

Utjecaj kontrole zračnog prometa na operacije kontinuiranog spuštanja

Mustapić, Slavka

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:791799>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-24**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Slavka Mustapić

UTJECAJ KONTROLE ZRAČNOG PROMETA NA OPERACIJE
KONTINUIRANOG SPUŠTANJA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 13. rujna 2021.

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

DIPLOMSKI ZADATAK br. 6544

Pristupnik: **Slavka Mustapić (0135236453)**
Studij: **Aeronautika**

Zadatak: **Utjecaj kontrole zračnog prometa na operacije kontinuiranog spuštanja**

Opis zadatka:

Uvodno navesti cilj i strukturu rada. Navesti i objasniti pokazatelje vertikalne učinkovitosti leta. Objasniti metodologiju prikupljanja podataka. Analizirati utjecaj podjele zračnog prostora na operacije kontinuiranog spuštanja. Analizirati utjecaj prometa na operacije kontinuiranog spuštanja. Usporediti potrošnju goriva za operacije kontinuiranog spuštanja i step down descent operacije. Dati zaključna razmatranja.

Zadatak uručen pristupniku: 18. svibnja 2021.

Rok za predaju rada: 13. rujna 2021.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

izv. prof. dr. sc. Biljana Juričić

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**UTJECAJ KONTROLE ZRAČNOG PROMETA NA OPERACIJE KONTINUIRANOG
SPUŠTANJA**

IMPACT OF AIR TRAFFIC CONTROL ON CONTINUOUS DESCENT OPERATIONS

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

Student: Slavka Mustapić

JMBAG: 0135236453

Zagreb, rujan 2020.

UTJECAJ KONTROLE ZRAČNOG PROMETA NA OPERACIJE KONTINUIRANOG SPUŠTANJA

SAŽETAK

Operacije kontinuiranog spuštanja su jedan od faktora učinkovitosti leta. Kroz diplomski rad prvo će biti nabrojani i objašnjeni vertikalni pokazatelji učinkovitosti po kojima će prikupljeni podaci biti analizirani. Utjecaj kontrole zračnog prometa na vertikalnu učinkovitost pokazat će kakav je utjecaj podjele zračnog prostora te kako promet tj. njegova količina i struktura utječu na istu. Nakon toga u radu će biti prikazano koliki je utjecaj na potrošnju goriva zbog nemogućnosti izvođenja kontinuiranog spuštanja. Analizirat će se 50 dolazaka na zagrebački aerodrom uz pomoć vertikalnog profila u NEST-u i proračuna goriva iz baze podataka BADA te će se prikazati razlika potrošnje goriva u slučaju CDO letova i stepeničastog spuštanja.

KLJUČNE RIJEČI: kontinuirano spuštanje, pokazatelji vertikalne učinkovitosti, ATC, podjela zračnog prostora, zračni promet, potrošnja goriva, horizontalni segment

IMPACT OF AIR TRAFFIC CONTROL ON CONTINUOUS DESCENT OPERATIONS

SUMMARY

Continuous descent operations are one of the indicators of flight efficiency. The diploma thesis will first list and explain the vertical performance indicators according to which the collected data will be analyzed. The impact of air traffic control on vertical efficiency will be shown by influence of the division of airspace and how traffic, that is its quantity and structure affects it. After that, the paper will show the impact on fuel consumption due to the inability to perform continuous descent operations. Fifty arrivals at Zagreb Airport will be analyzed with the help of the vertical profile in NEST and the difference in fuel consumption in the case of CDO and step down descent will be shown.

KEYWORDS: continuous descent, vertical efficiency indicators, ATC, airspace division, air traffic, fuel consumption, level-off

Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. POKAZATELJI VERTIKALNE UČINKOVITOSTI LETA.....	5
2.1. Metodologija mjerenja vertikalne učinkovitosti	5
2.1.1. Detektiranje horizontalnog segmenta	6
2.2. Analiza	7
3. UTJECAJ PROMETA NA OPERACIJE KONTINUIRANOG SPUŠTANJA	10
4. UTJECAJ PODJELE ZRAČNOG PROSTORA NA OPERACIJE KONTINUIRANOG SPUŠTANJA	21
5. USPOREDBA POTROŠNJE GORIVA ZA OPERACIJE KONTINUIRANOG SPUŠTANJA I STEPENIČASTI PRILAZ.....	27
5.1. Analiza CDO operacija za LDZA	30
6. ZAKLJUČAK.....	42
LITERATURA.....	44
POPIS SLIKA.....	45
POPIS GRAFIKONA.....	45
PRILOG 1.	46
PRILOG 2.	46

1.UVOD

Operacije kontinuiranog spuštanja su jedan od faktora učinkovitosti leta. Iako bi operacija kontinuiranog spuštanja trebala biti rutinska i provedena za svaki let, to često nije moguće zbog utjecaja različitih faktora: predavanje zrakoplova drugoj nadležnoj jedinici, vektoriranje, slaganje zrakoplova u red za slijetanje itd. Situacije u kojima nije moguće provesti kontinuirano spuštanje imaju za posljedicu veću potrošnju goriva i emisiju štetnih plinova. U ovom diplomskom radu analizirat će se utjecaj kontrole zračnog prometa na provedbu leta zrakoplova prilikom spuštanja na aerodrom destinacije te prikazati neophodnost izmjene velikog broja informacija između pilota i kontrolora da bi se kontinuirano spuštanje moglo ostvariti, kao i slučaj jako velike prometne kompleksnosti kada je to jednostavno neće biti moguće primijeniti.

U ICAO-ovom dokumentu 9931 (Priručnik za operacije kontinuiranog spuštanja), operacije kontinuiranog spuštanja (engl. *Continuous descent operations CDO*) su definirane kao operativna tehnika zrakoplova potpomognuta dizajnom zračnog prostora, dizajnom procedura i odobrenjima kontrole zračnog prometa (engl. *Air traffic control ATC*), a optimizirana operativnom mogućnošću zrakoplova da s niskom postavkom snage i bez konfiguracije za povećanje otpora smanji potrošnju goriva, a time i emisiju štetnih plinova tijekom spuštanja [1].

Optimalna operacija kontinuiranog spuštanja bi započela od točke početka spuštanja (eng. *Top of descent TOD*) i trajala sve do slijetanja na pistu. U stvarnosti različiti faktori utječu na mogućnost izvođenja CDO. Neki od njih su: granice zračnog prostora, ograničenja visine zbog dolazaka i odlazaka u blizini aerodroma, broj operacija, prometna kompleksnost itd. [1]

S pilotske strane, uspješnost CDO je uvjetovana mogućnošću predviđanja koje se opisuje kroz elemente CDO-a:

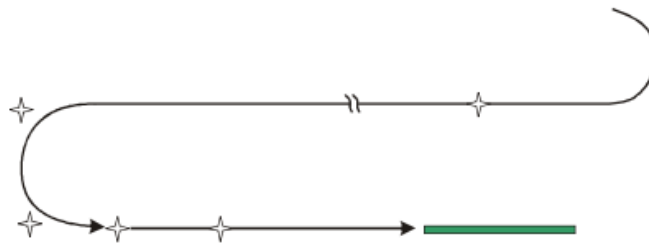
1. Dizajn zračnog prostora - na kartama procedura dolazaka (eng. *Standard instrument arrival procedure STAR*) i tranzicija se preporučuje opisivanje ograničenja visina sa „na ili iznad/ispod“ umjesto „na“ određenoj visini .

2. Zrakoplovne informacijske publikacije (eng. *Aeronautical Information Publication AIP*) - u AIP-u bi se trebale nalaziti sve relevantne informacije za kontinuirani prilaz kao što su preferirana staza, standardna vertikalna brzina spuštanja (eng. *Rate of descent ROD*), standardne brzine u određenim fazama spuštanja, vrsta prilaza te za koga se navedene restrikcije odnose.
3. Planiranje i koordinacija prometa - planiranje i sekvencioniranje dolaznog prometa, transfer između određenih jedinica ATC-a i koordinacija između sektora, ukoliko utječu na CDO, trebaju se iskomunicirati s posadom zrakoplova.
4. Taktička kontrola zračnog prometa - kontrolori se trebaju obučavati po principima CDO-a, biti svjesni upravljanja energijom (eng. *Energy management*), koristiti frazu „*descend when ready*“, uzeti u obzir varijacije profila spuštanja tijekom razdvajanja prometa, dati instrukcije poput ROD, brzine i direktnog odlaska na točku uzimajući u obzir CDO, kad god je moguće dati predviđeni broj milja koji bi zrakoplov trebao preletjeti do staze itd. Iako bi kontrolori trebali, kad god je to moguće, biti što učinkovitiji, ako dođe do mogućeg ugrožavanja sigurnosti ili preopterećenja kontrolora na sektoru, treba znati da sigurnost uvijek ima prioritet nad učinkovitosti.
5. Posade zrakoplova - piloti bi također trebali biti obučavani u skladu s CDO, trebali bi odrediti trenutak inicijacije spuštanja kako bi mogli sprovesti CDO, trebali bi biti svjesni da prije spomenutom frazom „*descend when ready*“ kontrolori provode CDO, posada bi trebala imati ažuriran FMS, pratiti pravila označena na kartama i u AIP-u i osigurati da zrakoplov bude stabiliziran za prilaz. Također kao i kod kontrolora, ukoliko je sigurnost upitna prestaje se s CDO-om jer sigurnost uvijek ima najveći prioritet.[1]

Trenutno postoje dvije metode za dizajniranje CDO procedura koje zahtijevaju različite načine određivanja udaljenosti do praga piste. To su metoda dizajna zatvorenog puta i metoda otvorenog puta.

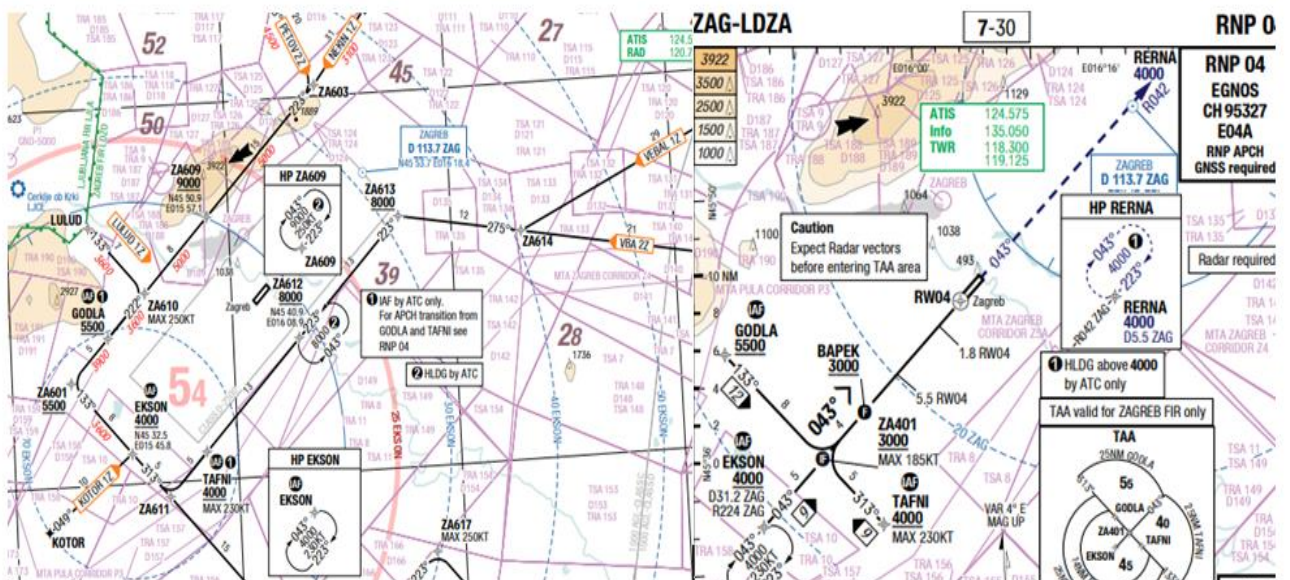
Dizajn metode zatvorenog sustava se odlikuje preciznošću određivanja udaljenosti do praga piste, a samim tim se omogućava precizno, automatsko i kontinuirano spuštanje. Primjer ovakve metode (Slika1) je STAR koji završava točkom

početka procedure završnog prilaza (eng. Final approach fix/point FAF/FAP) [2]. Praktični primjer je prikazan na slici 2 gdje se vidi da npr. STAR-ovi KOTOR1Z i LULUD1Z završavaju na točki EKSON koja je ujedno i točka završnog prilaza za RNP04 na zagrebačkoj zračnoj luci .



Slika 1. Dizajn procedure zatvorenog puta

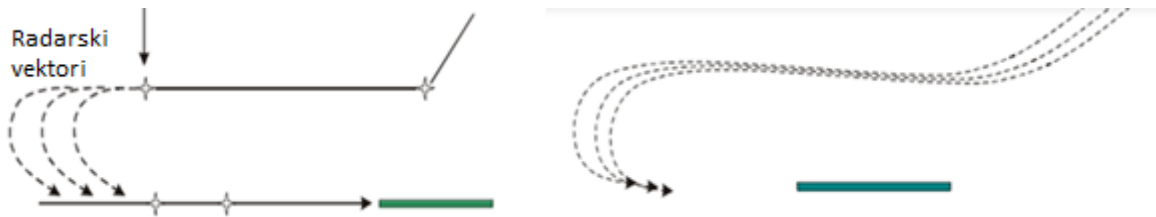
Izvor: [2]



Slika 2. Primjer dizajna zatvorenog puta na LDZA

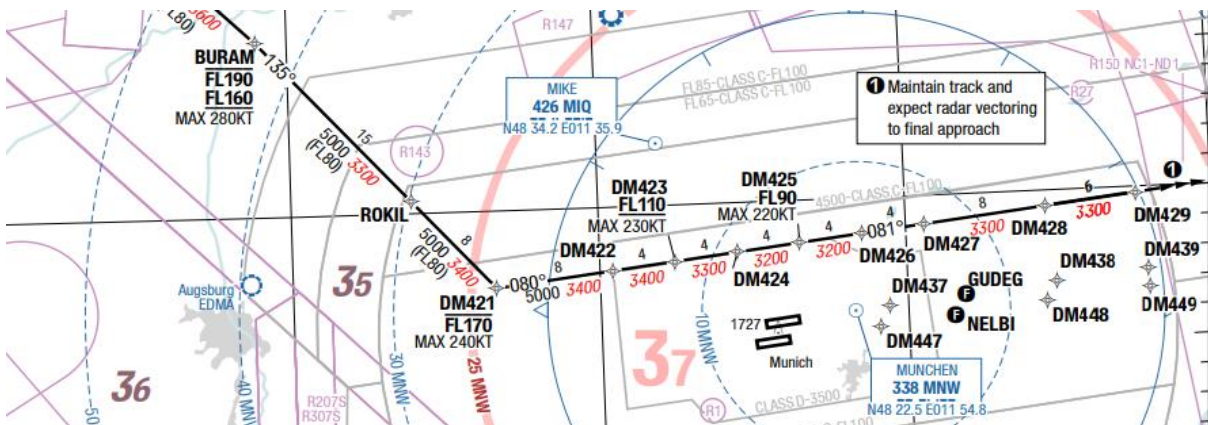
Izvor: [3]

Dizajn otvorenog puta se dijeli na dva glavna tipa jedan je onaj koji završava u dijelu „niz stazu“ (eng. *Downwind*) (slika3), a drugi je onaj koji završava na određenoj točki npr. točki kruga čekanja ili drugoj značajnoj točki. U oba slučaja potrebno je iskomunicirati vektore te koliko milja preostalog puta piloti mogu očekivati [2]. Primjer završavanja rute u downwind-u je prikazan na slici 4.



Slika 3. Otvoreni dizajn puta

Izvor: [2]



Slika 4. Primjer dizajna otvorenog puta u EDDM

Izvor: [3]

2. POKAZATELJI VERTIKALNE UČINKOVITOSTI LETA

Poboljšana vertikalna učinkovitost leta tijekom penjanja i spuštanja može uštedjeti značajne količine goriva i CO₂ kao i smanjiti razinu buke u blizini zračnih luka. Što je niža visina leta, to je veća dodatna potrošnja goriva [4].

EUROCONTROL-ova jedinica za održivost u zrakoplovstvu je zajedno s interesnim skupinama i komisijom za ocjenu učinkovitosti razvila metodologiju za izračunavanje "level off" segmenata tijekom penjanja i spuštanja [4].

2.1. Metodologija mjerenja vertikalne učinkovitosti

Metodologija podrazumijeva da ukoliko su svi ostali faktori jednaki horizontalan let tijekom spuštanja je neučinkovit. Također metodologija se odnosi i na penjanje i na spuštanje ali u ovom radu fokus je na spuštanju te će isto biti nadalje opisano.

Analiza se provodi u 5 koraka. Prvo se učitavaju informacije o putanjama zrakoplova, nakon toga se identificiraju segmenti penjanja i spuštanja, zatim se detektiraju horizontalni segmenti, određuje se početak penjanja (eng. *Top of climb TOC*) i spuštanja (eng. *Top of descent TOD*) i na koncu se rezultati obrađuju za prezentaciju, pri čemu se penjanje definira kao dio leta od polijetanja do TOC, a spuštanje od TOD do slijetanja [4].

Najčešće dijelovi penjanja i spuštanja zahtijevaju manje od 200 NM udaljenosti od / do zračne luke, posebno kada je indeks troškova nizak za spuštanje ili visok za penjanje. Imajući ovo na umu, analiza je ograničena na dijelove putanja u krugu od 200 NM oko zračne luke čime se izbjegava uključivanje penjanja tijekom faze krstarenja koje se koristi za optimizaciju visine leta radi smanjenja težine zrakoplova. Iako je radna skupina za kontinuirano penjanje i spuštanje uzela radijus od 300 NM, razlozi zbog kojih se uzima 200NM udaljenosti su:

1. Korištenje istog radijusa za analizu penjanja i spuštanja omogućuje izravnu usporedbu rezultata tih faza
2. Pregledom rezultata analize utvrđeno je da se korištenjem radijusa od 300 NM detektira puno horizontalnih dijelova leta na nešto nižim visinama od visine krstarenja što se smatra neučinkovito a vjerojatno je posljedica optimizacije visine

krstarenja s obzirom na težinu zrakoplova. Ovakvi dijelovi leta se ne smiju smatrati neučinkovitim i mogu značajno utjecati na konačne rezultate.

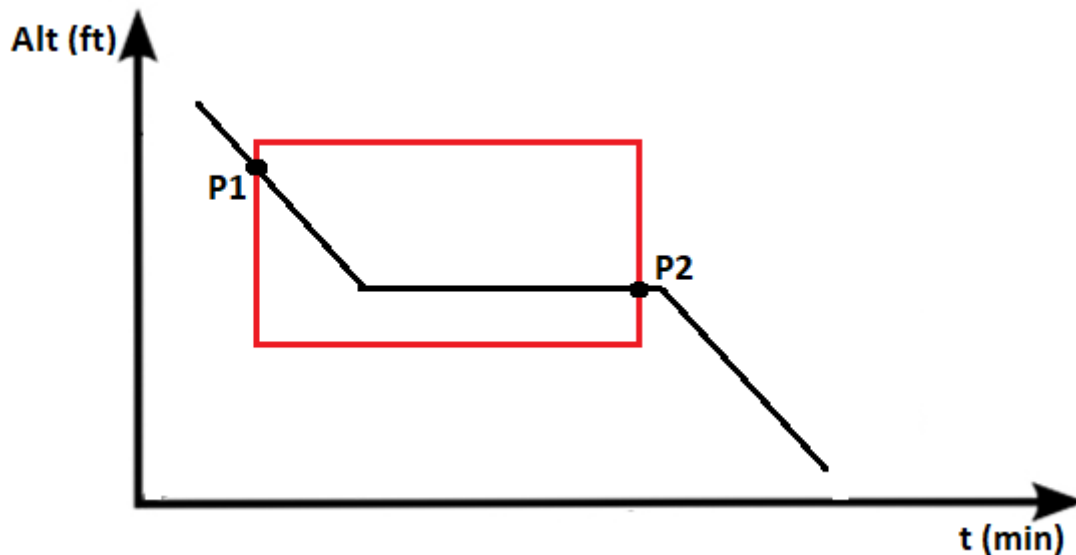
3. Iako je 300 NM odabrano zbog nemogućnosti da neki teži zrakoplovi dosegnu visinu krstarenja unutar radijusa od 200 NM, odlučeno je da je manji broj tih zrakoplova te da radijus od 200 NM najbolje odgovara ponašanju većine letova i pruža statistički ispravne rezultate i analize.

Za svaki let se određuje 4D točka u kojoj let prelazi radijus od 200 NM oko određene zračne luke. Ova je točka definirana kao A200. Unutar dijela putanje od A200 do piste, zadnja 4D točka na kojoj zrakoplov napušta najveću visinu definirana je kao TOD-A200.

Smatra se da faza spuštanja završava na 1800 stopa iznad razine zemlje (eng. *Above ground level AGL*), jer je visina presretanja za ILS sustave uglavnom na ili iznad ove nadmorske visine. Korištenje 1800 stopa AGL kao donje granice omogućuje hvatanje segmenata nivoa prije presretanja ILS-a, ali s druge strane zanemaruje putanju ispod 1800 stopa AGL gdje su zrakoplovi na putanji spuštanja (eng. *Glide slope*) ILS-a i ne bi se trebali pojaviti segmenti horizontalnog leta. Zaključak je da je dio putanje koji se razmatra za analizu od ToD-A200 do 1800 stopa AGL [5].

2.1.1. Detektiranje horizontalnog segmenta

Na putanjama između dijelova spuštanja je potrebno odrediti horizontalni segment koji se smatra neučinkovitim. Putanja između dvije točke je horizontalna ako ostaje unutar zamišljenog prozora (slika 5.). Radna grupa za kontinuirano penjanje i spuštanje je odlučila da se ROD od 300 ft/min i više smatra kontinuiranim spuštanjem, pa je stoga X/Y=300 ft/min [5].



Slika 5. Zamišljeni prozor za detektiranje horizontalnog leta

Kako bi se izbjeglo razmatranje segmenata horizontalnog leta koji se događaju nešto ispod razine krstarenja, definiran je okvir za izuzeće. Okvir za izuzeće kreće se od visine ToD-A200 do 90% te visine. Kada se unutar okvira za izuzeće otkrije segment horizontalnog leta i on traje duže od 5 minuta, ne uzima se u obzir u konačnim rezultatima. Novi TOD se u tom slučaju postavlja na kraj (posljednjeg) takvog segmenta (etape) za spuštanje. Novi TOD naziva se TOD-CDO. Kada unutar okvira za izuzeće nisu otkriveni horizontalni segmenti dulji od 5 minuta, TOD-CDO se podudara s TOD-A200.

2.2. Analiza

Rezultati analize uključuju ukupan broj letova, prosječnu i srednju vrijednost pređene udaljenosti, prosječnu i srednju vrijednost vremena horizontalnog letenja, postotak vremena horizontalnog letenja s obzirom na ukupno vrijeme spuštanja te prosječnu i srednju vrijednost broja horizontalnih letova.

Dodatno se računa srednja nadmorska visina CDO. Izračunava se uzimajući najnižu visinu segmenta horizontalnog leta za svaki let. Te se informacije zatim prikupljaju uzimajući srednju vrijednosti za sve razmatrane letove. Razlog računanja srednje nadmorske visine CDO leži u tome što je nekada jednostavno nemoguće imati CDO. Ukoliko se horizontalni let dogodi, bolje je da se provodi na većoj visini jer je tada potrošnja goriva manja nego da se horizontalni dio leta provodi na nižim visinama. Npr. horizontalni let fiksnog trajanja na

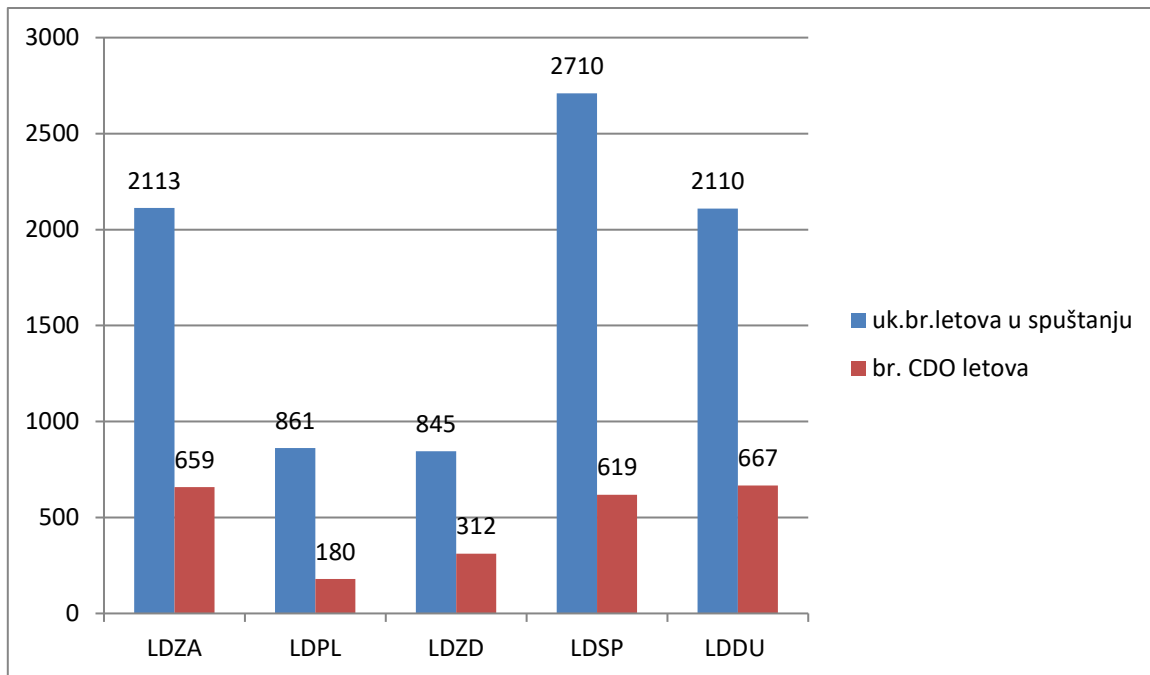
FL100 sagorijeva više goriva nego na FL300 što će se vidjeti u tablicama u petom poglavlju. Dakle, FL100 se u tom slučaju smatra segmentom najniže visine horizontalnog leta jer ima veći utjecaj na potrošnju goriva i okoliš [5].

Tablični prikaz s informacijama za veće hrvatske aerodrome je prikazan ispod (Tablica 1.), a odnos između ukupnog broja letova u spuštanju i onih s kontinuiranim spuštanjem je prikazan na grafikonu 1. U srpnju 2019. godine za aerodrom Zagreb (LDZA) bilo je 2 113 letova u spuštanju od kojih je 659 imalo kontinuirano spuštanje. Tih 2 113 letova su letjeli 25 439 NM u spuštanju a u horizontalni dijelovi u spuštanju su iznosili 26 984 s dok je srednja visina horizontalnog leta iznosila 10 031 ft [6].

Tablica 1. CDO operacije na hrvatskim aerodromima

Izvor:[4]

Aerodrom	Ukupan broj letova u spuštanju	Broj CDO letova	Udio CDO letova u ukupnom broju spuštanja (%)	Duljina horizontalnih segmenata u spuštanju (nm)	Vrijeme horizontalnih segmenata u spuštanju (s)	Srednja visina horizontalnog leta (ft)
LDZA	2113	659	31,188	25439	269840	10031
LDPL	861	180	20,906	17594	187440	5100
LDZD	845	312	36,923	11078	127180	20000
LDSP	2710	619	22,841	51545	537280	3482
LDDU	2110	667	31,611	27480	283280	11023



Grafikon 1. Odnos broja letova u spuštanju i broja CDO letova

Izvor: [4]

Prvotni plan za pisanje ovog diplomskog rada je bio anketno prikupljanje i analiziranje podataka sa letova. Podaci koji bi se prikupljali su: visina TOD, vrijeme i udaljenost od aerodroma ili neke referentne točke na početku spuštanja, brzina spuštanja, ROD, potrošnja goriva u spuštanju, visina i duljina trajanja horizontalnog segmenta u spuštanju, potrošnja goriva za vrijeme horizontalnog segmenta, instrukcije kontrolora vezane za CDO operacije, postojanje vektoriranja te dodatni subjektivni podaci posade poput posebnih uvjeta (npr. vremenski uvjeti) i prometna situacija. Iz tih podataka bi se grupirala eventualna ponavljanja horizontalnih dijelova leta na nekim rutama te bi se pokušao naći razlog istih, izračunala bi se srednja visina horizontalnog leta, vrijeme horizontalnih segmenata svih letova te postotak CDO letova. Zbog zaštite i tajnosti podataka zračnog prijevoznika anketa se nije mogla koristiti u ovom radu te je za analizu korištena BADA baza podataka i NEST program. Iz programa NEST su se izvlačili podaci o vertikalnoj putanji leta zrakoplova, a preko BADA-ine baze podataka potrošnja goriva u spuštanju.

3. UTJECAJ PROMETA NA OPERACIJE KONTINUIRANOG SPUŠTANJA

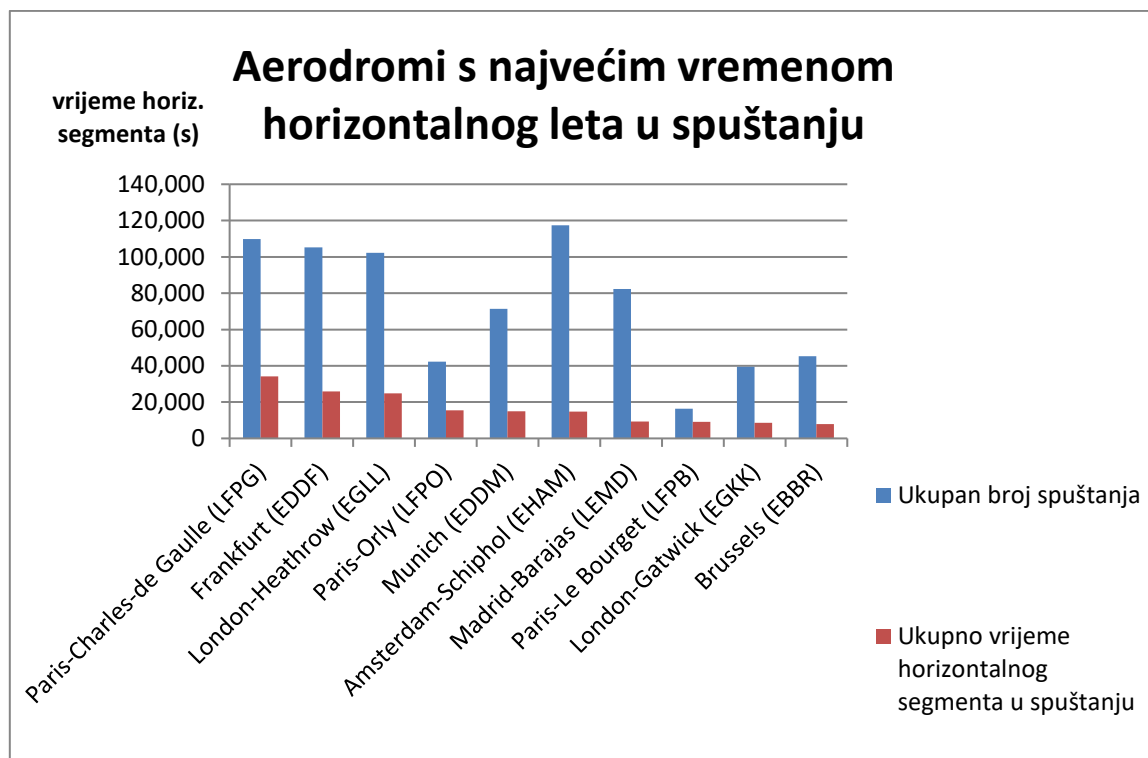
Na ANS Performance stranici su podaci za cijeli Eurocontrol-ov zračni prostor. Vidljivo je da veći aerodromi i aerodromi s velikim brojem operacija imaju najveće vrijeme horizontalnog dijela leta u spuštanju, sukladno tome zračni prijevoznici s najvećim brojem operacija također imaju duže vrijeme horizontalnog leta (tablica 2.). Na grafikonu 2 se vidi grafički prikaz podataka iz tablice 2 tj. za aerodrome sa najvećim brojem operacija spuštanja je prikazano ukupno vrijeme horizontalnog segmenta.

Tablica 2. Deset europskih aerodroma sa najvećim vremenom horizontalnog segmenta u spuštanju za 2020. godinu

Izvor: [4]

Aerodrom	Ukupan broj spuštanja	Ukupno vrijeme horizontalnog segmenta u spuštanju (s)	Srednje vrijeme provedeno u horizontalnom letu za vrijeme spuštanja (s)
Paris-Charles-de Gaulle (LFPG)	109 768	34 184 859	311,43
Frankfurt (EDDF)	105 229	25 833 601	245,5
London-Heathrow (EGLL)	102 167	24 901 625	243,73
Paris-Orly (LFPO)	42 202	15 446 968	366,02
Munich (EDDM)	71 438	14 937 295	209,09
Amsterdam-Schiphol (EHAM)	117 372	14 840 602	126,44
Madrid-Barajas (LEMD)	82 235	9 376 008	114,01
Paris-Le Bourget (LFPB)	16 295	9 110 244	559,08

London-Gatwick (EGKK)	39 506	8 532 480	215,95
Brussels (EBBR)	45 321	7 846 793	173,14



Grafikon 2. Deset europskih aerodroma s najvećim vremenom horizontalnog segmenta u spuštanju za 2020. godinu

U tablici 3 su prikazani europski zračni prijevoznici koji su imali najveće vrijeme horizontalnog segmenta u spuštanju. Očekivano, to su prijevoznici s velikim brojem operacija. Na grafikonu 3. se može vidjeti da npr. zračni prijevoznici Air France i Ryanair imaju slično ukupno vrijeme horizontalnog leta u spuštanju, iako Ryanair ima duplo više operacija spuštanja. Razlog tome je srednje vrijeme horizontalnog segmenta koje je više od duplo veće kod prijevoznika Air France (Tablica 3.).

Tablica 3. Deset Europskih zračnih prijevoznika sa najvećim vremenom horizontalnog leta u spuštanju za 2020. godinu

Izvor: [4]

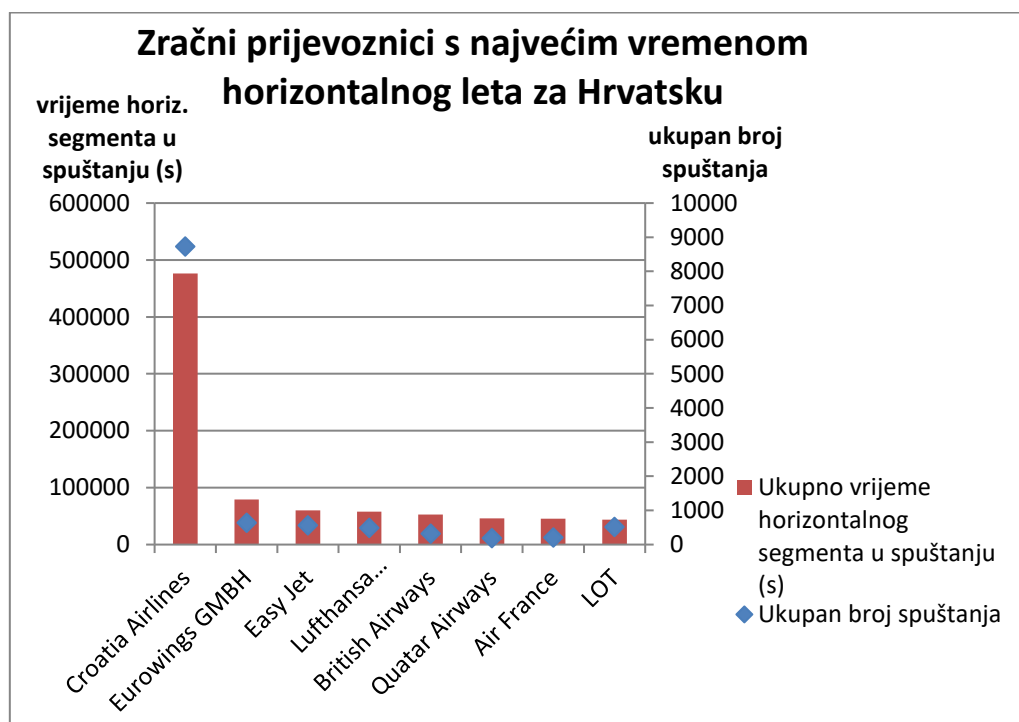
Zračni prijevoznik	Ukupan broj spuštanja	Ukupno vrijeme horizontalnog segmenta u spuštanju (s)	Srednje vrijeme provedeno u horizontalnom letu za vrijeme spuštanja (s)
Air France	102 603	22 976 476	223,85
Ryanair	233 759	21 193 139	90,66
Lufthansa	116 064	21 065 411	181,5
British Airways	88 926	17 113 253	192,44
Easy Jet	92 361	12 480 776	135,13
Wizz Air	102 289	10 517 313	102,82
Easy Jet Europe	81 190	10 411 816	128,24
Lufthansa CityLine	51 569	8 457 430	164
Hop!	43 999	8 391 628	190,72
Vueling	74 222	7 688 131	103,58



Grafikon 3. Zračni prijevoznici s najvećim vremenom horizontalnog segmenta u spuštanju za Europu u 2020. godini

Izvor: [4]

Ako se na ANS Performance stranici odabere hrvatski zračni prostor prikazat će se slična situacija kao i za Europu tj. zračni prijevoznici koji imaju najveću frekvenciju letova na hrvatskim aerodromima imaju i dulje vrijeme provedeno u horizontalnom letu za vrijeme spuštanja (Grafikon 4.). Iz primjera zračnog prijevoznika Croatia Airlines (Tablica 4.) se vidi da je prosječno vrijeme horizontalnog dijela leta u spuštanju iznosilo 54,58 sekundi što je značajno manje od drugih zračnih prijevoznika u tablici. Međutim Croatia Airlines ima najveće vrijeme horizontalnog leta u spuštanju jer ima i najveći broj letova u Hrvatskoj tj. kada bi se pomnožio broj spuštanja i srednje vrijeme horizontalnog segmenta po letu dobio bi se broj ukupnog vremena horizontalnog leta. Naravno prilikom određivanja srednjeg vremena horizontalnog segmenta leta primjenjuje se obrnuti postupak. Sukladno tome i hrvatski aerodromi s više prometa imaju dulje vrijeme horizontalnog segmenta u spuštanju (Grafikon 5.) [4].



Grafikon 4. Zračni prijevoznici s najvećim vremenom horizontalnog segmenta u spuštanju za Hrvatsku u 2020. godini

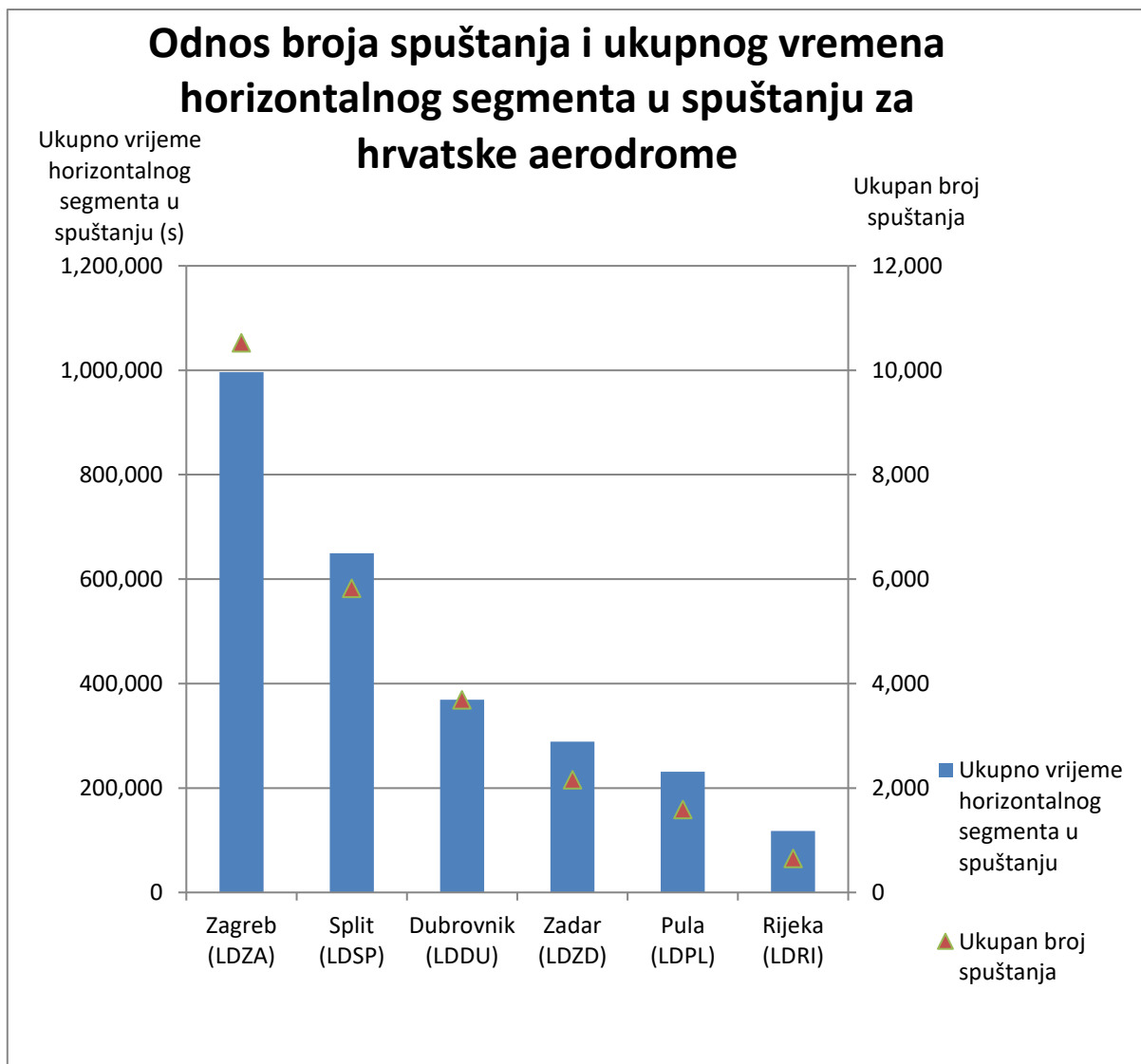
Izvor: [4]

Tablica 4. CDO operacije zračnih prijevoznika u Hrvatskoj

Izvor: [4]

Zračni prijevoznik	Ukupan broj spuštanja	Ukupno vrijeme horizontalnog segmenta u spuštanju (s)	Srednje vrijeme provedeno u horizontalnom letu za vrijeme spuštanja (s)
Croatia Airlines	8 725	476 229	54,58
Eurowings GMBH	632	79 198	125,31
Easy Jet	562	59 880	106,55
Lufthansa CityLine	488	57 720	118,28
British Airways	314	52 760	168,03
Qatar Airways	189	45 860	242,65
Air France	203	45 280	223,05
LOT	513	43 640	85,07

Na grafikonu 5. se vidi da na najvećim hrvatskim aerodromima ukupno vrijeme horizontalnog segmenta u spuštanju prati broj ukupnih operacija, tj. povećanje broja spuštanja povećava i trajanje ukupnog horizontalnog leta tijekom istog.

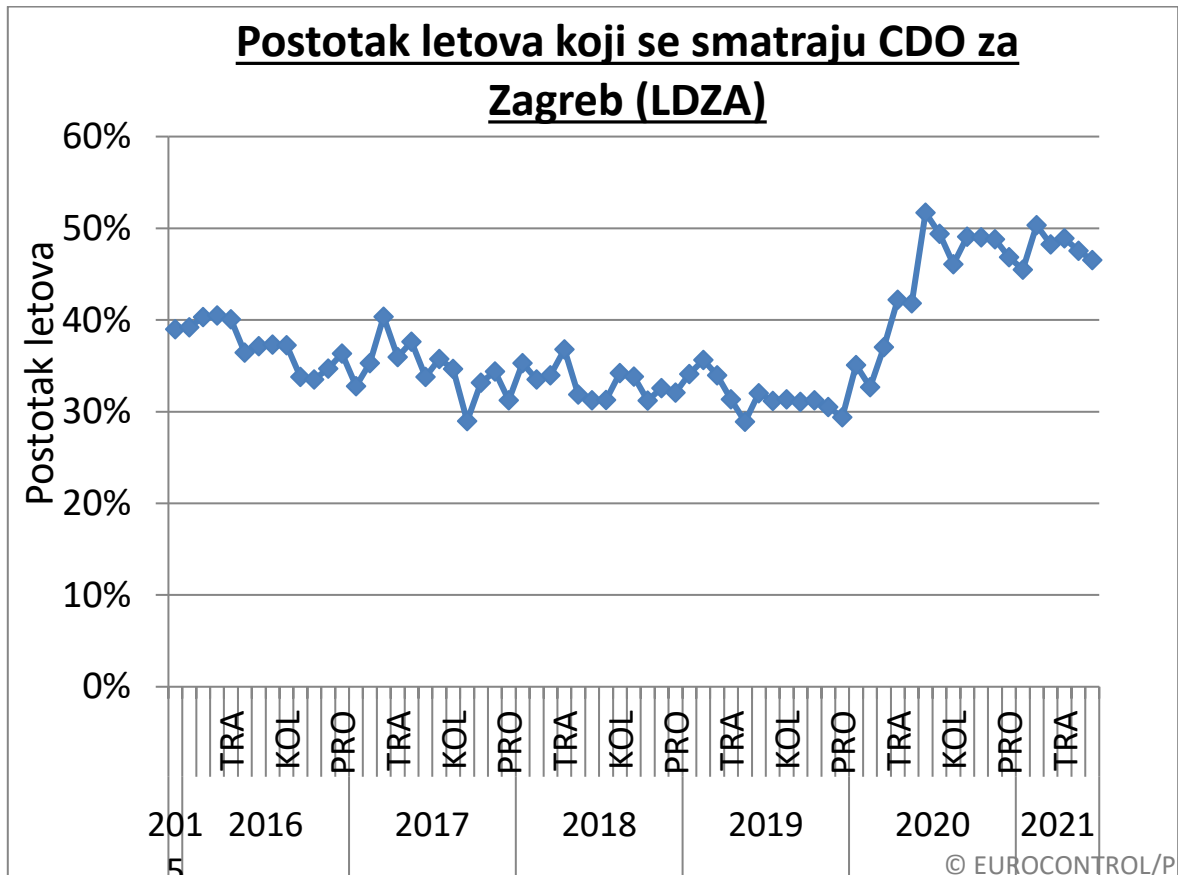


Grafikon 5. Aerodromi u Hrvatskoj s najvećim vremenom horizontalnog segmenta u spuštanju

Izvor: [4]

Za prikaz utjecaja prometa na operacije kontinuiranog spuštanja prikazat će se podaci prije pandemije i podaci za vrijeme pandemije SARS-CoV-2. Ukoliko se pogleda grafikon 6 može se vidjeti kako je postotak CDO letova za zagrebački aerodrom u 2019. godini bio najmanji u svibnju te iznosio 28.9% letova a najveći u veljači i iznosio 35,6% letova. Također se primjećuje mala razlika u postotku CDO letova u sezonskim mjesecima (lipanj-kolovoz) kada se postotak kreće od 31.2% do 32%. Za 2020. godinu je vidljiv veliki porast postotka letova s kontinuiranim spuštanjem s minimumom od 32.7% u veljači te maksimumom od 51.7% u lipnju. U tom periodu je bio značajno smanjen broj operacija zbog pandemije SARS-

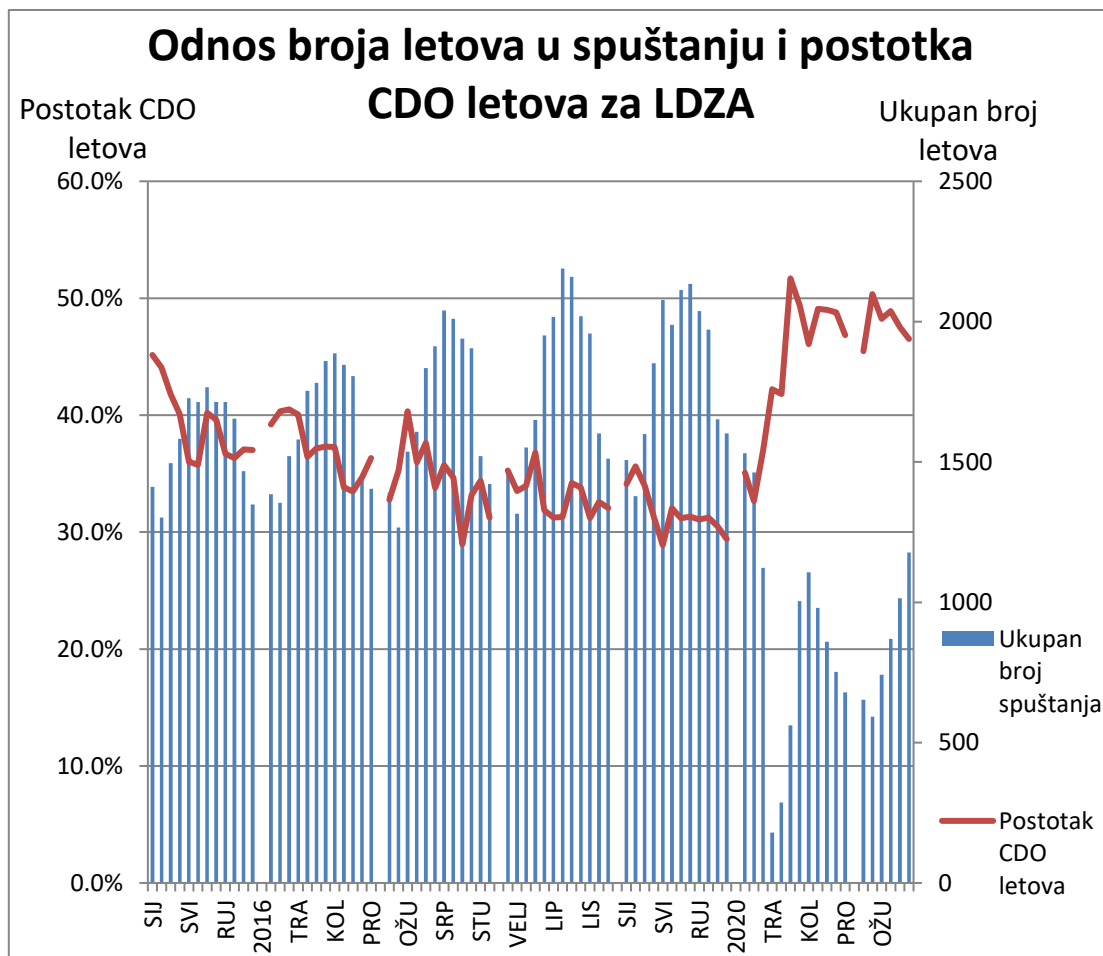
CoV-2 pa je možda bilo lakše izvoditi operacije kontinuiranog spuštanja iako se prethodnih godina postotak CDO operacija nije značajno mijenjao ni tijekom sezonskih mjeseci [4].



Grafikon 6. Postotak CDO letova za LDZA

Izvor: [4]

Ako pogledamo grafikon s brojem letova (Grafikon 7.) i promatramo 2019. godinu vidimo da je u veljači 2019. godine bilo najmanje letova u spuštanju (1 378), a u kolovozu 2 135 letova. Za 2020. godinu vidimo očekivano značajan pad broja operacija uzrokovanih pandemijom. Minimalan broj letova je bio u travnju 176 letova, a maksimalan u kolovozu 1 117 letova. Međutim ne znači da je postotak CDO letova određen samo brojem operacija to se vidi na primjeru mjeseca travnja 2020. godine kada je bilo 180 operacija spuštanja a postotak CDO letova je iznosio 42,2%, a u lipnju iste godine je bilo 3 puta više operacija spuštanja a postotak CDO letova je bio najveći ikada tj. 51,7%. Moguć razlog tome je struktura prometa i prekid u radu kontrolora i pilota [4].

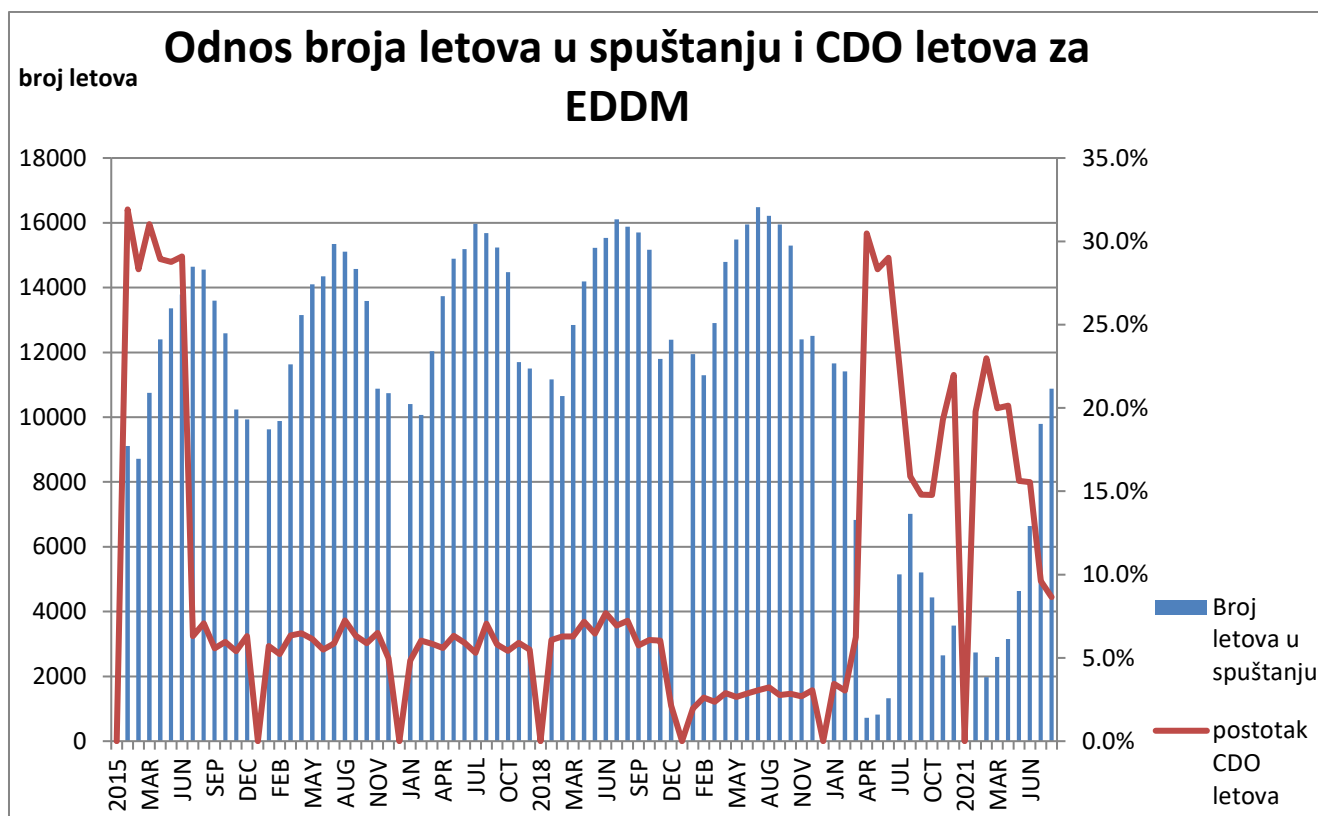


Grafikon 7. Broj operacija spuštanja za LDZA

Izvor: [4]

U LDZA je u 2019. godini bilo 21 911 spuštanja, a u 2020. godini je ukupno bilo 10 528 operacija spuštanja tj. broj operacija spuštanja se smanjio za 51.95% a na grafikonu 7 vidimo da je broj CDO letova narastao za 20% [4].

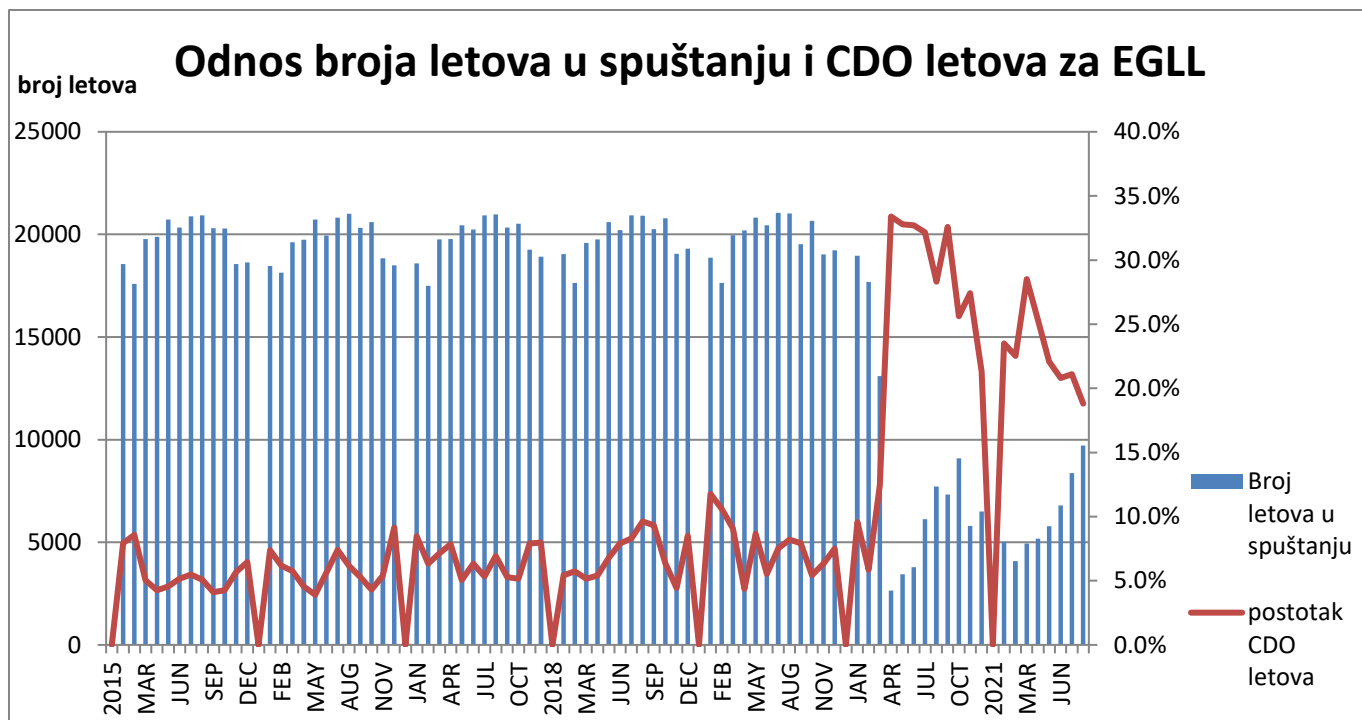
Budući da je pandemija zahvatila cijeli svijet prikazat će se još par zanimljivih primjera poput minhenskog aerodroma koji je inače imao jako mali postotak CDO operacija prije pandemije a za vrijeme iste je nastao značajan porast CDO operacija. Sezonski broj operacija spuštanja na ovom aerodromu u 2019. godini bio više od 18 000 dok je u 2020. godini bio nešto veći od 6 000 tj. EDDM je imao gubitak prometa u sezonskim mjesecima od 66.55%. Iako se vidi da EDDM ima jako nizak postotak CDO letova on je ipak narastao smanjenjem prometa u 2020. godini (Grafikon 8.) [4].



Grafikon 8. Broj operacija spuštanja za EDDM

Izvor: [4]

Londonški aerodrom Heathrow kao i prethodna dva pokazuje trend povećanja postotka CDO operacija za oko 20% u vremenu pandemije kada je broj operacija spuštanja za ljetu 2019. godine u odnosu na ljetu 2020. godine pao za oko 63% (Grafikon 9.).



Grafikon 9. Postotak CDO letova za EGLL

Izvor: [4]

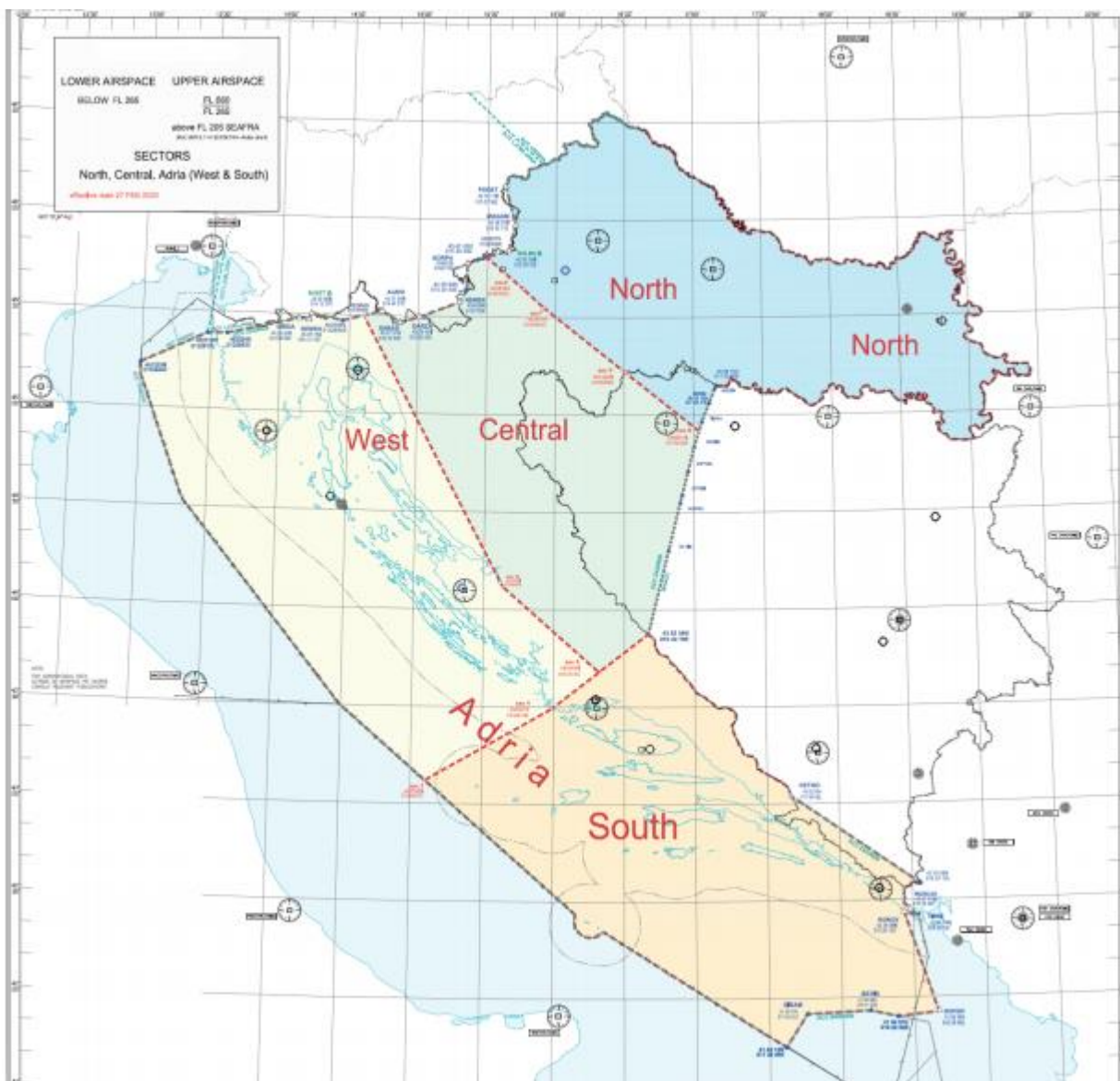
Grafikon 10 prikazuje srednje vrijeme horizontalnog leta u Europi za 2019.-2021. godinu. Iz njega se vidi kako se srednje vrijeme horizontalnog leta u spuštanju, koje je prikazano na vertikalnoj osi grafikona i izraženo u sekundama, smanjilo u pandemijskom razdoblju. Aerodromi na kojima je najviše vremena provedeno u horizontalnom letu tijekom CDO su ujedno i oni s najviše prometa, a to su: Paris Charles de Gaulle (LFPG), Frankfurt (EDDF), London Heathrow (EGLL), Munich (EDDM), Amsterdam (EHAM), Paris Orly (LFPO), London Gatwick (EGKK), Madrid Barajas (LEMD), Zurich (LSZH) i Brussels (EBBR). Takav grafikon za hrvatski zračni prostor pokazuje isti trend kao i za europski pri čemu je najveće vrijeme horizontalnog leta u spuštanju bilo u Zagrebu, Splitu i Dubrovniku. Ako se pandemijsko vrijeme u Hrvatskoj računa od ožujka 2020. godine onda je maksimalna vrijednost srednjeg vremena horizontalnog leta bila u kolovozu 2020. 106,68 sekundi, a minimalna u studenom 2020. 46,33 sekunde, dok je prije pandemije maksimalno srednje vrijeme horizontalnog leta bilo u srpnju 2019. godine 155,55 sekundi, a minimalno u siječnju 2020. godine 92,5 sekundi (Grafikon 11.). Na grafikonima su plavom bojom označeni stupci horizontalnog leta ispod FL075 jer horizontalni let ispod te visine se smatra kao zagađenje bukom [4].

4. UTJECAJ PODJELE ZRAČNOG PROSTORA NA OPERACIJE KONTINUIRANOG SPUŠTANJA

Europski, pa tako i hrvatski zračni prostor je podijeljen na puno manjih dijelova različitih klasa i tipova pružanja usluga. Upravo su ti manji dijelovi, sektori, čest uzrok smanjenja kapaciteta i učinkovitosti te povećanja kašnjenja. Sektorizacijom se dijeli jedan veći zračni prostor na više manjih upravljivih područja koji imaju svoju granicu, propusnost i kapacitet. Sektor može biti elementarni, što znači da se ne može dijeliti na više manjih i kolapsirani koji se sastoji od dva ili više elementarnih sektora ili njihovih dijelova.

Zagrebački FIR (eng. *Flight Information Region*) okružen je FIR -ovima/UIR (eng. *Upper Flight Information Region*) šest država: Mađarska (Budimpešta FIR), Slovenija (Ljubljana FIR i Bečki ACC (eng. *Area Control Centar*) unutar delegiranog MURA sektora), Italija (FIR/UIR Milano - ACC Padova i FIR/UIR Brindisi - Brindisi ACC), Bosna i Hercegovina (Sarajevo FIR), Srbija (Beograd FIR/UIR) i Crna Gora (Beograd FIR/UIR) [7]. Unutar granica FIR Zagreb nalazi se područje odgovornosti (eng. *Area of Responsibility AoR*) Hrvatske kontrole zračne plovidbe (Slika 6.).

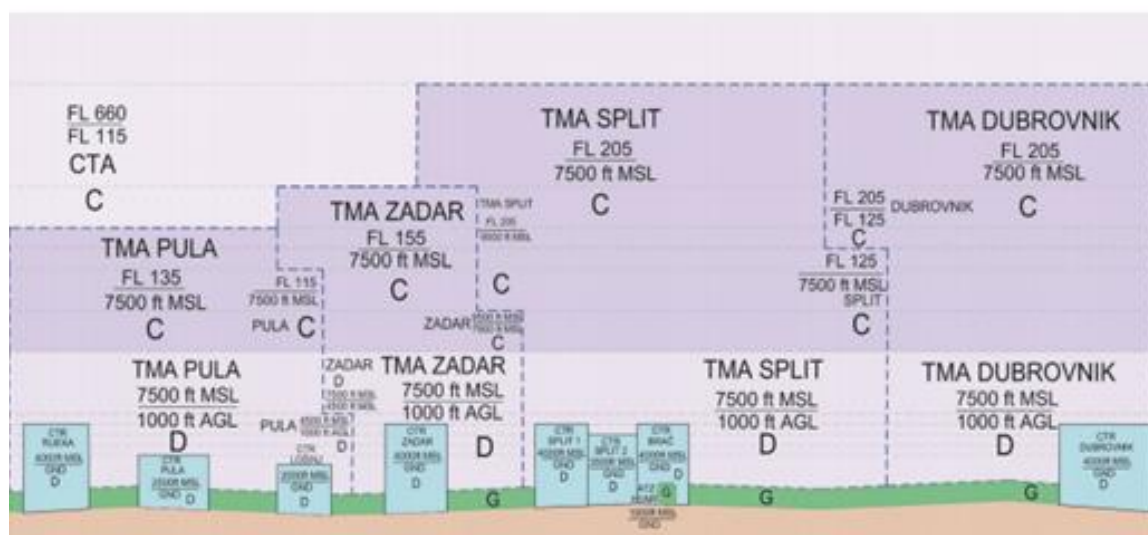
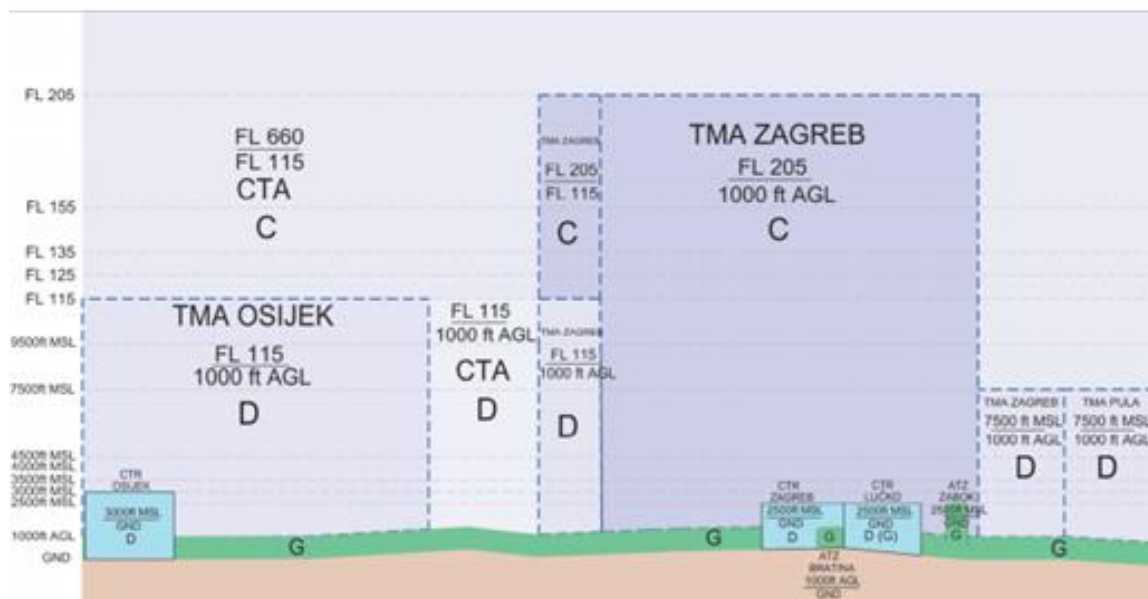
Na slici 7 je vidljivo da hrvatski zračni prostor ima horizontalnu sektorsku konfiguraciju koja se sastoji od sektora : North, Central, West i South, pri čemu West i South zajedno čine sektor Adria. Sektorsku konfiguraciju odlučuje nadzornik smjene ovisno o prometnoj situaciji. To znači da, ako je prometna potražnja mala, svi ovi sektori se mogu spojiti u jedan, a ukoliko je prometna potražnja velika tada se sektori mogu dalje dijeliti npr. visinski.



Slika 6. Područje odgovornosti HKZP-a

Izvor: [5]

Klasifikacija usluga zračne plovidbe (eng. *Air Traffic Services ATS*) unutar FIR-a Zagreb je prikazana na slici 7. Tu se također vide visinske granice sektora kroz koje zrakoplov prolazi u penjanju i spuštanju.

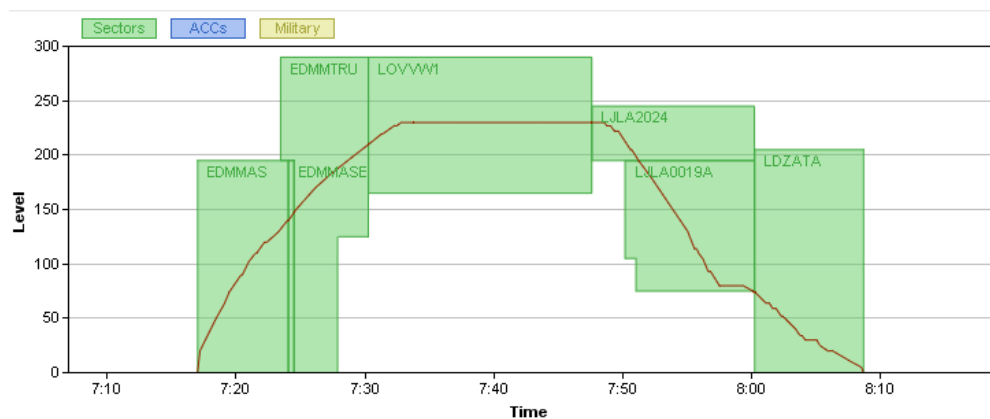


Slika 7. ATS klasifikacija zračnog prostora unutar Zagreb FIR-a

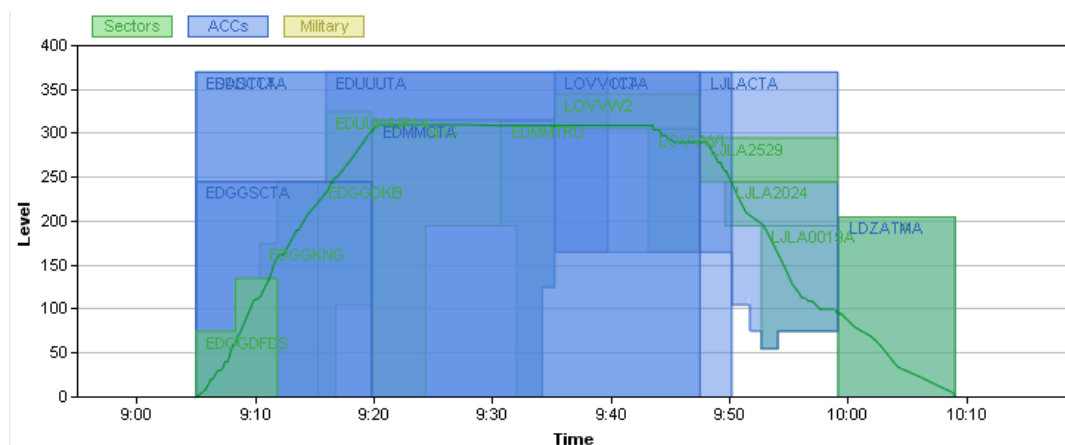
Na slici 7 se vidi da terminal Zagreb ima granice od 1000 stopa do FL 205 iznad čega se nalazi CTA Zagreb a graniči još i s TMA Banjaluka koji je do FL125 te sa ACC Ljubljana. Kako bi se omogućilo kontinuirano spuštanje zrakoplova koji slijeću u LDZA potrebno je imati dobru koordinaciju između sektora tj. pravovremeno predavanje zrakoplova drugom sektoru ili oslobađanje leta drugom sektoru (frazu: „Released from previous sector“). Također koriste se prilagođene fraze poput: „when ready, descend FL“ ili „cleared direct to point and descend FL to be at or above assigned FL point“ te se preporuča davanje informacije o predviđenim miljama koje će zrakoplov preletjeti do slijetanja.

U nastavku diplomskog rada prikazat će se profili zanimljivih letova na koje je vjerovatno podjela zračnog prostora imala utjecaj.

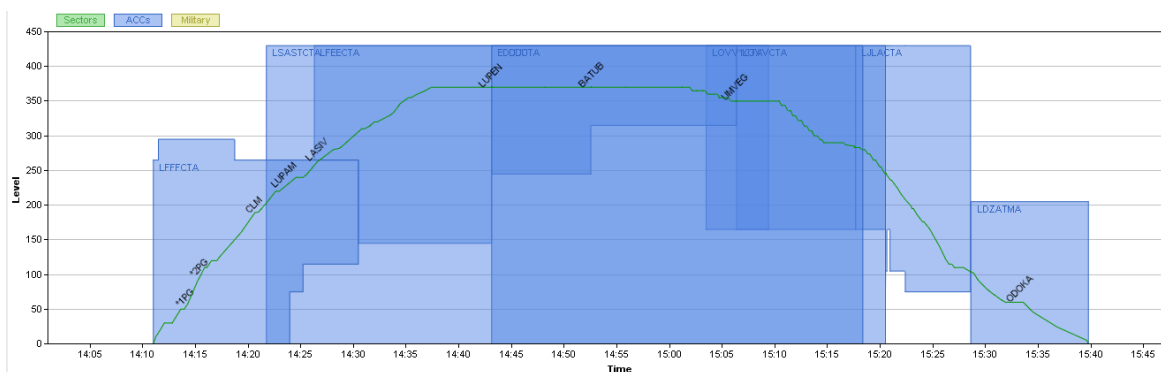
Za let OU4437 (EDDM-LDZA) 6.7.2019. je vidljiv horizontalni segment u trajanju od 2,5 minute između sektora LJLA CTA i LDZA TMA na visini od 10 000 stopa. Slična je situacija istog dana kod leta OU417 (EDDF LDZA) gdje je horizontalni segment u spuštanju trajao 1 minutu i 16 sekundi (Slika 9.) te let pozivnog znaka AFR156B (LFPG LDZA) s horizontalnim dijelom koji se odvio u TMA Zagreb na 6 000 stopa i trajao je 1 minutu i 41 sekundu.



Slika 8. Profil spuštanja za OU4437 (6.7.2019.)



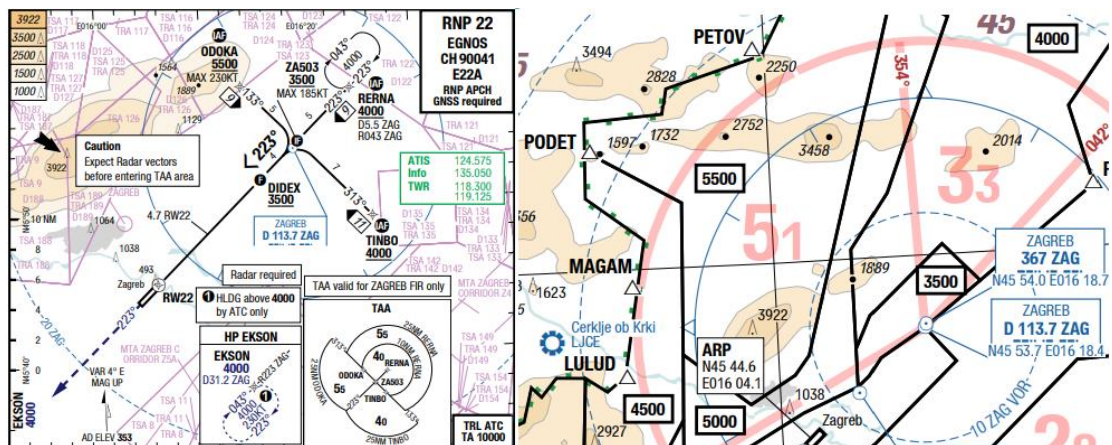
Slika 9. Profil spuštanja za OU417 (6.7.2019.)



Slika 10. Profil spuštanja za AFR156B (6.7.2019.)

U prva dva primjera se vidi kako je horizontalna podjela zračnog prostora utjecala na CDO. Vertikalna podjela, poput horizontalne, također može utjecati na operacije kontinuiranog spuštanja. Drugi čimbenici koji utječu na CDO su predavanje zrakoplova drugom sektoru na određenoj točki i visini, vektoriranje zrakoplova, minimalne visine vektoriranja zrakoplova, odvajanje odlaznog i dolaznog prometa, separacija zrakoplova te njihovo redanje za prilaz. Na te čimbenike kontrolor leta može utjecati upozoravajući posade zrakoplova na iste. Ako je ljubljanski kontrolor obavijestio let OU4437 da će nižu visinu od 10 000 ft dobiti nakon prelaska u hrvatski zračni prostor (dajući informaciju daljnje spuštanje očekujte za određeni broj milja ili minuta), posada leta se u tom slučaju trebala pripremiti i smanjiti ROD kako ne bi imala horizontalni dio leta u spuštanju (Slika 8.).

Na trećem primjeru (Slika 10.) vidi se horizontalni dio na 6 000 stopa koji traje 1 minutu i 41 sekundu. Ako se ta slika usporedi sa slikom minimalnih visina radarskog navođenja i prilaznom kartom jasno je da je kontrolor zbog sektorske visine, minimalne visine radarskog vektoriranja ATCSMAC (eng. *Air Traffic Control Surveillance Minimum Altitude Chart*) i visinskog ograničenja na točki „ODOKA“ bio primoran prekinuti kontinuirano spuštanje zrakoplova (Slika 11).



Slika 11. Prilazna karta RNP22 I MRC za LDZA

Izvor: [2]

Zrakoplov pozivnog znaka CTN9HR je već objašnjen, letovi (npr. CTN415 I AFR165B iz tablice 8 u narednom poglavlju) koji su stali na 6000 imaju jednak prilaz tj. oba su letjela preko točke ODOKA za stazu 22 gdje je ranije objašnjena problematika minimalnih sektorskih i visina radarskog vektoriranja. Letovi THY9MT i QTR62SY su stali na visini presijecanja (eng. *Intercept*) ILS-a (eng. *Instrument Landing System*) za stazu 22, a slično se desilo i sa letom CTN5H koji je nastavio spuštanje nakon dolaska na *glide slope* ILS-a za stazu 04. Takva stajanja najviše utječu na potrošnju goriva jer se događaju na manjim visinama gdje je potrošnja goriva veća, a moguće ih je smanjiti davanjem informacije o preostalim miljama ukoliko je radarsko vektoriranje pogotovo u slučaju zadane brzine.

5. USPOREDBA POTROŠNJE GORIVA ZA OPERACIJE KONTINUIRANOG SPUŠTANJA I STEPENIČASTI PRILAZ

ECAC (eng. *European Civil Aviation Conference*) je 2018. godine proveo istraživanje koristeći podatke iz 2017. godine kako bi procijenio potencijalne benefite koje bi zračni promet dobio od CDO i CCO (eng. *Continuous Climb Operation*). Istraživanje se baziralo na smanjenju potrošnje goriva a posljedično i smanjenju emisija štetnih plinova te smanjenju cijene goriva. Zaključak istraživanja je da od ukupnog broja penjanja 94% ih je bilo kontinuirano do FL100 dok ih je 74% bilo kontinuirano do TOC-a. Srednje vrijeme horizontalnog leta za letove koji nisu ostvarili kontinuirano penjanje je 168 sekundi po letu što bi značilo 15kg goriva više potrošnje, 48kg CO₂ te ušteda od 7 eura po letu. Za operacije kontinuiranog spuštanja rezultati su pokazali da samo 24% letova spušta kontinuirano od TOD do slijetanja a njih 41% od FL75. Za letove koji nisu spuštali kontinuirano prosječno vrijeme horizontalnog leta je bilo 217 sekundi, što je 46kg goriva, 145 kg CO₂ i 20 eura više troškova po letu [4].

Istraživanje je dalo dva glavna zaključka:

1. Potencijalne uštede u Europi za CDO i CCO su i do 340 000 tona goriva godišnje (1.1 milijuna tona CO₂ tj. 150 milijuna eura)
2. Potencijalna ušteda potrošnje goriva je deseterostruko veća za CDO od CCO

Važno je naglasiti da su ti benefiti računati za slučaj stopostotnog broja letova s kontinuiranim penjanjem i spuštanjem. To nije realno očekivanje zbog raznih faktora poput sigurnosti, ATCO (eng. *Air Traffic Controller*) opterećenja, vremenskih uvjeta itd [8].

Tablica 5 je prikaz potrošnje goriva u spuštanju za A318/A319/A320/A321. To su podaci proizvođača koji su detaljnije zapisani u bazi podataka BADA. U tablici su podaci za masu od 55 000kg, ISA (eng. *International Standard Atmosphere*) uvjete, normalnu klimatizaciju, ugašen sustav protiv zaleđivanja, *idle* potisak i maksimalna vertikalna brzina spuštanja kabine. U stupcima se nalaze visine na kojima se započinje spuštanje, brzina spuštanja, udaljenost i vrijeme potrebno za spuštanje sa visine u prvom stupcu do 1 500 stopa i gorivo koje će biti potrošeno za vrijeme tog spuštanja.

Tablica 5. Potrošnja goriva u spuštanju za A318/A319/A320/A321

Izvor: [8]

SPUŠTANJE M.78/300KT/250KT				
IDLE THRUST		ISA		MAX CABIN ROD 350 FPM
NORMAL AIR CONDITIONING		CG 33%		
ANTI-ICING OFF		Spuštanje do 1500ft		
MASA 55000 KG				
FL	VRIJEME (MIN)	GORIVO (KG)	UDALJENOST (NM)	IAS (KT)
15	0	0	0	250
50	1.9	16.5	8	250
100	5.45	53	25.5	300
140	7.1	75	35	300
160	7.95	87.5	40.5	300
290	12.65	129.5	73	300
310	14.2	133	76.5	289
330	13.7	136	80.5	277
350	14.45	145	86	264
370	15.65	167	94.5	252
390	16.75	155	103.5	241

Tablica 6 prikazuje potrošnju goriva u horizontalnom letu za zrakoplove tipa A318/A319/A320/A321. Iz nje se vidi da je potrošnja goriva znatno veća na nižim visinama od potrošnje goriva na višim visinama.

Tablica 6. Potrošnja goriva u horizontalnom letu za A318/A319/A320/A321

Izvor: [8]

ČISTA KONFIGURACIJA	NORMAL AIR CONDITIONING	ANTI ICING OFF	ISA	CG33%
---------------------	-------------------------	----------------	-----	-------

MASA 55000KG	
FL	POTROŠNJA GORIVA (KG/H)
15	2098
50	2035
100	2345 (273 KIAS)

Iz tablica 5 i 6 se lako izračuna da zrakoplovi A318/319/320/321, mase 55000kg na visini od 3000 stopa troše 33.6kg goriva u minuti što je skoro četvrtina goriva potrebnog za kontinuirano spuštanje s FL290.

Formula za količinu CO₂ po kilogramu goriva je [10]:

$$G_{CO_2} = mf * g_{CO_2} \text{ [kg } CO_2/h] \quad (1.1.)$$

Gdje su:

- G_{CO₂} količina CO₂ po kilogramu goriva
- g_{CO₂} količina CO₂ po jednom kilogramu goriva
- mf potrošnja goriva po satu leta [kg/h]

Količina CO₂ po jednom kilogramu goriva je:

$$g_{CO_2} = \frac{44}{12} 0,89 = 3,263 \text{ [kg } CO_2 /kg \text{ goriva]} \quad (1.2.)$$

Dakle za 1 minutu leta na 3000 stopa A318/A319/A320/A321 proizvede:

G_{CO₂}=33,6*3,263=109,64 kg CO₂ tj. let koji je imao horizontalni segment na 3000 stopa u trajanju od 2 minute je proizveo 220kg CO₂ a da je spuštao kontinuirano s FL210 bi potrošio 111kg goriva i 362,193kg CO₂.

Kao što je već napomenuto zrakoplovi koji imaju horizontalni segment na nižim visinama troše više goriva pa tako iz tablice 1 možemo vidjeti da je u Puli i Splitu srednja visina horizontalnog leta niža od 10 000 stopa što bi se naročito trebalo izbjegavati. Razlika u potrošnji goriva (A318/A319/A320/A321) za srednje visine horizontalnog leta u spuštanju na pet hrvatskih aerodroma je prikazana u tablici 7.

Tablica 7. Potrošnja goriva za srednju visinu horizontalnog leta na hrvatskim aerodromima

Izvor: [4]

AERODROM	SREDNJA VISINA HORIZONTALNOG LETA (ft)	POTROŠNJA GORIVA ZA A18/A319/A320/A321 (ISA, 55T) KG/H
LDZA	10 031	1 204
LDPL	5 100	2 041
LDZD	20 000	1 066
LDSP	3 482	2 062
LDDU	11 023	1 197

Iz tablice 7 se vidi da je potrošnja goriva na srednjoj visini horizontalnog leta od 20 000 stopa u Zadru skoro duplo manja od potrošnje na srednjoj visini horizontalnog leta u Splitu tj. 3 482 stope, isto je i sa količinom CO₂.

5.1. Analiza CDO operacija za LDZA

U periodu od 6.7.2019. do 10.7.2019. godine promatrano je 50 dolazaka u Zagreb (LDZA). Sve letove je letio zrakoplov tipa A320. Za svaki let je vertikalni profil izvučen iz programa NEST. Za svaki let je određena točka TOD200. To je točka unutar 200nm na kojoj zrakoplov prvi put započinje sa spuštanjem (iznimno u par slučajeva je uzeto više od 200nm zbog načina prikaza podataka u NEST-u). Određeni su segmenti spuštanja i segmenti horizontalnog leta, njihovo trajanje i visina. Za svaki zrakoplov je pretpostavljena masa od 64 000kg te brzina spuštanja od 300 čvorova do FL100 a ispod FL100 250 čvorova. U excel tablicu su uneseni podaci iz BADA-e (eng. *Base of Aircraft Data*) za zrakoplov A320 te je proračun rađen na osnovu tih podataka (Slika 12.).

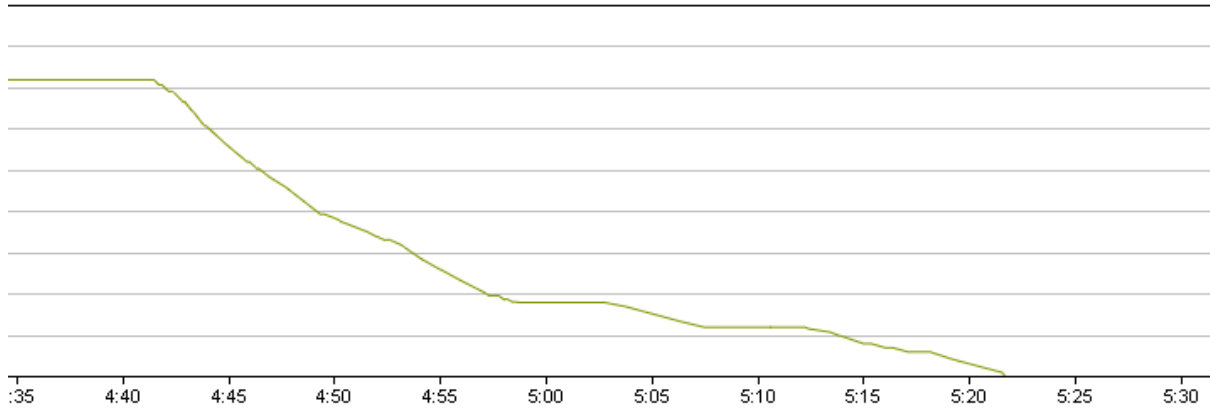
Flight ID	Callsign	Departure	Arrival	ATOT	Type	Volumes	Display parameters		
<input checked="" type="checkbox"/> AA15378818	QTR3QJ	OTHH	LDZA	7.7.2019. 23:48	A320	None	<input type="checkbox"/> Elem Sectors	<input type="checkbox"/> Collapsed Sectors	
8.7.2019. QTR3QJ									
	START	END	FL S	FL E	NM	SPEED	MINUTES	DIFFEREN	ROC/ROD
	41:28	58:46	360	90	90	300	17,30	27000	1560,694
	58:46	02:44	90	90	20	250	3,97	0	0,000
	02:44	07:27	90	60	13	250	4,72	3000	636,042
	07:27	12:11	60	60	12	250	4,73	0	0,000
QTR3QJ	12:11	17:05	60	30	12	250	4,90	3000	612,245
	CDO:								
	41:28	17:05	360	30	143	300	35,62	33000	926,533

Horizontal Axis

Zoom:

Unit: Distance Duration Time

Alignment: Departure Arrival



Slika 12. Način obrađivanja podataka

Za računanje potrošnje goriva za spuštanje zrakoplova potrebno je izračunati protok goriva. Koristi se formula za *idle descent* f_{min} i za spuštanje zrakoplova s potiskom f_{nom} . Koeficijenti za potisak zrakoplova kod spuštanja na velikim visinama dali su nerealne rezultate potrošnje te su u usporedbi s koeficijentima za A319 znatno manjih vrijednosti. Zbog toga se za spuštanje zrakoplova do 8000 stopa koristila formula za *idle descent* [12]:

$$f_{min} = C_{f3} \left(1 - \frac{H_p}{C_{f4}}\right) \quad (1.3.)$$

u kojoj su vrijednosti koeficijenata i H_p :

- $C_{f3} = 8,89$
- $C_{f4} = 81926$
- H_p – visina zrakoplova izražena u stopama.
- Za spuštanje zrakoplova od 8000 stopa do 3000 stopa koristila se formula:

$$f_{nom} = \eta \cdot T_{des,app} \quad (1.4.)$$

$T_{des,app}$ [N] je potisak zrakoplova u spuštanju s konfiguracijom za prilaz.

Računa se pomoću formule:

$$T_{des,app} = c_{Tdes,app} \cdot T_{max,climb} \quad (1.5.)$$

oznake su:

- $c_{Tdes,app} = 0,13$ (prilog 1)
- $T_{max,climb}$ – maksimalni potisak pri penjanju.

Formula za $T_{max,climb}$ je:

$$T_{max,climb} = C_{Tc,1} \left(1 - \frac{H_p}{C_{Tc,2}} + C_{Tc,3} \cdot H_p^2 \right) \quad (1.6.)$$

Vrijednosti koeficijenata za A320 su:

- $C_{Tc,1} = 136050$
- $C_{Tc,2} = 52238$
- $C_{Tc,3} = 0,000000000026637$.

Za vrijeme horizontalnog segmenta u spuštanju uzeto je da su zrakoplovi letjeli s potiskom koji je jednak otporu pa je bilo potrebno izračunati protok goriva f :

$$f = \eta \cdot T \quad (1.1.)$$

- η - specifična potrošnja goriva [kg/min*kN] i
- T – potisak [kN].

Množenjem protoka goriva s minutama leta dobije se potrošnja goriva izražena u kilogramima. Specifična potrošnja goriva računa se pomoću formule:

$$\eta = C_{f1} \left(1 + \frac{V_{TAS}}{C_{f2}}\right) \quad (1.7.)$$

gdje su:

- $C_{f1} = 0,94$
- $C_{f2} = 100000$
- V_{TAS} – brzina zrakoplova izražena u čvorovima.

Navedene vrijednosti koeficijenata uzete su iz dokumenta operacijskih performansi A320 koje se nalaze u prilogu 1. Potisak je za ovaj slučaj horizontalnog leta jednak otporu:

$$T = D. \quad (1.8.)$$

Formula za računanje otpora jednaka je:

$$D = \frac{C_D \cdot \rho \cdot V_{TAS}^2 \cdot S}{2} \quad (1.9.)$$

gdje su:

- C_D – koeficijent otpora
- ρ – gustoću zraka [$\frac{kg}{m^3}$] za određenu visinu
- V_{TAS} – stvarnu brzinu zrakoplova [$\frac{m}{s}$]
- S – površina krila koja za zrakoplov A320 iznosi $122,6 \text{ m}^2$.

Gustoću zraka potrebno je izračunati za visinu leta na kojoj se zrakoplov nalazi prema formuli (1.4.) za gustoću zraka u troposferi [11]:

$$\rho = \rho_n (1 - 2,256 \cdot 10^{-5} \cdot H)^{4,256} \quad (1.10.)$$

gdje su:

- ρ_n – gustoća zraka na razini mora prema internacionalnoj standardnoj atmosferi (engl. *Sea Level-SL, International Standard*

Atmosphere-ISA) iznosi $1,225 \frac{kg}{m^3}$

- H – visina leta zrakoplova [m].

Brzina zrakoplova je uzeta na način koji je prethodno spomenut. Budući da vjetar nije poznat brzina je uzeta kao stvarna brzina u odnosu na zrak V_{TAS} pretvorena u m/s:

$$V_{TAS} = V \cdot 0,51444. \quad (1.11.)$$

Visina leta zrakoplova napisana je u FL pa je potrebno preračunati u metre pomoću formule:

$$H = FL \cdot 100 \cdot 0,3048. \quad (1.12.)$$

Prema [13] C_D za let iznad 8000 stopa računa se prema formuli:

$$C_D = C_{D0,CR} + C_{D2,CR} \cdot C_L^2 \quad (1.13.)$$

u koju se uvrštavaju vrijednosti koeficijenata za A320 (prilog 1):

- $C_{D0,CR} = 0,024$
- $C_{D2,CR} = 0,0375$.

Za let od 8000 stopa do 3000 stopa zbog konfiguracije za prilaz koristi se formula:

$$C_D = C_{D0,AP} + C_{D2,AP} \cdot C_L^2 \quad (1.14.)$$

s vrijednostima koeficijenata:

- $C_{D0,AP} = 0,0456$
- $C_{D2,AP} = 0,0381$.

Koeficijent uzgona računa se pomoću formule:

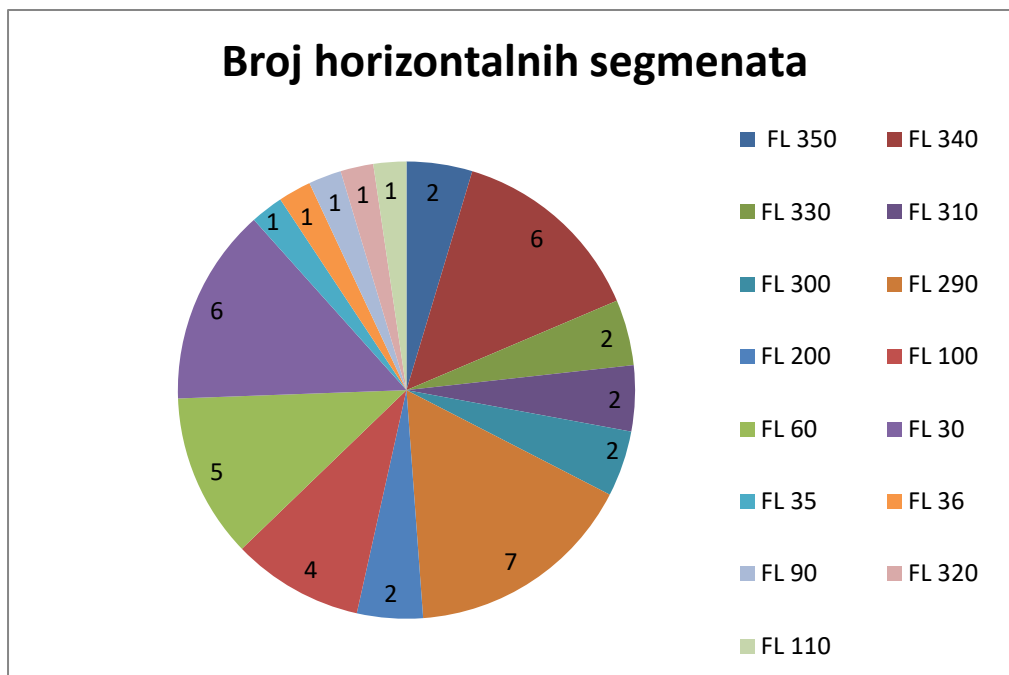
$$C_L = \frac{2 \cdot m \cdot g_0}{\rho \cdot V_{TAS}^2 \cdot S \cdot \cos \phi} \quad (1.15.)$$

gdje su m , g_0 i ϕ :

- m – masa zrakoplova (64 t)
- g_0 – gravitacijska akceleracija koja iznosi $9,80665 \frac{m}{s^2}$
- ϕ – kut nagiba zrakoplova, pretpostavlja se da iznosi 0 za sve zrakoplove [12].

U tablici 8. se vidi pozivni znak svakog leta koji je analiziran. Analizirani su stvarni letovi u periodu od 6.7.2019. do 10.7.2019. Zapisan je FL TOD200 koji se kod velikog broja zrakoplova podudara s FL-om krstarenja, udaljenost od aerodroma u trenutku početka spuštanja, visina horizontalnog segmenta, njegovo trajanje i potrošnja goriva. Udaljenost zrakoplova od aerodroma u trenutku spuštanja i FL tog trenutka su zapisani jer se iz njih može pretpostaviti je li iniciranje spuštanja bilo od strane posade ili kontrole leta.

Ako se za svaki let pretpostavi da bi spuštanje bilo inicirano na udaljenosti koja omogućava trostupanjku ravninu spuštanja i ako se na tu udaljenost doda još 20 nautičkih milja u slučaju leđnog vjetra ili veće brzine od 31 zrakoplov koji je imao horizontalni segment njih 27 je krenulo prerano u spuštanje i gotovo svi su imali horizontalni segment u spuštanju na nekoj od viših visina, pa se može pretpostaviti da je inicijacija spuštanja bila od strane kontrolora leta. Jedan od većih FL koji se ponavlja kod zrakoplova koji su imali horizontalni let u spuštanju je FL290 koji je bio kod 7 zrakoplova. Zrakoplovi koji su imali horizontalni segment na FL290 su prelazili iz austrijskog zračnog prostora u slovenski, a FL290 je vjerojatno definiran međusobnim sporazumom o provedbi usluga između tih država. Prema tome, zrakoplovi koji slijeću u Zagreb i dolaze preko austrijskog zračnog prostora moraju spustiti do najnižeg FL gornjeg zračnog prostora (eng. *Upper FIR*), što je FL290. Budući da su neki zrakoplovi imali više horizontalnih segmenata prikaz svih horizontalnih segmenata i njihovih visina se vidi na grafikonu 12.



Grafikon 12. Broj i visina horizontalnih segmenata analiziranih dolazaka

Od 50 letova njih 31 je imalo horizontalni segment u spuštanju od čega njih 14 je imalo isti na višim visinama, 7 na nižim visinama, a 10 i na višim i na nižim visinama. Što znači da je 38% letova imalo kontinuirano spuštanje. Iz grafikona 7 se vidi da je u srpnju 2019. godine postotak CDO letova bio 31,2 %. Ukoliko se uzme u obzir veličina i tip uzorka koji je obrađen u tablici 8, rezultat nije jako različit od onog u grafikonu 7. Ukupno trajanje horizontalnog segmenta za ovih 50 dolazaka je 136,81 minutu odnosno 2,73 minute po letu, a izračunato je prema formuli 1.16.

$$T_{avg} = \frac{\sum fTf}{n} \quad (1.16.)$$

Pri čemu je:

- T_{avg} – srednje vrijeme trajanja horizontalnog segmenta po letu
- $\sum fTf$ – zbroj svih horizontalnih dijelova leta u spuštanju za sve letove (min)
- n – broj analiziranih letova

Formula 1.17. prikazuje prosječan broj horizontalnih segmenata po letu (X_{avg}).

$$X_{avg} = \frac{\sum fLf}{n} \quad (1.17.)$$

Pri čemu je:

- $\sum fL_f$ – zbroj svih horizontalnih segmenata

Zbroj svih horizontalnih segmenata analiziranih zrakoplova je 43, odnosno prosječan broj horizontalnih segmenata za analizirane zrakoplove je 0,86.

Kada se od svih letova koji su imali više horizontalnih dijelova na različitim visinama odabere najmanja visina i nađe njihov prosjek dobije se srednja visina horizontalnog segmenta od 180 656 stopa tj. FL180 (formula 1.18.). To je zbog velikog broja horizontalnih dijelova na visokim visinama, ova srednja visina je povoljna i što se tiče troškova goriva kao i emisija CO₂ i buke.

$$H_{avg} = \frac{\sum fH_f}{n - n_0} \quad (1.18.)$$

Pri čemu je:

- H_{avg} – srednja visina horizontalnog segmenta (ft)
- $\sum fH_f$ – zbroj svih horizontalnih letova
- n_0 – broj CDO letova

Ako se uzmu u obzir letovi koji su zbog horizontalnog segmenta ispod FL75 imali povećan utjecaj na buku i nastanak CO₂, analizirani dolasci u Zagreb (LDZA) imaju bolju statistiku. Tj. 13 od 50 letova je imalo horizontalni segment ispod FL75 što je 26% od analizirane skupine pri čemu ni jedan od tih letova nije imao više od jednog horizontalnog segmenta ispod FL75. Također, od ukupnog vremena svih horizontalnih segmenata (136,81 min) 25,41% je vrijeme provedeno u horizontalnom segmentu ispod FL75 (34,76 min).

Budući da su masa i brzina u odnosu na zrak uzete kao konstantne vrijednosti, potrošnja goriva će se gledati u postotku povećane potrošnje. Zbrajanjem potrošnje goriva svih letova (stupac označen stvarna potrošnja goriva) i svih letova u slučaju CDO te njihovim dijeljenjem se dobiva postotak razlike potrošnje goriva. Tako bi ušteda u ukupno potrošenom gorivu (i emisiji CO₂) bila manja za 28,9% da su svi zrakoplovi imali kontinuirano spuštanje.

Tablica 8. Analizirane CDO operacije za LDZA

POZIVNI ZNAK LETA	POTROŠNJA GORIVA ZA CDO OPERACIJU (kg)	VISINA HORIZ. SEGMENTA	TRAJANJE HORIZ. SEGMENTA (min)	GORIVO POTROŠENO U HORIZ. SEGMENTU	UDALJENOST OD AERODROMA NA POČETKU SPUŠTANJA (NM)	TOD200 (FL)	STVARNA POTROŠNJA GORIVA (kg)
AFL2040 (6.7.)	290,42	FL340	4,7	174,92	139	360	421,4
QTR3QJ	194,22	/	/	/	108	340	194,22
VLG4077	263,81	FL310	3,73	135,11	180	350	342
CTN6B	178,3	/	/	/	102	310	178,3
QTR62SY	277,21	FL340 FL320 FL035	2,77 0,98 3.98	102,96 38,87 241,97	155	360	565,2
CTN5P	179,87	/	/	/	90	230	179,87
AFR156B	272,31	FL290 FL060	1,32 1,38	47,1 157,31	179	350	370,28
THY9MT	270,46	FL340 FL036	6,73 2,12	250,59 128,36	166	360	553,58
AFL2040 (7.7.)	229,2	/	/	/	110	340	229,2
BEL3ZG	260,06	FL300	4,13	148,61	184	350	304,74

POZIVNI ZNAK LETA	POTROŠNJA GORIVA ZA CDO OPERACIJU (kg)	VISINA HORIZ. SEGMENTA	TRAJANJE HORIZ. SEGMENTA (min)	GORIVO POTROŠENO U HORIZ. SEGMENTU	UDALJENOST OD AERODROMA NA POČETKU SPUŠTANJA (NM)	TOD200 (FL)	STVARNA POTROŠNJA GORIVA (kg)
SWR194 P	239,75	FL200	0,95	34,37	123	290	336,18
		FL100	1,52	54,47			
		FL030	1,75	107,24			
IBE31DH	200,15	/	/	/	140	330	200,15
AFR156B	257,8	FL310	3,87	139,93	190	370	337,69
CTN19H	191,57	/	/	/	89	290	191,57
CTN415	226,43	/	/	/	115	330	226,43
EWG4VL (8.7.)	239,51	FL100	2,38	85	127	290	407,79
		FL030	2,71	166,49			
QTR3QJ	368,72	FL090	3,97	143,23	173	360	658,62
		FL060	4,73	275,64			
CTN5H	135,95	/	/	/	98	250	135,95
CTN6B	283,14	FL110	2,88	114,87	120	300	322,46
BAW48G	273,7	FL330	4,05	149,12	184	350	423,91
		FL100	2,42	117,08			
EWG4TR	294,53	FL350	3,43	129,33	201	360	381,71
THY3FJ	306,2	FL340	9,2	342,38	180	360	548,68
CTN9HR	287,9	FL290	6,48	231,92	179	310	444,34
CTN82W	269,47	FL340	2,48	92,42	203	370	419,14

POZIVNI ZNAK LETA	POTROŠNJA GORIVA ZA CDO OPERACIJU (kg)	VISINA HORIZ. SEGMENTA	TRAJANJE HORIZ. SEGMENTA (min)	GORIVO POTROŠENO U HORIZ. SEGMENTU	UDALJENOST OD AERODROMA NA POČETKU SPUŠTANJA (NM)	TOD200 (FL)	STVARNA POTROŠNJA GORIVA (kg)
		FL060	1,97	114,52			
CTN5V	148,2	/	/	/	84	260	148,2
AFR156B	258,96	FL300	2,92	104,87	163	350	311,79
CTN19H	237,2	/	/	/	157	370	237,2
AFL2040 (9.7.)	253,5	FL030	3,12	191	128	340	220,9
CTN357	253,51	/	/	/	162	340	253,51
CTN5H	151,1	FL030	1,82	111,33	84	250	242,54
CTN4AS	258,26	FL330	6,18	227,66	202	350	414,12
VLG4077	213,6	FL350	1,5	56,5	153	360	249,63
BAW48G	212,3	/	/	/	133	310	212,3
QTR3QJ	384,83	FL340	8,15	303,31	208	380	589,6
EWG4TR	227,78	/	/	/	137	350	224,78
DLH3UX	162,43	/	/	/	102	270	162,43
DLH2LK	283,66	FL030	7,8	478,02	152	310	678,8
AFR156B	264,11	/	/	/	172	330	264,11
CTN19H	175,16	FL290	3,8	135,93	133	310	262,83
CTN6J	180,21	/	/	/	103	320	180,21
CTN415	193,71	FL290	1,73	62	135	310	231,61

POZIVNI ZNAK LETA	POTROŠNJA GORIVA ZA CDO OPERACIJU (kg)	VISINA HORIZ. SEGMENTA	TRAJANJE HORIZ. SEGMENTA (min)	GORIVO POTROŠENO U HORIZ. SEGMENTU	UDALJENOST OD AERODROMA NA POČETKU SPUŠTANJA (NM)	TOD200 (FL)	STVARNA POTROŠNJA GORIVA (kg)
DLH3TX	209,7	/	/	/	137	350	209,7
AFL2040 (10.7.)	335,77	FL200 FL060	1,77 1,15	63,91 66,97	198	360	362,31
EWG4W L	193,36	FL060	1,38	80,56	115	290	258,36
CTN6B	237,48	/	/	/	119	280	237,48
CTN6H	157,49	/	/	/	81	250	157,49
CTN9HR	239,74	FL290 FL100	2,83 1,78	101,35 64,05	137	310	316,68
EWG4TR	216,09	FL290	1,68	60,21	141	330	247,34
QTR62SY	274,69	FL030	0,85	52,09	150	360	317,98
DLH3UX	178,4	FL290	1,72	61,41	114	310	216,75

6. ZAKLJUČAK

CDO su kompleksne operacije koje za svoju uspješnu izvedbu zahtijevaju koordinaciju između posade zrakoplova i kontrolora sektora kroz koje taj zrakoplov prolazi. Kao što stoji u preporukama, posade bi se trebale obavještavati o onome što slijedi tj. vektorima, koliko milja mogu očekivati do slijetanja, koristiti visinska ograničenja na točkama tako da se dozvoljava biti u određenom rasponu visine na nekoj točki, a ne na jednoj jedinoj visini, davati informacije o daljnjem nastavku penjanja ili spuštanja, dati mogućnost inicijacije spuštanja posadi zrakoplova, te prilikom predavanja zrakoplova drugom sektoru osloboditi isti („*released from previous sector*“) kako bi zrakoplov bio u potpunoj nadležnosti idućeg sektora. Budući da je promet imao konstantnu tendenciju porasta, što povećava opterećenje pilota i kontrolora te negativno utječe na provedbu operacija kontinuiranog prilaza, ključno je raditi na školovanjima, suradnjama i koordinacijama kako bi što više letova u budućnosti bilo s kontinuiranim prilazom.

U radu je prikazan utjecaj kontrole zračnog prometa na operacije kontinuiranog spuštanja usporedbom podataka prije i za vrijeme pandemije uzrokovane virusom SARS-CoV-2. Za vrijeme pandemije promet je značajno pao, a broj operacija kontinuiranog spuštanja narastao, kako u Hrvatskoj tako i u ostatku Europe. Horizontalni segmenti su se desili i zbog podjele zračnog prostora i međusobnih dogovora oko predaje zrakoplova idućoj nadležnoj jedinici kontrole zračnog prometa. U radu je analizirana i razlika u potrošnji goriva i emisiji CO₂ analiziranih zrakoplova. Analizirani zrakoplovi koji su imali horizontalne segmente u spuštanju su imali veliko povećanje potrošnje goriva koje je naročito bilo izraženo u slučajevima letova sa dužim trajanjem horizontalnog segmenta na manjoj visini.

Ako se broj operacija kontinuiranog penjanja i spuštanja poveća, benefiti će biti višestruki. Ušteda goriva je značajna a uštedom goriva se smanjuju i emisije štetnih plinova, a smanjenje potrošnje goriva i emisije štetnih plinova za zrakoplovne kompanije znači smanjenje troškova, a za kontrolu zračnog prometa povećanje učinkovitosti, ako se smanji broj horizontalnog dijela u spuštanju ispod FL75 smanjuje se i buka.

Postoje situacije u kojima operacije kontinuiranog spuštanja nisu prioritet i nije ih moguće izvesti ali ako se primijeti uzorak ponavljanja nepracticiranja operacija kontinuiranog spuštanja trebalo bi se poraditi na rješenju kako sa kontrolorske tako i s pilotske strane.

LITERATURA

- [1] Continuous Descent, A guide to implementing Continuous Descent
<https://skybrary.aero/bookshelf/books/2848.pdf> [pristupljeno: lipanj 2021]
- [2] <https://id.lidoweportal.com/> [pristupljeno: lipanj 2021.]
- [3] Continuous Descent Operations (CDO) Manual – ICAO, first edition 2010
https://applications.icao.int/tools/ATMiKIT/story_content/external_files/102600063919931_en.pdf [pristupljeno: lipanj 2021]
- [4] <https://ansperformance.eu/> [pristupljeno: srpanj 2021]
- [5] <https://ansperformance.eu/methodology/cd-vertical-flight-efficiency-pi/> [pristupljeno: srpanj 2021]
- [6] <https://ansperformance.eu/data/> [pristupljeno: srpanj 2021]
- [7] https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2021-03/eurocontrol-issip-2020-croatia-level1_0.pdf [pristupljeno: srpanj 2021]
- [8] <https://www.eurocontrol.int/concept/continuous-climb-and-descent-operations>
[pristupljeno: srpanj 2021]
- [9] Flight Crew Operating Manual A318/A319/A320/A321, Airbus, 2020.
- [10] DASH 8-Q400 Aeroplane Operating Manual volume 2, Bombardier, 2021.
- [11] A. Domitrović, E. Bazijanac, Interne prezentacije iz kolegija zrakoplovne emisije [2018.]
- [12] T. Rogošić Ispitivanje povezanosti indikatora učinkovitosti smuliranog leta zrakoplova i ocjena uspješnosti studenata kontrolora zračnog prometa, 2019.
- [13]
https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/library/007_BADA_User_Manual.pdf
[pristupljeno: kolovoz 2021.]

POPIS SLIKA

Slika 1. Dizajn procedure zatvorenog puta.....	3
Slika 2. Primjer dizajna zatvorenog puta na LDZA.....	3
Slika 3. Otvoreni dizajn puta	4
Slika 4. Primjer dizajna otvorenog puta u EDDM.....	4
Slika 5. Zamišljeni prozor za detektiranje horizontalnog leta	7
Slika 6. Područje odgovornosti HKZP-a	22
Slika 7. ATS klasifikacija zračnog prostora unutar Zagreb FIR-a.....	23
Slika 8. Profil spuštanja za OU4437 (6.7.2019.)	24
Slika 9. Profil spuštanja za OU417 (6.7.2019.).....	24
Slika 10. Profil spuštanja za AFR156B (6.7.2019.)	25
Slika 11. Prilazna karta RNP22 I MRC za LDZA.....	26
Slika 12. Način obrađivanja podataka	31

POPIS TABLICA

Tablica 1. CDO operacije na hrvatskim aerodromima	8
Tablica 2. Deset europskih aerodroma sa najvećim vremenom horizontalnog segmenta u spuštanju za 2020. godinu	10
Tablica 3. Deset Europskih zračnih prijevoznika sa najvećim vremenom horizontalnog leta u spuštanju za 2020. godinu	11
Tablica 4. CDO operacije zračnih prijevoznika u hrvatskoj	14
Tablica 5. Potrošnja goriva u spuštanju za A318/A319/A320/A321.....	28
Tablica 6. Potrošnja goriva u horizontalnom letu za A318/A319/A320/A321.....	28
Tablica 7. Potrošnja goriva za srednju visinu horizontalnog leta na hrvatskim aerodromima.....	30
Tablica 8. Analizirane CDO operacije za LDZA.....	38

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Odnos broja letova u spuštanju i broja CDO letova.....	9
Grafikon 2. Deset europskih aerodroma s najvećim vremenom horizontalnog segmenta u spuštanju za 2020. godinu	11
Grafikon 3. Zračni prijevoznici s najvećim vremenom horizontalnog segmenta u spuštanju za Europu u 2020. godini.....	12
Grafikon 4. Zračni prijevoznici s najvećim vremenom horizontalnog segmenta u spuštanju za Hrvatsku u 2020. godini	13
Grafikon 5. Aerodromi u Hrvatskoj s najvećim vremenom horizontalnog segmenta u spuštanju.....	15
Grafikon 6. Postotak CDO letova za LDZA.....	16
Grafikon 7. Broj operacija spuštanja za LDZA	17
Grafikon 8. Broj operacija spuštanja za EDDM	18
Grafikon 9. Postotak CDO letova za EGLL	19
Grafikon 10. srednje vrijeme horizontalnog leta u CDO za Europu.....	20

Grafikon 11. Srednje vrijeme horizontalnog leta u CDO za Hrvatsku 20

Grafikon 12. Broj i visina horizontalnih segmenata analiziranih dolazaka 36

PRILOG 1.

```

CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC A320 .OPF CCCCCCCCCCCCCC/
CC
CC
CC AIRCRAFT PERFORMANCE OPERATIONAL FILE
CC
CC File name: A320 .OPF
CC
CC Creation date: Apr 30 2002
CC
CC Modification date: May 14 2004
CC
CC
CD
CC===== Actype =====
CD A320 2 engines Jet M
CC Airbus A320-212 with CFM56 5 A3 engines wake
CC
CC===== Mass (t) =====
CC reference minimum maximum max payload mass grad
CD .64000E+02 .39000E+02 .77000E+02 .21500E+02 .28000E+00
CC===== Flight envelope =====
CC VMO(KCAS) MMO Max.Alt Hmax temp grad
CD .35000E+03 .82000E+00 .39000E+05 .34354E+05 -.13000E+03
CC===== Aerodynamics =====
CC Wing Area and Buffet coefficients (SIM)
CCndrst Surf(m2) Clbo(M=0) k CM16
CD 5 .12260E+03 .10400E+01 .22700E+00 .00000E+00
CC Configuration characteristics
CC n Phase Name Vstall(KCAS) CDO CD2 unused
CD 1 CR Clean .14500E+03 .24000E-01 .37500E-01 .00000E+00
CD 2 IC 1 .12000E+03 .24200E-01 .46900E-01 .00000E+00
CD 3 TO 1+F .11400E+03 .39300E-01 .39600E-01 .00000E+00
CD 4 AP 2 .10700E+03 .45600E-01 .38100E-01 .00000E+00
CD 5 LD FULL .10100E+03 .83800E-01 .37100E-01 .00000E+00
CC Spoiler
CD 1 RET
CD 2 EXT .00000E+00 .00000E+00
CC Gear
CD 1 UP
CD 2 DOWN .31200E-01 .00000E+00 .00000E+00
CC Brakes
CD 1 OFF
CD 2 ON .00000E+00 .00000E+00
CC===== Engine Thrust =====
CC Max climb thrust coefficients (SIM)
CD .13605E+06 .52238E+05 .26637E-10 .10290E+02 .58453E-02
CC Desc (low) Desc (high) Desc level Desc (app) Desc (ld)
CD .94370E-02 .31014E-01 .15000E+05 .13000E+00 .34000E+00
CC Desc CAS Desc Mach unused unused unused
CD .31000E+03 .78000E+00 .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00

```

PRILOG 2.

MASA(kg)	TOCA(kg)	RZINA(m)	CL	Co	D=T(N)	kg/min*kg	m.crl/kg/m	max.clim	max.clim	Tdes.app	Tdes.app	Fnom.des	Fnom.des	Fmin.idle	Fmin.idle	Fnom.de	Fnom.de	Fnom.av	Protok.go	SOBNOVA	UKUPNO
64000	0,36512	154,332	1,17732	0,07598	40503,7	0,94282	38,1877	46987,3	112904	6108,35	14677,5	5,75908	13,8382	4,98355	7,91339	4,98355	7,91339	6,44847	6,44847	111,558	658,62
64000	0,93337	128,61	0,66319	0,04049	38321,8	0,94235	36,1126	112904	112904	14677,5	14677,5	13,8313	13,8313	7,91339	7,91339	7,91339	7,91339	7,91339	36,1126	143,247	
64000	0,93337	128,61	0,66319	0,04049	38321,8	0,94235	36,1126	112904	120554	14677,5	15672	13,8313	14,7685	7,91339	8,23892	7,91339	14,7685	11,341	11,341	53,4915	
64000	1,0239	128,61	0,60455	0,05952	61796,9	0,94235	58,2343	120554	120554	15672	15672	14,7685	14,7685	8,23892	8,23892	14,7685	14,7685	14,7685	58,2343	275,643	
64000	1,0239	128,61	0,60455	0,05952	61796,9	0,94235	58,2343	120554	128269	15672	16675	14,7685	15,7137	8,23892	8,56446	14,7685	15,7137	15,2411	15,2411	74,6814	
64000	0,36512	154,332	1,17732	0,07598	40503,7	0,94282	38,1877	46987,3	128269	6108,35	16675	5,75908	15,7215	4,98355	8,56446	4,98355	15,7215	10,3525	10,3525	368,723	

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ diplomski rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz

necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj

visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu

_____ diplomskog rada

pod naslovom Utjecaj kontrole zračnog prometa na operacije kontinuiranog spuštanja

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

Student/ica:

U Zagrebu, 10.9.2021.

Mustapić

(potpis)