bloke būtų užtikrinta glaudi sąveika tarp oro navigacijos paslaugų teikėjų, o, kur įmanoma – tarp bendro teikėjo (Europos parlamento ir tarybos reglamentas Nr. 1070, 2009). Siekiant užtikrinti didžiausią bendro Europos dangaus oro eismo valdymo tinklo pajėgumą ir efektyvumą ir išlaikyti aukštą saugos lygį, viršutinė oro erdvė pertvarkoma sukuriant FAB. (Europos parlamento ir tarybos reglamentas Nr. 551/2004, 2004).

FAB Europoje prasidėjo nuo Bendrojo Europos dangaus iniciatyvos (SES). Pirmasis SES priemonių paketas buvo paskelbtas 2004 m. balandį, kurį taikant įsigaliojo 4 Europos parlamento ir tarybos reglamentai. SES pagrindas :

1. reglamentas Nr. 549/2004 nustatantis bendro Europos dangaus sukūrimo pagrindą;
2. reglamentas Nr. 550/2004 dėl oro navigacijos paslaugų teikimo bendrame Europos danguje;
3. reglamentas Nr. 551/2004 dėl bendro Europos dangaus oro erdvės organizavimo ir naudojimo;
4. reglamentas Nr. 552/2004 dėl Europos oro eismo valdymo tinklo sąveikos.

Reglamente Nr. 551/2004 nurodytos FAB savybės:

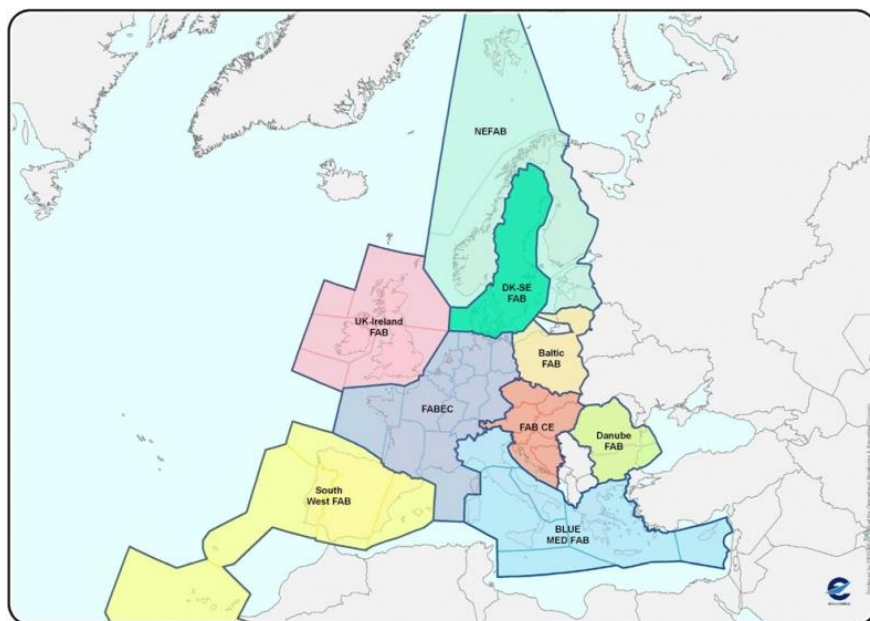
1. jie turi savo saugos dokumentus;
2. jie leidžia optimaliai naudoti oro erdvę, atsižvelgiant į oro eismo srautus;
3. juos pateisina jų bendra pridėtinė vertė, įskaitant optimalų techninių ir žmogiškųjų išteklių panaudojimą remiantis ekonominės naudos analize;
4. jie užtikrina sklandų ir lankstų atsakomybės už skrydžių valdymą perdavimą tarp skrydžio valdymo padalinių;
5. jie užtikrina viršutinės ir apatinės oro erdvės konfigūracijos atitikimą
6. jie atitinka sąlygas, susijusias su ICAO sudarytais regioniniais susitarimais;
7. jie atitinka šio reglamento įsigaliojimo dieną esamus regioninius susitarimus, pirmiausia susijusius su Europos trečiosiomis šalimis (Europos parlamento ir tarybos reglamentas Nr. 551, 2004).

Prieš oficialiai įsteigiant FAB buvo atlikti tyrimai, kuriuose norėta nustatyti kaip patobulės Europos oro erdvė įteigus FAB. Tyrimose nustatyta, jog Europos oro erdvė pasieks laimėjimų saugoje, skrydžių efektyvume, ekonominiame efektyvume, operacijų efektyvume, oro erdvės talpume ir aplinkosaugoje (Evaluation of FAB initiatives and their contribution to Performance improvement 2008; Button , Neiva 2013; Orbanová, Stoláriková 2013).

Antrasis SES priemonių paketas buvo paskelbtas 2009 m. spalį. Tuo metu įsigaliojo Europos reglamentas Nr 1070/2009, kad būtų pagerintas Europos aviacijos sistemos veikimas ir tvarumas. Juo nustatyta FAB įdiegimo data (iki 2012-12-04) ir nustatomi privalomi saugos rodikliai (saugai, išlaidų efektyvumui, aplinkosaugai, oro erdvės pralaidumui ir orlaivių užlaikymams).

Šiuo metu Europoje yra įsteigti 9 FAB (2 pav.):

1. Šiaurės Europos FAB (NEFAB): Estija, Suomija, Latvija, Norvegija;
2. Danijos–Švedijos FAB;
3. Baltijos FAB: Lenkija, Lietuva;
4. Vakarų Europos FAB (FABEC): Prancūzija, Vokietija, Belgija, Nyderlandai, Liuksemburgas ir Šveicarija;
5. Centrinės Europos FAB (FABCE): Čekija, Slovakija, Austrija, Vengrija, Kroatija, Slovėnija, Bosnija ir Hercegovina;
6. Bulgarijos–Rumunijos FAB (DANUBE);
7. Pietų Europos FAB (BLUE MED): Italija, Malta, Graikija, Kipras, (ir Egiptas, Tunisas, Albanija, Jordanija kaip stebėtojai);
8. JK–Airijos FAB;
9. Pietvakarių Europos FAB (SW FAB): Portugalija, Ispanija. (Eurocontrol 2011)



2 pav. Europos FAB (Eurocontrol 2015)

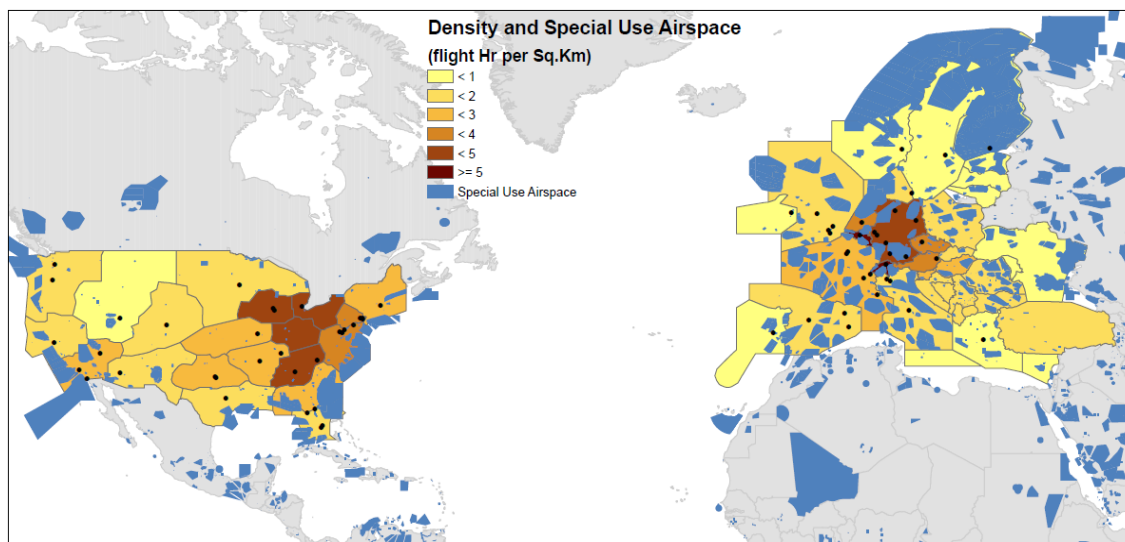
Deja, įstegus FAB, Europos oro erdvė liko ne tokia efektyvi kaip galėtų būti. Tai galime matyti iš 2015 m. paskelbto tyrimo lyginančio Europos ir JAV oro erdves. 1 lent. matome Europos ir JAV oro eismo paslaugų organizavimo rodiklius, kurie parodo, jog Europai reikia daug daugiau resursų išlaikyti savo oro erdvę, nors ji savo plotu yra apytiksliai 10% didesnė už JAV. Europa turėdama 56% mažesnę skrydžių kiekį ir 1,7 karto mažesnę skrydžių tankumą, turi 24% daugiau skrydžių vadovų ir 44% daugiau personalo nei JAV. (Comparison of air traffic management related operation performance:U.S/Europe 2015).

1 lentelė. Europos ir JAV oro eismo paslaugų organizavimo rodikliai

	Europa	JAV	Skirtumas tarp JAV ir Europos
Geografinis plotas (mln. km²)	11.5	10.4	≈ -10%
Oro navigacijos paslaugų iekėjų Kiekis	37	1	
Skrydžių vadovų kiekis	17 370	13 138	≈ -24%
Visas personalas	56 300	31 501	≈ -44%
Valdomi skrydžiai (mln.)	14.8	23.1	≈ +56%
Skrydžių tankumas (skrydžių valandos per km²)	1.3	2.2	≈ x1.7
Erdvės skrydžių valdymo centrai	62	23	-39

Europos oro erdvė ir JAV skiriasi savo efektyvumu, nes Europos FAB, skirtingai nei regioniniai OEB ar JAV oro erdvė, buvo formuojami labiau politiniu nei funkciniu ar veiklos efektyvumo pagrindu, o regioniniai OEB formuojami vyraujančių skrydžių srautų pagrindu, todėl jie

gali užtikrinant saugesnes skrydžių operacijas ir geresnį oro erdvės panaudojimą. FAB formavimo procesas yra labiau politinis. Taip pat FAB ribos, skirtingai nei JAV oro erdvė ar OEB, nėra koreguojamos atsižvelgus į karinių ir kitų zonų išsidėstymą regione. Europa turi daug daugiau karinių zonų nei JAV, kurios yra pačioje Europos širdyje. Šios zonos neigiamai veikia oro erdvės eismą ir sukelia nepatogumų oro erdvės naudotojams. JAV oro erdvėje karinės zonos išdėstytos palei krantus, kad mažiau paveiktų oro eismą (3 pav.).



3 pav. JAV ir Europos karinių zonų palyginimas (Comparison of air traffic management related operation performance:U.S/Europe 2015)

Lyginti Europos oro erdvės oro eismo organizavimo rodiklius su Azijos, Afrikos, Australijos ir Pietų Amerikos oro eismo organizavimo rodikliais būtų sunku dėl atliktų tyrimų ir informacijos šaltinių trūkumo.

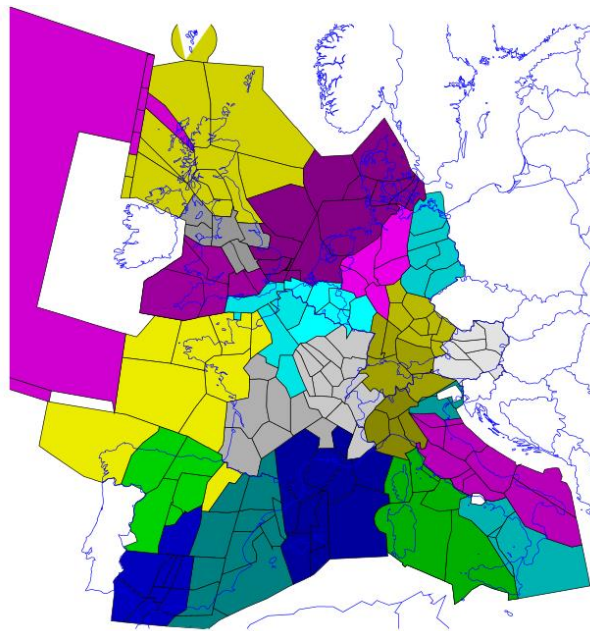
Galimybių studijų (*Helios*, 2011; ALG ir VĮ „Oro Navigacija“, 2011) rezultatai, rodo, kad esami FAB ir FAB iniciatyvos yra žingsnis pirmyn gerinant skrydžių efektyvumą regione, tačiau tai nėra optimalus variantas, atitinkantis skrydžių srautus kaip vieną pagrindinių oro erdvės naudotojų lūkesčius atitinkantį kriterijų. FAB konfigūracija ir skaičius negali visiškai realizuoti pagrindinių skrydžių srautų atitikimo dėl visos valstybės oro erdvės priskyrimo vienam ar kitam FAB, nežiūrint į tiriamą oro erdvę kaip vientisą. Regioninių OEB formavimų atveju Kondroškos V. darbe yra eliminuojama galima tiesioginė ar netiesioginė oro erdvės fragmentacija pagal valstybių sienas ir, tuo pačiu, sudaromos sąlygos nustatyti tinkamiausią regioninių OEB skaičių ir jų konfigūraciją skrydžių srautų pagrindu ir, tuo užtikrinant oro erdvės naudotojų lūkesčius (Kondroška 2012).

Įvertinus FAB ir regioninių OEB geografinį išsidėstymą galima teigti, kad šiuo metu kuriami FAB ateityje, galėtų būti jungiami skrydžių srautų efektyvumo gerinimo tikslu ir priartėti prie siūlomų regioninių OEB struktūrų. Taigi, sujungus kai kuriuos nedidelę oro erdvę apimančius FAB tiriamo regiono centrinėje dalyje būtų galima pasiekti, kad FAB geografinis išsidėstymas taptų

panašesnis į pagal siūlomą metodiką suformuotų regioninių OEB geografinį išsidėstymą (Kondroška 2012).

1.3 Funkcinių oro erdvės blokų formavimo įrankio sudarymas taikant sintezės skilimo metodą

Prieš oficialiai paskelbus Europos FAB 2007 m. buvo nustatytas įrankis, kuris naudojo sintezės skylimo metodą (Bichot *et al.* 2004; Siarry 2016; Durant *et al.*; Bichot, Durand 2006) pertvarkant Europos oro erdvę į FAB. Šiuo tyrimu nenorėta nustatyti geriausio Europos FAB išsidėstymo varianto, bet ištirti ir nustatyti geriausią įrankį, kuris padėtų apskaičiuoti Europos FAB. Atlikus tyrimą sintezės skylimo metodu buvo gautas Europos FAB pavyzdys (4 pav.).



4 pav. Geriausias Europos oro erdvės išsidėstymas, rastas naudojant sintezės skilimo algoritmą nuo skrydžio lygio 180 iki 280

Šiame tyrime buvo naudoti skrydžių srautų duomenys ir nebuvo atsižvelgta į politinius aspektus, o tai yra labai svarbu. Be to, tyrime buvo naudojamos ne visos SES dalyvaujančios šalys. Buvo įtrauktos: Vokietija, Prancūzija, Jungtinė Karalystė, Šveicarija, Belgija, Nyderlandai, Austrija, Ispanija, Danija, Liuksemburgas ir Italija. Kadangi šiame darbe norėta surasti įrankį, o ne geriausią Europos FAB variantą, nustatant alternatyvų FAB variantą, šiame magistro darbe bus naudojami Kondroškos V. (2012) disertaciniame darbe aprašyti regioniniai OEB. Taip pat bus remiamasi dabartiniais Europos FAB ir juose naudojamomis oro erdvės technologinėmis sistemomis.

1.4 Europos oro eismo valdymo sistemos atnaujinimo projektas (SESAR)

Vienas iš Europos bendro dangaus projektų yra Europos oro eismo valdymo sistemos atnaujinimo projektas (SESAR). Tai technologinis bendro Europos dangaus iniciatyvos ramstis. Įgyvendinant šį projektą siekiama Europoje modernizuoti oro eismo valdymą (OEV). SESAR tikslas

– iki 2020 m. sukurti veiksmingą skrydžių valdymo infrastruktūrą Bendrijoje, suteikiančią galimybę plėtoti saugų ir aplinką tausojantį oro transportą, visapusiškai pasinaudojant technologijos pažangą, pasiekta vykdant tokias programas, kaip GALILILEO. SESAR projektu siekiama integruoti ir koordinuoti mokslinių tyrimų ir plėtros veiklą, kuri Bendrijoje iki 2007 m. buvo vykdoma nesutelktai ir nesuderintai, įskaitant jos atokiausius ir nuošaliausius regionus (Europos Sąjungos tarybos reglamentas Nr. 219/2007, 2007). SESAR pagrindas:

1. Europos Sąjungos tarybos reglamentas Nr. 219/2007 dėl bendros įmonės naujos kartos Europos oro eismo vadybos sistemai (SESAR) sukurti įsteigimo.

2. Europos Sąjungos tarybos reglamentas Nr. 1361/2008 iš dalies keičiantis Reglamentą (EB) nr. 219/2007 dėl bendros įmonės naujos kartos Europos oro eismo vadybos sistemai (SESAR) sukurti įsteigimo.

3. Europos Sąjungos tarybos sprendimas Nr. 320/2009 patvirtinantis Bendro Europos dangaus ATM tyrimų (SESAR) projekto pagrindinį oro eismo vadybos Europoje planą.

4. Europos Sąjungos tarybos reglamentas Nr. 721/2014 kuriuo iš dalies keičiamas Reglamentas Nr. 219/2007 dėl bendros įmonės naujos kartos Europos oro eismo vadybos sistemai (SESAR) sukurti įsteigimo siekiant pratęsti bendros įmonės veiklą iki 2024 m.

SESAR vizijoje numatomi trajektorija grindžiami skrydžiai. Tai reiškia, kad oro navigacijos tarnybos leidžia orlaiviui skirsti pasirinktais maršrutais, neribodamos jų oro erdvės konfigūracijomis (Komisijos ataskaita Europos parlamentui ir Tarybai 2015). Pagrindinis SESAR tikslas: prisidėti siekiant Bendro Europos dangaus iniciatyvos tikslinių veiklos rodiklių. Europos oro eismo valdymo sistemos reforma grindžiama keturių sričių pagrindiniais tiksliniais veiklos rodikliais:

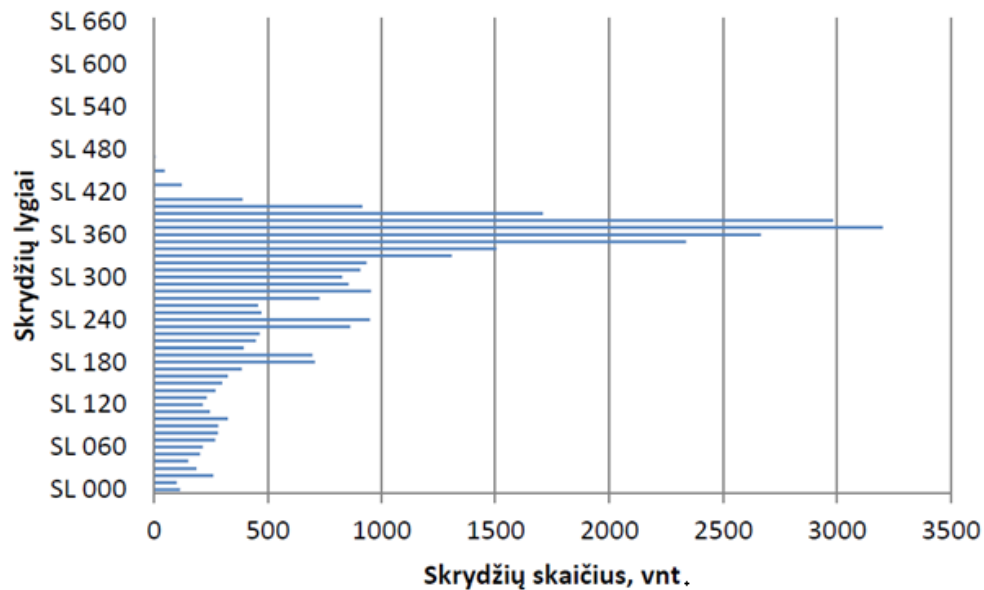
1. saugos;
2. ekonominio efektyvumo;
3. pajėgumų;
4. aplinkos apsaugos.

Šie rodikliai sudaro reformos proceso esmę, nes dėl jų skrydžių valdymo organizacijos turės pasikeisti ir teikti geresnes paslaugas už mažesnę kainą (*Dažnai užduodami klausimai Bendras Europos dangus* 2013).

1.5 Siūlomas metodas pateikiant alternatyvų Europos FAB variantą

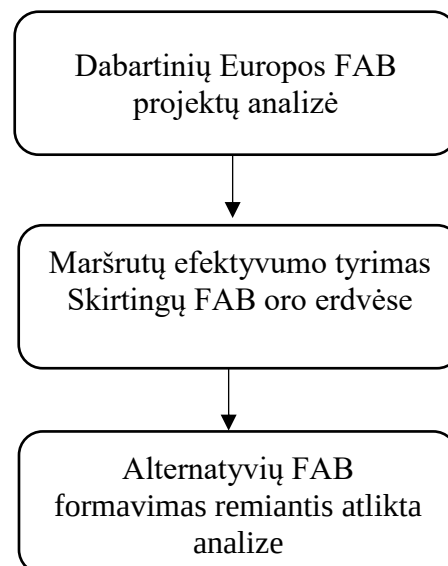
Pagal „Eurokontrolės“ pateiktus duomenis nuo 195 skrydžio lygio esančiuose viršutiniuose sektoriuose vyksta didžioji dalis skrydžių (5 pav.). Šie skrydžiai yra valdomi regioninių skrydžių valdymo centrų (SVC). Nustatant alternatyvius Europos FAB, reikia atsižvelgti į SES dalyvaujančių šalių SESAR projektus. Būtent į tuos projektus, kurie gerintų maršrutų kokybę, koordinavimo ir

informacijos keitimosi kokybę tarp regioninių skrydžių valdymo centrų. Šalys, kurios regioniniuose SVC turi arba planuoja turėti vienodas technologines sistemas, potencialiai galėtų jungtis į vieną FAB. Taip pat siūlomas FAB variantas bus paremtas Europos Parlamento ir Tarybos reglamente Nr. 551/2004.



5 pav. Vertikalaus oro erdvės užimtumo pavyzdys (Kondroška 2012)

Taigi alternatyvių Europos FAB formavimas, atsižvelgiant į prieš tai minėtas FAB savybes, bus atliktas 6 pav. siūloma sistema. Ši sistema sudaryta remiantis apžvegtais literatūros šaltiniais, kuriuose atlikti tyrimai apie oro erdvės pertvarkymą.



6 pav. Alternatyvių Europos FAB kūrimo sistema (Stankūnas, Kondroška 2009; Kondroška 2012; Kondroška, Stankūnas 2012; Conker, Mooney, Niedrinhaus 2007; Huy, Baptiste, Duong 2003; Basu, Mitchell, Sabhnani 2008; Castelli *et al.* 2005; Anders 2005)

Analizuojant Europos FAB, jų naudojamas technologines sistemas ir SESAR projektus, bus naudojama literatūra, esanti kiekvieno FAB ir „Eurokontrolės“ interneto svetainėse (Eurocontrol 2017).

1.6 Pirmojo skyriaus išvados

Atlikus literatūros analizę nustatyta, kad:

1. Lyginant su JAV šiandieninė Europos oro erdvė yra ne tokia efektyvi, kokia galėtų būti. Pagal JAV ir Europos oro eismo paslaugų organizavimo rodiklių palyginimus, Europai reikia daug daugiau resursų oro erdvei išlaikyti, todėl reiktų galvoti apie alternatyvius, efektyvesnius Europos FAB.
2. Formuojant alternatyvius Europos FAB, reikia atsižvelgti į šiandienos FAB atliktus tyrimus ir apžvalgas tam, kad būtų išsiaiškinta FAB nauda ir vizija.
3. Formuojant alternatyvius Europos FAB reikalinga atsižvelgti į šalių ateities planus ir planuojamus projektus.
4. Europos FAB, skirtingai nei Kondroškos V. regioniniai OEB ar JAV oro erdvė, buvo formuojami labiau politiniu nei funkciniu ar veiklos efektyvumo pagrindu, todėl formuojant alternatyvius Europos FAB būtina atsižvelgti į SES dalyvaujančių šalių santykius ir susitarimus.
5. Alternatyvūs Europos FAB turėtų būti formuojanti remiantis skrydžių srautais, taip kaip V. Kondroškos regioniniai OEB.

2. DABARTINIŲ EUROPOS FUNKCINIŲ ORO ERDVĖS BLOKŲ ANALIZĖ

2.1 Bendrasis Europos Dangus

Aviacijoje, kaip ir kitose transporto srityse, būtinas geros komunikacijos, saugos ir efektyvumo užtikrinimas. Anksčiau Europos oro erdvė ir jos oro navigacijos paslaugos buvo labai susiskaldžiusios, tai sukėlė nepatogumų oro erdvės naudotojams. Dėl šios priežasties ir augančių skrydžių srautų buvo inicijuota Bendro Europos dangaus (BED) idėja. Jos tikslas buvo patvirtinti vis labiau integruotos oro erdvės koncepciją bendros transporto politikos kontekste ir nustatyti bendras suskirstymo, planavimo ir valdymo procedūras, užtikrinančias efektyvų ir saugų oro eismo valdymą (Europos parlamento ir tarybos reglamentas Nr. 551, 2004).

BED iniciatyva pradėta 1999 m., siekiant pagerinti oro eismo valdymo (OEV) ir oro navigacijos paslaugų (ONP) veiksmingumą geriau integruojant Europos oro erdvę. Iš BED iniciatyvos tikimasi didelės naudos: palyginti su 2004 m., dėl BED iniciatyvos galėtų tris kartus padidėti oro erdvės pajėgumai, perpus sumažėti OEV išlaidos, dešimtimis kartų padidėti sauga ir 10 proc. sumažėti aviacijos poveikis aplinkai (Europos parlamento internetinė svetainė).

Pirmasis BED priemonių paketas buvo paskelbtas 2004 m. balandį, kurio dėka įsigaliojo 4 Europos parlamento ir tarybos reglamentai. SES pagrindas:

5. reglamentas Nr. 549/2004 nustatantis bendro Europos dangaus sukūrimo pagrindą;
6. reglamentas Nr. 550/2004 dėl oro navigacijos paslaugų teikimo bendrame Europos danguje;
7. reglamentas Nr. 551/2004 dėl bendro Europos dangaus oro erdvės organizavimo ir naudojimo;
8. reglamentas Nr. 552/2004 dėl Europos oro eismo valdymo tinklo sąveikos.

Antrasis BED priemonių paketas buvo paskelbtas 2009 m. spalį. Tuo metu įsigaliojo Europos reglamentas Nr 1070/2009 kad būtų pagerintas Europos aviacijos sistemos veikimas ir tvarumas. Juo nustatyta FAB-ų įdiegimo data – iki 2012-12-04 ir nustatomi privalomi saugos rodikliai (saugai, išlaidų efektyvumui, aplinkosaugai, oro erdvės pralaidumui ir orlaivių užlaikymams).

2.2 Europos oro eismo valdymo sistemos atnaujinimo projektai (SESAR)

SESAR – Europos oro eismo valdymo sistemos atnaujinimo projektas. Tai technologinis BED iniciatyvos ramstis. Įgyvendinant šį projektą siekiama Europoje modernizuoti OEV. Planuojama, jog iki 2030 m. sąjungoje būtų sukurta efektyvi oro eismo valdymo infrastruktūra, kuri leistų saugiai ir tausojant aplinką naudoti ir plėtoti oro transportą.

1. 2007 m. vasario 27 d. buvo išleistas Europos Sąjungos tarybos reglamentas (EB) Nr. 219/2007 dėl bendros įmonės naujos kartos Europos oro eismo vadybos sistemai (SESAR) sukurti įsteigimo.

2. 2008 m. gruodžio 16 d. buvo išleistas Europos Sąjungos tarybos reglamentas (EB) Nr. 1361/2008 iš dalies keičiantis Reglamentą (EB) Nr. 219/2007 dėl bendros įmonės naujos kartos Europos oro eismo vadybos sistemai (SESAR) sukurti įsteigimo.

3. 2009 m. kovo 30 d. buvo išleistas Europos Sąjungos tarybos sprendimas (2009/320/EB) patvirtinantis Bendro Europos dangaus ATM tyrimų (SESAR) projekto pagrindinį oro eismo vadybos Europoje planą.

4. 2014 m. birželio 16 d. buvo išleistas Europos Sąjungos tarybos reglamentas (ES) Nr. 721/2014 kuriuo iš dalies keičiamas Reglamentas (EB) Nr. 219/2007 dėl bendros įmonės naujos kartos Europos oro eismo vadybos sistemai (SESAR) sukurti įsteigimo siekiant pratęsti bendros įmonės veiklą iki 2024 m. SESAR bandomajame bendrame projekte nustatytos šešios OEV funkcijos:

1. išplėstas atvykimo valdymas ir nustatytų charakteristikų navigacija intensyvaus eismo oro uosto skrydžių valdymo rajonuose. Numatoma, kad išplėstas atvykimo valdymas ir nustatytų charakteristikų navigacija intensyvaus eismo oro uosto skrydžių valdymo rajonuose pagerins artėjimo tūpti trajektorijos tikslumą ir palengvins skrydžių sekos nustatymą ankstyvajame etape, todėl bus galima sumažinti degalų sąnaudas ir poveikį aplinkai leidimosi ir atvykimo etapais;

2. oro uostų integravimas ir pralaidumas. Oro uostų integravimo ir pralaidumo funkcija numatoma pagerinti kilimo ir tūpimo takų saugą ir pralaidumą ir taip sumažinti degalų sąnaudas, skrydžių užlaikymą ir oro uosto pajėgumą;

3. lankstus oro erdvės valdymas ir laisvų maršrutų oro erdvė. Lankstaus oro erdvės valdymo ir laisvų maršrutų oro erdvės funkcija numatoma užtikrinti efektyvesnį oro erdvės naudojimą ir taip gerokai sumažinti degalų sąnaudas ir skrydžių užlaikymą.;

4. bendradarbiaujamasis tinklo valdymas. Bendradarbiaujamojo tinklo valdymo funkcija numatoma pagerinti tinklo informacijos, kuria keičiasi visos OEV suinteresuotosios šalys, kokybę ir teikimą laiku ir taip užtikrinti didesnę oro navigacijos paslaugų našumą ir sumažinti išlaidas dėl užlaikymo.

5. pradinis visos sistemos informacijos valdymas. Pradinio visos sistemos informacijos valdymo funkcija, kurią sudaro paslaugų, kurios teikiamos ir kuriomis naudojamosi per interneto protokolu grindžiamą tinklą visos sistemos informacijos valdymo (angl. System Wide Information anagement, SWIM) sistemose, rinkinys, numatoma labai padidinti oro navigacijos paslaugų našumą.

6. Pradiniai trajektorijos informacijos mainai. Pradinių trajektorijos informacijos mainų funkcija, kurią įgyvendinus būtų efektyviau apdorojami skrydžių duomenys, numatoma pagerinti orlaivio trajektorijos nuspėjamumą; tai būtų naudinga oro erdvės naudotojams, tinklo valdytojui ir

oro navigacijos paslaugų teikėjams, todėl reikėtų mažiau taktinių priemonių ir būtų lengviau spręsti konfliktus. Tai teigiamai paveiktų oro navigacijos paslaugų našumą, padėtų taupyti degalus ir sumažintų užlaikymo kintamumą. (KOMISIJOS ĮGYVENDINIMO REGLAMENTAS (ES) Nr.716/2014 2014 m. birželio 27 d. dėl bandomojo bendro projekto, reikalingo Europos oro eismo valdymo pagrindiniam planui įgyvendinti, sukūrimo).

Projektų rezultatai padės pagrindą kurti naujos kartos oro eismo valdymo sistemą, galinčią užtikrinti didesnę Europos oro transporto saugą ir veiksmingumą.

2.2.1 Laisvieji oro keliai

Vienas iš svarbiausių SESAR projektų yra laisvieji oro keliai, nes jie apima viršutinę oro erdvę, kur vyksta daugiausia skrydžių. Laisvieji oro keliai tai oro ervės dalis, kurioje skrendantys lėktuvai gali laisvai planuoti savo maršrutus tarp įskridimo ir išskridimo taškų, neatsižvelgus į prieš tai oro navigacijos teikėjų nustatytus maršrutus.

Šis projektas padės sumažinti išlaidas oro erdvės naudotojams. Buvo nustatyta, kad iki 2019–2020 m. bus sutaupoma 60,000-75,000 NM per dieną, kas sumažins sunaudotų degalų kiekį, skrydžių neigiamą poveikį aplinkai ir pagerins skrydžių srautų valdymą ir efektyvumą.

Naudojant laisvųjų oro kelių erdvę, skrydžiai taps labiau nuspėjami dėl savo stabilių ir beveik nesikeičiančių trajektorijų, kas taip pat padės geriau veikti technologijoms nustatančiom konfliktus tarp orlaivių.

Iki 2021 m. pabaigos visa Europos oro erdvė bus įteigus laisvuosius oro kelius. Šis projektas labai glaudžiai planuojamas tarp oro erdvės tinklų valdytojų, oro navigacijos paslaugų teikėjų, karinių institucijų ir oro erdvės naudotojų.

2.3 Europos funkciniai oro erdvės blokai (FAB)

Vienas iš Bendro Europos dangaus planų, funkcinio oro erdvės blokų sudarymas. Funkcinis oro erdvės blokas (FAB) – oro erdvės blokas, nustatytas pagal skrydžio reikalavimus ir sukurtas neatsižvelgiant į valstybės sienas, kai oro navigacijos ir su ja susijusių paslaugų teikimas priklauso nuo naudojimo savybių ir optimizuojamas taip kad, kiekviename funkciname oro erdvės bloke būtų užtikrinta glaudi sąveika tarp oro navigacijos paslaugų teikėjų, o, kur įmanoma – tarp bendro teikėjo (reglamentas Nr. 1070/2009). Siekiant užtikrinti didžiausią bendro Europos dangaus oro eismo valdymo tinklo pajėgumą ir efektyvumą ir išlaikyti aukštą saugos lygį, viršutinė oro erdvė pertvarkoma sukuriant funkcinis oro erdvės blokus (Regulation No 551/2004 of the European Parliament).

Šioje magistro darbo dalyje bus analizuojami dabartiniai Europos FAB ir SESAR projektai. Bus atsižvelgta tik į tuos projektus, kurie įtakoja regioninių oro erdvės blokų oro ervę, nes joje vyksta

didžioji dalis skrydžių. FAB arba šalys dalyvančios tuose pačiuose projektuose ir planuojančios turėti tas pačias skrydžių valdymo sistemas, potencialiai galėtų jungtis į vieną FAB. Ateityje alternatyviuose Europos FAB esantys regioniniai skrydžių valdymo centrai galėtų susijungti į vieną, iš kurio būtų valdoma visa FAB regiono oro erdvė. Taip pat oro navigacijos paslaugų teikėjai galėtų susijungti į vieną. Toks susijungimas galėtų padidinti saugą, pagerinti oro erdvės panaudojimą, sumažinti išlaidas ir poveikį aplinkai.

2.3.1 Šiaurės Europos funkcinis oro erdvės blokas

Šiaurės Europos FAB (NEFAB) šalys yra: Estija, Suomija, Latvija, Norvegija (7 pav.). NEFAB susikūrimas:

1. NEFAB projektas įsteigimas remiantis 2011 m. atliktais galimybių tyrimais (NEFAB Project Feasibility Study Report 2011 m.).
2. NEFAB šalių tarptautinis susitarimas pasirašytas 2012 m. liepą (agreement on the establishment of NEFAB).
3. Oro navigacijos paslaugų teikėjų susitarimas pasirašytas 2012 m. liepą (Cooperation Agreement on the Operation of the North European Functional Airspace Block).
4. Bendradarbiavimo susitarimas su NSA pasirašytas 2012 ir įsigaliojo 30 dienų po NEFAB šalių tarptautinio susitarimo (Cooperation agreement between the NSA and NEFAB).
5. NEFAB įsteigimas pasirašytas 2012 m. liepos 6 d. (Political declaration of the establishment of NEFAB).



7 pav. NEFAB oro erdvė

Saugos srityje NEFAB:

1. siekiama, kad ANSP sukelti incidentai išliktų tame pačiame lygyje arba sumažės savo kiekiu ir sunkumu;
2. siekiama, kad būtų sudarytas saugos valdymo sistemų harmonizavimas ir padidintas informacijos keitimasis tarp ANSP;
3. kuriamos bendros naujos saugos sistemos;
4. buvo sukurtos saugos programos: vidaus teisingumo kultūra, rizikos valdymas, saugos užtikrinimo ir saugos skatinimo veiklos;
5. pasieke savo užsibrėžtus tikslus saugos srityje išlaikydami aukštą saugos lygį (NEFAB business plan 2015-2019).

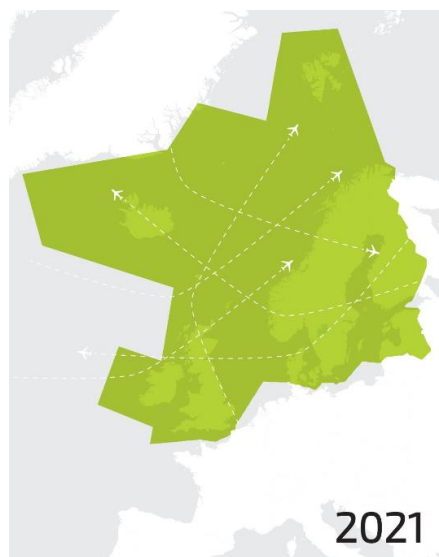
Siekiant sumažinti išlaidas NEFAB planuojamas aukštos kokybės paslaugų teikimas už konkurencingą kainą ir išlaidų kontrolės ir sąnaudų mažinimo verslo modelio kūrimas. Taip pat planuojama palankesnių sąlygų naudojantis bendromis paslaugomis NEFAB ir siekiama bendro požiūrio į strategiją tarp NEFAB ir „Borealis“ aljanso.

Oro erdvės efektyvumo tobulinime NEFAB planuojama įgyvendinti oro erdvės dizaino sprendimus ir organizuoti oro eismo paslaugų teikimą, siekiant optimizuoti oro erdvės pajėgumus. Taip pat planuojama sukoordinuoti tinklo planus ir siekti sukurti tarpvalstybines paslaugas su kaimyninėmis FAB ir jų šalimis ir siekiama implementuoti laisvuosius maršrutus (FRA).

Aplinkosaugoje NEFAB siekami trumpesni/tiesioginiai skrydžių maršrutai oro erdvės naudotojams ir siekami geresni skrydžių profiliai žemėjimo ir kilimo stadijuose, kas sumažins išmetamų dujų kiekį į aplinką. (NEFAB business plan 2015-2019)

„Borealis“ aljanso laisvųjų maršrutų planas

„Borealis“ aljanso šalys (8 pav.) Avinor (Norvegija), EANS (Estija), Finavia (Suomija), IAA (Airija), Isavia (Islandija), LFV (Švedija), LGS (Latvija), NATS (Jungtinė Karalystė) ir Naviar (Danija) siekia turėti bendrą laisvųjų kelių zoną. Laisvasis oro kelias – tai oro erdvės dalis, per kurią vartotojai gali laisvai planuoti savo maršrutus tarp atvykimo taško ir išėjimo taško be nuorodos į ATS maršrutų tinklą (The 8-States Free Route Airspace Project. FREE ROUTE AIRSPACE CONCEPT). Laisvieji oro keliai padės sumažinti išlaidas, sunaudotų degalų kiekį, poveikį aplinkai ir pagerins skrydžių srautų valdymą (FREE ROUTE AIRSPACE (FRA) IN EUROPE Jakub Kraus 2011).



8 pav. „Borealis“ aljanso laisvųjų oro kelių siekis 2021 metam (NEFAB business plan 2015-2019)

2.3.2 Danijos–Švedijos funkcinis oro erdvės blokas

Danijos–Švedijos FAB (DK-SE FAB) (9 pav.) yra įkūręs bendrą oro navigacijos paslaugų teikėją NUAC (Nordic Unified Air traffic Control). Tai partnerystė sukurta ir vienodai priklauso Naviar (Danija) ir LFV Holding AB (Švedija). NUAC yra sertifikuotas oro eismo paslaugų teikėjas, kuris leidžia Naviar ir LFV sudaryti subrangovo susitarimus dėl skrydžių valdymo centrų Kopenhagoje, Malmö ir Stokholmo operacijų (ec.europa.eu). NUAC buvo įkurtas 2009 metais kaip pirmoji bendrovė Europoje atsakinga už maršrutinių skrydžių oro srautų valdymą DK-SE FAB oro erdvėje.



9 pav. DK-SE FAB

Saugos srytije DK–SE FAB:

1. tarp šalių būtų kooperuojama dėl saugos valdymo sistemos;
2. įsteigtas bendro kritinių incidentų streso valdymas (CISM);
3. įsteigtas bendras darbuotojų mokymas/bendro mokymo sistema (OJTI);
4. nuosekliai artėjama prie rekomenduojamo saugos lygio.

Siekiant sumažinti išlaidas DK-SE FAB planuojamos bendros efektyvumo programos, kurios smarkiai sumažins kainas maršrutiniams skrydžiams Danijoje ir Švedijoje. Taip pat 2012 m. buvo pasirašytas bendras aviacijos atsakomybės draudimas tarp Naviair ir LFV. NUAC, mažinant išlaidas, planuoja kas metus sutaupyti 10 milijonų eurų.

Siekiant patobulinti oro erdvės efektyvumą DK–SE FAB siekia sumažinti skrydžių vėlavimus ir 2011 m. įsteigė laisvųjų oro kelių oro erdvę. Taip pat pradėta bendrai valdyti oro erdvę ir buvo standartizuoti skrydžių valdymo centrai Kopenhagoje, Malmėje ir Stokholme (europa.eu internetinė svetainė).

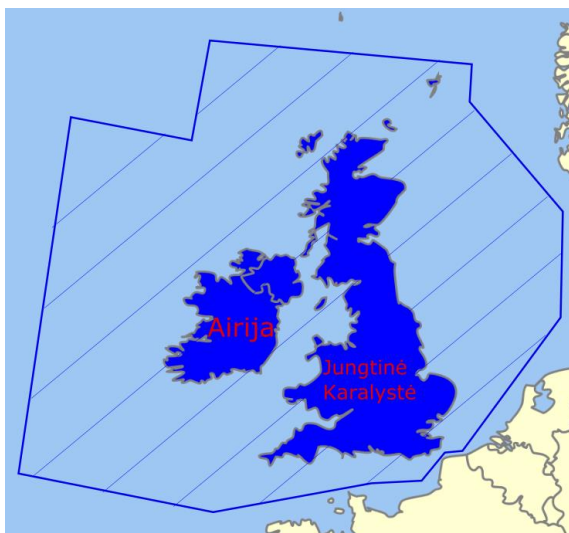
Aplinkosaugoje DK-SE FAB siekiama patobulinti skrydžių efektyvumą ir operacijas ir minimalizuoti jų poveikį aplinkai. Taip pat buvo įsteigta laisvųjų kelių sistema, kuri padeda sumažinti išlaidas, sunaudotų degalų kiekį, poveikį aplinkai ir kuri pagerino skrydžių srautų valdymą (FAB performance plan DK-SE FAB 2015-2019).

„Borealis“ aljanso laisvųjų maršrutų planas

DK-SE FAB ir kitos „Borealis“ aljanso šalys: Avinor (Norvegija), EANS (Estija), Finavia (Suomija), IAA (Airija), Isavia (Islandija), LGS (Latvija), NATS (Jungtinė Karalystė) siekia turėti bendrą laisvųjų kelių zoną. Tai vienas svarbiausių SESAR projektų šiaurės Europoje, kuris padės sumažinti išlaidas, sunaudotų degalų kiekį, poveikį aplinkai ir pagerins skrydžių srautų valdymą (FREE ROUTE AIRSPACE (FRA) IN EUROPE Jakub Kraus 2011).

2.3.3 Jungtinės Karalystės–Airijos funkcinis oro erdvės blokas

JK-Airijos FAB (10 pav.) yra Europos šiaurės Atlanto vartai. Apytiksliai 90% šiaurės atlanto oro eismo perskrenda Airijos arba JK oro erdvę. Viena iš pagrindinių FAB funkcijų yra užtikrinti sėkmingą oro eismo srautų intergraciją tarp Šiaurės Atlanto (NAT) ir vietinių JK-Airijos ir Europos eismo. Taip pat JK-Airijos FAB siekia sumžinti išlaidas oro erdvės naudotojams ir padidinti FAB oro erdvės efektyvumą. FAB nori prisidėti prie Europos Sąjungos Bendro Europos dangaus programos tikslų ir patobulinti saugą, išlaidų efektyvumą, talpumą ir aplinkosaugą (ukirelandfab.eu).



10 pav. JK–Airijos FAB oro erdvė

1. JK–Airijos FAB buvo pasiūlytas 2008 metais gegužį (UK-Ireland – Functional Airspace Block Proposal May 2008).

2. JK–Airijos FAB valstybinio lygio susitarimas tarp Jungtinės Karalystės ir Airijos pasirašytas 2012 metų sausį (Momerandum of understanding in relation to the establishment of FAB between UK and Ireland).

3. JK–Airijos FAB oro navigacijos paslaugų teikėjų (ANSP) bendradarbiavimo susitarimas pasirašytas 2012 metais sausį. (Memorandum of understanding between NATS Public limited company and Irish aviation authority (IAA) relating to UK/Ireland FAB).

4. Bendradarbiavimo susitarimas su NSA pasirašytas 2012 metais sausį (NSA memorandum of understanding between UK civil aviation authority and Irish aviation authority)

Saugos srityje JK-Airija FAB:

1. sukurta reikšmingų saugos įvykių schema;
2. sukurta harmonizuota saugos kultūros matavimo sistema;
3. sukurta bendra operacinė saugos metodologija;
4. minimalizuojama saugos operacijų ir vertinimo skirtumai saugos srityje;
5. nuosekliai artėjama prie rekomenduojamo saugos lygio (UK-Ireland FAB plan 2012-2015).

JK–Airijos FAB nuo 2008 m. iki 2011 m. savo klientams padėjo sutaupyti 43,5 mln. €. Vien tik per 2011 metus FAB padėjo sutaupyti klientams 24,5 mln. € ir 24,000 tonas degalų, kuris buvo vertas 174,8 mln. €. Taip pat buvo sutaupyta ir kitos išlaidos kaip lėktuvų priežiūros ir išlaikymo srityse, kurios vertos 6,7 mln. €. Visos šios sutaupytos išlaidos buvo dvigubai didesnės nei tikėtasi 2008 metais, kai JK–Airijos FAB tapo pirmas pilnai funkcionuojantis ir veikiantis FAB (originaliame plane 2008 metais buvo nustatyta, jog iki 2013 metų bus sutaupyta 12 mln. €). Per 2012-2015 metų periodą yra nustatyta, jog bus sutaupyta 120 mln. € FAB oro erdvės klientams. Taip pat bus sutaupyta

116,000 tonų degalų (370,000 tonos CO₂). JK–Airijos FAB yra labai ekonomiškai efektyvus. 2012 metais išlaidos, reikalingos įkurti ir išlaikyti FAB, buvo 3,1 mln. € lyginant su sutaupytais išlaidomis klientams, kurios buvo 26,6 mln. € (UK-Ireland FAB plan 2012–2015).

Tobulinant oro erdvės efektyvumą JK–Airijos FAB pagrindinis tikslas yra suteikti savo klientams pridėtinę vertę kuriant vientisą oro erdvę tarp Airijos ir JK. Daug projektų buvo įgyvendinta nuo to laiko, kai JK-Airijos FAB buvo įsteigtas, nes buvo skirta daug dėmesio operaciniam efektyvumui, JK ir Airijos ATM paslaugų integracijai. Siekiant išsaugoti klientų sauntaupas FAB įsitraukė į papildomas strateginio planavimo veiklas. JK-Airijos FAB sukūrė strateginių operacijų planą. Per 5 metų laikotarpį iki 2017 m. planuojama pritaikyti SESAR operacijų projektus. Taip pat buvo sukurtas techninio suderinimo planas. Tai yra SESAR plano dalis, kuri padės atnaujinti suvienyti FAB sistemas.

Aplinkosaugoje JK–Airijos FAB per 2008–2011 metus 48,000 tonomis (152,000 tonos CO₂) buvo sumažintas sunaudotų degalų kiekis. Vien tik per 2011 metus FAB padėjo sutaupyti klientams 24,5 mln. € įskaitant ir 24,000 tonas degalų. JK-Airija FAB įsteigė laisvųjų kelių programą, kuri padėjo sumažinti išlaidas, sunaudotų degalų kiekį, poveikį aplinkai ir pagerino skrydžių srutų valdymą. Taip pat JK–Airija FAB prisijungė prie „Borealis“ aljanso laisvųjų oro kelių programos (UK-Ireland FAB plan 2012–2015).

2.3.4 Baltijos funkcinis oro erdvės blokas

Baltijos FAB šalys: Lietuva, Lenkija (11 pav.). Baltijos FAB susikūrimas:

1. Baltijos FAB galimybių tyrimai, saugos planai ir operacijos, operacijų koncepcija atlikti ir aprašyti Baltijos FAB dokumentuose 2012 metų balandį (Baltic FAB submission).
2. Susitarimas, apibrėžiantis bendradarbiavimą tarp Lietuvos ir Lenkijos oro navigacijos paslaugų teikėjų, Baltijos FAB buvo pasirašytas 2012 metų liepą Vilniuje (agreement of establishment of the BALTIC FAB).
3. Bendradarbiavimo susitarimas su NSA pasirašytas 2012 rugsėjį (NSA Cooperation agreement).
4. Baltijos FAB oro navigacijos paslaugų teikėjų (ANSP) bendradarbiavimo susitarimas pasirašytas 2012 metų lapkritį. (Cooperation agreement of Baltic the FAB ANSP).



11 pav. Baltijos FAB oro erdvė

Saugos srityje Baltijos FAB esgzistuoja suderinta saugos veikla tarp Lenkijos ir Lietuvos ir nustatyta, jog iki 2019 m. Baltijos FAB sugebės pakelti saugos lygi iki rekomenduojamo lygio. Taip pat bus sujungtas paieškos ir gelbėjimo koordinavimas.

Mažinant išlaidas Baltijos FAB:

1. bendradarbiauja infrastruktūros pirkimuose, jų planavime ir priežiūroje;
2. bendradarbiauja navigacinės infrastruktūros pirkimuose, jų planavime ir priežiūroje;
3. turės bendrus komunikacijos sistemų atnaujinimus;
4. bus sujungtos skrydžių srautų valdymo sistemos;
5. bus sujungtas meteorologinės informacijos teikimas;
6. dalijamasi gerąja patirtimi (BALTIC FAB Submission 2012).

Baltijos FAB galimybių kainų naudingumo analizė parodė teigiamą dabartinę grynąją vertę (NPV), kuri buvo 129,4 mln. € iki 2030 metų. Didžiausia finansinė nauda Lietuvai ir Lenkijai yra iš efektyvumo dirbant kartu, dėl to sumažės išlaidos reikalingos oro navigacijos paslaugų teikėjams. FAB bendradarbiavimas iki 2030 metų 5 % pagerins ekonomiškumą. Tai reiškia, jog iki 2020 metų bus sutaupoma 19 € už skrydžio valandą. Taip pat bus sutaupoma iš degalų sąnaudų mažinimo ir užlaikymų sumažinimo (BALTIC FAB Submission 2012).

Oro ervės efektyvumo vertinimas. Skatinant padidinti oro erdvės efektyvumą Baltijos FAB:

1. turės sujungtą oro eismo srautų ir pralaidumo valdymą;
2. turės koordinuotas aeronautinės informacijos suteikimą;
3. turės koordinuotas procedūras nenumatytiems atvejams;
4. bus suteikiamas nenutraukiamas žemėjimas ir aukštėjimas Vilniuje ir Kaune;
5. bus sujungtas paieškos ir gelbėjimo koordinavimas;

6. bus įsteigta laisvųjų oro kelių oro erdvė ne tik FAB lygyje, bet ir už jo ribų. Baltijos FAB dalyvauja GATE ONE laisvųjų oro kelių programoje, kurioje dalyvauja FABCE, DANUBE FAB, Serbija ir Juodkalnija.

Aplinkosaugoje Baltijos FAB siekiama patobulinti skrydžių efektyvumą ir operacijas ir minimalizuoti jų poveikį aplinkai. Taip pat siekiama įsteigti laisvųjų kelių programą, kuri padės sumažinti išlaidas, sunaudotų degalų kiekį, poveikį aplinkai ir pagerins skrydžių srautų valdymą (BALTIC FAB Submission 2012).

2.3.5 Centrinės Europos funkcinis oro erdvės blokas

FABCE – Centrinės Europos funkcinis oro erdvės blokas, apimantis 7 šalių ANSP (Austrijos, Bosnijos ir Hercegovinos, Kroatijos, Čekijos, Vengrijos, Slovakijos ir Slovėnijos) (12 pav.).



12 pav. FABCE oro erdvė

FABCE įkūrimas:

1. FABCE galimybių tyrimai atlikti 2008 m.
2. FABCE oro navigacijos paslaugų teikėjų (ANSP) bendradarbiavimo susitarimas pasirašytas 2009 m. (Cooperation Agreement of the FAB CE ANSPs).
3. FABEC įkūrimo susitarimas pasirašytas 2011 m. gegužį (Agreement on the establishment of FAB central Europe).
4. Bendradarbiavimo susitarimas su NSA pasirašytas 2011 metų gegužį (NSA cooperation agreement).

Saugos srityje FAB CE nuosekliai artėjama prie rekomenduojamo saugos lygio. Taip pat siekiama saugos valdymo sistemų harmonizavimo ir padidinto informacijos keitimosi tarp oro navigacijos paslaugų teikėjų.

Išlaidų mažinime FAB CE siekiamas aukštos kokybės paslaugų teikimas už konkurencingą kainą. Bendradarbiauja infrastruktūros pirkimuose, jų planavime ir priežiūroje. Taip pat kaip ir kitos BED šalys FABCE planuoja įsteigti laisvuosius oro kelius ir kitus SERAR projektus, kurie padės sutaupyti oro erdvės naudotojams. 2015 m. buvo įsteigti laisvieji oro keliai tarp 2 FABCE šalių (Kroatijos ir Bosnijos ir Hercegovinos) ir 2 šalių, kurios nepriklauso jokiam FAB (Serbija ir Juodkalnija). Taip pat 2016 m. buvo įsteigti laisvieji oro keliai tarp Austrijos ir Slovėnijos. FAB CE taip pat dalyvauja GATE ONE laisvųjų oro kelių projekte kartu su Baltijos FAB, DANUBE FAB, Serbija ir Juodkalnija.

Skatinant padidinti oro erdvės efektyvumą FAB CE:

1. skatins regioninių technologijų vystimąsi;
2. sukoordinuoti tinklo planus ir siekti sukurti tarpvalstybines paslaugas su kaimyninėmis FAB ir jų šalimis (GATE ONE laisvųjų oro kelių projektas);
3. siekiama įgyvendinti oro erdvės dizaino sprendimus ir organizuoti ATS paslaugų teikimą, siekiant optimizuoti oro erdvės pajėgumus;
4. siekiami trumpesni/tiesioginiai skrydžių maršrutai oro erdvės naudotojams;
5. siekiami efektyvūs skrydžių profiliai žemėjimo ir kilimo stadijuose;
6. planuojami technologinių sistemų atnaujinimai ir suvienijimas FAB CE, kurie padės patogiau planuoti oro eismo srautus.

Aplinkosaugoje FAB CE siekiama galdaus bendradarbiavimo aplinkosaugoje ir planuojama įsteigti laisvųjų kelių programą, kuri padės sumažinti išlaidas, sunaudotų degalų kiekį, poveikį aplinkai ir pagerins skrydžių srautų valdymą (FAB CE ANSPs Strategy 2016-2020).

2.3.6 Vakarinės Europos funkcinis oro erdvės blokas

Vakarinės Europos funkcinis oro erdvės blokas (FABEC) (13 pav.) apima 6 šalių ANSP (Belijos, Prancuzijos, Vokietijos, Liuksemburgo, Nyderlandų ir Šveicarijos) apatinę ir viršutinę oro erdvę. FABEC randasi didžioji dalis didžiausių Europos oro uostų ir karinių zonų, todėl ši oro erdvė yra viena sudėtingiausių ir labiausiai apkrautų oro erdvių visame pasaulyje.

1. FABEC galimybių tyrimai atlikti 2008 metais (Creating the functional airspace block Europe Central)
2. FABEC oro navigacijos paslaugų teikėjų (ANSP) bendradarbiavimo susitarimas pasirašytas 2008 metais (Cooperation Agreement ANSPs).

3. FABEC įkūrimo susitarimas pasirašytas 2010 metų gruodį (treaty relating to the establishment of the FAB “europe central” between the federal republic of Germany, the kingdom of Belgium, the French republic, the grand duchy of Luxembourg, the kingdom of the Netherlands and the Swiss confederation).

4. Bendradarbiavimo susitarimas su NSA pasirašytas 2011 metų sausį (NSA momerandum of cooperation)



13 pav. FABEC oro erdvė

Saugos srityje FABEC nustatyta, jog bus išlaikyta aukšto standarto sauga nepaisant to, jog skrydžių skaičius kils. Buvo pasiekta užsibrėžtų tikslų saugos srityje išlaikant aukštą saugos lygį. Taip pat esgzistuoja suderinta saugos veikla.

Mažinant išlaidas FABEC galimybių kainų naudingumo analizė parodė teigiamą dabartinę grynąją vertę (NPV), kuri iki 2025 metų vidutiniškai buvo nuo 3,600 mln. € iki 9,800 mln. €. Taip pat buvo nustatyta, jog maršrutinių skrydžių išlaidos sumažės 17 % iki 2018 metų.

Skatinant padidinti oro erdvės efektyvumą FABEC oro erdvės talpa smarkiai pagerėjo ir pasiekė tokį lygį, kokio niekad nebuvo, tai žymiai sumažino maršrutinių skrydžių užlaikymų skaičių lyginant su situacija kuri buvo 1999 metais. 2018 metais bus galima aptarnauti padidėjusį oro eismo kiekį, turint 1 užlaikymo minutę per skrydį. Nustatyta, jog iki 2018 metų FABEC iniciatyvos sumažins skrydžių užlaikymų kiekį nuo 33% iki 1% . Tai yra vidutinio užlaikymo laiko trukmė nukris nuo 17 minučių iki 6 minučių. Taip pat nustatyta, jog FABEC iniciatyvos pagerins horizontalų

skrydžių efektyvumą. Buvo paskaičiuota, jog vidutinis skrydžio nuskristas kelias iki 2018 metų sumažės 17,4 km (9,4 Nm). FABEC plėtra patobulins karinių misijų efektyvumą ir mokymų galimybes. Kaip ir visose BED dalyvaujančių šalių, vienas iš svarbiausių FABEC projektų yra laisvųjų oro kelių sudarymas. FABEC planuoja laisvuosius oro kelius ne tik savo FAB, bet ir su kaimynine SW FAB.

Isteigus laisvuosius oro kelius patobulės skrydžių efektyvumas, sumažės degalų sąnaudos ir jų poveikis aplinkai. Nustatyta, jog FABEC iniciatyvos iki 2018 metų sunaudotų degalų kiekis skrydžiui sumažės 121 kg (FABEC delivering performance 2013)

2.3.7 Bulgarijos-Rumunijos funkcinis oro erdvės blokas

Bulgarijos-Rumunijos funkcinis oro erdvės blokas (DANUBE FAB) susideda iš dviejų šalių oro navigacijos paslaugų teikėjų (14 pav.).

1. DANUBE FAB įkūrimo susitarimas pasirašytas 2011 metų gruodį (Agreement on the establishment of the DANUBE FAB).
2. DANUBE FAB galimybių tyrimai atlikti 2012 metų gegužį (Information provided to the European commission on the establishment of the DANUBE FAB).
3. DANUBE FAB oro navigacijos paslaugų teikėjų (ANSP) bendradarbiavimo susitarimas pasirašytas 2012 metais gegužį (Final draft DANUBE FAB ANSP cooperation agreement).
4. Pasirašytas bendradarbiavimo susitarimas su NSA (National Supervisory Authorities Cooperation Agreement within DANUBE FAB).



14 pav. DANUBE FAB oro erdvė

Saugos srityje DANUBE FAB:

1. siekiama, jog ANSP sukelti incidentai išliktų tame pačiame lygyje arba sumažės savo kiekiu ir sunkumu;

2. buvo sukurtos saugos programos: vidaus teisingumo kultūra, rizikos valdymas, saugos užtikrinimo ir saugos skatinimo veiklos;

3. pasieke savo užsibrėžtus tikslus saugos srityje išlaikydami aukštą saugos lygį;

4. esgzistuoja suderinta saugos veikla.

Tam, kad sumažinti išlaidas, DANUBE FAB siekia suteikti aukštos kokybės paslaugas konkurencingomis kainomis ir kuriami projektai siekiant sutaupyti oro ervės naudotojams ir oro navigacijos paslaugų teikėjams. DANUBE FAB nuosekliai artėjama prie rekomenduojamo išlaidų lygio (DNUBE FAB strategy plan 2016-2020).

Oro erdvės efektyvume DANUBE FAB 2015 m. turėjo daug iššūkių dėl didėjusio oro eismo kiekio. Kai kurie DANUBE FAB sektoriai turėjo net 90 % eismo pagausėjimą, kas sukėlė problemų oro erdvės pajėgumui. Nepaisant to, 2015 m. skrydžių vėlavimai buvo tik 0,03 min per skrydį. Tai parodė efektyvų oro erdvės naudojimą.

DANUBE FAB horizontaliojo skrydžio efektyvumas atitiko 2015 metams suplanuotiems standartams. DANUBE FAB turi vieną mažiausių oro erdvės neefektyvumų tarp visos Europos FAB, tai yra šis FAB turi tik 3% oro erdvės neefektyvumo, kuris prideda papildomo atstumo skrydžiams.

2015 metų gale DANUBE FAB pastebėti dideli horizontaliojo skrydžio efektyvumo neigiami pokyčiai. Taip buvo dėl to, kad Ukraina uždraudė skrydžius rusiškos registracijos lėktuvams, kas sukėlė daug skrydžių nukrypimų. 2016 m. buvo atidžiai sekama ir prisitaikima prie šių pokyčių.

Kaip ir visose BED dalyvaujančių šalių, vienas iš svarbiausių DANUBE FAB projektų yra laisvųjų oro kelių sudarymas. DANUBE FAB dalyvauja GATE ONE laisvųjų oro kelių projekte kartu su FABCE ir Baltijos FAB.

Aplinkosaugoje DANUBE FAB siekiama patobulinti skrydžių efektyvumą ir operacijas ir minimalizuoti jų poveikį aplinkai. Taip pat siekiama įsteigti laisvųjų oro kelių programą, kuri padės sumažinti išlaidas, sunaudotų degalų kiekį, poveikį aplinkai ir pagerins skrydžių srautų valdymą. (DANUBE FAB SUMMARY OF ACHEIVEMENT IN 2015)

2.3.8 Pietų Europos funkcinis oro erdvės blokas

Pietų Europos funkcinis oro erdvės blokas (BLUE MED FAB) apima 4 šalių ANSP (Italija, Malta, Graikija, Kipras) (15 pav.). Taip pat yra 4 šalys stebėtojos (Egiptas, Tunisas, Albanija ir Jordanija). BLUE MED FAB galimybių studija buvo inicijuota 2006 metais ir pabaigta 2008 metais (BLUE MED project phase 1: feasibility study). BLUE MED FAB buvo įsteigtas pasirašius tarptautinį susitarimą Kipre 2012 metais spalio 12 d. Po šio įsteigimo buvo aprašyta FAB įgyvendinimo dokumentas, kuriame yra aprašyti operaciniai ir techniniai projektai, kuriuos BLUE MED šalys turėjo įgyvendinti iki 2014 metų. Be to šiame dokumente aprašyta daug kitų veiklų, kurios turėtų patobulinti talpumą, efektyvumą, saugą ir aplinkosaugą (BLUE MED Mediterranean FAB).



15 pav. BLUE MED FAB oro erdvė

Saugos srityje BLUE MED FAB:

1. siekiama, jog ANSP sukelti incidentai išliktų tame pačiame lygyje arba sumažės savo kiekiu ir sunkumu;
2. buvo sukurtos saugos programos: vidaus teisingumo kultūra, rizikos valdymas, saugos užtikrinimo ir saugos skatinimo veiklos;
3. pasiekė savo užsibrėžtus tikslus saugos srityje išlaikydami aukštą saugos lygį;
4. egzistuoja suderinta saugos veikla.

Mažinant išlaidas BLUE MED FAB siekia suteikti aukštos kokybės paslaugas konkurencingomis kainomis ir kuriami projektai siekiant sutaupyti oro erdvės naudotojams ir oro navigacijos paslaugų teikėjams. DANUBE FAB nuosekliai artėjama prie rekomenduojamo išlaidų lygio. Taip pat BLUE MED FAB planuoja įsteigti laisvųjų oro kelių programą, kuri padės sumažinti išlaidas, sunaudotų degalų kiekį, poveikį aplinkai ir pagerins skrydžių srautų valdymą. Atlikus BLUE MED FAB galimybių tyrimus apskaičiuota, jog BLUE MED FAB iki 2015 metų padės sumažinti maršrutinių skrydžių eismo išlaidas 5%, o iki 2018 metų 8%. Taip pat buvo planuota, jog oro ervės talpa išaugs 10%, patobulės skrydžių efektyvumas ir operacijos. Bus minimalizuotas neigiamas poveikis aplinkai. Nustatyta, jog BLUE MED FAB iniciatyvos pagerins maršrutų tinklą ir horizontalų skrydžių efektyvumą (BLUE MED phase 1- Feasibility Study – Final Report).

2014 m. pasirašytas bendradarbiavimo susitarimas tarp FAB CE ir BLUE MED FAB oro navigacijos paslaugų teikėjų. Šis susitarimas pagerins regiono oro erdvės valdymą ir sumažins išlaidas oro transporte. Šie du FAB bendradarbiaudami keisis technine, operacine ir mokymuisi skirta informacija tam, kad užtikrinti aukštą efektyvumo lygį.

Skatinant padidinti oro erdvės efektyvumą BLUE MED FAB planuoja įsteigti laisvųjų oro kelių programą, kurie padės sumažinti išlaidas, sunaudotų degalų kiekį, poveikį aplinkai ir pagerins skrydžių srautų valdymą. Taip pat BLUE MED FAB ANPS sukūrė kelių metų veiksmų planą, kuris patobulins oro eismo vadybos tinklą ir padidins skrydžio efektyvumą, tai yra padės sumažinti skrydžių laiką, degalų sunaudojimą ir anglies dioksido išmetimo kiekį į aplinką.

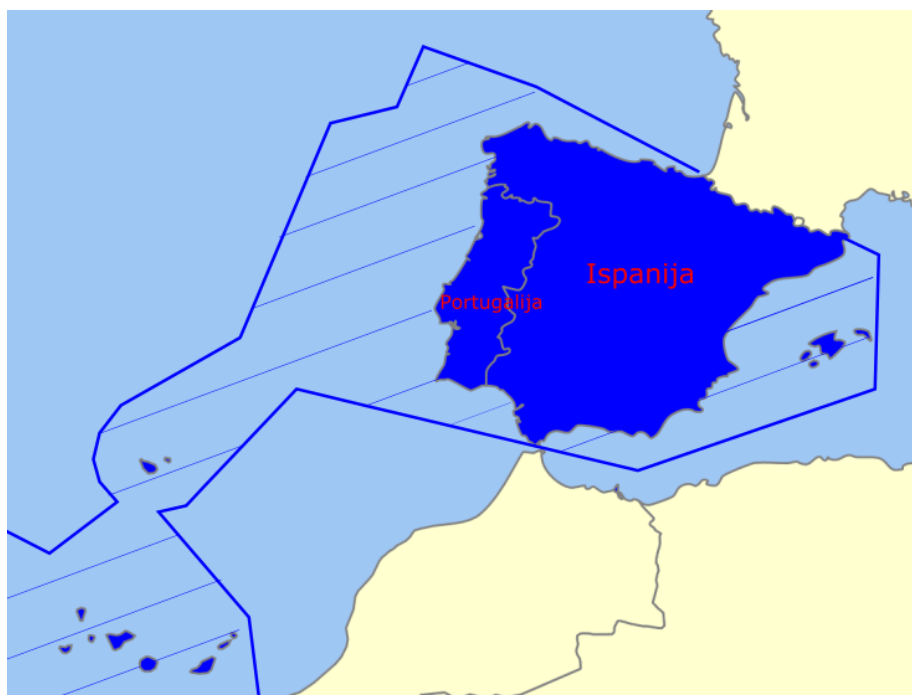
Be to plajuojamas pasienio operacijų gerinimas tarp BLUE MED FAB valstybių (radarinis atskirimas, operacinės procedūros, skrydžio kontrolės perdavimas iš vieno sektoriaus į kitą) ir skrydžių duomenų kokybės gerinimas (BLUE MED DETAILED CONCEPT OF OPERATIONS).

Aplinkosaugoje DANUBE FAB siekiama patobulinti skrydžių efektyvumą ir operacijas ir minimalizuoti jų poveikį aplinkai. Taip pat siekiama įsteigti laisvųjų oro kelių programą, kuri padės sumažinti išlaidas, sunaudotų degalų kiekį, poveikį aplinkai ir pagerins skrydžių srautų valdymą (BLUE MED phase 1- Feasibility Study – Final Report).

2.3.9 Pietvakarių Europos funkcinis oro erdvės blokas

Pietvakarių Europos funkcinis oro erdvės blokas (SW FAB) apima dviejų šalių oro erdvę: Portugalijos ir Ispanijos (16 pav.). SW FAB yra labai svarbus Amerikos transatlantiniam skrydžiam, nes ši oro erdvė yra vartai Centrinei ir Pietų Amerikai.

1. SW FAB oro navigacijos paslaugų teikėjų (ANSP) bendradarbiavimo susitarimas pasirašytas 2012 metais gegužį.
2. SW FAB tarptautinis susitarimas pasirašytas 2012 metų gruodį.
3. Bendradarbiavimo susitarimas su NSA pasirašytas 2012 metų gegužį (Agreement between the civil NSA of Republic of Portugal and the Kingdom of Spain).
4. Susitarimas dėl SW FAB įkurimo pasirašytas 2013 metais gegužį (Agreement between Portuguese Republic and the Kingdom of Spain on the establishment of SW FAB).



16 pav. SW FAB oro erdvė

Saugos srityje BLUE MED FAB:

1. siekiama, jog ANSP sukelti incidentai išliktų tame pačiame lygyje arba sumažės savo kiekiu ir sunkumu;
2. buvo sukurtos saugos programos: vidaus teisingumo kultūra, rizikos valdymas, saugos užtikrinimo ir saugos skatinimo veiklos;
3. pasiekė savo užsibrėžtus tikslus saugos srityje išlaikydami aukštą saugos lygį;
4. egzistuoja suderinta saugos veikla.

Siekiant sumažinti išlaidas SW FAB buvo suplanuoti projektai, kurie padės sumažinti skrydžių užlaikymo skaičių ir patobulins skrydžių maršrutus. Taip pat bus sumažintas vidutinis nuskristas kelias, kas padės sutaupyti klientų išlaidas degalam ir sumažins skrydžių neigiamą poveikį aplinkai. SW FAB nuosekliai artėjama prie rekomenduojamo išlaidų lygio ir kuriami projektai siekiant sutaupyti oro ervės naudotojams ir oro navigacijos paslaugų teikėjams. Kainų efektyvumo srytije suteikiamos aukštos kokybės paslaugas konkurencingomis kainomis ir planuojama įsteigti laisvųjų kelių programą, kuri padės sumažinti išlaidas oro erdvės naudotojams.

2014 metais SW FAB oro erdvė turėjo vidutiniškai 0,5 minučių užlaikymus per skrydį. Buvo suplanuoti projektai, kurie padės sumažinti skrydžių užlaikymo skaičių ir patobulins skrydžių maršrutus. Taip pat bus sumažintas vidutinis nuskristas kelias, kas padės sutaupyti klientų išlaidas degalam ir sumažins skrydžių neigiamą poveikį aplinkai.

Vienas iš pagrindinių SW FAB operacinių projektų yra „FRASAI“ laisvųjų oro kelių projektas. Šis projektas padės sumažinti išlaidas, sunaudotų degalų kiekį, poveikį aplinkai ir pagerins skrydžių srautų valdymą. SW FAB taip pat planuoja išplėsti savo laisvųjų kelių zoną su FABEC FRA,

Šventos Marios vandenyno oro erdve ir su Kasablankos oro erve. Jei pavyks įgyvendinti šiuos planus SW FAB turės didžiausią laisvųjų oro kelių erdvę Europoje. Projektą planuojama pilnai įgyvendinti iki 2020 metų (Operational board common plan 2015-2019).

Aplinkosaugoje SW FAB siekiama patobulinti skrydžių efektyvumą ir operacijas ir minimalizuoti jų poveikį aplinkai. Taip pat siekiama įsteigti laisvųjų kelių programą, kuri padės sumažinti išlaidas, sunaudotų degalų kiekį, poveikį aplinkai ir pagerins skrydžių srautų valdymą (Operational board common plan 2015-2019).

2.4 Europos FAB saugos sistemos

Iš anksčiau atliktos dabartinių Europos FAB saugos analizės buvo pastebėta, kad kiekvienas FAB turi savo saugos siekius, kuriuos FAB turi pasiekti iki tam tikro laiko tarpo. Tam, kad kiekvienais metais saugos lygis būtų vis aukštesnis, buvo sukurtos saugos skatinimo programos: vidaus teisingumo kultūra, rizikos valdymas, saugos užtikrinimas ir saugos skatinimo veikla. Taip pat FAB šalyse esgzistuoja suderinta saugos veikla tarp oro navigacijos paslaugų teikėjų, kairiuomenių ir oro erdvės naudotojų. Kiekviena FAB šalis dalinasi saugos informacija tam, kad aviacijoje sukelti incidentai sumažėtų savo kiekiu ir sunkumu.

Kadangi bendradarbiavimas tarp kaimyninių FAB šalių užtikrina aukštesnį saugos lygį ir spartesnį jos kilimą, galima daryti prielaidą jog 4,2 ar 1 dalies FAB variantas turi daugiau galimybių užtikrinanti aukštesnį saugos lygį, nes jie sudaryti iš daugiau šalių, kurios tarpusavyje kurtų, skatintų ir prižiūrėtų saugos sistemas.

Taip pat reiktų paminėti, kad 4 dalių FAB sudaryti atsižvelgus į laisvųjų oro kelių projektus, tai reiškia, kad jie sudaryti pagal oro eismo srautus. Naudojant laisvųjų oro kelių erdvę, skrydžiai taps labiau nuspėjami dėl savo stabilių ir beveik nesikeičiančių trajektorijų, o tai padės geriau veikti technologijoms nustatančioms konfliktus tarp orlaivių. Saugos sistemos ir iššūkiai, susiję su skrydžių srautais ir jų pokyčiais, turėtų būti sprendžiami ir prižiūrimi glaudžiai bendradarbiaujami tarp 4 dalių FAB šalių.

Apžvelgus JK–Airijos FAB literatūrą, buvo pastebėta, jog egzistuoja saugos projektas, kuris siunčia skrydžių vadovus į kaimyninius skrydžių valdymo centrus, pavyzdžiui, Airijos skrydžių vadovai siunčiami į JK SVC ir atvirkščiai. Šis projektas padeda skrydžių vadovams keistis naudinga informacija, kuri padeda suprasti vieni kitus ir kylančius iššūkius kaimyniniuose SVC. Jei ši saugos programa egzistuotų ne JK–Airijos FAB lygyje, o 4, 2 ar 1 dalies FAB lygyje, galima daryti prielaidą, jog saugos lygis būtų didesnis, nes Šiaurės Europos FAB yra tame pačiame laisvųjų oro kelių projekte ir dalijasi skrydžių srautais.

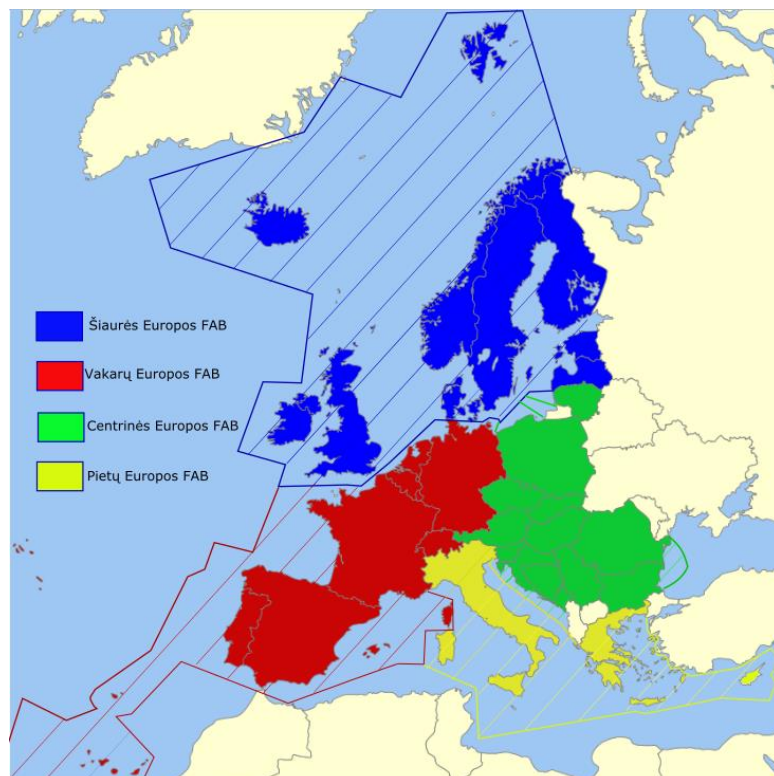
2.5 Magistro darbe tiriami FAB variantai

Laisvieji oro keliai šiandien yra planuojami ne pagal FAB ribas. Nors ir įsteigus FAB buvo planuojama steigti laisvuosius oro kelius FAB lygiuose, šiandien laisvieji oro keliai steigiami ir planuojami tarp šalių, kurios yra ne tik tame pačiame FAB, bet ir skirtinguose FAB. Taip pat buvo įtrauktos šalys, kurios nepriklauso jokiame FAB. Kadangi laisvųjų oro kelių steigimas skiriasi nuo dabartinių FAB, ir jų steigimas yra labai naudingas Europos oro erdvei, FAB ribos galėtų būti koreguojamos.

Remiantis „Eurokontrolės“ pateikta informacija yra planuojami 4 dideli laisvųjų oro kelių projektai, jungiantys kelių FAB oro erdves į vieną:

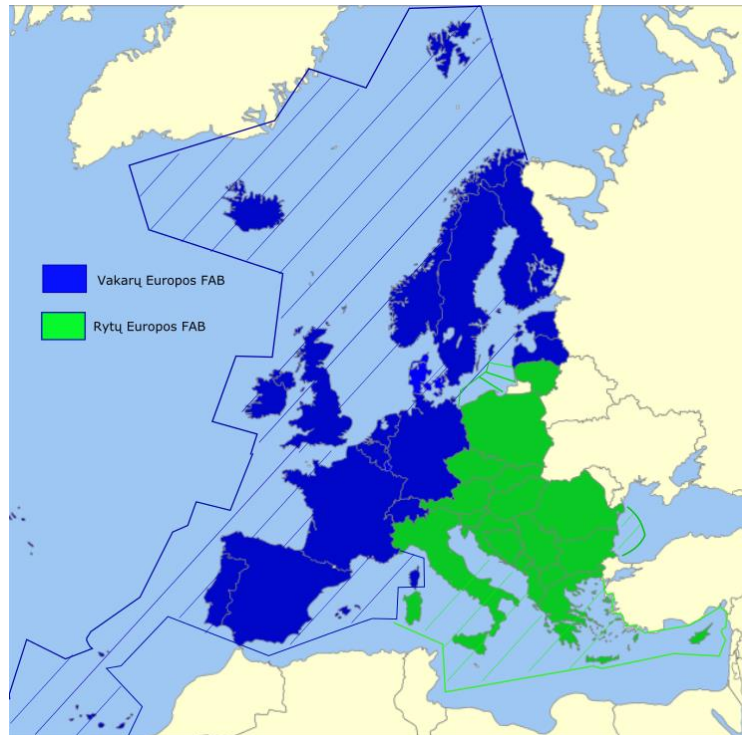
1. „Borealis“ laisvųjų oro kelių projektas, kuris apima Šiaurės Europos FAB (NEFAB), Danijos–Švedijos FAB (DK-SE FAB), JK–Airijos FAB ir Islandiją;
2. GATE ONE laisvųjų oro kelių projektas, kuris apima Baltijos FAB, Centrinės Europos FAB (FABCE), Bulgarijos–Rumunijos FAB (DANUBE FAB), Serbiją ir Juodkalniją;
3. Pietų Europos FAB (BLUE MED) laisvųjų oro kelių projektas, įtraukiantis Italijos, Graikijos ir Kipro oro erdves;
4. Pietvakarių ir Vakarų Europos FAB laisvųjų oro kelių projektai, kuriuos ateityje planuojama sujungti.

Šie 4 laisvųjų oro kelių projektai yra planuojami kurti atsižvelgus į eismo srautus, todėl atlikus literatūros analizę šiame magistro darbe tikslinga tirti FAB variantą, sudarytą remiantis minėtais 4 laisvųjų oro kelių projektais (17 pav.).

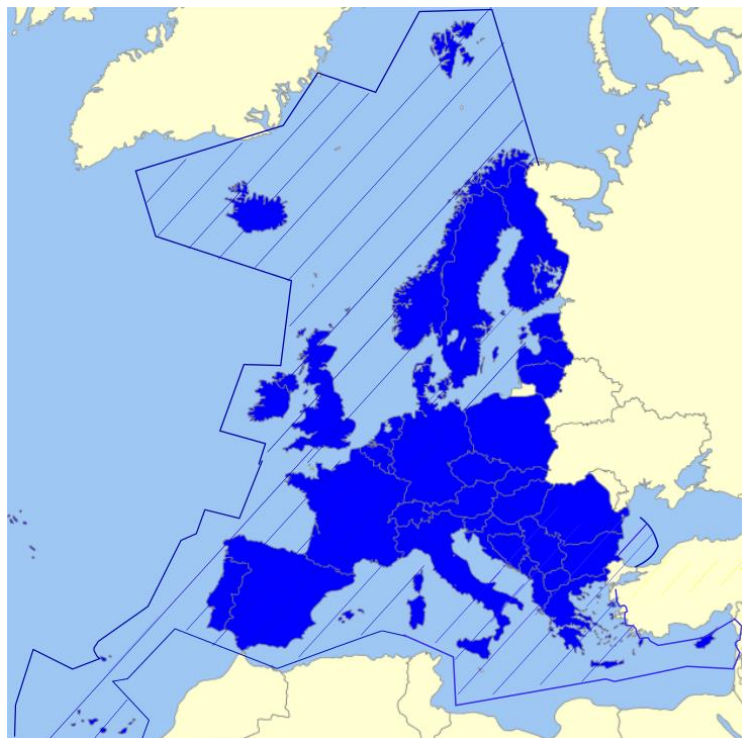


17 pav. 4 dalių FAB

Tyrime bus nagrinėjama 4 Europos oro erdvės variantai: šiandien egzistuojantys FAB (2 pav.), 4 dalių FAB (17 pav.), FAB, dalijantis Europą į 2 dalis (18 pav.) ir 1 FAB, kuris apima visą Europą (19 pav.). FAB bus vertinami pagal 3 kriterijus: maršrutų efektyvumas, išlaidos oro erdvės naudotojams ir skrydžių daroma žala aplinkai.



18 pav. FAB, dalijantis Europą į 2 dalis



19 pav. FAB, apimantis visą Europos oro erdvę

2.6 Antrojo skyriaus išvados

1. Kiekvienas Europos FAB turi siekti tobulėti saugos, oro erdvės pajėgumo ir efektyvumo gerinimo, išlaidų mažinimo ir aplinkosaugos srityje.
2. Apžvelgus šiandienos FAB atliktus tyrimus ir apžvalgas, buvo pastebėta, jog kiekvienam FAB yra svarbu įsteigti laisvuosius oro kelius tam, kad patobulėtų maršrutų efektyvumas, sumažėtų nuskristas atstumas, oro erdvės naudotojams būtų sutaupoma pinigų ir sumažintas skrydžių negiamas poveikis aplinkai. Naudojant laisvųjų oro kelių erdvę, skrydžiai taps labiau nuspėjami dėl savo stabilių ir beveik nesikeičiančių trajektorijų, tai taip pat padės geriau veikti technologijoms nustatančioms konfliktus tarp orlaivių.
3. Laisvieji oro keliai šiandien yra planuojami ne pagal oficialiai įsteigtą FAB ribas. Nors ir įsteigus FAB buvo planuojama steigti laisvuosius oro kelius FAB lygiuose, šiandien laisvieji oro keliai steigiami ir planuojami tarp šalių, kurios yra ne tik tame pačiame FAB, bet ir skirtinguose FAB.
4. Europoje planuojami 4 laisvųjų oro kelių projektai, jungiantys kelių FAB oro erdves į vieną; Borelio laisvųjų oro kelių projektas, GATE ONE laisvųjų oro kelių projektas, BLUE MED laisvųjų oro kelių projektas ir SW FAB ir FABEC laisvųjų oro kelių projektai, kuriuos ateityje planuojama sujungti. Šie 4 laisvųjų oro kelių projektai yra planuojami kurti atsižvelgus į eismo srautus, todėl šiame magistro darbe vienas iš tiriamų FAB variantų – alternatyvus Europos FAB variantas siūlomas atsižvelgiant į šiuos 4 projektus.

3. MARŠRUTŲ EFEKTYVUMO TYRIMAS SKIRTINGUOSE FAB

Atliekant tyrimą buvo išrinkti 7 skirtingų krypčių maršrutai Europos oro erdvėje. Maršrutai buvo pakoreguoti naudojant laisvuosius oro kelius dabartinių FAB lygyje, 4 dalių FAB lygyje, FAB, dalijančių Europą į 2 dalis, lygyje ir 1 FAB, kuris apima visą Europą, lygyje. Tai yra buvo laikoma, jog įskridimų ir išskridimų taškai nebuvo tarp atskirų šalių oro erdvių, bet jie egzistavo FAB lygyje. Tai reiškia, jeigu skrydžio maršrutas buvo suplanuotas taip, kad jis kirstų Lietuvos ir Lenkijos oro erdves, kadangi šios šalys sudaro Baltijos FAB, buvo laikoma, kad įskridimo taškas yra Lietuvoje, o išskridimo – Lenkijoje. Vadinasi, neegzistavo tarpinio taško tarp Lenkijos ir Lietuvos sienos. Atlikus nusukimo kelio ir sunaudotų degalų skaičiavimus, rezultatai palyginti tam, kad būtų nustatytas efektyviausias FAB maršrutų variantas. Variantas, kuriuo bus sutaupoma daugiausia kelio, bus laikomas efektyviausiu.

Tyrimo sąlygos

Atliekant tyrimą buvo laikoma, jog oro sąlygos buvo geros, be vėjo ir debesų, ir jos neturėjo įtakos maršrutams. Taip pat buvo laikoma, jog Europos oro erdvė nebuvo apkrauta ir skrydžiam nebuvo skiriami papildomi navigaciniai taškai, tam kad būtų išvengiama galimų konfliktų. Tyrimo metu buvo laikoma, jog visose Europos šalių oro erdvėse buvo taikomos vienodos kainos už oro erdvės naudojimą, nes tai yra vienas iš Bendro Europos dangaus tikslų.

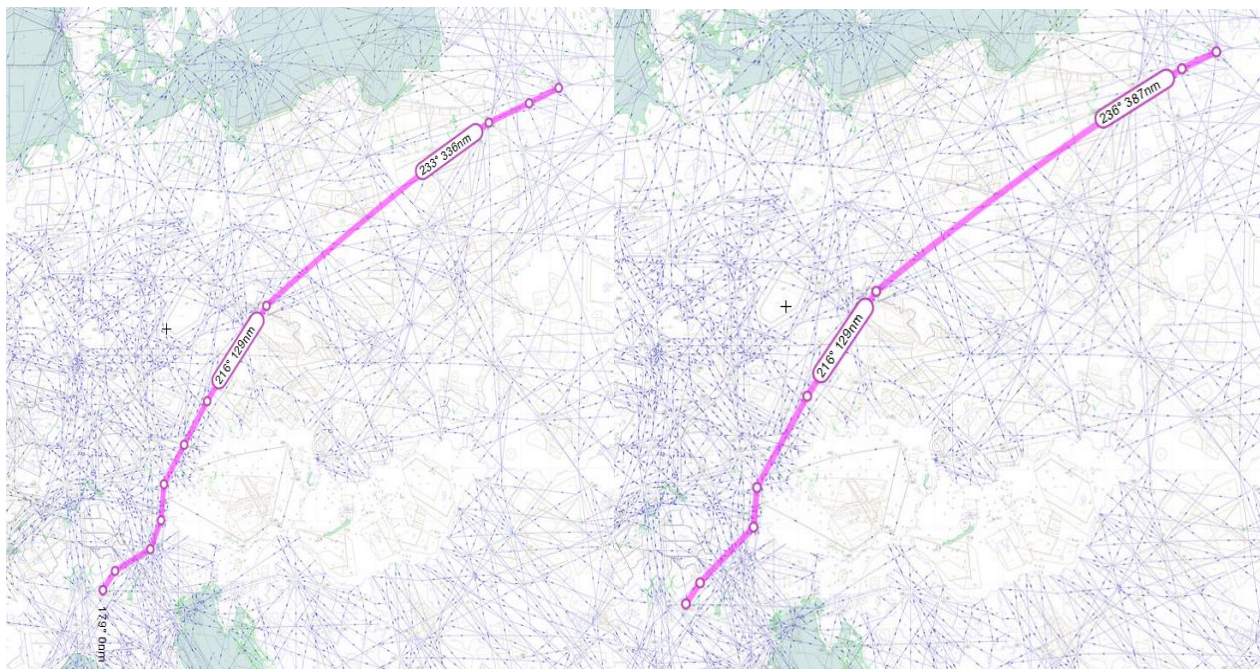
3.1 Maršruto Vilnius–Roma tyrimas pritaikius LOK

Pirmasis nagrinėjamas skrydis yra iš Vilniaus į Romą (EYVI-LIME), kurio šaukinys buvo LLC3441 ir naudojamas lėktuvas A320. Šio lėktuvo modelis kruiziniame aukštyje apyklsiai sunaudoja 3,18 kg/km degalų. Kruizinis skrydžio lygis buvo 360, o greitis 440 kt. Realiam maršrutui pritaikius LOK, gauti rezultatai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Maršruto EYVI–LIME informacija

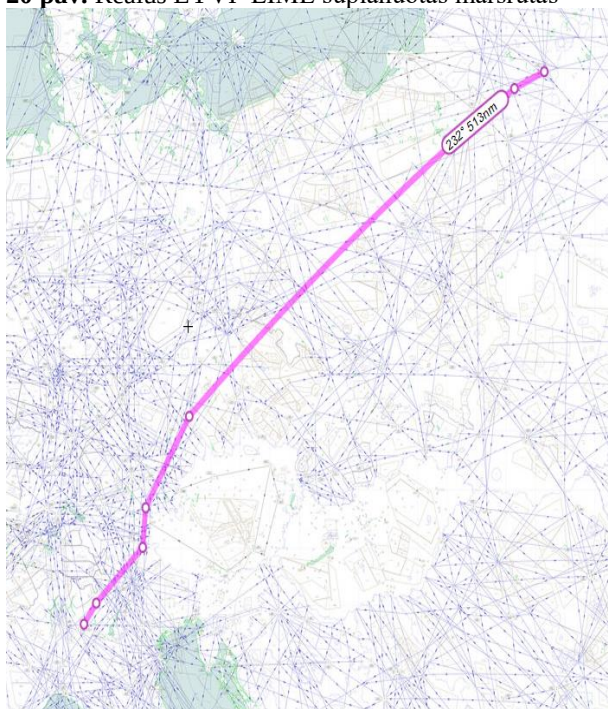
	Kruizinis kelias, NM	Sunaudotų degalų kiekis, kg	Išmesto CO ₂ kiekis, kg	Maršrutas
Realus maršrutas (20 pav.)	827,5	4873,4	14620,3	EYVI–UPASI–SUW–TOMTI – RUDAP–DOSEL–TULSI– OLPIX–NAXAV–LUSIL–LIME
Maršrutas pagal dabartinių FAB FRA (21 pav.)	821,5	4838,1	14514,3	EYVI–UPASI–TOMTI–RUDAP– TULSI–OLPIX–LUSIL–LIME
Maršrutas pagal 4 dalių FAB FRA (22 pav.)	817,6	4815,1	14445,4	EYVI–UPASI–RUDAP–TULSI– OLPIX–LUSIL– LIME
Maršrutas pagal 2 dalių FAB FRA (23 pav.)	817,6	4815,1	14445,4	EYVI – UPASI – RUDAP – TULSI – OLPIX – LUSIL – LIME
Maršrutas pagal 1 Europos FAB (24 pav.)	805,3	4742,7	14228	EYVI – UPASI – LUSIL – LIME

Naudojantis „Skyvector“ programa kiekvienu atveju buvo nustatytas maršruto atstumas ir atlikus aritmetinius skaičiavimus buvo nustatyta, kiek apytiksliai tame skrydyje būtų sudeginta degalų ir išmesta CO₂ dujų. Pagal literatūroje pateiktus skaičiavimus buvo laikoma, jog 1 kg degalų yra 3 kg CO₂. Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad šiuo atveju mažiausias maršruto atstumas, sunaudotų degalų ir išmesto CO₂ kiekis buvo 1 FAB Europos oro erdvėje.

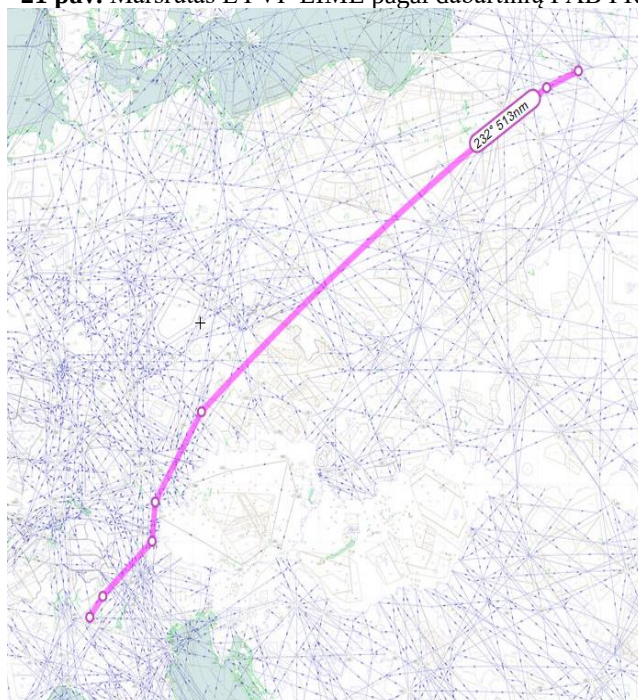


20 pav. Realus EYVI–LIME suplanuotas maršrutas

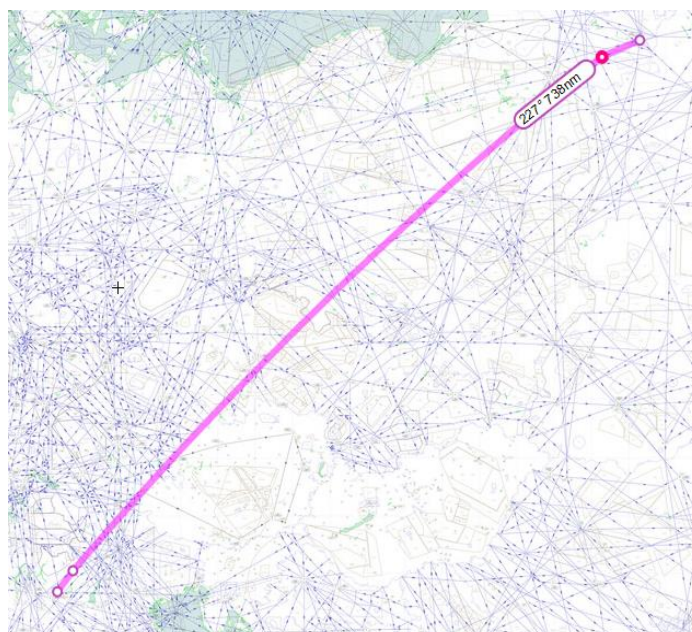
21 pav. Maršrutas EYVI–LIME pagal dabartinių FAB FRA



22 pav. Maršrutas EYVI–LIME pagal 4 dalių FAB FRA



23 pav. Maršrutas EYVI–LIME pagal 2 dalių FAB FRA



24 pav. Maršrutas EYVI–LIME pagal 1 Europos FAB FRA

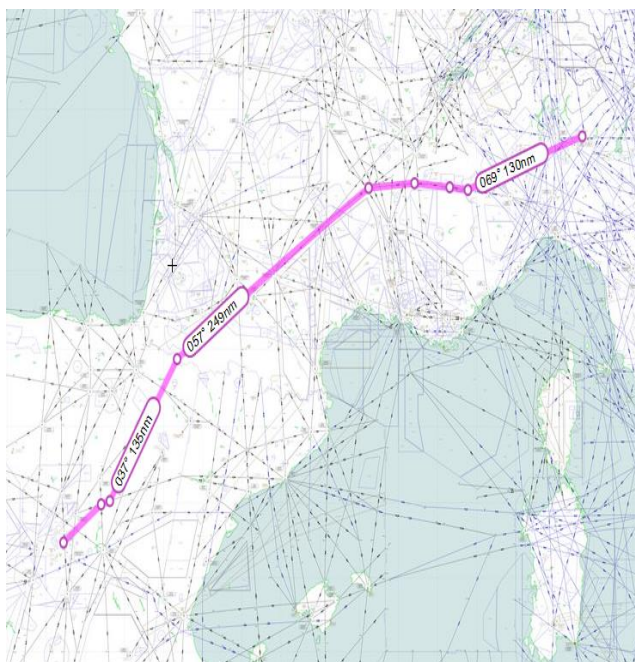
3.2 Maršruto Madridas–Roma tyrimas pritaikius LOK

Antrasis nagrinėjamas skrydis yra iš Madrido į Romą (LEMD-LIME), kurio šaukinys buvo RYR54XM ir naudojamas lėktuvas B738. Šio lėktuvo modelis kruiziniam aukštyje apyklsiai sunaudoja 3,17 kg/km degalų. Kruizinis skrydžio lygis buvo 360, o greitis 441 kt. Realiam maršrutui pritaikius LOK, gauti rezultatai pateikti 3 lentelėje.

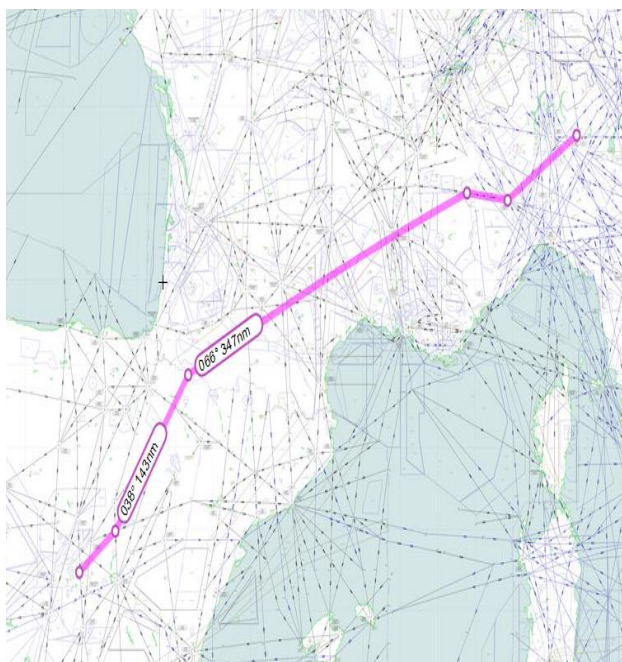
3 lentelė. Maršruto LEMD–LIME informacija

	Kruizinis kelias, NM	Sunaudoti degalai, kg	Išmesto CO ₂ kiekis, kg	Maršrutas
Realus maršrutas (25 pav.)	685,7	4025,6	12076,9	LEMD–PINAR–SEGRE–LATEK–LATAM–ETIDO–RILIP–BLONA–LIME
Maršrutas pagal dabartinių FAB FRA (26 pav.)	670,9	3938,7	11816,2	LEMD–PINAR–LATEK–BLONA–TOP–LIME
Maršrutas pagal 4 dalių FAB FRA (27 pav.)	670,9	3938,7	11816,2	LEMD–PINAR–LATEK–BLONA–TOP–LIME
Maršrutas pagal 2 dalių FAB FRA (28 pav.)	660,1	3875,3	11626	LEMD–PINAR–TOP–LIME
Maršrutas pagal 1 Europos FAB (29 pav.)	660,1	3875,3	11626	LEMD–PINAR–TOP–LIME

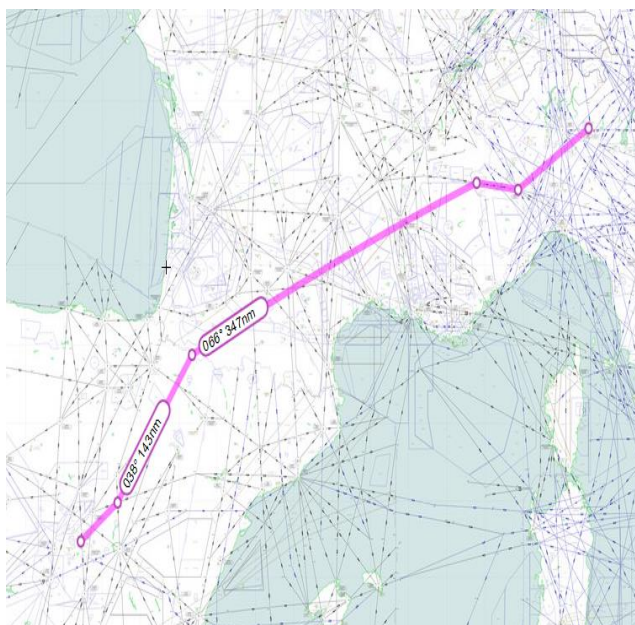
Naudojantis „Skyvector“ programa kiekvienu atveju buvo nustatytas maršruto atstumas ir atlikus aritmetinius skaičiavimus buvo nustatyta, kiek apytiksliai tame skrydyje būtų sudeginta degalų ir išmesta CO₂ dujų. Pagal literatūroje pateiktus skaičiavimus buvo laikoma, jog 1 kg degalų yra 3 kg CO₂. Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad šiuo atveju mažiausias maršruto atstumas, sunaudotų degalų ir išmesto CO₂ kiekis buvo 1 ir 2 dalių FAB Europos oro erdvėse.



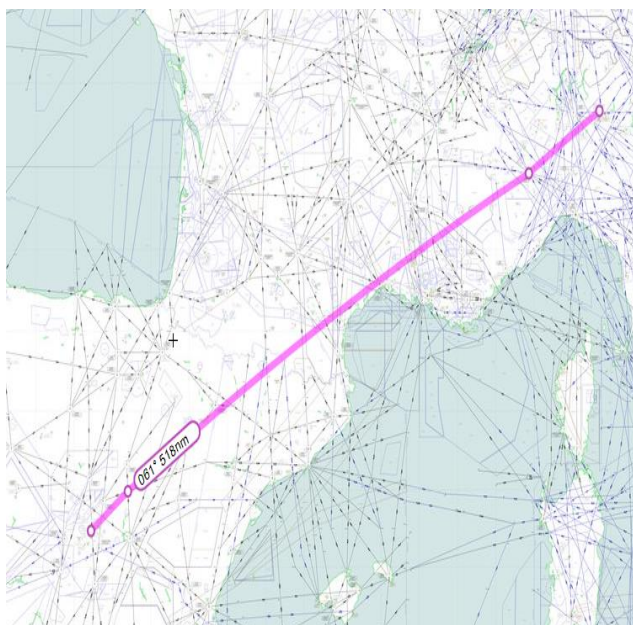
25 pav. Realus LEMD–LIME suplanuotas maršrutas



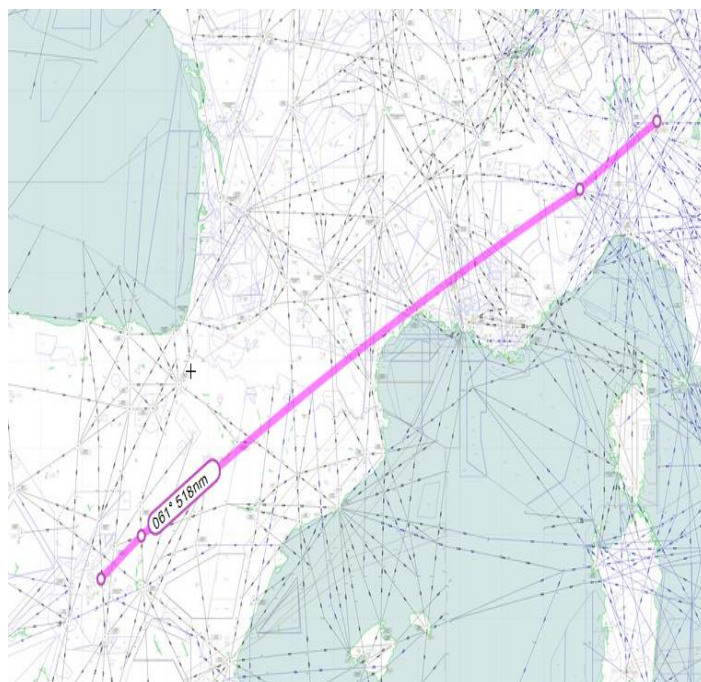
26 pav. Maršrutas LEMD–LIME pagal dabartinių FAB FRA



27 pav. Maršrutas LEMD–LIME pagal 4 dalių FAB FRA



28 pav. Maršrutas LEMD–LIME pagal 2 dalių FAB FRA



29 pav. Maršrutas LEMD–LIME pagal 1 Europos FAB FRA

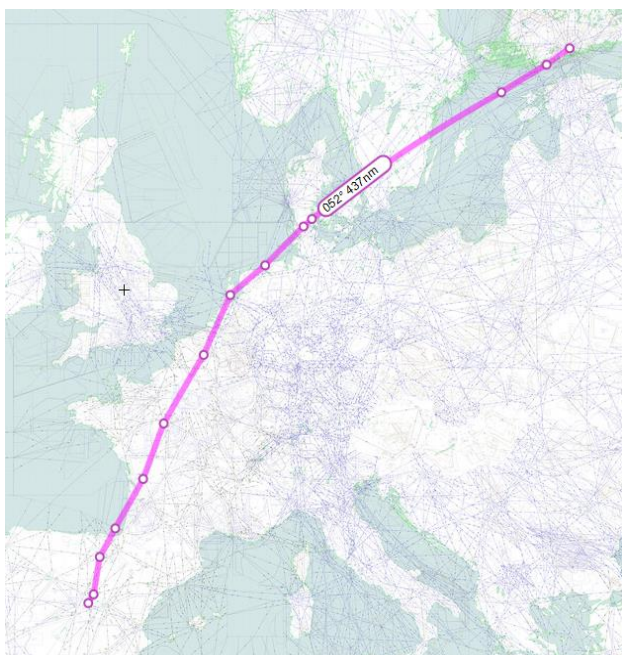
3.3 Maršruto Madridas–Helsinkis tyrimas pritaikius LOK

Trečiasis nagrinėjamas skrydis yra iš Madrido į Helsinkį (LEMD-EFHK), kurio šaukinys buvo IBK615 ir naudojamas lėktuvas B738. Šio lėktuvo modelis kruiziniame aukštyje apyksliai sunaudoja 3,17 kg/km degalų. Kruizinis skrydžio lygis buvo 380, o greitis 447 kt. Realiam maršrutui pritaikius LOK, gauti rezultatai pateikti 4 lentelėje.

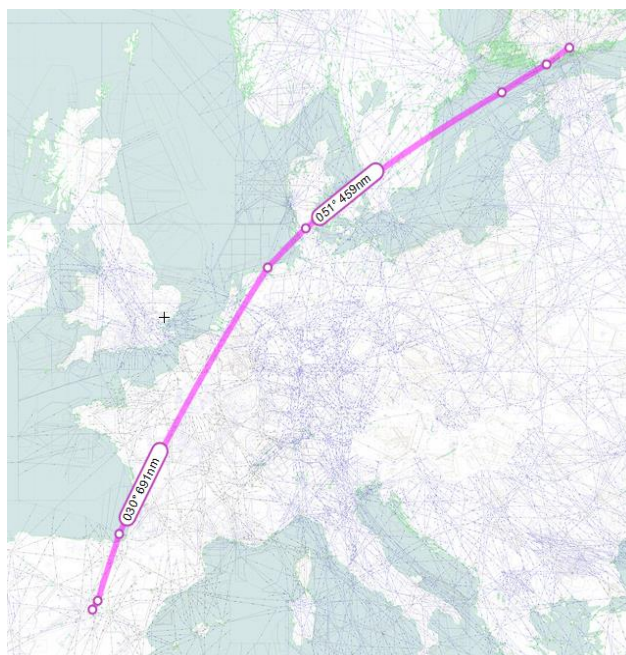
4 lentelė. Maršruto LEMD–EFHK informacija

	Kruizinis kelias, NM	Sunaudoti degalai, kg	Išmesto CO ₂ kiekis, kg	Maršrutas
Realus maršrutas (30 pav.)	1620,8	9515,45	28546,37	LEMD–RBO–DGO–ABRIX–CNA–VANAD–VEKIN–SPY–JUIST–DOSUR–TALSA–ALAMI–DIVAM
Maršrutas pagal dabartinių FAB FRA (31 pav.)	1610,4	9454,4	28363,2	LEMD–RBO–ABRIX–JUIST–DOSUR–ALAMI–DIVAM–EFHK
Maršrutas pagal 4 dalių FAB FRA (32 pav.)	1606,7	9432,7	28298	LEMD–RBO–DOSUR–DIVAM–EFHK
Maršrutas pagal 2 dalių FAB FRA (33 pav.)	1593,9	9357,5	28072,6	LEMD–RBO–DIVAM–EFHK
Maršrutas pagal 1 Europos FAB (34 pav.)	1593,9	9357,5	28072,6	LEMD–RBO–DIVAM–EFHK

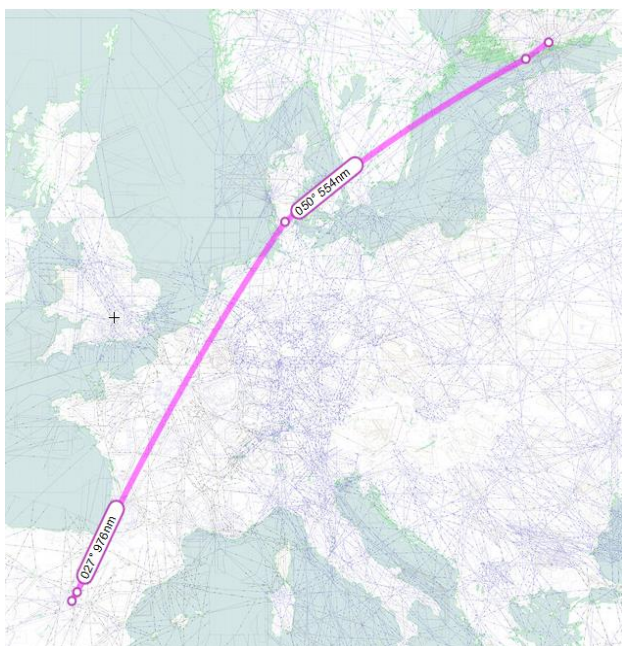
Naudojantis „Skyvector“ programa kiekvienu atveju buvo nustatytas maršruto atstumas ir atlikus aritmetinius skaičiavimus buvo nustatyta, kiek apytiksliai tame skrydyje būtų sudeginta degalų ir išmesta CO₂ dujų. Pagal literatūroje pateiktus skaičiavimus buvo laikoma, jog 1 kg degalų yra 3 kg CO₂. Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad šiuo atveju mažiausias maršruto atstumas, sunaudotų degalų ir išmesto CO₂ kiekis buvo 1 ir 2 dalių FAB Europos oro erdvėse.



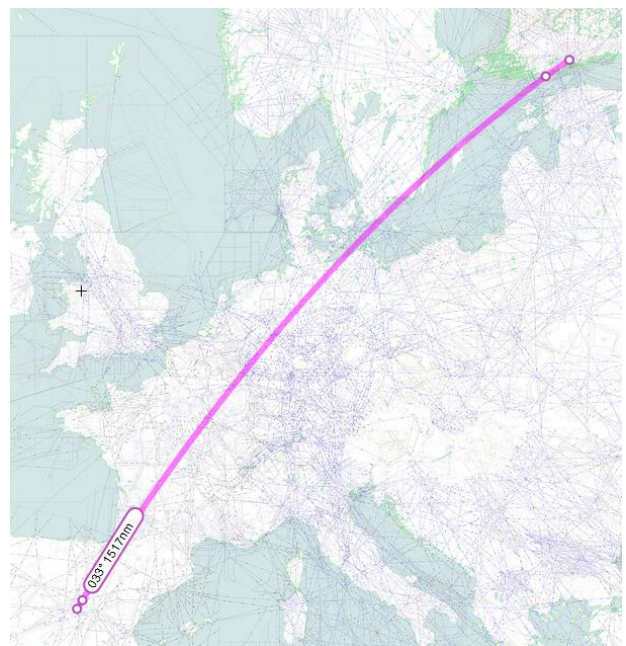
30 pav. Realus LEMD–EFHK suplanuotas maršrutas



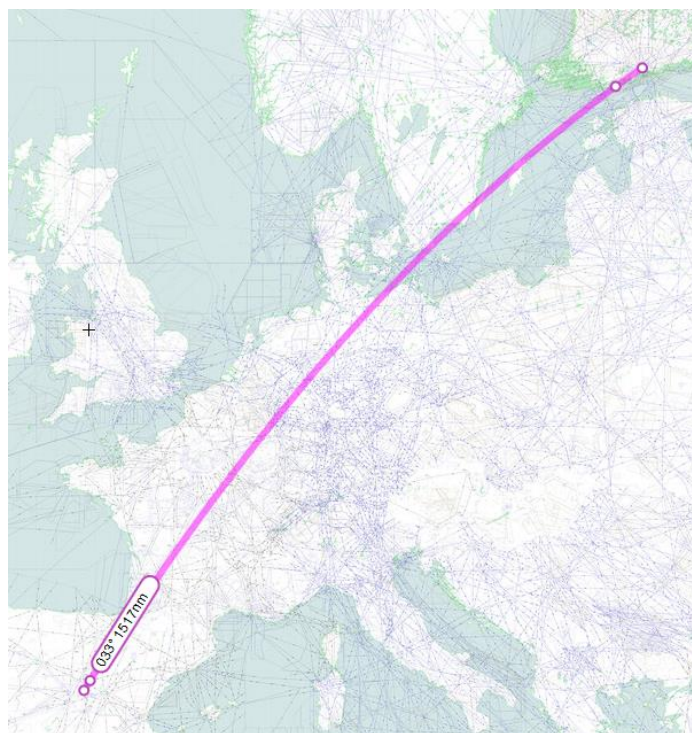
31 pav. Maršrutas LEMD–EFHK pagal dabartinių FAB
FRA



32 pav. Maršrutas LEMD–EFHK pagal 4 dalių FAB
FRA



33 pav. Maršrutas LEMD–EFHK pagal 2 dalių FAB
FRA



34 pav. Maršrutas LEMD–EFHK pagal 1 Europos FAB FRA

3.4 Maršruto Kijevas–Lutonas tyrimas pritaikius LOK

Ketvirtasis nagrinėjamas skrydis yra iš Kijevo į Lutoną (UKBB-EGGW), kurio šaukinys buvo GMA705 ir naudojamas lėktuvas CRJ7. Šio lėktuvo modelis kruiziniame aukštyje apyksliai sunaudoja 2,34 kg/km degalų. Kruizinis skrydžio lygis buvo 430, o greitis 491 kt. Realiam maršrutui pritaikius LOK, gauti rezultatai pateikti 5 lentelėje.

5 lentelė. Maršruto UKBB–EGGW informacija

	Kruizinis kelias, NM	Sunaudoti degalai, kg	Išmesto CO ₂ kiekis, kg	Maršrutas
Realus maršrutas (35 pav.)	1179,6	5112	15336	UKBB–KR–OKROT–TOLPA–POLON–SUI–RKN–IDESI–EGGW
Maršrutas pagal dabartinių FAB FRA (36 pav.)	1179,3	5110,7	15332,1	UKBB–KR–OKROT–TOLPA–SUI–IDESI–EGGW
Maršrutas pagal 4 dalių FAB FRA (37 pav.)	1179,3	5110,7	15332,1	UKBB–KR–OKROT–TOLPA–SUI–IDESI–EGGW
Maršrutas pagal 2 dalių FAB FRA (38 pav.)	1178,5	5107,2	15321,7	UKBB–KR–OKROT–TOLPA–SUI–EGGW
Maršrutas pagal 1 Europos FAB (39 pav.)	1177,8	5104,2	15312,5	UKBB–KR–OKROT–TOLPA–EGGW

Naudojantis „Skyvector“ programa kiekvienu atveju buvo nustatytas maršruto atstumas ir atlikus aritmetinius skaičiavimus buvo nustatyta, kiek apytiksliai tame skrydyje būtų sudeginta degalų ir išmesta CO₂ dujų. Pagal literatūroje pateiktus skaičiavimus buvo laikoma, jog 1 kg degalų yra 3 kg CO₂. Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad šiuo atveju mažiausias maršruto atstumas, sunaudotų degalų ir išmesto CO₂ kiekis buvo 1 FAB Europos oro erdvėje.



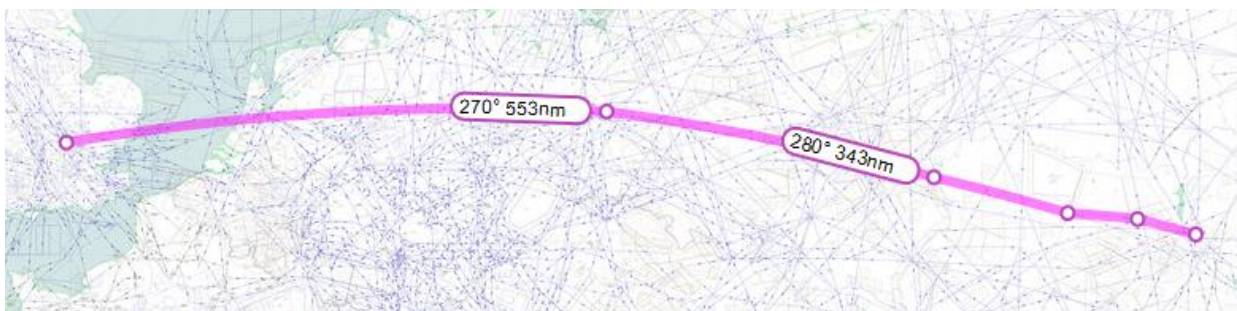
35 pav. Realus UKBB–EGGW suplanuotas maršrutas



36 pav. Maršrutas UKBB–EGGW pagal dabartinių FAB FRA



37 pav. Maršrutas UKBB–EGGW pagal 4 dalių FAB FRA



38 pav. Maršrutas UKBB–EGGW pagal 2 dalių FAB FRA



39 pav. Maršrutas UKBB–EGGW pagal 1 Europos FAB FRA

3.5 Maršruto Kijevas–Mančesteris tyrimas pritaikius LOK

Penktasis nagrinėjamas skrydis yra iš Kijevo į Mančesterį (UKBB-EGCC), kurio šaukinys buvo HFY731 ir naudojamas lėktuvas A345. Šio lėktuvo modelis kruiziname aukštyje apyklsiai sunaudoja 6,11 kg/km degalų. Kruizinis skrydžio lygis buvo 400, o greitis 478 kt. Realiam maršrutui pritaikius LOK, gauti rezultatai pateikti 6 lentelėje.

6 lentelė. Maršruto UKBB–EGCC informacija

	Kruizinis kelias, NM	Sunaudoti degalai, kg	Išmesto CO ₂ kiekis, kg	Maršrutas
Realus maršrutas (40 pav.)	1252,8	14176,3	42529	UKBB–KR–LAPVA–TOLPA–POLON–SUI–FLEVO–SPY–RAVLO–OTBED–EGCC
Maršrutas pagal dabartinių FAB FRA (41 pav.)	1246	14099,3	42298,1	UKBB–KR–LAPVA–TOLPA–SUI–RAVLO–OTBED–EGCC
Maršrutas pagal 4 dalių FAB FRA (42 pav.)	1246	14099,3	42298,1	UKBB–KR–LAPVA–TOLPA–SUI–RAVLO–OTBED–EGCC
Maršrutas pagal 2 dalių FAB FRA (43 pav.)	1243,1	14066,5	42199,7	UKBB–KR–LAPVA–TOLPA–SUI–OTBED–EGCC
Maršrutas pagal 1 Europos FAB (44 pav.)	1243	14065,4	42196,1	UKBB–KR–LAPVA–TOLPA–OTBED–EGCC

Naudojantis „Skyvector“ programa kiekvienu atveju buvo nustatytas maršruto atstumas ir atlikus aritmetinius skaičiavimus buvo nustatyta, kiek apytiksliai tame skrydyje būtų sudeginta degalų ir išmesta CO₂ dujų. Pagal literatūroje pateiktus skaičiavimus buvo laikoma, jog 1 kg degalų yra 3 kg CO₂. Atlikus skaičiavimus buvo nustatyta, kad šiuo atveju mažiausias maršruto atstumas, sunaudotų degalų ir išmesto CO₂ kiekis buvo 1 FAB Europos oro erdvėje.



40 pav. Realus UKBB–EGCC suplanuotas maršrutas



41 pav. Maršrutas UKBB–EGCC pagal dabartinių FAB FRA



42 pav. Maršrutas UKBB–EGCC pagal 4 dalių FAB FRA



43 pav. Maršrutas UKBB–EGCC pagal 2 dalių FAB FRA



44 pav. Maršrutas UKBB–EGCC pagal 1 Europos FAB FRA

3.6 Maršruto Stambulas–Hitrou tyrimas pritaikius LOK

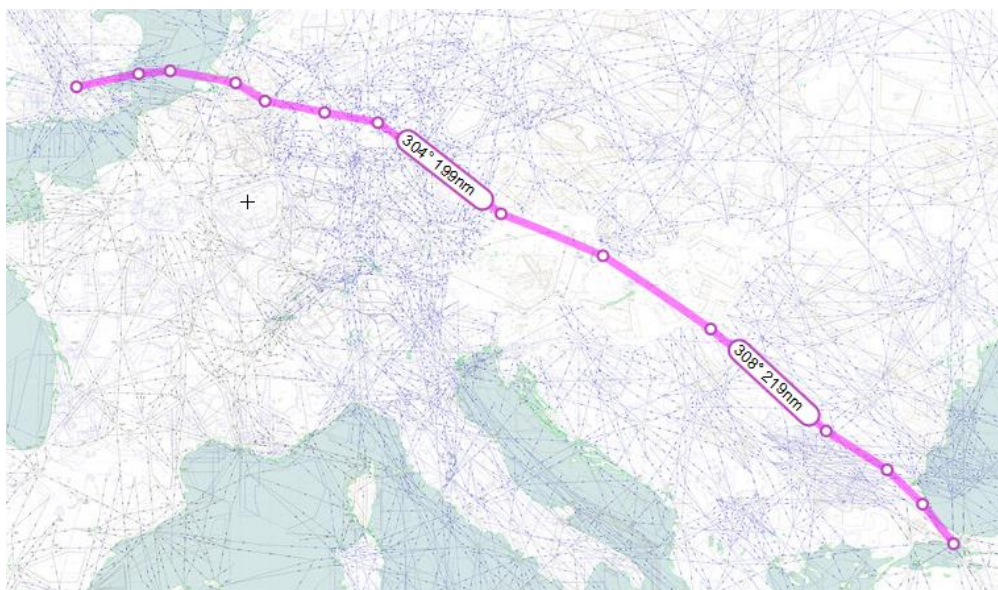
Šeštasis nagrinėjamas skrydis yra iš Stambulo į Hitrou (LTBA-EGLL), kurio šaukinys buvo THY1JR ir naudojamas lėktuvas A333. Šio lėktuvo modelis kruiziniame aukštyje apytiksliai sunaudoja 6,28 kg/km degalų. Kruizinis skrydžio lygis buvo 360, o greitis 470 kt. Realiam maršrutui pritaikius LOK, gauti rezultatai pateikti 7 lentelėje.

7 lentelė. Maršruto LTBA–EGLL informacija

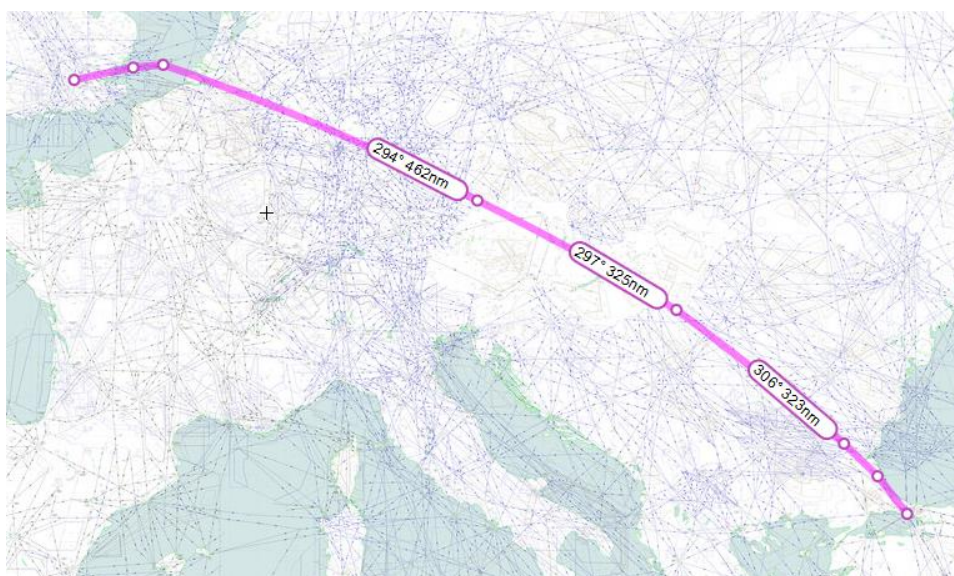
	Kruizinis kelias, NM	Sunaudoti degalai, kg	Išmesto CO ₂ kiekis, kg	Maršrutas
Realus maršrutas (45 pav.)	1387,8	16140,8	48422,6	LTBA–TUDBU–ETUBA–NAVOD–MOPUG–BEGLA–DEXIT–MASEK–PODIP–TORNÜ–BREDÄ–REFSO–LOGAN–EGLL
Maršrutas pagal dabartinių FAB FRA (46 pav.)	1376,9	16014,1	48042,3	LTBA–TUDBU–ETUBA–MOPUG–DEXIT–REFSO–LOGAN–EGLL
Maršrutas pagal 4 dalių FAB FRA (47 pav.)	1375,9	16002,4	48007,4	LTBA–TUDBU–DEXIT–REFSO–LOGAN–EGLL
Maršrutas pagal 2 dalių FAB FRA (48 pav.)	1372,9	15967,5	47902,5	LTBA–TUDBU–DEXIT–LOGAN–EGLL
Maršrutas pagal 1 Europos FAB (49 pav.)	1372,3	15960,5	47881,6	LTBA–TUDBU–LOGAN–EGLL

Naudojantis „Skyvector“ programa kiekvienu atveju buvo nustatytas maršruto atstumas ir atlikus aritmetinius skaičiavimus buvo nustatyta, kiek apytiksliai tame skrydyje būtų sudeginta degalų ir išmesta CO₂ dujų. Pagal literatūroje pateiktus skaičiavimus buvo laikoma, jog 1 kg degalų yra 3 kg

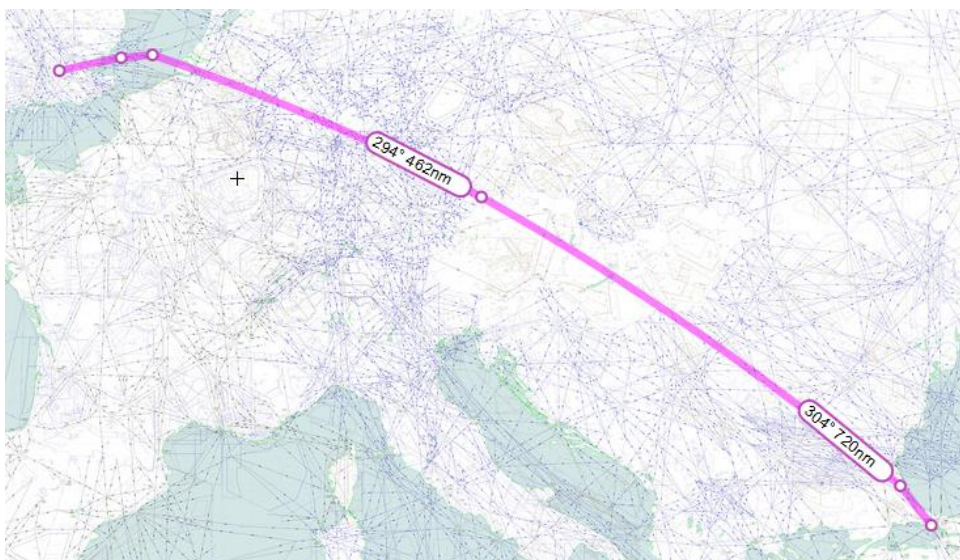
CO₂. Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad šiuo atveju mažiausias maršruto atstumas, sunaudotų degalų ir išmesto CO₂ kiekis buvo 1 FAB Europos oro erdvėje.



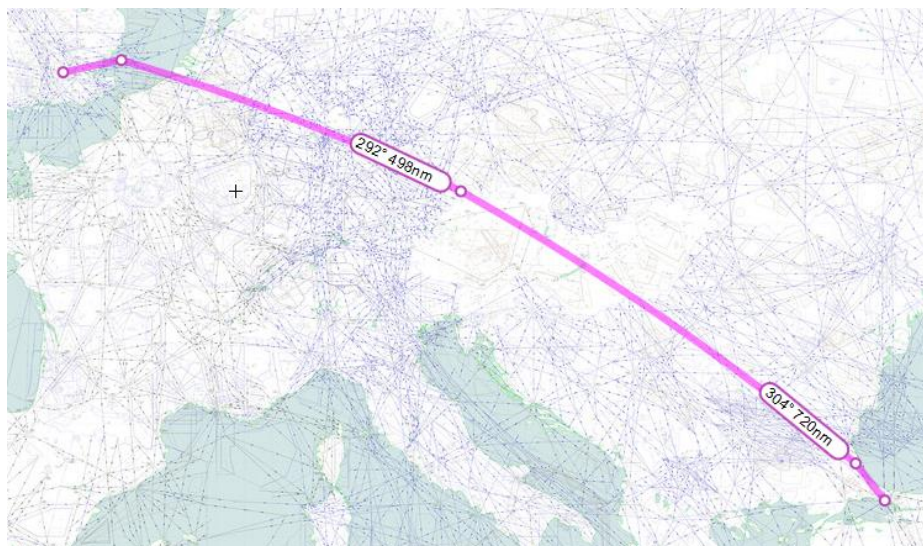
45 pav. Realus LTBA–EGLL suplanuotas maršrutas



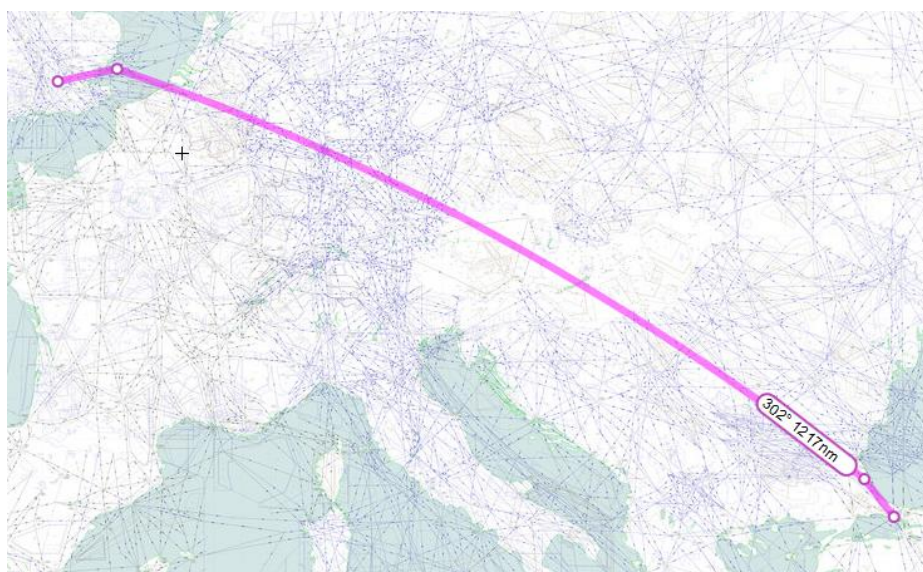
46 pav. Maršrutas LTBA–EGLL pagal dabartinių FAB FRA



47 pav. Maršrutas LTBA–EGLL pagal 4 dalių FAB FRA



48 pav. Maršrutas LTBA–EGLL pagal 2 dalių FAB FRA



49 pav. Maršrutas LTBA–EGLL pagal 1 Europos FAB FRA

3.7 Maršruto Stambulas–Barselona tyrimas pritaikius LOK

Septintasis nagrinėjamas skrydis yra iš Stambulo į Barseloną (LTBA-LEBL), kurio šaukinys buvo THY5BF ir naudojamas lėktuvas A333. Šio lėktuvo modelis kruiziniame aukštyje apyksliai sunaudoja 6,28 kg/km degalų. Kruizinis skrydžio lygis buvo 380, o greitis 450 kt. Realiam maršrutui pritaikius LOK, gauti rezultatai pateikti 8 lentelėje.

8 lentelė. Maršruto LTBA–LEBL informacija

	Kruizinis kelias, NM	Sunaudoti degalai, kg	Išmesto CO ₂ kiekis, kg	Maršrutas
Realus maršrutas (50 pav.)	1277,2	14854,5	44563,6	LTBA–VADEN–DOLAP–RAMAP–REMSO–TORPO–GEKBA–VAMTU–GANGU–DIVKO–BISBA–NENDA–LEBL
Maršrutas pagal dabartinių FAB FRA (51 pav.)	1269,7	14767,3	44301,9	LTBA–VADEN–DOLAP–RAMAP–TORPO–VAMTU–BISBA–NENDA–LEBL
Maršrutas pagal 4 dalių FAB FRA (52 pav.)	1264,6	14708	44124	LTBA–VADEN–TORPO–VAMTU–NENDA–LEBL
Maršrutas pagal 2 dalių FAB FRA (53 pav.)	1264	14701	44103	LTBA–VADEN–VAMTU–NENDA–LEBL
Maršrutas pagal 1 Europos FAB (54 pav.)	1228,5	14288,1	42864,3	LTBA–VADEN–NENDA–LEBL

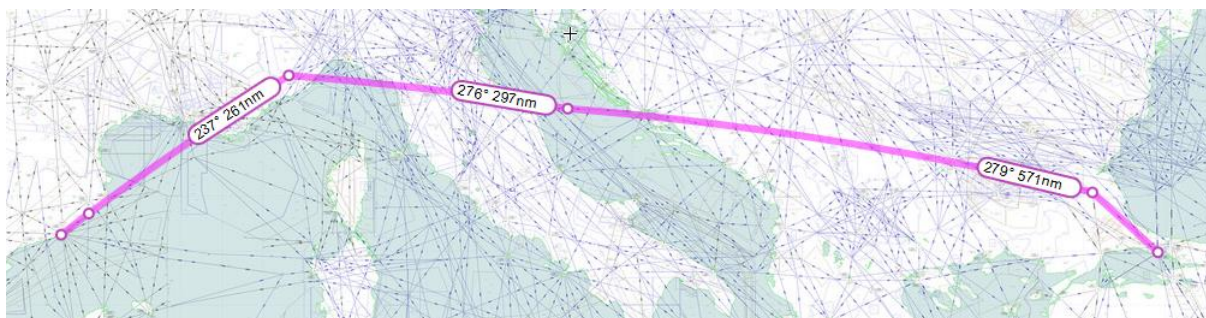
Naudojantis „Skyvector“ programa kiekvienu atveju buvo nustatytas maršruto atstumas ir atlikus aritmetinius skaičiavimus buvo nustatyta, kiek apytiksliai tame skrydyje būtų sudeginta degalų ir išmesta CO₂ dujų. Pagal literatūroje pateiktus skaičiavimus buvo laikoma, jog 1 kg degalų yra 3 kg CO₂. Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad šiuo atveju mažiausias maršruto atstumas, sunaudotų degalų ir išmesto CO₂ kiekis buvo 1 FAB Europos oro erdvėje.



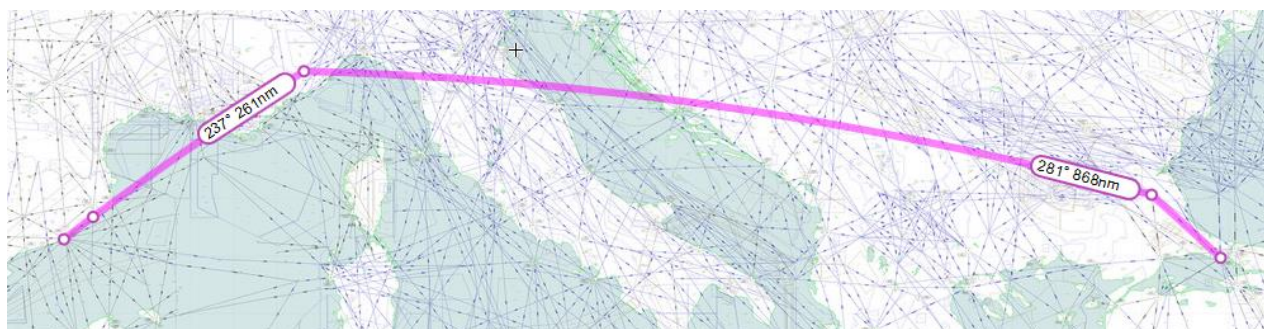
50 pav. Realus LTBA–LEBL suplanuotas maršrutas



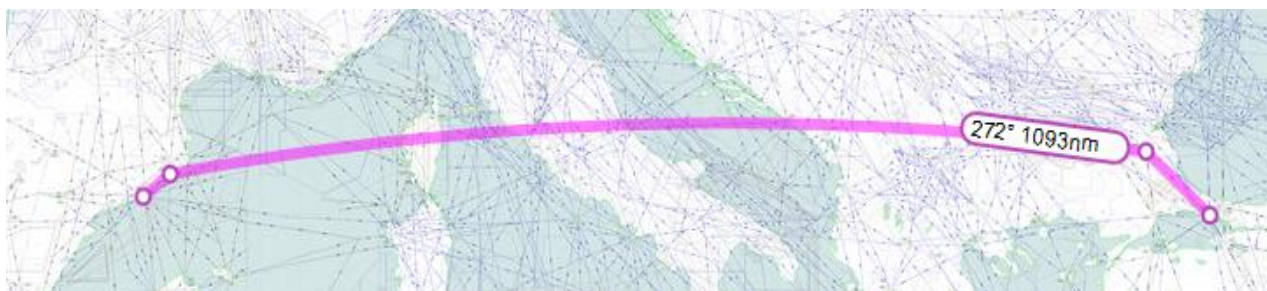
51 pav. Maršrutas LTBA–LEBL pagal dabartinių FAB FRA



52 pav. Maršrutas LTBA–LEBL pagal 4 dalių FAB FRA



53 pav. Maršrutas LTBA–LEBL pagal 2 dalių FAB FRA



54 pav. Maršrutas LTBA–LEBL pagal 1 Europos FAB FRA

3.8 Tyrimų rezultatai

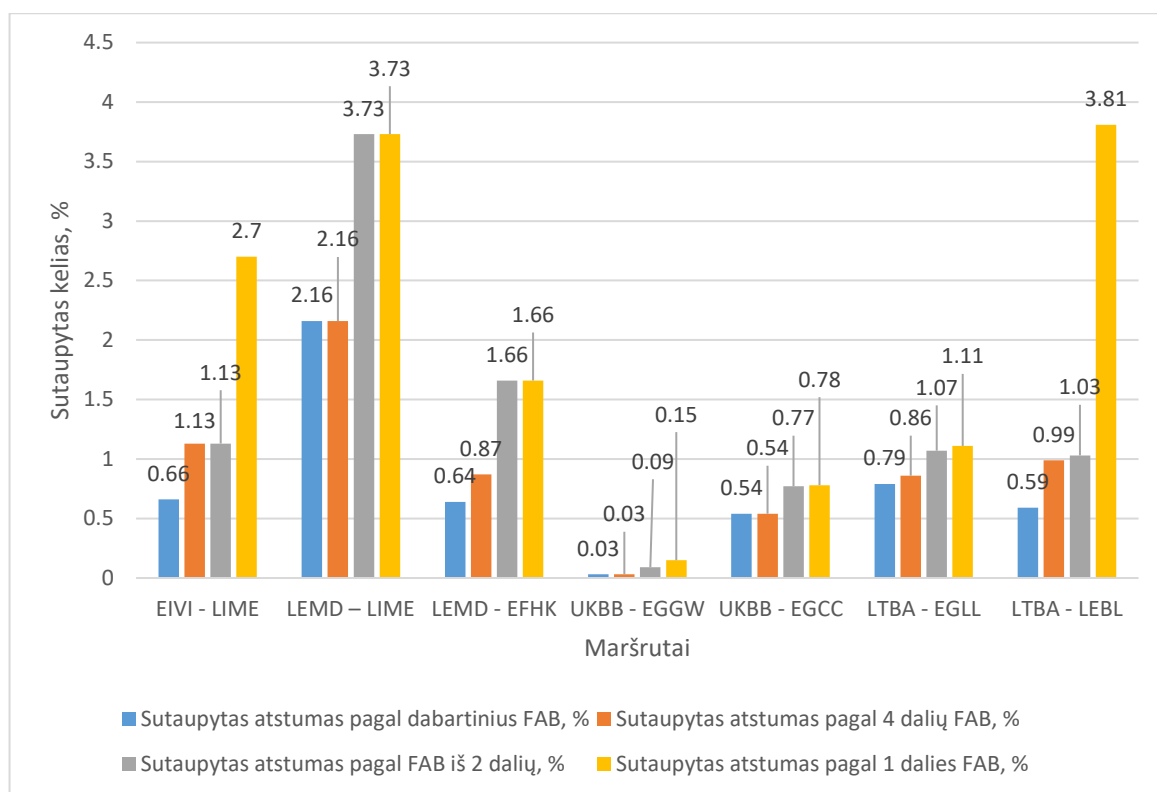
Atlikus maršrutų tyrimus buvo apskaičiuota, kiek kelio buvo sutaupyta realiam maršrutui pritaikius laisvuosius oro kelius dabartinių FAB lygyje, siūlomų FAB lygyje, 2 FAB lygyje ir 1 FAB lygyje. Skaičiavimai pateikti 9 ir 10 lentelėse ir grafikuose (56 pav., 57 pav.)

9 lentelė. Maršrutų sutaupyto kelio duomenys jūrmylėmis jiems pritaikius LOK skirtinguose FAB

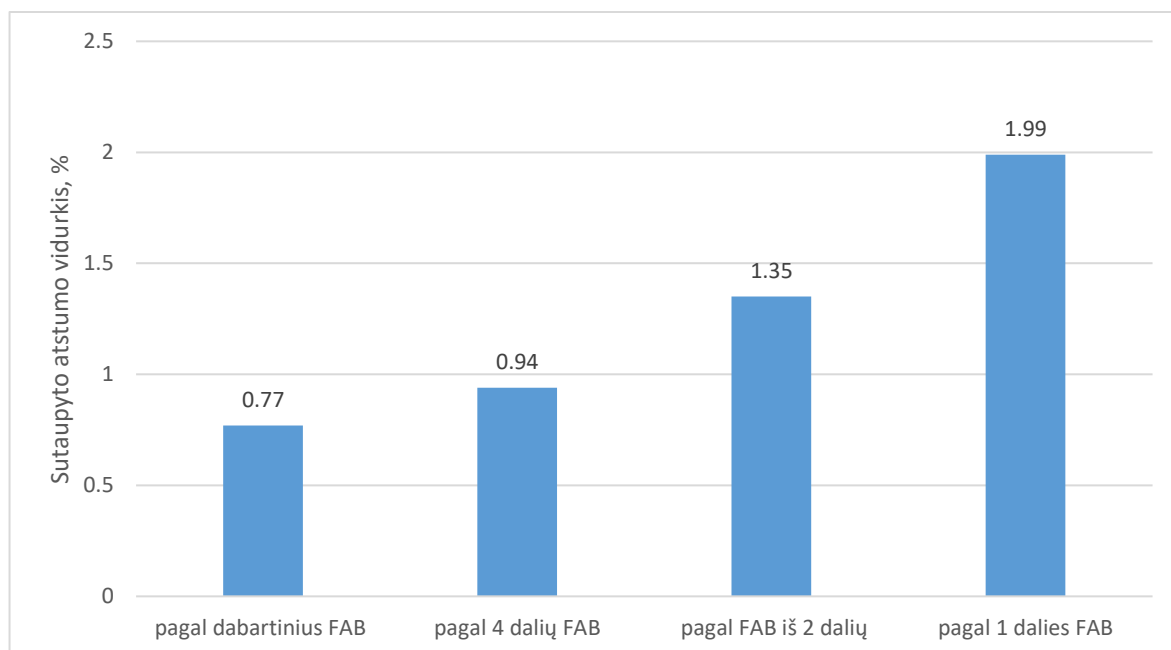
Maršrutas	Sutaupytas atstumas pagal dabartinius FAB, nm	Sutaupytas atstumas pagal 4 dalių FAB, nm	Sutaupytas atstumas pagal FAB iš 2 dalių, nm	Sutaupytas atstumas pagal 1 dalies FAB, nm
EIVI - LIME	5,5	9,4	9,4	22,2
LEMD – LIME	14,8	14,8	25,6	25,6
LEMD - EFHK	10,4	14,1	26,9	26,9
UKBB - EGGW	0,3	0,3	1,1	1,8
UKBB - EGCC	6,8	6,8	9,7	9,8
LTBA - EGLL	10,9	11,9	14,9	15,5
LTBA - LEBL	7,5	12,6	13,2	48,7

10 lentelė. Maršrutų sutaupyto kelio duomenys procentais jiems pritaikius LOK skirtinguose FAB

Maršrutas	Sutaupytas atstumas pagal dabartinius FAB, FAB, %	Sutaupytas atstumas pagal 4 dalių FAB, %	Sutaupytas atstumas pagal FAB iš 2 dalių, %	Sutaupytas atstumas pagal 1 dalies FAB, %
EIVI - LIME	0,66	1,13	1,13	2,7
LEMD – LIME	2,16	2,16	3,73	3,73
LEMD - EFHK	0,64	0,87	1,66	1,66
UKBB - EGGW	0,03	0,03	0,09	0,15
UKBB - EGCC	0,54	0,54	0,77	0,78
LTBA - EGLL	0,79	0,86	1,07	1,11
LTBA - LEBL	0,59	0,99	1,03	3,81



55 pav. Sutaupyto kelio grafikas maršrutams pritaikius LOK



56 pav. Sutaupyto kelio vidurkio grafikas maršrutams pritaikius LOK

Iš pateiktų rezultatų (56 pav.) matyti, jog daugiausia atstumo buvo sutaupyta maršrutams pritaikius laisvuosius oro kelius, jeigu Europos oro erdvė būtų sudaryta tik iš 1 FAB. Iš to galima daryti išvadą, jog kuo didesni FAB, tuo efektyvesni skrydžiai.

Kaip ir minėta anksčiau, tyrimai buvo atlikti geromis oro sąlygomis, be stipraus vėjo ir debesų, oro erdvė nebuvo apkrauta ir eismo intensyvumas mažas. Realioje situacijoje skrydžiui gali būti suplanuoti papildomi navigaciniai taškai tam, kad būtų išvengiama pavojingų skrydžiui

meteorologinių sąlygų. Taip pat papildomi navigaciniai taškai dėl saugos sumetimų galėtų būti paskirti skrydžių vadovo. Dėl šių priežasčių realaus skrydžio atveju sutaupyta kelias nebūtų toks didelis kaip darbe atliktame tyrime.

Nustačius sutaupyta kelią pritaikius laisvuosius oro maršrutus, atsižvelgus į orlaivių tipus ir nuskristą kelią, buvo apskaičiuota, kiek degalų apytiksliai galėtų būti sutaupyta kiekvienu atveju. Skaičiuojant sutaupyta kurą ir išmestą CO₂ kiekį, taip pat kaip ir skaičiuojant kelią, buvo laikoma, jog meteorologinės sąlygos buvo geros, be stipraus vėjo ir debesų. Dėl to degalų ir CO₂ skaičiavimai yra apytiksliai. Pagal literatūroje pateiktus skaičiavimus buvo laikoma, jog 1 kg degalų yra 3 kg CO₂. 11 lentelėje pateikti sunaudotų degalų ir išmesto CO₂ kiekio skaičiai.

11 lentelė. Maršrutų sunaudotų degalų ir išmesto CO₂ duomenys jiems pritaikius LOK skirtinguose FAB

Maršrutas	Sutaupyti degalai pagal dabartinius FAB, kg	CO ₂ , kg	Sutaupyti degalai pagal 4 dalių FAB, kg	CO ₂ , kg	Sutaupyti degalai pagal FAB iš 2 dalių, kg	CO ₂ , kg	Sutaupyti degalai pagal 1 dalies FAB, kg	CO ₂ , kg
EIVI–LIME	35,3	106	58,26	174,9	58,26	174,9	130,7	392,1
LEMD–LIME	86,89	260,7	86,89	260,7	150,33	450,9	150,3	450,9
LEMD–EFHK	61,06	183,2	82,76	248,4	157,96	473,9	157,95	473,85
UKBB–EGGW	1,3	3,9	1,3	3,9	4,8	14,4	7,8	23,4
UKBB–EGCC	76,9	230,7	76,9	230,7	109,7	109,7	110,9	332,7
LTBA–EGLL	126,8	380,4	138,4	415,2	172,19	516,6	150,3	450,9
LTBA–LEBL	87,3	261,9	146,6	439,8	153,6	460,8	566,4	1699,2

Iš 11 lentelės matoma, jog didžiausias sunaudotų degalų ir išmesto CO₂ kiekis, taip pat kaip ir sutaupyto kelio skaičiavimuose, yra FAB, kuris apima visą Europą. Tai reiškia, kad oro erdvės naudotojams bus sutaupyta daugiausiai pinigų, ir poveikis aplinkai bus mažiausias. Sauga, oro erdvės efektyvumas, išlaidų mažinimas oro erdvės naudotojams ir skrydžių neigiamo poveikio aplinkai mažinimas yra vieni pagrindinių BED ir FAB tikslų.

Nors ir apskaičiavus, kad efektyviausias Europos FAB variantas yra 1 bloko oro erdvė, magistro darbe siūlomas 4 dalių FAB, kuris sudarytas pagal oficialius laisvųjų oro kelių projektus (17 pav.). Tyrime buvo nustatyta, jog šiame magistro darbe siūlomas 4 dalių FAB variantas yra ne toks efektyvus, kaip didesni Europos FAB, bet šis variantas šiuo metu yra labiau tikėtinas sprendžiant iš oficialių planų ir susitarimų tarp dabartinių Europos FAB. Taip pat atsižvelgus į atliktų tyrimų rezultatus, šis 4 dalių FAB variantas būtų geresnis nei šiandien egzistuojantys FAB. Scenarijus, jog Europa būtų sudaryta iš 2 ar 1 FAB yra tolimos ateities vizija, bet ji yra mažai tikėtina, nes Europoje

politiniai santykiai yra nenuspėjami. Tam, jog Europoje egzistotų 1 ar 2 FAB, visoms Europos šalims reiktų būti vieningoms.

3.9 *Rezultatų lyginimas su kitų darbų rezultatais*

Šiame magistro darbe buvo nagrinėjami Europos FAB ir maršrutų pokyčiai jiems pritaikius laisvuosius oro kelius šiandienos FAB, darbe siūlomiems 4 dalių FAB, 2 dalių FAB ir 1 Europos FAB. M. Šakalio magistro darbe „Oro transporto laisvųjų ir fiksuotųjų skrydžių maršrutų analizė“ buvo nagrinėjamas kelio pokytis pritaikius laisvuosius oro kelius ne atskiriems FAB, o visai Europai kaip vienai oro erdvei. Tai yra buvo laikoma, jog įskriškdimo ir išskridimo taškai neegzistavo tarp Europos šalių oro erdvių. Palyginus šio magistro darbo tyrimų skaičiavimus Europos oro erdvėje, jeigu ji būtų sudaryta iš 1 FAB, su M. Šakalio magistro darbo skaičiavimais, buvo gauti panašūs rezultatai.

Šiame magistro darbe gauta, jog sutaupyta kelias, pritaikius laisvuosius oro kelius, jei jie egzistotų Europoje, turinčioje 1 FAB, yra 1,99 % nuo realaus suplanuoto maršruto. Šakalio darbe sutaupyta atstumas nuo realaus maršruto, pritaikius laisvuosius oro kelius, yra 1,96 % nuo realaus suplanuoto maršruto. Rezultatai skiriasi, nes buvo nagrinėjami skirtingi maršrutai.

Kitas darbas, su kuriuo galima palyginti darbe siūlomus 4 dalių Europos FAB (18 pav.) yra V. Kondroškos disertaciniame darbe pateiktais regioniniais OEB (1 pav.).

V. Kondroškos regioniniai OEB suformuoti naudojantis struktūrizuotomis kvadratinėmis gardelėmis, kurios buvo suskirstytos į atitinkamas svorio klases. Tinkamas regioninių OEB skaičius tiriamoje oro erdvėje buvo nustatytas remiantis hierarchiniais klasterizacijos metodais ir buvo gauta, jog efektyviausias OEB skaičius, skirtingai nei 4 dalių FAB, yra vienu bloku didesnis, tai yra 5. OEB buvo formuojami vyraujančių skrydžių srautų pagrindu, todėl buvo galima suformuoti tinkamus oro erdvės darinius neatsižvelgiant į didžiausios aviacijos fragmentacijos priežastį – valstybių sienas. Tai sudarė sąlygas užtikrinti efektyvesnius skrydžius (horizontalias ir vertikalias trajektorijas), mažinti skrydžių užlaikymo trukmę, turėti didesnę oro erdvės pralaidumą ir mažesnę aviacijos sektoriaus taršą (Kondroška 2012).

4 dalių FAB, skirtingai nei regioniniai OEB, yra suformuoti remiantis tarptautiniais susitarimais, iš kurių matyti, kad nei vienos šalies oro erdvės dalis nėra priskirta kitai šaliai. Šalies dalies oro erdvės priskyrimas kitai šaliai yra tolimos ateities vizija ir ji yra mažai tikėtina dėl nenuspėjamos Europos politikos ir kintančių tarptautinių santykių.

3.10 Trečiojo skyriaus išvados

1. Tyrime buvo nagrinėjami šiandien egzistuojantys FAB, 4 dalių FAB, FAB, dalijantys Europą į 2 dalis, ir FAB, apimantis visą Europą. Atlikus skaičiavimus buvo nustatyta, kad maršrutus pakoregavus jiems pritaikius laisvųjų oro kelių koncepciją, šiandienos oficialiai įsteigtuose FAB vidutiniškai sutaupoma 0,77 % kelio ir degalų. 4 dalių FAB vidutiniškai sutaupoma 0,94 % kelio ir degalų. FAB, dalijančių Europą į 2 dalis, vidutiniškai sutaupoma 1,35 % kelio ir degalų. FAB, apimančių visą Europą, sutaupoma 1,99 % kelio ir degalų.
2. Tyrime buvo apskaičiuota, jog daugiausia atstumo buvo sutaupyta maršrutams pritaikius laisvuosius oro kelius, jeigu Europos oro erdvė būtų sudaryta tik iš 1 FAB. Iš to galima daryti išvadą, jog kuo didesni FAB, tuo efektyvesni skrydžiai. Tyrime buvo nustatyta, jog šiame magistro darbe siūlomas 4 dalių FAB variantas yra ne toks efektyvus, kaip didesni Europos FAB, bet šis variantas šiandien yra labiau tikėtinas sprendžiant iš oficialių planų ir susitarimų tarp dabartinių Europos FAB.
3. Didžiausias sutaupytų degalų ir išmesto CO₂ kiekis, taip pat kaip ir sutaupyto kelio skaičiavimuose, yra FAB, kuris apima visą Europą. Tai reiškia, jog oro erdvės naudotojams bus sutaupyta daugiausiai pinigų, ir poveikis aplinkai bus mažiausias. Sauga, oro erdvės efektyvumas, išlaidų mažinimas oro erdvės naudotojams ir skrydžių neigiamo poveikio aplinkai mažinimas yra vieni pagrindinių BED ir FAB tikslų.
4. 4 dalių FAB, skirtingai nei V. Kondroškos regioniniai OEB, yra suformuoti remiantis tarptautiniais susitarimais ir nei vienos šalies oro erdvės dalis nėra priskirta kitai šaliai. Šalies dalies oro erdvės priskyrimas kitai šaliai yra tolimos ateities vizija ir ji yra mažai tikėtina dėl nenuspėjamos Europos politikos ir kintančių tarptautinių santykių.

IŠVADOS

1. Lyginant su JAV šiandieninė Europos oro erdvė yra ne tokia efektyvi, kokia galėtų būti. Pagal JAV ir Europos oro eismo paslaugų organizavimo rodiklių palyginimus, Europai reikia daug daugiau išteklių oro erdvei išlaikyti, todėl reiktų galvoti apie alternatyvius, efektyvesnius Europos FAB.
2. Alternatyvūs Europos FAB turėtų būti formuojami remiantis skrydžių srautais taip, kaip buvo aprašyta Vaidoto Kondroškos daktaro disertacijoje apie regioninius OEB.
3. Apžvelgus šiandienos FAB atliktus tyrimus ir analizes, buvo pastebėta, jog kiekvienam FAB yra svarbu įsteigti laisvuosius oro kelius tam, kad patobulėtų maršrutų efektyvumas, sumažėtų nuskristas atstumas, oro erdvės naudotojams būtų sutaupoma pinigų ir sumažintas skrydžių negiamas poveikis aplinkai. Naudojant laisvųjų oro kelių erdvę, skrydžiai taps labiau nuspėjami dėl savo stabilių ir beveik nesikeičiančių trajektorijų, tai taip pat padės geriau veikti technologijoms nustatančioms konfliktus tarp orlaivių.
4. Laisvieji oro keliai šiandien yra planuojami ne pagal oficialiai įsteigtų FAB ribas. Nors ir įsteigus FAB buvo planuojama steigti laisvuosius oro kelius FAB lygiuose, šiandien laisvieji oro keliai steigiami ir planuojami tarp šalių, kurios yra ne tik yra tame pačiame FAB, bet ir skirtinguose FAB.
5. Tiriant maršrutų efektyvumą buvo nagrinėjami šiandien egzistuojantys FAB, 4 dalių FAB, FAB, dalijantys Europą į 2 dalis ir FAB, apimantys visą Europą. Atlikus skaičiavimus buvo nustatyta, kad maršrutus pakoregavus jiems pritaikius laisvųjų oro kelių koncepciją šiandienos oficialiai įsteigtuose FAB vidutiniškai sutaupoma 0,77 % kelio ir degalų. 4 dalių FAB vidutiniškai sutaupoma 0,94 % kelio ir degalų. FAB, dalijančių Europą į 2 dalis, vidutiniškai sutaupoma 1,35 % kelio ir degalų. FAB, apimančių visa Europą, sutaupoma 1,99 % kelio ir degalų.
6. Tyrime buvo apskaičiuota, jog daugiausia atstumo ir degalų buvo sutaupyta maršrutams pritaikius laisvuosius oro kelius, jeigu Europos oro erdvė būtų sudaryta tik iš 1 FAB. Iš to galima daryti išvadą, jog kuo didesni FAB, tuo efektyvesni skrydžiai.
7. Europoje planuojami 4 laisvųjų oro kelių projektai, jungiantys kelių FAB oro erdves į vieną; Borelio laisvųjų oro kelių projektas, GATE ONE laisvųjų oro kelių projektas, BLUE MED laisvųjų oro kelių projektas, SW FAB ir FABEC laisvųjų oro kelių projektai, kuriuos ateityje planuojama sujungti. Šie 4 laisvųjų oro kelių projektai yra planuojami kurti atsižvelgus į eismo srautus, todėl šiame magistro darbe alternatyvus Europos FAB variantas siūlomas atsižvelgiant į šiuos 4 projektus. Nustatyta, jog šiame magistro darbe siūlomas 4 dalių FAB yra ne toks efektyvus, kaip didesni Europos FAB, bet šis variantas šiuo metu yra labiau tikėtinas sprendžiant iš oficialių

planų ir susitarimų tarp dabartinių Europos FAB. Taip pat buvo apskaičiuota, jog šis variantas būtų efektyvesnis nei šiandien egzistuojantys FAB.

LITERATŪRA

- Anderberg, M. R., 1973. *Cluster analysis for applications*. Academic Press 359 p.
- Aneeka, S., Zhong, Z.W. 2016. NO_x and CO₂ emissions from current air traffic in ASEAN region and benefits of free route airspace implementation. *Journal of Applied and Physical Sciences*.
- Basu, A.; Mitchell, J. S. B. and Sabhnani, G. R., 2008. Geometric Algorithms for Optimal Airspace Design and Air Traffic Controller Workload Balancing. *ALENEX '08: Ninth Workshop on Algorithm Engineering and Experiments*, p. 75–89.
- Bichot C.E., Durand, N. 2006. Airspace block organization with metaheuristics and partitioning packages. *2nd International Conference on Research in Air Transportation*, Belgrade, Serbia.
- Bichot, C. E., Durand N. 2007. A tool to design Functional Airspace Blocks. DSNA — ENAC 7th USA/Europe air traffic management research and development seminar.
- Bichot, C.E., Alliot, J.M., Durand, N., Brisset, P. 2004. Optimisation par fusion et fission. application au problème du découpage aérien européen [Interaktyvus]. Journal Europeen des Systemes Automatisés (JESA), Lavoisier [žiūrėta 2017 01 08]. Prieiga per internetą: < <https://hal-enac.archives-ouvertes.fr/hal-00934545/document>>.
- Button, K., Neiva, R. 2013. Single European Sky and the functional airspace blocks: Will they improve economic efficiency? *School of Public Policy, George Mason University, Arlington, VA, USA, Volume 33, Pages 73–80*.
- Castelli, L.; Omero, M.; Pesenti, R. and Ukovich, W., 2005. Evaluating the performance of Air Control Centers. *The 5th USA/Europe ATM R&D Seminar*. Budapest, Hungary.
- Conker, R.; Mooney, D.; Niedrinhaus, W., et al. 2007. New process for “Clean sheet airspace design and evaluation”. *7th US/Europe ATM Seminar*. Barcelona, Spain.
- Comparison of air traffic management related operation performance:U.S/Europe 2015.
- Durant, N. , Gianazza, D., Gotteland, J.B., Alliot J.M. 2016. Metaheuristics for air traffic management. *MAIAA - ENAC - Laboratoire de Mathématiques Appliquées, Informatique et Automatique pour l'Aérien*, p. 69–82.
- Eevaluation of Functional airspace block (FAB) initiatives and their contribution to Performance improvement performance review commission 2008. [Interaktyvus], [žiūrėta 2017 01 08]. Prieiga per internetą:<http://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/modes/air/studies/doc/traffic_management/evaluation_of_fabs_final_report.pdf>.
- Eurocontrol - European Organisation for the Safety of Air Navigation 2017 [Interaktyvus], [žiūrėta 2017 01 08]. Prieiga per internetą: <<https://www.eurocontrol.int/tags/functional-airspace-blocks>>.

Europos parlamento ir tarybos reglamentas (EB) Nr. 549/2004, 2004., nustatantis bendro Europos dangaus sukūrimo pagrindą [Interaktyvus]. Europos bendrijų oficialusis leidinys [žiūrėta 2017 01 08]. Prieiga per internetą: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0549&from=EN>>.

Europos parlamento ir tarybos reglamentas (EB) Nr. 550/2004, 2004, dėl oro navigacijos paslaugų teikimo bendrame Europos danguje pagrindą [Interaktyvus]. Europos bendrijų oficialusis leidinys [žiūrėta 2017 01 08]. Prieiga per internetą: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0550&qid=1483982746141&from=EN>>.

Europos parlamento ir tarybos reglamentas (EB) Nr. 551/2004, 2004, dėl bendro Europos dangaus oro erdvės organizavimo ir naudojimo [Interaktyvus]. Europos bendrijų oficialusis leidinys [žiūrėta 2017 01 08]. Prieiga per internetą: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0551&qid=1483982840056&from=EN>>.

Europos parlamento ir tarybos reglamentas (EB) Nr. 552/2004, 2004, dėl Europos oro eismo valdymo tinklo sąveikos [Interaktyvus]. Europos bendrijų oficialusis leidinys [žiūrėta 2017 01 08]. Prieiga per internetą: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0552&qid=1483982893946&from=EN>>.

Europos Sąjungos tarybos reglamentas (EB) Nr. 219/2007 dėl bendros įmonės naujos kartos Europos oro eismo vadybos sistemai (SESAR) sukurti įsteigimo [Interaktyvus]. Europos bendrijų oficialusis leidinys [žiūrėta 2017 01 08]. Prieiga per internetą: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007R0219&qid=1483982949046&from=EN>>.

Europos Sąjungos tarybos reglamentas (EB) Nr. 721/2014 kuriuo iš dalies keičiamas Reglamentas Nr. 219/2007 dėl bendros įmonės naujos kartos Europos oro eismo vadybos sistemai (SESAR) sukurti įsteigimo siekiant pratęsti bendros įmonės veiklą iki 2024 m. [Interaktyvus]. Europos bendrijų oficialusis leidinys [žiūrėta 2017 01 08]. Prieiga per internetą: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0721&qid=1483983034999&from=EN>>.

Europos Sąjungos tarybos reglamentas (EB) Nr. 1361/2008 iš dalies keičiantis Reglamentą (EB) Nr. 219/2007 dėl bendros įmonės naujos kartos Europos oro eismo vadybos sistemai (SESAR) sukurti įsteigimo [Interaktyvus]. Europos bendrijų oficialusis leidinys [žiūrėta 2017 01 08]. Prieiga per internetą: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1361&qid=1483983120214&from=EN>>.

Europos Sąjungos tarybos sprendimas (EB) Nr. 320/2009 patvirtinantis Bendro Europos dangaus ATM tyrimų (SESAR) projekto pagrindinį oro eismo vadybos Europoje planą [Interaktyvus]. Europos bendrijų oficialusis leidinys [žiūrėta 2017 01 08]. Prieiga per internetą: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R0320&qid=1483983188168&from>

=EN>.

Hallgren, A. 2005. Restructuring European airspace: functional airspace blocks. *Sky-way*, pages 20–22.

Helios, 2011. *Baltic FAB Implementation plan. Baltic FAB Initial development study. Baltic FAB Final development study*. Poland, Lithuania.

Heller, K. A. and Ghahramani, Z., 2005. Bayesian Hierarchical Clustering. *Gatsby Unit Technical Report GCNU-TR 2005-002*.

Huy, T., Baptiste, P., Duong, V. 2003. Optimized sectorization of airspace with constraints. *5th US/Europe ATM Seminar*. Budapest, Hungary.

Informacija apie Baltijos FAB ir jo susikūrimą [Interaktyvus], [žiūrėta 2017 04 11]. Prieiga per internetą:< <http://www.balticfab.eu/baltic-fab/about-us/17>>.

Informacija apie BLUE MED FAB ir jo susikūrimą [Interaktyvus], [žiūrėta 2017 04 11]. Prieiga per internetą:< <http://www.bluedmed.aero/nodo.php?id=265>>.

Informacija apie DANUBE FAB ir jo susikūrimą [Interaktyvus], [žiūrėta 2017 04 11]. Prieiga per internetą:< http://www.danubefab.eu/en/files_22/>.

Informacija apie DK-SE FAB ir jo susikūrimą [Interaktyvus], [žiūrėta 2017 04 11]. Prieiga per internetą:< https://ec.europa.eu/transport/modes/air/single_european_sky/fab/fab-dk-se_en>.

Informacija apie FABCE ir jo susikūrimą [Interaktyvus], [žiūrėta 2017 04 11]. Prieiga per internetą:< <http://www.fab-ce.eu/index.php/documents>>.

Informacija apie FABEC ir jo susikūrimą [Interaktyvus], [žiūrėta 2017 04 11]. Prieiga per internetą:< https://www.fabec.eu/fabec_homepage/en/Media/Publications/>.

Informacija apie JK-Airijos FAB ir jo susikūrimą [Interaktyvus], [žiūrėta 2017 04 11]. Prieiga per internetą:< <https://www.ukirelandfab.eu/reports/>>.

Informacija apie NEFAB ir jo susikūrimą. [Interaktyvus], [žiūrėta 2017 04 11]. Prieiga per internetą:< <https://www.nefab.eu/docs>>.

Informacija apie SW FAB ir jo susikūrimą [Interaktyvus], [žiūrėta 2017 04 11]. Prieiga per internetą:< <http://www.swfab.eu/sw-fab-publications>>.

Jain, A. K, Murty, M. N, Flynn, P. J. 1999. Data Clustering: A Review. *ACM Computing Surveys*.

Komisijos ataskaita Europos parlamentui ir tarybai dėl Bendro Europos dangaus įgyvendinimo ir pažangos 2012–2014 m. laikotarpiu. Europos komisija.

Kondroška, V. 2012. Regioninių oro erdvės blokų formavimo remiantis skrydžių srautais metodikos sukūrimas. Vilnius: Technika, 124p.

Kondroška, V.; Stankunas, J. 2012. Oro eismo vadybos sistemos efektyvumo užtikrinimas regiono mastu, iš 15-osios Lietuvos jaunujų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos,, Aviacijos technologijos“ pranešimu rinkinys.

- Kraus, J. 2011. Free Route Airspace (FRA) in Europe. Faculty of Transportation. Department of Air Transportation.
- Martinez, S. A.; Chatterjin, G. B.; Dengfeng, S., *et al.* 2007. A weighted-graph approach for dynamic airspace configuration [Interaktyvus]. AIAA Guidance, Navigation and Control Conference and Exhibit. [žiūrėta 2017 01 08]. Prieiga per internetą: <<http://web.ics.purdue.edu/~dsun/pubs/gnc07.pdf>>.
- Johnson S. C., 1967. Hierarchical Clustering Schemes. *Psychometrika*, 2:241–254.
- Klein, A. 2005. An efficient method for airspace analysis and partitioning based on equalized traffic mass [Interaktyvus]. *6th FAA and EUROCONTROL ATM Conference, Baltimore* [žiūrėta 2017 01 08]. Prieiga per internetą: <http://www.atmseminar.org/past-seminars/6th-seminarbaltimore-md-usa-june2005/papers/paper_001/view>.
- Orbanová-Róbert, B., Stoláriková, R.K. 2013. Single European Sky. Faculty of Aeronautics EV 4867/13 Technical University of Košice.
- Sambamoorthi, N. 2009. Hierarchical Cluster Analysis Some Basics and Algorithms. *CRM portals Inc.*, Englishtown, NJ 07726.
- Siarry, P. 2016. Metaheuristics. *Laboratory of LiSSi* p. 457.
- Spath, H., 1980. *Cluster Analysis Algorithms*. Chichester, England: Ellis Horwood.
- Stankūnas, J. ir Kondroška, V., 2009. Oro erdvės modeliavimas makroskopiniu lygiu. *Science – Future of Lithuania / Mokslas – Lietuvos ateitis*.
- Thompson, J. F., Warsi, Z., U., A, Mastin, C. W. 1997. Numerical Grid Generation. *Foundations and Applications*.