

KOMPARATIVNI PRIKAZ METODA PROCJENE EMISIJA STAKLENIČKIH PLINOVA IZ AVIO I CESTOVNOG SAOBRAĆAJA U KANTONU SARAJEVO

Ivan Račić, BSc, Internacionalni univerzitet Travnik u Travniku,
Bunar bb, 72 270, Travnik, Bosna i Hercegovina, e- mail: maja.ivan@bih.net.ba

Prof. dr. Ibrahim Jusufrić, Internacionalni univerzitet Travnik u Travniku,
Bunar bb, 72270, Travnik, Bosna i Hercegovina

Prof. dr. Vuk Bogdanović, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka,
21000 Novi Sad, e- mail: yuk@uns.ac.rs

Ismira Ahmović, MSc, Federalni Hidrometeorološki Zavod, Sarajevo

Sažetak: U radu je prikazan način procjene intenziteta emisije stakleničkih plinova iz avio saobraćaja u Kantonu Sarajevu, kroz model zasnovan na Preporučenim najboljim praksama (Recommended Best Practice - RBP), koje su razvijene kroz saradnju između agencija Federal Aviation Administration - FAA, Office of Environment and Energy - AEE, USEPA, baze podataka o emisijama motora za letilice razvijene od strane ICAO, a na osnovu metodologije Tier 3/A izrađene od strane IPCC. Dobijeni rezultati su upoređeni sa procijenjenom emisijom iz cestovnog saobraćaja. U kontekstu procjene emisije ostalih polutanata prikazana je metodološka razlika Tier 3 naspram Tier 3A/3B, odnosno između cestovnog i avio saobraćaja, kao i prednost i neophodnost primjene Tier 3A metodologije naspram Tier 1 za procjenu emisije iz avio saobraćaja u BiH.

Ključne riječi: procjena emisija, avio transport, cestovni transport, metodologija IPCC

THE COMPARATIVE OVERVIEW OF ESTIMATION METHODS OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM AIR AND ROAD TRAFFIC IN SARAJEVO CANTON

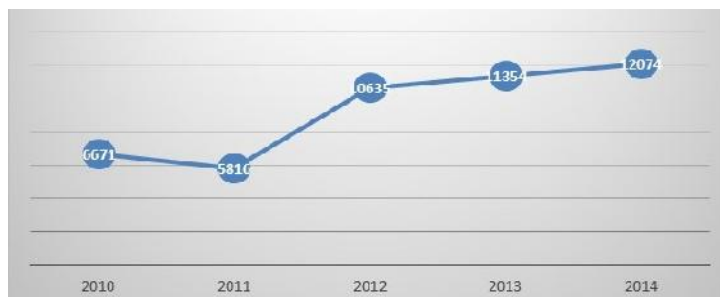
Abstract: The paper presents an approach in assessing the intensity of greenhouse gas emissions from air traffic in the Canton Sarajevo, through the model based on Recommended Best Practice - RBP, which have been developed through collaboration between the agency the Federal Aviation Administration - FAA, Office of Environment and Energy - AEE, USEPA, the database on emissions of engines for aircraft developed by ICAO, based on the methodology Tier 3 / A made by the IPCC. The results were compared with estimated emissions from road traffic. In the context of the assessment of pollutant emissions the methodological differences between Tier 3 and Tier 3A / 3B, thus between road and air transport, as well as the advantage and necessity of using Tier 3A methodology versus Tier 1 to estimate emissions from air transport in BiH.

Keywords: estimation of emissions, air transport, road transport, the IPCC methodology

1. UVOD

Posmatrajući BiH u cijelini evidentan je permanentan porast avio saobraćaja, tako da je prema podacima Direkcije za civilno zrakoplovstvo (u daljem tekstu Direkcije) u 2014. godini na četiri međunarodna aerodroma u BiH ostvareno ukupno 17.295 aerodromskih operacija, od čega 12.074 sa aerodroma u Sarajevu, 2.682 sa aerodroma u Banjaluci, 1.498 na aerodromu u

Tuzli i 1.041 aerodromskih operacija u 2014. godini sa aerodroma u Mostaru. Uporedni statistički pregled ostvarenih aerodromskih operacija tokom 2013. i 2014. godine pokazuje porast u 2014. godini za 2.565 operacija. Aerodrom Sarajevo ima tu specifičnost da se nalazi unutar urbanog jezgra grada, a sa evidentnim porastom intenziteta avio saobraćaja stvaraju se uslovi za analizu uticaja na kvalitet zraka u glavnom gradu BiH.



Ilustracija 1 – Broj operacija na aerodromu Sarajevo

Dalje, prema analizi podataka Direkcije evidentno je da je raspodjela transportnih operacija po mjesecima drastično različita po mjesecima.



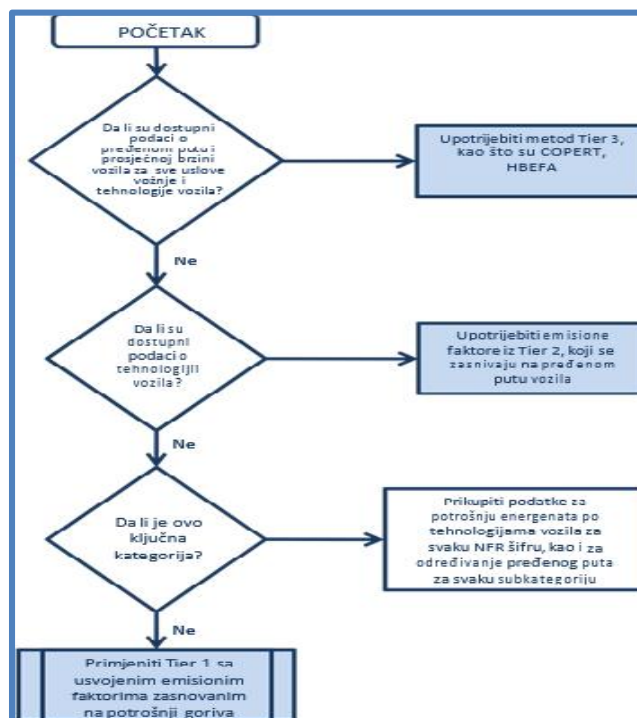
Ilustracija 2 – Prikaz transportnih operacija po mjesecima na SJJ - 2014

Emisija CO₂ se može jednostavno proračunati na visokoagregiranom nivou, što nije slučaj sa ostalim GHG gasovima i polutantima, a na osnovu sadržaja ugljenika u energentu. Za referentni pristup IPCC podaci su prilično dostupni jer se prodaja energenata može evidentirati na nacionalnim nivoima. Ti podaci daju jednu jasnu početnu tačku u procjeni emisije i izradi inventara emisije. Sa druge strane CH₄, N₂O, NO_x, CO i NMVOC zahtjevaju mnogo detaljniji pristup, i u zavisnosti od dostupnosti podataka aktivnosti i tehnologije koriste se takozvani nivoi odnosno „Tier“-i. Njihova emisija zahtjeva detaljnija saznanja o korelaciji i međuzavisnosti različitih parametara i faktora, uključujući specifičnosti procesa sagorijevanja, tehnologije sagorijevanja, kontrolu emisije izduvnih gasova, i karakteristika energenata. Metoda Tier 1 je u principu jednostavna i zahtjeva manje podataka i ekspertize, dok metode Tier 3/3A (i za drumski i za avio saobraćaj) su značajno komplikovanije i zahtjevaju multidisciplinarno znanje. Pored procesa sagorijevanja ne smiju se zanemariti i ostale fugalne emisije odnosno emisije koje su rezultat nekontrolisanih antropogenih aktivnosti.

2. PRIKAZ METODOLOGIJA PROCJENE EMISIJA IZ DRUMSKOG SAOBRAĆAJA

Predominantni pristupi procjene emisija, na nacionalnim nivoima zemalja potpisnica UNFCCC konvencije su *The IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, UNFCCC i *EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook*. Zemlje

potpisnice ovih konvencija moraju svoja izvještavanja raditi na osnovu ovih smjernica, a radi proračuna su izrađeni softverski alati kako bi se osigurala konzistentnost proračuna, omogućila verifikacija metodologije proračuna, i usporedba na nacionalnim nivoima. Oba pristupa se zasnivaju na istim principima, s tim da IPCC prati političke okvire (države) i zasniva se na količini prodatog energenta, a CORINAIR daje mogućnost teritorijalne-prostorne determinacije emisija i specifičnu potrošnju energenata. Kako je metodologija izuzetno pouzdana, a posebno Tier 3 metoda, ista je prikladna i za procjenu emisija i na regionalnim nivoima, a u ovom poglavlju je prikazan pristup na jedan koncizan način.



Ilustracija 3 – Odabir metodologije procjene emisija

Procjena emisija po Tier 1 metodi primenjuje se sledeća opšta formula:

$$E_i = \sum_j \left(\sum_m (FC_{j,m} \times EF_{i,j,m}) \right)$$

Jednačina 1 – Formula za proračun emisije GHG po Tier 1 metodi

Gdje je:

E_i - emisijapolutantai[g]

$FC_{j,m}$ - potrošnjamvrsteenergentavozilakategorijej[kg]

$EF_{i,j,m}$ - potrošnja energenta–specifični emisioni faktor polutantaizakategoriju vozila ji vrstuenergentam[g/kg].

Predviđena podjela kategorije vozila:

- Putničko motorno vozilo-automobil,
- Lako teretno vozilo,
- Teško teretno vozilo,

- Motocikl i moped.

Vrste energenta na osnovu kojih se proračunavaju emisije su:

- benzin,
- dizel,
- LPG i
- prirodni gas.

Emisioni faktori ($EF_{i,j,m}$) koji se koriste u metodologiji Tier1su prethodno izračunati pomoću metode Tier 3, o kojoj će kasnije biti više riječi, i dostupni u tabelama, a jedan primjer je dat u Tabeli 1, koje su pak izračunate za pojedinačne zemlje u odnosu na tehničko-hemijskih

Kategorija	Energent	CO [g/kg energenta]		NMVOC [g/kg energenta]		NOx [g/kg energenta]		PM [g/kg energenta]	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Automobil	Benzin	50,0	350	5,00	40,0	6,00	35,0	0,0300	0,0450
	Dizel	2,00	11,0	0,500	2,50	9,00	14,0	0,70	4,00
	TNG	40,0	115	6,00	18,0	6,00	40,0	0,000	0,000
Laka teretna vozila LTV	Benzin	80,0	300	5,00	40,0	14,0	40,0	0,020	0,045
	Dizel	8,00	15,0	1,50	2,00	13,0	18,0	2,00	4,00
Teška teretna vozila TTV	Dizel	6,50	10,0	1,00	2,50	30,0	45,0	0,700	2,00
	KPG	2,20	15,0	0,1	0,670	5,50	30,0	0,010	0,036
Motocikl i moped	Benzin	340	700	65,0	200	11,0	8,00	1,50	5,00

Tabela 1 – Prikaz emisionih faktora za Tier 1 metodu

karakteristika energenata i tehnologije njenog voznog parka. U zavisnosti od tih parametara usvajaju se niže odnosno više vrijednosti, tako da emisioni faktori za zemlje zapadnog Balkana i razvijenih zemalja Evropske unije bi imali drastičnorazličite vrijednosti. Raspodjela potrošnje goriva prema Tier 1 metodi se vrši tako da ukupna količina bude ekvivalentna potrošnji po kategorijama vozila svake vrste energenta, a vrijednosti po pređenom kilometru su dati u Tabeli 1.

Kategorija vozila (j)	Energent	Prosječna potrošnja [g/km]
Automobil	Benzin	70
	Dizel	60
	TNG	57,5
Laka teretna vozila LTV	Benzin	100
	Dizel	80
Teška teretna vozila TTV	Dizel	240
	KPG (autobusi)	500
Motocikl i moped	Benzin	35

Tabela 2 - Tier 1 – Karakteristična potrošnja goriva po km, po kategorijama vozila

Za razliku od metodologije Tier 1, Tier 2 se zasniva na proračunu potrošnje energenata prema detaljnijoj podjeli kategorija vozila i pripadajućih emisionih standarda. Sada su osnovne četiri kategorije vozila koje su korištene po metodi Tier 1, razvrstane prema dole priloženoj tabeli.

Kategorija vozila	Potkategorija	Tehnologija
Automobili	Benzin	PRE ECE, ECE 15/00-01
		ECE 15/02, ECE 15/03, ECE 15/04
		Unaprijeđena konvencionalna (< 2.0 l),
		Otvorena petlja (samo za < 2.0 l), Euro 1
		Euro 2, Euro 3, Euro 4, Euro 5, Euro 6
	Dizel	Konvencionalna, Euro 1
		Euro 2, Euro 3, Euro 4, Euro 5, Euro 6
		TNG
		Konvencionalna, Euro 1, Euro 2, Euro 3, Euro 4
		Konvencionalna
Laka teretna vozila	Benzin	Euro 4
		Konvencionalna, Euro 1
	Dizel	Euro 2, Euro 3, Euro 4, Euro 5, Euro 6
		Konvencionalna, Euro 1
Teška teretna vozila	Benzin > 3,5 t	Euro 2, Euro 3, Euro 4, Euro 5, Euro 6
		Konvencionalna
	≤ 7,5 t, 7,5-16 t, 16-32 t, > 32 t	Konvencionalna, Euro I, Euro II, Euro III, Euro IV
		Euro V, Euro VI
Autobusi	Gradski KPG autobusi	Euro I, Euro II, Euro III, EVV
		Konvencionalna, Euro I,
	Klasični gradski autobusi	Euro II, Euro III, Euro IV, Euro V, Euro VI
		Konvencionalna, Euro I,
Mopedi	Klasični međugradski autobusi ≤ 18 t	Euro II, Euro III, Euro IV, Euro V, Euro VI
		Konvencionalna, Euro I, Euro 2, Euro 3
Motocikli	< 50 cm ³	Konvencionalna, Euro 1, Euro 2, Euro 3
		Konvencionalna, Euro 1, Euro 2, Euro 3
	dvotaktni, > 50 cm ³	Konvencionalna, Euro 1, Euro 2, Euro 3
		Konvencionalna, Euro 1, Euro 2, Euro 3

Tabela 3 - Tier 2 Kategorizacija vozila

Proračun emisija je sličan prikazanoj Jednačini 1, stim da se u Tier 2 emisijski faktori izraženi su u gramima po vozilo-kilometru i dati su za svaku tehnologiju vozila iz Tabele 3. U Tabeli 4 su dati prosječni emisijski faktori, za automobile, a određeni sutakođer primjenom Tier 3 metoda, koja uzima u obzir veliki broj relevantnih parametara, kao što su specifična brzina, te ambijentalnim parametrima kao što su vlažnost i temperatura vazduha, uslovima vožnje na autoputu, u urbanomiruralnom području, dužinama putovanja, tehnologija i dr.

Automobili	Tehnologija	CO	NMVO	NOx	N ₂ O	NH ₃
Benzin <1,4 l	PRE ECE	39,2	3,65	1,89	0,010	0,0025
	ECE 15/00-01	30,5	3,05	1,89	0,010	0,0025
	ECE 15/02	22,8	2,94	2,06	0,010	0,0025
	ECE 15/03	23,2	2,94	2,23	0,010	0,0025
	ECE 15/04	13,6	2,51	2,02	0,010	0,0025
	Otvorena petlja	11,9	2,22	1,49	0,010	0,0025
	PC Euro 1-91/441/EEC	4,23	0,564	0,441	0,023	0,0731
	PC Euro 2-94/12/EEC	2,39	0,301	0,242	0,012	0,0958
	PC Euro 3-98/69/EC I	2,14	0,169	0,098	0,005	0,0276
	PC Euro 4-98/69/EC II	0,710	0,123	0,062	0,005	0,0276
	PRE ECE	39,2	3,80	2,47	0,010	0,0025
	ECE 15/00-01	30,5	3,19	2,47	0,010	0,0025
	ECE 15/02	22,8	3,081	2,33	0,010	0,0025
	ECE 15/03	23,2	3,08	2,43	0,010	0,0025
	ECE 15/04	13,8	2,66	2,58	0,010	0,0025
Benzin 1,4 - 2,0 l	Otvorena petlja	6,68	1,73	1,26	0,010	0,0025
	PC Euro 1-91/441/EEC	3,93	0,645	0,441	0,023	0,0731
	PC Euro 2-94/12/EEC	2,18	0,349	0,243	0,012	0,0958
	PC Euro 3-98/69/EC I	1,96	0,193	0,098	0,005	0,0276
	PC Euro 4-98/69/EC II	0,658	0,136	0,062	0,005	0,0276
	PRE ECE	39,2	4,01	3,70	0,010	0,0025
	ECE 15/00-01	30,5	3,41	3,70	0,010	0,0025
	ECE 15/02	22,8	3,30	2,62	0,010	0,0025
	ECE 15/03	23,2	3,30	3,44	0,010	0,0025
	ECE 15/04	13,8	3,51	2,80	0,010	0,0025
Benzin >2,0 l	PC Euro 1-91/441/EEC	3,33	0,520	0,419	0,023	0,0731
	PC Euro 2-94/12/EEC	1,74	0,273	0,226	0,012	0,0958
	PC Euro 3-98/69/EC I	1,58	0,157	0,091	0,005	0,0276
	PC Euro 4-98/69/EC II	0,549	0,116	0,058	0,005	0,0276
	Konvencionalna	0,713	0,162	0,561	0,000	0,0012
	PC Euro 1-91/441/EEC	0,449	0,051	0,691	0,003	0,0012
Dizel <2,0 l	PC Euro 2-94/12/EEC	0,333	0,036	0,726	0,006	0,0012
	PC Euro 3-98/69/EC I	0,097	0,020	0,780	0,010	0,0012
	PC Euro 4-98/69/EC II	0,097	0,016	0,601	0,010	0,0012
	Konvencionalna	0,713	0,162	0,890	0,000	0,0012
	PC Euro 1-91/441/EEC	0,449	0,077	0,691	0,003	0,0012
	PC Euro 2-94/12/EEC	0,333	0,110	0,726	0,006	0,0012
Dizel >2,0 l	PC Euro 3-98/69/EC I	0,097	0,019	0,780	0,010	0,0012
	PC Euro 4-98/69/EC II	0,097	0,016	0,601	0,010	0,0012
	Konvencionalna	6,75	1,10	2,31	0,000	0,0100
	PC Euro 1-91/441/EEC	3,80	0,771	0,444	0,024	0,0230
	PC Euro 2-94/12/EEC	2,65	0,369	0,199	0,013	0,0120
	PC Euro 3-98/69/EC I	2,22	0,206	0,115	0,005	0,0050
TNG	PC Euro 4-98/69/EC II	1,04	0,100	0,063	0,005	0,0050
	Konvencionalna	13,1	10,0	0,642	0,008	0,0019
Dvotaktni	PC Euro 4-98/69/EC II	0,001	0,001	0,008	0,005	0,0076
	Konvencionalna	0,001	0,001	0,008	0,005	0,0076

Tabela 4 – Emisioni faktori za putnička vozila po metodi Tier 2

Metoda Tier 3, kao što je već rečeno, uzima u obzir najopsežniji spektar uticajnih faktora a metodološki determiniše i njihovu međuzavisnost. Sam proračun emisije CO₂ ne razlikuje se od prethodnih metoda, jer ne zavisi od ostalih parametara osim od molekularnog udjela ugljenika u energentu, ali zato emisija ostalih polutanata je izuzetno osjetljiva na eksolatacione i ambijentalne uslove. Ova metodologija uzima u obzir režim rada motora (sa svim pripadajućim komponentama do izlaska izduvnih gasova u atmosferu) odnosno razlikuje hladni i topli period rada (rad pri predviđenoj radnoj temperaturi motora), a to posebno ima značaj u procjeni emisija u urbanim sredinama jer se prema praćenju lična prevozna sredstva najviše koriste za aktivnosti transporta u urbanim pa tek onda u ruralnim uslovima, a u razvijenim urbanim sredinama prednjače dolazak i odlazak sa posla. Zbog svoje složenosti ova metodologija neće biti posebno razmatrana a za potrebe procjene emisija odabranih polutanata korišten je subsidijarni model Kantona Sarajevo izrađen u softverskom alatu, prihvaćenom od strane UNFCCC i EEA za izvještavanje emisija iz transporta, Copert 4, verzija 11, a na osnovu širokog spektra podataka dobijenih od strane zvaničnih izvora i istraživanja autora.

Sastav energenata u proračunu je usvojen na osnovu Tabele 5, odnosno podaci u koloni za 1996.

Sastav	1996	2000	2005
Dizel			
Cetanski broj [-]	51	53	53
Zapreminska masa na 15 °C [kg/m ³]	840	840	835
T ₉₅ [°C]	350	330	320
PAH [%]	9	7	5
Sumpor [ppm]	400	300	40
Ukupne aromatične supstance [%]	28	26	24
Benzin			
Sumpor [ppm]	165	130	40
Aromatične supstance [vol.%]	39	37	33
Benzen [vol.%]	2,1	0,8	0,8
Kiseonik [wt.%]	0,4	1,0	1,5
Olefini [vol.%]	10	10	10
E100 [%]	52	52	52
E150 [%]	86	86	86
Tragovi olova [g/l]	0,005	0,002	0,00002

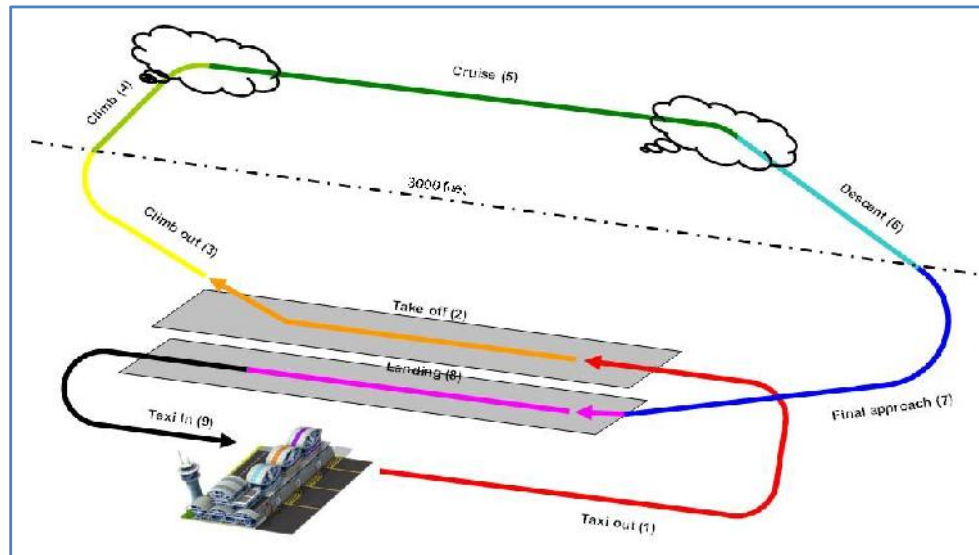
Tabela 5 – Sastav energenta usvojen za proračun emisije po metodi Tier 3 i faktori uključeni u proračun-desno

3. PRIKAZ METODOLOGIJA PROCJENE EMISIJA IZ AVIO SAOBRAĆAJA NA PRIMJERU AERODROMA SARAJEVO

Emisija iz avio saobraćaja predominantno nastaje sagorijevanjem energenta, avio goriva i avio benzina (koji sadrži olovo zbog povećanja oktanskog broja goriva). Emisija vazduhoplova se može grubo procijeniti na oko 70% CO₂, a nešto manje od 30 % H₂O, i manje od 1% za svaki od polutanata NO_x, CO, SO_x, NMVOC, PM, te ostalih polutanata u tragovima. Najmodernije gasne turbine imaju izuzetno niske emisije N₂O, a emisija CH₄ se može pojaviti samo u periodu kada je letilica na zemlji i to kod starijih letilica. Emisija polutanata zavisi od vrste letilice, tipa i efikasnosti motora te odnosnog broja operacija, vrste i hemijske kompozicije energeta, potrošene količine energenta, dužine leta, procentualne otvorenosti usisa, vremena provedenog po segmentima leta, i u manjoj mjeri nadmorske visine na kojoj se obavljaju segmenti leta. Tu se međjutim ne smije zanemariti i ambijentalni faktor (vanjska temperatura i relativna vlažnost vazduha) ali se isti u trenutnoj metodologiji ne uzima u obzir. Treba napomenuti da je metodologija u fazi premanentnog unaprijeđivanja tako da je za očekivati da će se i ovi faktori uzeti u obzir.

ICAO i IPCC su ciklus leta metodološki podijelili na osnovne faze, sa pripadajućih 9 segmenata, i to:

- *Landing/Take-Off (LTO) ciklus, do 914 m visine leta iznad tla, i*
- *Cruise.*



Ilustracija 4 – Prikaz faza odnosno segmenata leta, izvor IPCC

Tri metodološka Tier-a su trenutno dostupna za procjenu emisija CO₂, CH₄, N₂O kao i ostalih gasova. Metode Tier 1 i Tier 2 se zasnivaju na proračunima prema količini potrošenih energenata, odnosno Tier 1 isključivo samo na isporučenu količinu goriva, dok Tier 2 uzima u obzir i broj LTO operacija i isporučenu količinu energenta. Metode Tier 3A/3B uzimaju u obzir sve segmente pojedinačnih operacija letelica, a sve metode dijele podatke na domaći i internacionalni saobraćaj. Metoda Tier 2 koristi podatke prema podacima koji se odnose na specifičnu letelicu, a Tier 3A uzima u obzir još i polaznu tačku i destinaciju, kao i detaljnije segregirane faze LTO i Cruise. Metoda Tier 3 se zasniva na realnom kretanju stvarne letilice, gdje metoda Tier 3A pokriva broj operacija (uzimajući u faze i segmente kako je prethodno objašnjeno), a Tier 3B cijeli njen trajektorij. Tier 3A svoje proračune zasniva na potrošnji energenta prema dužini leta, raspoređenom u skladu fazama te njihovim segmentima. Metoda Tier 3B za razliku od Tier 3A svoje kalkulacije zasniva na sagorijevanju energenta duž cijele trajektorije i uzima u obzir parametre koji se odnose na aerodinamičke otpore/brzinu kretanja/stepen otvorenosti sistema za napajanje, kao i promjene u opremi letilice. Korištenje ove metode zahtjeva izuzetno sofisticirane dinamičke softverske modele i oni su korišteni u projektima System for assessing Aviation's Global Emissions (SAGE), od strane Federalne agencije za avijaciju SAD-a (United States Federal Aviation Administration) i AERO2K od strane Evropske komisije (European Commission).

U slučaju aerodroma Sarajevo, a za potrebe ovog rada, korištena je metoda Tier 3A, a samo ciklus LTO sa pripadajućim segmentima je analiziran. Analizirani su podaci o isporučenoj količini goriva (Tier 1), dobijeni u saradnji sa Agencijom za statistiku BiH kao jedinom mjerodavnom instancom koja obezbjeđuje neophodnu tačnost i relevantnost podataka, u odnosu na proračunatu količinu potrošenog goriva prema metodama Tier 2 i Tier 3A. Isti su pokazali da je proračunata potrošnja goriva značajno veća u odnosu na plasiranu (provjere su

vršene za period 2010-2014), nije konzistentna sa intenzitetom transportnih operacija, a samim time i emisije. U kontaktima sa oficijelnim snabdijevačem aerodroma Sarajevo ustanovljeno je da se zbog nepristupačne cijene na tržištu BiH letilice samo dopunjuju, tako da je na taj način ustanovljen razlog ove nekonzistentnosti. Dalje kako se disperzija polutanata veoma brzo vrši na višim nadmorskim visinama u proračun emisija polutanata relevantnih za kvalitet zraka u Sarajevu određen je ciklus LTO sa pripadajućim segmentima, odnosno visina leta do 914 m iznad tla. Treba napomeniti također da po ovoj metodologiji a u skladu sa IPCC vodičima emisija N_2O and CH_4 ne proračunava u ostalim fazama letova, odnosno iznad 914 m.

Analizirane su flote avio kompanija koje saobraćaju ka Sarajevu, a tehnički podaci pripadajućih motora su uzeti iz baze podataka ICAO. Uzete su i njihove destinacije kako bi se proračunala cjelokupna emisija, ali ti rezultati nisu predmet ovog rada. Treba napomenuti da statistika Direkcije pod operacijom podrazumjeva poletanje i slijetanje, a takvi podaci su prilagođeni ovoj metodologiji proračuna. Procjenjeni broj operacija koji bi se mogao za ovu godinu očekivati, a na osnovu očekivanog porasta od 6% u odnosu na 2014. godinu iznosi 13032. Tabela 6 daje primjer proračuna, zasnovanog na ICAO bazi podataka i proračunima IPCC eksperata, raspodjele potrošnje goriva za letilicu tipa A319, koja je ocjenjena kao referentna letilica prema detaljnoj analizi strukture letilica u putničkom saobraćaju na SJJ, a po fazama i segmentima leta, za let dužine 500 nautičkih milja koji odgovara letu na relaciji Sarajevo-Istanbul. U odsustvu adekvatnih podataka za prethodne godine prijedlog je koristiti ovu tabelu za okvirni proračun emisija aerodroma Sarajevo.

Stage_Len gth	Phase_Of_Fli ght1	Phase_Of _Flight	Callsign	Length_ NM	BurnRate_ kg/mir	BurntFuel_ _kg	NOX_kg	CO2_kg	SOX_kg	H2O_kg	CO_kg	HC_kg
500	LTO	a. Taxi out	A319	0	11.28	214.32	0.814416	675.108	0.180029	263.614	6.4296	1.32878
500	LTO	b. Take off	A319	0	106.92	74.844	1.63908	235.759	0.062869	92.0581	0.0673596	0.0149688
500	LTO	c. Climb out	A319	0	89.04	195.888	3.62393	617.047	0.164546	240.942	0.195888	0.0391776
500	Climb/cruise/d	d. Climb/cr	A319	109.9	75.4009	1294.38	28.2017	4077.3	1.08728	1592.09	1.66691	0.350929
500	Climb/cruise/d	d. Climb/cr	A319	83.6	9.64421	134.215	0.530421	422.778	0.112741	165.085	4.39991	0.909027
500	Climb/cruise/d	d. Climb/cr	A319	305.1	33.8641	1391.25	16.0643	4382.44	1.16865	1711.24	2.49761	0.525707
500	LTO	e. Approac	A319	0	31.2	104	0.9048	327.6	0.08736	127.92	0.3536	0.0728
500	LTO	e. Approac	A319	0	31.2	20.8	0.18096	65.52	0.017472	25.584	0.07072	0.01456
500	LTO	f. Taxi in	A319	0	11.28	78.96	0.300048	248.724	0.0663264	97.1208	2.3688	0.489552

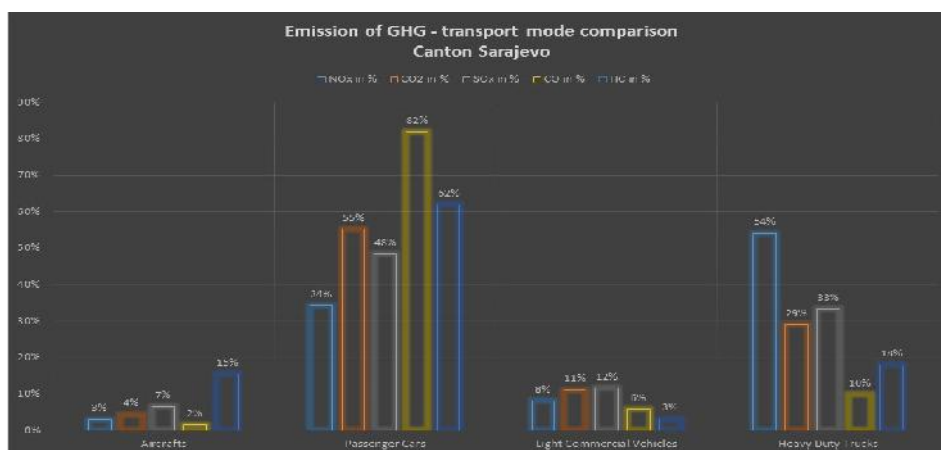
Tabela 6 – Prikaz emisije GHG po fazama i segmentima za A319, ICAO/IPCC

Od esencijalne važnosti je navesti da za relevantne proračune emisija na samom lokalitetu aerodroma se moraju uzeti u obzir i ostali izvori emisija. U radi nisu uzeti u obzir letovi malih letilica koje koriste avionski benzin (bitan zbog emisije olova), te vojni letovi za koje nisu prikupljani podaci. Tu treba dodati i emisije kao što su APU (pomoćna generatorska jedinica letilice), vrijeme rada hladnog motora do postizanja radne temperature, GSU (oprema za ostale aktivnosti oko letilice), aktivnosti skidanja leda sa letilice i piste, skladištenje energenta i punjenje letilice, evaporativne emisije, saobraćaj vozila na aerodromu, radovi na održavanju letilice kao i ostale aktivnosti na lokalitetu. Pristup proračunu ovih emisija, koje imaju značaj i za osoblje koje je stalno zaposleno na aerodromu detaljno je prikazan u dokumentu 9889 ICAO Airport Air Quality Manual. Ovi izvori emisija su ovde samo taksativno navedeni kao relevantni, ali nisu bili predmet ovog rada. Prema naučnim studijama za aerodrome u Cirihu, Kopenhagenu, i Amsterdamu moguće je odrediti koeficijent za grubu procjenu emisija polutanata iz ovih aktivnosti, a iste su proračunate na osnovu softverskog modeliranja kalibrisanih na osnovu egzaktnih mjerenja, poput LASPORT verzija LASAT softvera za aerodrome. Sa druge strane za izradu inventara emisija iz avio transporta neophodno je

poraćunati i iznose iz Cruise ciklusa na osnovu operacija naspram tipa letilice, pripadajućeg motora, i dužine leta. Ova metodologija se neprekidno razvija i ekspertima IPCC tako da je za očekivati da se u proračune uključe, kao relevantni faktori, i ambijentalni uslovi (temperature, vlažnost), trošenje guma i površine piste.

REZULTATI

Na osnovu prethodno navedenih proračuna, na Ilustraciji 5 je prikazan procentualni udio emisija gasova NO_x, CO₂, SO_x, i HC, avio saobraćaja naspram drumskog saobraćaja prema osnovnim kategorijama vozila. U Tabeli 7 prikazane su ukupne i pojedinačne procijenjene količine emisija NO_x, CO₂, SO_x, i HC iz avio i drumskog saobraćaja.



Ilustracija 5 – Komparativni prikaz emisije NO_x, CO₂, SO_x, i HC iz avio i drumskog saobraćaja

Vehicle type	NO _x	NO _x in %	CO ₂	CO ₂ in %	SO _x	SO _x in %	CO	CO in %	HC	HC in %
Aircrafts	44.5	3%	12632.3	4%	3.4	7%	43.2	2%	5.0	15%
Passenger Cars	509.1	34%	160085.0	55%	24.9	48%	2263.0	82%	20.0	62%
Light Commercial Vehicles	120.0	8%	32301.4	11%	6.0	12%	161.0	6%	1.0	3%
Heavy Duty Trucks	803.0	54%	84334.7	29%	17.1	33%	272.1	10%	5.8	18%
Buses	6.0	0%	554.2	0%	0.1	0%	1.7	0%	0.0	0%
Mopeds	0.2	0%	63.6	0%	0.0	0%	2.3	0%	0.0	0%
Motorcycles	0.7	0%	516.0	0%	0.0	0%	18.5	1%	0.4	1%
Total emission (t)	1483.5	100%	290487.2	100%	51.5	100%	2761.8	100%	32.3	100%

Tabela 7 – Prikaz emisije NO_x, CO₂, SO_x, i HC iz avio i drumskog saobraćaja

Uzimajući u obzir rezervu da nisu svi izvor emisije uzeti u razmatranje, odnosno da su procenti avio saobraćaja nešto veći nego prikazani, primjećuje se da avio saobraćaj najviše učestvuje u emisiji SO_x(7%) i HC (15%), te da ni emisija CO₂nije zanemarljiva. Ovi iznosi nisu od signifikantnog uticaja na nacionalnom nivou, a takodjer su u nekim prihvaćenim međunarodnim okvirima čak i u razvijenijim zemljama, imajući u obzir permanentan porast transportnih aktivnosti potrebno ih je uzeti u obzir zbog mogućeg uticaja na stanovništvo u okolini aerodroma. HC u kombinaciji NO_x i PM, koji najviše dolazi iz drumskog saobraćaja, najviše utiču na stvaranje smoga. Dalje, prema prikazanim podacima proračuna automobili zauzimaju vodeće mjesto sa aspekta emisije, ali u pogledu emisije NO_x najviše doprinosi

usluga prevozarazne robe, kao na primjer doprema materijala za građevinske radove, manifestovan kroz teretna i laka komercijalna vozila u ukupnom iznosu od 62%, dok putnička motorna vozila učestvuju sa oko 35%. Uzmajući u obzir da su trenutno u Sarajevu izuzetno izražena prekoračenja dozvoljena i količinska i učestalost prekoračenja dozvoljenih nivoa u zraku ovaj podatak daje smjernice koje je neophodno ozbiljnije uzeti u razmatranje u strateškom planiranju ka uspostavljanju održivog transporta. Treba napomenuti i da se iz avio saobraćaja na godišnjem nivou ispod posmatrane visine od 914 m ispusti oko 4950 t H₂O što je za očekivati da ima uticaj na stvaranje magle na datom lokalitetu.

UMJESTO ZAKLJUČKA

Daljim porastom potrebe za transportom u Sarajevu, te premanentnom migracijom stanovništva iz ruralnih u urbane sredine, za očekivati je da emisija polutanata konsekvantno raste. Iako do sada nije posmatran uticaj avio saobraćaja u BiH, u budućnosti se mora uzimati u obzir pogotovu za ona područja gdje je u blizini urbanih sredina, koje su već sada i previše izložene okolinskim pritiscima drumskog saobraćaja. Automobilski saobraćaj zauzima vodeće mjesto u pogledu emisija, a sam pristup rješavanju ovog aspekta nije moguće bez sveobuhvatnog rješavanja javnog gradskog prevoza putnika. Okolinski pritisci iz drumskog i avio saobraćaja moraju naći svoje mjesto u strateškom planiranju razvoja gradova, ne samo kroz infrastrukturne projekte već i sa aspekta uvođenja naprednih sistema, kako u logističkim procesima tako i u svim segmentima odvijanja saobraćaja. U pogledu proračuna emisija iz avio saobraćaja neophodno je proširiti broj analiziranih uticajnih parametara, što će u narednim godinama biti izazov za eksperte iz ove oblasti.

REFERENCE

- [1.] Agency for Statistics of the Bosnia and Herzegovina, First Release Energy Statistics, 2014
- [2.] BHDCA, Statistički podaci o zračnom saobraćaju za 2014. godinu, 2015
- [3.] EEA, European Union emission inventory report 1990–2010 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP), 2012
- [4.] Emanuel Fleuti, Silvio Maraini, Air Quality Assessment Sensitivities, Zurich Airport Case Study, 2012
- [5.] EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013 update July 2014,
- [6.] Eyers C. J., Norman P, et al, AERO2K, Aviation Emissions Inventory for 2002 and 2025, Qinetiq, 2004
- [7.] Winther, M., Kousgaard, et al, Emissions from aircraft and handling equipment in Copenhagen Airport. 19th International Transport and Air Pollution Conference 2012, Thessaloniki, Greece.
- [8.] ICAO, Airport Air Quality Manual, Document 9889, Canada, 2011
- [9.] U.S. Environmental Protection Agency Recommended Best Practice for Quantifying Speciated Organic Gas Emissions from Aircraft Equipped with Turbofan, Turbojet, and Turboprop Engines, 2009
- [10.] U.S. Environmental Protection Agency, *Modelling and Inventories, NONROAD*, <http://www.epa.gov/otaq/nonrdmdl.htm>, 2015
- [11.] <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013/>, 2015