

# Ispitivanje povezanosti indikatora učinkovitosti simuliranog leta zrakoplova i ocjena uspješnosti studenata kontrolora zračnog prometa

---

Rogošić, Tea

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:949727>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-10**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Tea Rogošić**

**ISPITIVANJE POVEZANOSTI INDIKATORA  
UČINKOVITOSTI SMULIRANOG LETA ZRAKOPLOVA I  
OCJENA USPJEŠNOSTI STUDENATA KONTROLORA  
ZRAČNOG PROMETA**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2019.**

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## **DIPLOMSKI RAD**

**ISPITIVANJE POVEZANOSTI INDIKATORA UČINKOVITOSTI  
SIMULIRANOG LETA ZRAKOPLOVA I OCJENA USPJEŠNOSTI  
STUDENATA KONTROLORA ZRAČNOG PROMETA**

**EXAMINING RELATION OF AIR TRAFFIC CONTROL STUDENT  
ACHIEVEMENT DURING APPROACH AIR TRAFFIC CONTROL EXERCISES  
WITH SIMULATED AIRCRAFT FLIGHT EFFICIENCY INDICATORS**

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

Student: Tea Rogošić

JMBAG: 0135237419

Zagreb, rujan 2019.

# ISPITIVANJE POVEZANOSTI INDIKATORA UČINKOVITOSTI SIMULIRANOG LETA ZRAKOPLOVA I OCJENA USPJEŠNOSTI STUDENATA KONTROLORA ZRAČNOG PROMETA

## SAŽETAK

Studenti kontrolori zračnog prometa sudjelovali su u projektu „ATCOSIMA“ radeći vježbe prilazne kontrole. Ocjenjivani su prema kriterijima za osnovno osposobljavanje koji se temelje na utjecaju na sigurnost. Ocjena uspješnosti ovisila je o broju pogrešaka koje su napravljene tijekom izvođenja vježbi. Studenti kontroliranjem zračnog prometa imaju utjecaj na učinkovitost leta. Učinkovitost uključuje potrošnju goriva, emisije i utjecaj na buku. Definirani su indikatori učinkovitosti simuliranog leta koji su povezani s letom dolaznih i odlaznih zrakoplova u terminalnom zračnom prostoru: trajanje i duljina leta, potrošnja goriva, broj skretanja zrakoplova i stepeničasti prilaz. U radu je ispitana povezanost između ocjena uspješnosti studenata i indikatora učinkovitosti simuliranog leta zrakoplova.

**KLJUČNE RIJEČI:** uspješnost studenta kontrolora zračnog prometa; terminalni zračni prostor; indikatori učinkovitosti; osnovno osposobljavanje

## SUMMARY

Air traffic control students have participated in „ATCOSIMA“ project performing approach control exercises. They have been evaluated according to criteria for basic training which are focused on safety. Student's success was determined by number of mistakes made through exercise. By controlling air traffic, students have impact on flight efficiency. Efficiency includes fuel consumption, emission and noise impact. Simulated aircraft flight performance indicators related with arriving and departing aircraft in terminal airspace are defined: flight duration and length, fuel consumption, number of turns and step down approach. Relation between success of air traffic control students and simulated flight performance indicators is examined.

**KEYWORDS:** success of air traffic control student; terminal airspace; efficiency indicators; basic training

## SADRŽAJ

1. Uvod .....	1
2. Metodologija prikupljanja podataka .....	2
2.1. Projekt „ATCOSIMA“ .....	2
2.2. Sudionici istraživanja.....	3
2.3. Korištena oprema.....	4
3. Određivanje uspješnosti rada studenata u provedbi vježbi prilazne kontrole zračnog prometa .....	7
3.1. Kriteriji za ocjenjivanje rada studenata.....	7
3.2. Priprema i izvođenje simulacijskih vježbi .....	11
3.2.1 .Zračni prostor.....	11
3.2.2. Kontroliranje zračnog prometa .....	12
3.2.3. Rad sa stripovima .....	13
3.2.4. Simulirane vježbe.....	14
3.3. Uspješnost rada studenata.....	15
4. Indikatori učinkovitosti simuliranog leta zrakoplova.....	19
5. Izračun učinkovitosti.....	20
5.1. Duljina leta .....	20
5.2. Trajanje leta.....	21
5.3. Potrošnja goriva.....	22
5.3.1. Dolazni zrakoplovi.....	23
5.3.2. Horizontalan let.....	23
5.3.3. Spuštanje zrakoplova .....	26
5.3.4. Odlazni zrakoplovi.....	28
5.3.5. Rezultati potrošnje goriva .....	28
5.4. Broj skretanja.....	29
5.5. Stepeničasti prilaz .....	31
6. Usporedba rezultata .....	33
6.1. Ispitivanje povezanosti podataka .....	33
6.2. Rezultati korelacije .....	34
6.2.1. Ocjena uspješnosti i duljina leta.....	34
6.2.2. Ocjena uspješnosti i trajanje leta .....	36
6.2.3. Ocjena uspješnosti i potrošnja goriva .....	38
6.2.4. Ocjena uspješnosti i broj skretanja .....	40
6.2.5. Ocjena uspješnosti i stepeničasti prilaz.....	41

7. Zaključak .....	44
Literatura.....	45
Popis kratica .....	47
Popis slika.....	48
Popis tablica.....	49
Popis grafikona.....	50
Prilog 1.....	51
Prilog 2.....	61
Prilog 3.....	62
Prilog 4.....	66
Prilog 5.....	68

## 1. UVOD

Studenti kontrolori zračnog prometa prolaze kroz postupak osposobljavanja kako bi stekli znanja i vještine neophodne za stjecanje dozvole kontrolora zračnog prometa. Osposobljavanje je podijeljeno u nekoliko faza, a prvu fazu čini inicijalno osposobljavanje. Ono uključuje osnovno osposobljavanje i osposobljavanje za ovlaštenje. Osnovno osposobljavanje sastoji se od teorijskog osposobljavanja, kojeg čine teoretski predmeti, te praktičnog osposobljavanja, kojeg čine praktične vježbe na simulatoru kontrole zračnog prometa. Studenti moraju zadovoljiti minimalne kriterije kako bi položili propisane teorijske predmete. Minimalan postotak ukupnog broja bodova za prolaz iznosi 75%. Uspješnost studenata na praktičnim vježbama na simulatoru provjerava se i ocjenjuje od strane licenciranih instruktora kontrolora zračnog prometa prema ciljevima osposobljavanja koji se u fazi osnovnog osposobljavanja prvenstveno odnose na sigurnost prometa. Osim sigurnosti, zbog utjecaja zrakoplova na okoliš te smanjenja operativnih troškova zračnih prijevoznika, veliki značaj trebao bi se davati učinkovitosti leta. Broj letova koji se kontinuirano povećava zbog prometne potražnje zahtijeva odgovorno ponašanje zrakoplovne zajednice prema okolišu. Sagorijevanjem goriva oslobađaju se emisije među kojima je CO<sub>2</sub> čije se stvaranje nastoji smanjiti i ograničiti. Potrošnja goriva ima direktan utjecaj na troškove zračnog prijevoznika dok buka zrakoplova utječe na naseljena područja u okolici aerodroma. Iz toga razloga, važno je da studenti kontrolori zračnog prometa, uz sigurnost, od osnovnog osposobljavanja razviju svijest o važnosti i utjecaju na učinkovitost letenja. Budući da se tijekom osnovnog osposobljavanja, praktične vježbe provode na simulatorima, studenti kontrolori imati će utjecaj na učinkovitost simuliranih letova. Međutim, uspješnost studenata vrednovana je prvenstveno na osnovi zahtjeva o sigurnosti zračnog prometa dok utjecaj na učinkovitost simuliranog leta nije vrednovan.

Cilj ovog rada je ispitati povezanost između ocjena uspješnosti studenata i indikatora učinkovitosti simuliranog leta. Rezultati bi trebali pokazati u kojoj mjeri ocjene uspješnosti ukazuju na efikasnost leta zrakoplova. Podatci za istraživanje koriste se iz projekta „ATCOSIMA“ gdje su studenti kontrolirali terminalni zračni prostor. Detalji o projektu i način prikupljanja podataka opisan je u drugom poglavlju. Treće poglavlje opisuje način izvođenja priprema i simulacijskih vježbi. Objašnjavaju se kriteriji ocjenjivanja studenata i dobivanje ocjena uspješnosti. Rezultati i pogreške studenata opisane su pomoću grafova i tablica. U četvrtom poglavlju navedeni su indikatori učinkovitosti simuliranih letova za terminalni zračni prostor. Peto poglavlje opisuje način prikupljanja podataka za svaki od indikatora i njegovu važnost za učinkovitost leta. Šesto poglavlje temelji se na usporedbi rezultata učinkovitosti studenata i indikatora učinkovitosti simuliranog leta. Uz pomoć rezultata u šestom poglavlju, izneseni su zaključci u zadnjem poglavlju rada.

## 2. METODOLOGIJA PRIKUPLJANJA PODATAKA

### 2.1. Projekt „ATCOSIMA“

Projekt „Razvijanje zajedničkih kriterija za ocjenjivanje osposobljavanja kontrolora zračnog prometa na simulatoru zasnovanima na ciljevima budućeg Pan-Europskog jedinstvenog neba“ (engl. „*Development of Common Air Traffic Controller Simulation Training Assessment Criteria Based On Future Pan-European Single-Sky Targets*“) poznatiji je pod nazivom „ATCOSIMA“. Dio je ERASMUS+ programa. Nositelj projekta je tursko Tehničko sveučilište Eskisehir (tur. *Eskişehir Teknik Üniversitesi - ESTU*), a sudionici su Tehničko veleučilište Braunschweig u Njemačkoj (njem. *Technische Universität Braunschweig-TUBS*) te Fakultet prometnih znanosti pod Sveučilištem u Zagrebu (ZFOT) [1].

Projekt je razvijen kako bi doprinio ostvarenju ciljeva Jedinstvenog Europskog neba (engl. *Single European Sky-SES*). SES je inicijativa Europske komisije iz 2004. godine koja kroz zakonodavne okvire ima ciljeve: rekonstrukcije Europskog zračnog prostora, stvaranja dodatnih kapaciteta te povećanja učinkovitosti sustava upravljanja zračnim prometom (engl. *Air Traffic Management-ATM*). Za potrebe tehnološke infrastrukture Pan-Europskog neba te koordiniranje i provođenje istraživanja i razvoja osnovan je Zajednički pothvat istraživanja upravljanja zračnim prostorom u Jedinstvenom europskom nebu (engl. *SES ATM Reasarch Joint Undertaking-SESAR JU*) [1,2].

U procesima ujedinjenja Europskog neba i provođenja ATM-a, kontrolori zračnog prometa (engl. *Air Traffic Controller-ATC/Air Traffic Control Officer-ATCO*) i dalje imaju značajnu ulogu. Njihova zadaća je osigurati siguran, redovan i učinkovit tok zračnog prometa. Da bi postigli ujednačene zahtijevane kompetencije, kontrolori se u Europi osposobljavaju prema zahtjevima Uredbe Komisije Europske Unije 2015/340. Osposobljavanje kontrolora sastoji se od tri faze: inicijalno osposobljavanje (engl. *Initial Training*) koje osigurava studentsku dozvolu kontrolora zračnog prometa, osposobljavanje za lokaciju (engl. *Unit Training*) nakon koje se dobiva dozvola kontrolora zračnog prometa i nastavno osposobljavanje (engl. *Continuation Training*) koje služi za održavanje postojeće dozvole kontrolora zračnog prometa. Inicijalno osposobljavanje sastoji se od osnovnog osposobljavanja (engl. *Basic Training*) i osposobljavanja za ovlaštenje (engl. *Raiting Training*). Osnovno osposobljavanje kandidatu za studentsku dozvolu pruža temeljno znanje i vještine potrebne za osnovne operative postupke kroz teorijsku nastavu i simulacijske vježbe. Iako postoji Uredba Komisije Europske Unije 2015/340 i EUROCONTROL-ove Specifikacije za zajednički osnovni sadržaj inicijalnog osposobljavanja ATCO (engl. *EUROCONTROL Specifications for the ATCO Common Core Content Initial Training*), za osnovno osposobljavanje nije propisano trajanje osposobljavanja, nego je dana preporuka satnice po predmetima [3]. To dovodi do neusklađenosti koje se primijete u opsegu i dubini razrade teorije i prakse, različitom broju sati na simulatoru, broju vježbi koje se odrade te kriterijima ocjenjivanja praktičnog



dijela osposobljavanja [1]. Iako kriteriji nisu striktno definirani, navedena regulativa zahtijeva postizanje određenih ishoda koje kandidati moraju postići tijekom praktičnog osposobljavanja, a koji su navedeni dalje u radu. Kriteriji ocjenjivanja nemaju standardna definirana mjerenja i bodovanje te ne uključuju ciljeve SESAR-a za učinkovitost i ekonomičnost prometnog toka. Cilj projekta „ATCOSIMA“ je: razviti zajedničke kriterije ocjenjivanja praktičnog dijela osnovnog osposobljavanja koji će poboljšati kompetencije kandidata za učinkovit rad u skladu sa zahtjevima Pan-Europskog sustava zračnog prometa, poboljšati alate za mjerenja i bodovanja evaluacije studenata prema budućim ciljevima SESAR-a te pružiti preporučenu praksu i smjernice za poboljšano i ujednačenije osposobljavanje kontrolora zračnog prometa [1,4].

## **2.2. Sudionici istraživanja**

Kako bi se došlo do ostvarenja cilja projekta, bilo je potrebno prikupiti i obraditi podatke sa provedbe vježbi studenata kontrolora zračnog prometa koje su se izvodile na BEST simulatoru te simulatoru leta s pilotskom kabinom. Ispitivao se utjecaj zadanih instrukcija na vrijeme pružanja usluge, potrošnju goriva, zauzetost zračnog prostora, radno opterećenje pilota te čitljivost i mogućnost ispunjavanja instrukcija studenata kontrolora zračnog prometa. Posao je bio podijeljen između sudionika projekta ovisno o potrebama pojedinih zadaća. ZFOT i ESTU su sveučilišta koja unutar svojih ogranaka pružaju osposobljavanje za kontrolore zračnog prometa te su imali zadatak pripreme i obučavanja studenata kontrolora zračnog prometa za rad na novoizrađenom zračnom prostoru, dok su se u TUBS-u provodila istraživanja vezana za pilotsku kabinu Airbusa A320. Podaci iz TUBS-a za ovaj rad neće biti korišteni.[1]

ESTU za provođenje radarskih vježbi koristi Micro NAV Ltd. BEST simulator koji ima dvanaest radnih pozicija za studente kontrolore zračnog prometa i pseudo-pilote. Simulator ima korisničko sučelje s više ekrana, slika u slici tehnologiju, elektroničke stripove te tehnologiju prepoznavanje glasa. ZFOT osposobljavanje izvršava u skladu s nacionalnim i europskim standardima, a nadziran je od strane Hrvatske agencije za civilno zrakoplovstvo (HACZ). Praktični dio osposobljavanja izvodi se na istom simulatoru kao i na ESTU što omogućava lakše i ujednačenije prikupljanje i obradu podataka[1, 5].

TUBS je za potrebe projekta ATCOSIMA koristio simulator pilotske kabine zrakoplova Airbusa A320. Raspored pilotske kabine je vjerodostojan te se sastoji od sedam računala uključujući poziciju za instruktora. Softver je izgrađen od komercijalnih licenciranih programa i dodatnih aplikacija koje su razvili istraživači na institutu [1].

ZFOT i ESTU angažirali su studente kontrolore zračnog prometa za rad na projektu. Za provedbu vježbi na projektu sudjelovali su studenti koji su ranije uspješno završili dio osposobljavanja iz prilazne kontrole zračnog prometa. Zahtjev projekta bio je da studenti odrade deset vježbi prilazne kontrole s različitim razinama kompleksnosti prometa i konfliktnih situacija. Za potrebe provedbe vježbi, kreiran je generički zračni prostor TMA

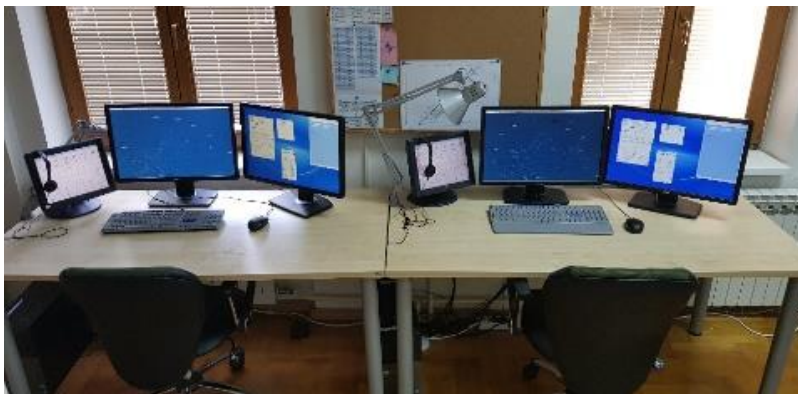
Frankfurt koji je studentima obje institucije bio nepoznati zračni prostor za koji su se tek trebali obučiti. Na taj način eliminirana je ranija prilagodba i praksa studenata na prostore na kojima su prošli ranije osposobljavanje te se tako osigurala konzistentnost novih podataka. Pripremu i vođenje studenata kroz rad u zračnom prostoru proveli su instruktori prilazne kontrole zračnog prometa koji sudjeluju u osposobljavanju na ZFOT i ESTU. U prve dvije faze projekta bila su uključena tri instruktora i četrnaest studenata kontrolora zračnog prometa sa ZFOT te jedan instruktor i pet studenata kontrolora zračnog prometa s ESTU. Za potrebe ovog rada koriste se podatci dobiveni na Fakultetu prometnih znanosti [1, 6].

### 2.3. Korištena oprema

Fakultet prometnih znanosti svoj dio istraživanja provodi u Laboratoriju za kontrolu zračne plovidbe. U njemu se nalaze četiri kompjutera koja služe za izvođenje vježbi, a osiguravaju dvije radne pozicije za studente kontrolore zračnog prometa te dvije radne pozicije za pseudo-pilote (slika 1 i 2).



Slika 1. Radna pozicija studenta kontrolora zračnog prometa



Slika 2. Radna pozicija pseudo-pilota

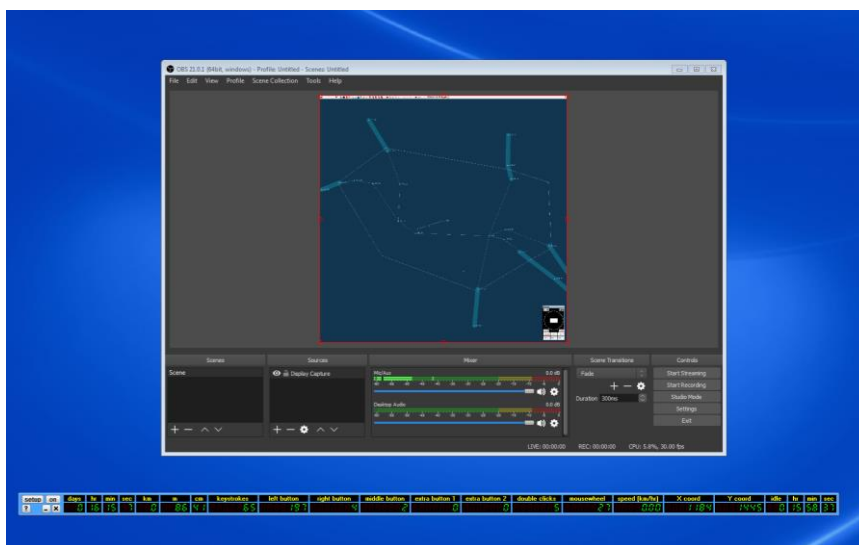
Na kompjuterima se nalazi softver Micro NAV Ltd. BEST simulator. Unutar ZFOT-a koristi se za osnovno osposobljavanje. Radna pozicija kontrolora sastoji se od: tri ekrana od kojih je jedan ekran na dodir, tipkovnice, računalnog miša, seta slušalica i mikrofona za kontrolora i za instruktora i papučiće za pričanje na frekvenciji. Pseudo-pilotska radna pozicija razlikuje se jer nema slušalice za instruktora. Takva oprema omogućuje simulacije u stvarnom vremenu. Elektronički stripovi za praćenje leta nalaze se na jednom od tri ekrana. Prednosti elektroničkih stripova su: interaktivno sučelje, mogućnost bržeg pomicanja stripova, automatske postavke sortiranja stripova, promjena pozadinskih boja, oblika stripa te reorganizacija stripova u različita polja ovisno o vrsti kontrole na kojoj se trenutno radi. Ekran koji prikazuje radarsku sliku je interaktivan te sadrži opcije koje studentima olakšavaju kontroliranje zračnog prostora. Neke od njih su: prilagođavanje veličine prikazanog zračnog prostora ovisno o situaciji, prikazivanje vremena, određivanje koji elementi zračnog prostora će biti prikazani na mapi zračnog prostora i mjerenje udaljenosti izražene u nautičkim miljama pomoću alata [4].

Za potrebe projekta radna pozicija studenta kontrolora zračnog prometa je izmijenjena. Studenti su koristili jedan ekran na kojemu je prikazana radarska slika zračnog prostora. Drugi ekran koristio se za prikupljanje podataka, a treći za podešavanje komunikacije. Komunikacija se, kao i inače, obavljala preko slušalica, mikrofona i papučiće za frekvenciju. Let zrakoplova pratio se pomoću papirnatih stripova kako bi rad studenata u obje zemlje bio što ujednačeniji. Ispred studenta nalazila se fotografija prostora s frekvencijama za prebacivanje zrakoplova u druge sektore (slika 3).



Slika 3. Radna pozicija studenta kontrolora zračnog prometa za projekt "ATCOSIMA"

Kako bi se dobilo što više korisnih podataka za istraživanje, vježbe koje su izvodili studenti bilo je potrebno, osim praćenja putem obrazaca (objašnjeno dalje u radu), snimati u digitalnom obliku. BEST simulator ima opciju snimanja vježbi koje se izvode. Pri tome snima radarsku sliku i zvukove na frekvenciji u svakom trenutku. Snimke su pohranjene na kontrolorskoj i pseudo-pilotskoj poziciji po završetku vježbe. Moguće ih je koristiti samo unutar BEST simulatora, dok se audio snimke mogu izvući iz sustava i pokrenuti u aplikaciji koja je za to predviđena. Vježbe na kontrolorskom ekranu snimane su i uz pomoć aplikacije OBS Studio 21.0. 1 i Mousotron (slika 4). OBS Studio 21.0. 1 snima sve što se događa na radarskom ekranu, čuje na slušalicama i kaže na mikrofону. Snimke su pohranjene na radnoj poziciji studenta kontrolora zračnog prometa. One se mogu pokrenuti na računalu koje sadrži aplikaciju za pokretanje videozapisa. Mousotron prati pokrete računalnog miša: prijedenu udaljenost po ekranu, broj pritiska lijeve, desne i srednje tipke, broj dvostrukog pritiska na tipku miša te bilježi broje udaranja po tipkovnici. Podaci su zapisani na računalu koje koristi student kontrolor zračnog prometa. Radi lakšeg korištenja podataka iz Mousetrona, podaci su prebačeni u tablični oblik. Vježbe koje su odradili angažirani studenti snimane su na sva tri načina. Za ovaj rad korištene su snimke napravljene uz pomoć BEST simulatora.



Slika 4. OBS Studio 21.0. 1 i Mousotron na kontrolorskom ekranu

### **3. ODREĐIVANJE USPJEŠNOSTI RADA STUDENATA U PROVEDBI VJEŽBI PRILAZNE KONTROLE ZRAČNOG PROMETA**

#### **3.1. Kriteriji za ocjenjivanje rada studenata**

Prema Uredbi EU o osposobljavanju kontrolora zračnog prometa za praktični dio osnovnog osposobljavanja nije propisana satnica [4] za simulacijske vježbe koja bi se koristila. Postoji preporuka EUROCONTROL-a koja navodi provođenje vježbi u periodu od deset školskih sati koji mogu trajati od četrdeset do šezdeset minuta [3]. Kako bi se praktični dio osnovnog osposobljavanja ujednačio, definirani su izvedbeni ciljevi osposobljavanja:

- a) provjera i upotreba opreme na radnom mjestu;
- b) razvoj i održavanje svijesti o situaciji nadzorom prometa i identifikacijom zrakoplova, ako je to primjenjivo;
- c) nadzor i ažuriranje prikaza podataka o letu;
- d) održavanje kontinuiranog slušanja na odgovarajućoj frekvenciji;
- e) izdavanje odgovarajućih prometnih odobrenja, uputa i informacija;
- f) upotreba odobrene frazeologije;
- g) učinkovito komuniciranje;
- h) primjena razdvajanja;
- i) primjena koordinacije, prema potrebi;
- j) primjena propisanih postupaka za simulirani zračni prostor;
- k) otkrivanje mogućih konflikata među zrakoplovima;
- l) poštovanje prioriteta radnji;
- m) biranje odgovarajućih metoda razdvajanja.

Rad studenata kontrolora zračnog prometa ocjenjuje se tijekom izvođenja vježbi procjenjivanjem prethodno navedenih ciljeva osposobljavanja. Kriteriji ocjenjivanja nisu određeni Uredbom Komisije EU 2015/340 već ih određuju organizacije za osposobljavanje.

Za potrebe projekta „ATCOSIMA“ kriteriji za ocjenjivanje studenata kreirani su na temelju kriterija koji se koriste na ZFOT i ESTU za osnovno osposobljavanje. Ocjenjivanje studenata izvodilo se na način da je svaka vježba započinjala s vrijednošću od 100%. Ukoliko bi student napravio pogrešku, ukupni postotak bi se smanjio za iznos određen prema vrsti pogreške. Pogreške su svrstane u kategorije ovisno o razini utjecaja na sigurnost gdje svaka kategorija nosi određeni postotak. Za ocjenjivanje studenata u obzir

je uzet samo utjecaj na sigurnost, dok se efikasnost rada u zračnom prostoru iz konačnog postotka ne vidi. Efikasnost je uz sigurnost i redovan tok zračnog prometa, temeljna zadaća ATCO.

Pogreške su grupirane u 6 kategorija. U prvu kategoriju pogrešaka svrstane su sljedeće pogreške: sudar, gubitak separacije (pojava *ringova*) bez reakcije i spuštanje zrakoplova ispod minimalne apsolutne visine radarskoga vektoriranja (engl. *Minimum Radar Vectoring Altitude-MRVA*) koje su odnosile 30% ukupnog postotka. S obzirom na to da postotak manji od 75% znači pad vježbe, ako je student napravio jednu od ovih pogrešaka, nije zadovoljio minimum zahtjeva za vježbu. Može se uočiti da su to veće pogreške koje značajno utječu na sigurnost prometa pa je ova kategorija odnosila veliki udio postotka cijele vježbe zbog narušavanja sigurnosti.

Druga kategorija odnosila je 20% ukupnog postotka koji se oduzimao nakon što bi došlo do gubitka separacijske norme (pojavi su se *ringovi*) ali je student dao informaciju o prometu i poduzeo odgovarajuću radnju za izbjegavanje sudara. Iako je sigurnosna norma i ovdje narušena, kategorija je odnosila manje bodova nego prva jer je student reagirao na situaciju kako bi je popravio.

U treću kategoriju pogrešaka svrstane su sljedeće pogreške: izdavanje nesigurnih odobrenja bez poduzimanja odgovarajućih radnji, penjanje ili spuštanje zrakoplova u zračnom prostoru koji student ne kontrolira i prolaz zrakoplova preko odašiljača pravca slijetanja (engl. *localiser-LLZ*) u završnom prilaženju. Svaka od pogrešaka odnosila je 10% ukupnog postotka, a manjeg je utjecaja na sigurnost od pogrešaka druge kategorije.

U četvrtu kategoriju svrstane su sljedeće pogreške: izdavanje nesigurnih odobrenja s poduzimanjem odgovarajućih radnji kako bi se popravila situacija te veće pogreške u vektoriranju (okret zrakoplova za tristo šezdeset stupnjeva). Zbog manje težine pogrešaka, ova kategorija je odnosila 5% ukupnog postotka.

U petu kategoriju ubrajale su se sljedeće pogreške: veće pogreške u radiotelefonskoj komunikaciji, manje pogreške u vektoriranju (krivo vektoriranje bez mjerenja) i odlazak zrakoplova izvan granica sektora (zrakoplov izvan dometa). Za nabrojane pogreške studentu se oduzimalo 3% ukupnog postotka.

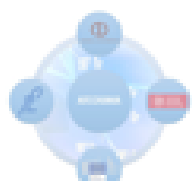
Jedan posto se oduzimalo za pogreške u zadnjoj, šestoj kategoriji. U nju su se ubrajale manje pogreške u radiotelefonskoj komunikaciji i ne ažuriranje podataka o letu.

Na slici 5 i 6 nalazi se obrazac koji su instruktori koristili za ocjenjivanje uspješnosti studenata. Na prvoj stranici (slika 5) nalaze se kriteriji ocjenjivanja i rubrika za upisivanje konačnog postotka. Druga stranica (slika 6) sadrži sliku zračnog prostora za pojašnjenje prometnih situacija i tablicu za detaljiziranje pogrešaka u vježbi. Prije početka vježbi instruktori su u tablicu upisivali pozivne znakove svih zrakoplova. Kada bi tijekom vježbe došlo do pogreške, zabilježili su o kojem se zrakoplovu radi te o kojoj kategoriji pogreške. Nakon odrađene vježbe bilo je potrebno zbrojiti postotke pogrešaka za sve

zrakoplove i konačni rezultat upisati na prvu stranicu obrasca. Rezultat predstavlja uspješnost studenta za provedenu vježbu.

# ATCOSIMA

Validation Criteria of the Candidates



<b>NAME OF THE CANDIDATE:</b>	<b>NAME OF THE INSTRUCTOR:</b>
<b>EXERCISE:</b>	<b>DATE:</b>

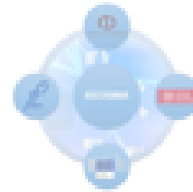
Criteria of percentage deduction on exercise - START with 100%			
No.	Types of mistakes	Percentage	No. of occurrence
1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• COLLISION,</li> <li>• SEPARATION LOSS (RINGS) AND NO ACTION TAKEN,</li> <li>• DESCENDING ACFT UNDER ATCOSIMA MRVA</li> </ul>	-30%	
2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SEPARATION LOSS (RINGS) WITH TRAFFIC INFO. AND ACTION TAKEN</li> </ul>	-20%	
3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• UNSAFE CLEARANCE WITH NO ACTION TAKEN,</li> <li>• DESCENDING/CLIMBING OF ACFT IN AIRSPACE NOT CONTROLLED BY STUDENT,</li> <li>• AIRCRAFT GOING THROUGH LLZ IN FINAL APPROACH</li> </ul>	-10%	
4.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• UNSAFE CLEARANCE WITH ACTION TAKEN,</li> <li>• BIGGER MISTAKE IN VECTORING (360° TURN)</li> </ul>	-5%	
5.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BIGGER MISTAKE IN RADIODTELEPHONY COMMUNICATION</li> <li>• MINOR MISTAKE IN VECTORING (WRONG VECTOR WITHOUT MEASURING)</li> <li>• GOING THROUGH FIR/SECTOR BOUNDARY; OUT OF RANGE</li> </ul>	-3%	
6.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MINOR MISTAKES IN RADIODTELEPHONY COMMUNICATION</li> <li>• FLIGHT STRIP DATA NOT UPDATED</li> </ul>	-1%	
<b>SUM TOTAL (%)=&gt;</b>			

1/2

Slika 5. Prva strana obrasca za ocjenjivanje

# ATCOSIMA

Validation Criteria of the Candidates



**DETAILED ANALYSIS OF EXERCISE – AIRCRAFT BY AIRCRAFT**

No.	AIRCRAFT	Categories of types of mistakes according to the table from the first page					
		1. (30%)	2. (20%)	3. (10%)	4. (5%)	5. (1%)	6. (1%)
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							
11.							
12.							
13.							
14.							

**ANY SPECIAL OCCURRENCE DESCRIPTION /DRAWING:**

Slika 6. Druga strana obrasca za ocjenjivanje

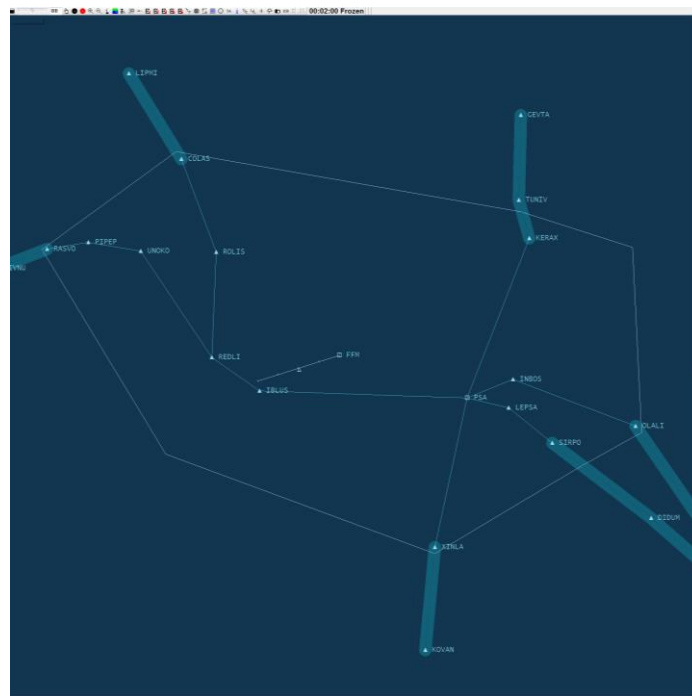


## 3.2. Priprema i izvođenje simulacijskih vježbi

### 3.2.1 .Zračni prostor

Prije početka vježbi bilo je potrebno pripremiti studente za rad u novom zračnom prostoru. Teoretsku pripremu u prostorijama ZFOT-a održao je jedan od tri instruktora koji su radili na projektu. U prvom terminu studenti su upoznati sa zračnim prostorom, strukturom, klasifikacijom, točkama, postupcima, kartama, obrascima za praćenje leta i načinom rada na simulatoru. U drugom terminu održala se obnova znanja radiotelefonske komunikacije za prilaznu kontrolu, obuka za upotrebu papirnatih stripova te priprema za prvu i drugu vježbu. Studenti su dobili popratne materijale za pripremu koji se nalaze u Prilogu 2.

Zračni prostor na kojem su se izvodile vježbe prikazan je na slici 7. Napravljen je po uzoru na terminalni prostor Langen u Njemačkoj. Dolazne točke su: COLAS, RASVO, KERAX, OLALI, SIRPO i XINLA, a odlazne: RASVO, OLALI, SIRPO i XINLA. Instruktori su podijelili zračni prostor na sjever (RASVO, COLAS i KERAX) i jug (XINLA, SIRPO i OLALI) radi lakšeg upravljanja dolaznim i odlaznim prometom.



Slika 7. Zračni prostor na ekranu BEST simulatora

Klasa zračnog prostora je C, što znači da kontrolor ima zadaću razdvajanja zrakoplova koji lete po instrumentalnim pravilima (engl. *Instrument Flight Rules-IFR*) od IFR letova i zrakoplova koji lete po vizualnim pravilima (engl. *Visual Flight Rules-VFR*) te pružanja informacija VFR letovima o drugim VFR letovima. U vježbama su simulirani samo IFR letovi. Prijelazna apsolutna visina iznosila je pet tisuća stopa te je zadnja razina leta (engl. *flight level-FL*) u uporabi bila FL 60. Vrijednost tlaka QNH iznosila je 1013 hPa u svim vježbama, stoga nije bilo razlike između razine leta i apsolutne visine leta.

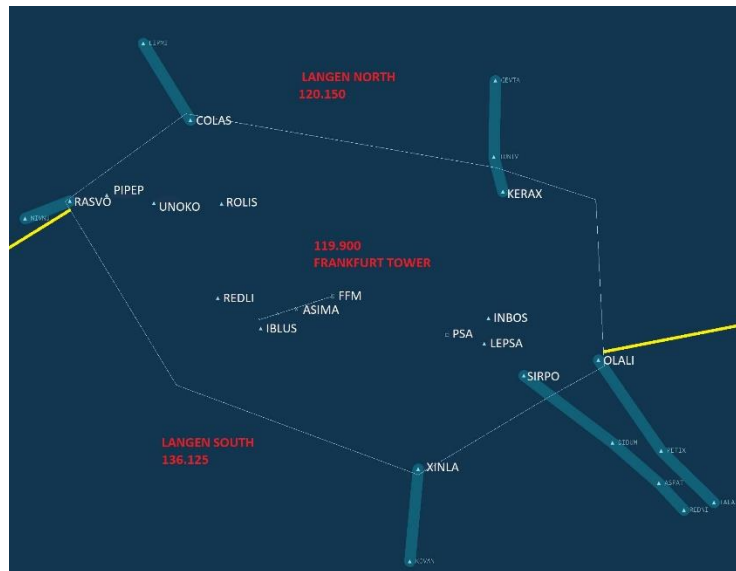
MRVA je bila dostupna studentima preko opcija na ekranu ali se za izvođenje vježbi nije koristila. Minimalna radarska separacija zrakoplova koja se trebala primijeniti je tisuću stopa vertikalno i pet nautičkih milja horizontalno. Aktivna uzletno-sletna staza (USS) koja se koristila u svim vježbama je 07 sa sustavom za instrumentalno slijetanje (engl. *Instrument Landing System-ILS*). S obzirom na to da se radi o istom prilazu u svim vježbama, studentima je olakšano kontroliranje zračnog prometa i proces učenja.

### 3.2.2. Kontroliranje zračnog prometa

Zrakoplovi koji su dolazili u zračni prostor letjeli su na visinama od FL 170 do FL 230. Studenti su određivali redoslijed za slijetanje ovisno o njihovim pozicijama, vremenu javljanja i brzini. Zrakoplovu koji je bio prvi u slijedu za slijetanje davali su najnižu visinu te su, s obzirom na njega ostali zrakoplovi dobivali sljedeće slobodne visine ovisno o rednom broju za slijetanje i poziciji u prostoru. Ovakav način postepenog spuštanja zrakoplova pomogao je zadržavanju sigurnosne norme od tisuću stopa. Studenti su pseudo-pilotima davali instrukcije za spuštanje prilikom inicijalnog javljanja kako bi se uštedjelo na vremenu. Inicijalni poziv obavljao se prije ulaska u zračni prostor nadležnosti te se stoga smatralo da imaju dopuštenje za spuštanje od kontrolora zračnog prometa susjednih sektora.

Planovi leta dolaznih zrakoplova sa sjevera (RASVO i COLAS) su preko točaka unutar prostora vodili do točke REDLI, a s juga (XINLA, SIRPO, OLALI i sa sjevera KERAX) do točke IBLUS koje se nalaze blizu LLZ. Kada bi zrakoplovi letjeli kroz prostor prema planovima leta, došlo bi do narušavanja minimalne separacije jer bi se približili jedan drugome na istoj visini i točki. Kako bi studentima bilo lakše kontrolirati dolazeći promet, instruktori su odredili optimalni pravac leta (engl. *heading*) zrakoplova od dolaznih točki prema LLZ. Tako je npr. *heading* za dolazni zrakoplov od točke XINLA bio 315. Zbog različitih prometnih situacija nije bilo moguće svim zrakoplovima dati optimalni *heading*. Ostali zrakoplovi su se tehnikama vektoriranja vodili do kraka niz vjetar (engl. *downwind leg*), osnovnog kraka (engl. *base leg*) ili produženog osnovnog kraka (engl. *long base leg*). Bilo je potrebno kontrolom brzine zrakoplova napraviti dovoljno prostora kako ne bi došlo do narušavanja separacijskih normi. Studenti su usporavali i ubrzavali zrakoplove kako bi održali planirani raspored slijetanja. Brzinu zrakoplova bilo je moguće promijeniti za maksimalno dvadeset čvorova. Kada su zrakoplovi bili blizu LLZ, a prije točke ASIMA bilo je potrebno okrenuti ih prema završnom prilazu. Završni kursovi za zrakoplove sa

sjevera bili su  $100 \pm 10^\circ$  i s juga  $040 \pm 10^\circ$ . Kako bi „uhvatili“ ILS bilo je potrebno da budu na visini od 3000 stopa. Nakon potvrde pseudo-pilota za ustanovljeni ILS prilaz, studenti su zrakoplove prebacivali na frekvenciju FRANKFURT TOWER 119.900. Na slici 8 prikazan je zračni prostor s podjelom na sjeverni i južni dio te frekvencijama za prebacivanje zrakoplova. Slika se za vrijeme provođenja vježbi nalazila ispred studenata na radnoj poziciji.



Slika 8. Slika zračnog prostora s frekvencijama

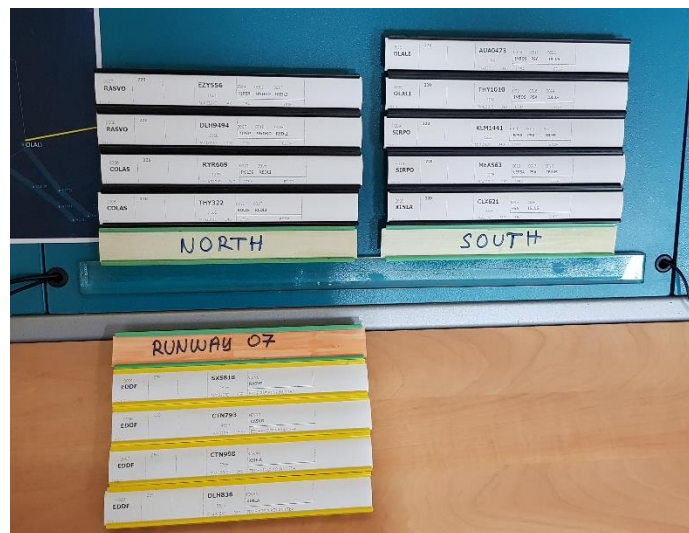
Odlazni zrakoplovi penjali su preko FL 200 prema odlaznim točkama: RASVO na sjeveru te OALALI, SIRPO i XINLA na jugu. Bilo je potrebno uskladiti dolazni promet s odlaznim prometom. Kako ne bi došlo do narušavanja separacije, studenti su zrakoplove nakon javljanja penjali na zadane FL u pravcu USS-e do nadvisivanja konfliktnog prometa. Ukoliko nije bilo konfliktnog prometa, zrakoplovi su mogli kontinuiranim penjanjem letjeti direktno prema izlaznoj točki. Odlazni zrakoplovi su se prebacivali na frekvenciju LANGEN NORTH (120.150) ukoliko bi letjeli prema sjeveru i na frekvenciju LANGEN SOUTH (136.125) za let prema južnom dijelu zračnog prostora.

### 3.2.3. Rad sa stripovima

Studenti ZFOT-a su tijekom osnovnog osposobljavanja koristili isključivo elektroničke stripove, stoga je bilo potrebno obučiti ih za rad s papirnatim stripovima. Stripovi koji su printani u ESTU koristili su se za rad u obje ustanove. Studenti su stripove prije početka vježbi stavljali u držače i slagali na površini radne pozicije. Držači su bili crne

boje za dolazne zrakoplove i žute boje za odlazne zrakoplove radi lakšeg uočavanja pri radu sa zrakoplovima.

Kako bi bilo lakše rasporediti stripove koristili su oznake NORTH, SOUTH i RUNWAY 07. NORTH se koristio za slaganje stripova zrakoplova koji su dolazili sa sjeverne strane (točke: RASVO, COLAS i KERAX), a SOUTH za one s južne strane (XINLA, SIRPO i OLALI). Oznaka RUNWAY 07 služila je za odjeljivanje odlaznih zrakoplova koji su se tek trebali javiti s tornja nakon uzlijetanja. Na slici 9 nalazi se primjer rasporeda stripova na početku vježbe. Tijekom vježbe pozicija stripova trebala se mijenjati: za dolazne zrakoplove zbog redoslijeda slijetanja i za odlazne zrakoplove zbog odlaska na sjever ili jug zračnog prostora. Bilo je potrebno da studenti svladaju tehniku pomicanja stripova kako bi lakše održali situacijsku svjesnost. Sve instrukcije zadane zrakoplovu trebale su biti zabilježene na stripu pomoću kemijske olovke.



Slika 9. Primjer rasporeda stripova

### 3.2.4. Simulirane vježbe

Prije i nakon održavanja svake vježbe, instruktori su održavali *briefinge* i *debriefinge* za svakog studenta posebno. Na taj način studenti su bili upućeni u svaku vježbu i dobivali su povratne informacije o svom radu. U tablici 1. prikazani su podaci koje su studenti dobili na pripremama. Za svaku od vježbi napisan je broj dolaznih i odlaznih zrakoplova, ulazne i izlazne točke te predviđeno vrijeme trajanje vježbe.

Tablica 1. Detalji o vježbama

BROJ VJEŽBE	BROJ AVIONA			TOČKE		TRAJANJE VJEŽBE [min]
	DOLAZNI	ODLAZNI	UKUPNO	ULAZNE	IZLAZNE	
1.	5	0	5	KERAX SIRPO COLAS RASVO XINLA	/	26
2.	6	2	8	XINLA OLALI SIRPO KERAX RASVO COLAS	XINLA RASVO	25
3.	6	3	9	RASVO OLALI XINLA COLAS SIRPO	OLALI RASVO XINLA	32
4.	6	4	10	OLALI SIRPO KERAX COLAS XINLA	RASVO OLALI XINLA	32
5.	7	3	10	KERAX XINLA SIRPO COLAS	RASVO XINLA	32
6.	7	4	11	COLA RASVO XINLA KERAX SIRPO	RASVO XINLA SIRPO	27
7.	8	3	11	KERAX OLALI SIRPO XINLA COLAS RASVO	OLALI RASVO XINLA	27
8.	8	4	12	XINLA OLALI SIRPO COLAS	XINLA RASVO SIRPO	27
9.	9	4	13	RASVO COLAS OLALI SIRPO XINLA	RASVO XINLA	26
10.(ISPITNA)	9	3	12	RASVO COLAS KERAX OLALI SIRPO XINLA	RASVO XINLA	27

Izvor: Prilog 1

Iz tablice 1 može se primijetiti usmjeravanje studenta tijekom vježbi. Broj zrakoplova u vježbama povećava se zbog kontinuiranog povećanja broja dolaznih zrakoplova, odnosno povećava se gustoća prometa. Broj odlaznih zrakoplova se nakon prve dvije vježbe zadržava na broju tri ili četiri. Naglasak vježbi stavljen je na procese učenja kontroliranja dolaznog prometa. Ulazne i izlazne točke ne ostaju iste tijekom vježbi kako bi se studenti navikli na rješavanje različitih prometnih situacija. Kako raste broj zrakoplova, raste i radno opterećenje studenata. Zbog različitih pravaca dolazaka zrakoplova koji konvergiraju u istu točku ASIMA, dolazi i do povećanja kompleksnosti zračnog prometa u uvjetima veće gustoće prometa. Očekivano vrijeme trajanja vježbe ne razlikuje se iako se povećava broj zrakoplova, stoga studenti kontroliraju veći broj zrakoplova u istoj jedinici vremena. S obzirom na povećanje kompleksnosti prometa, očekuje se veći broj pogrešaka s povećanjem broja vježbe.

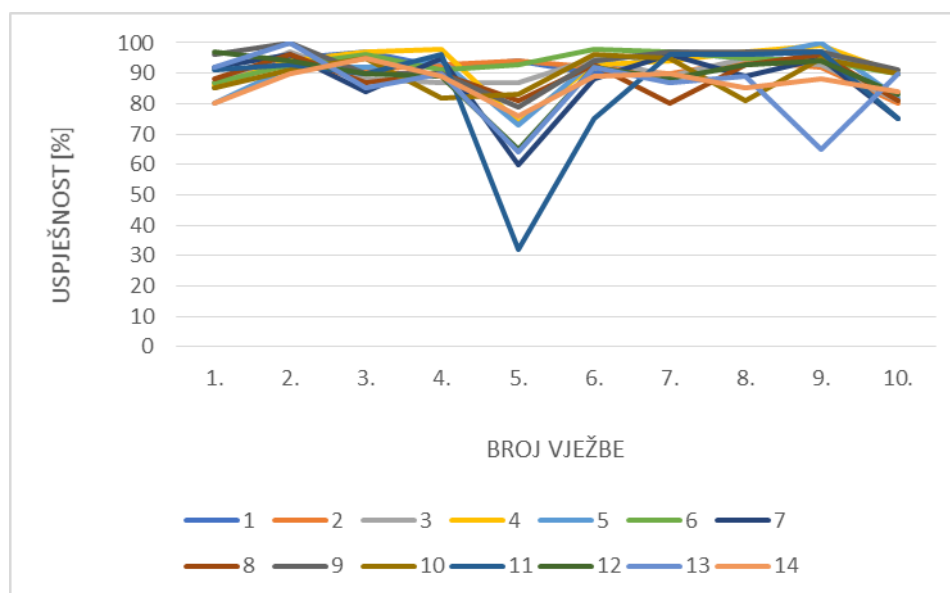
### 3.3. Uspješnost rada studenata

Rezultati uspješnosti studenata u izvođenju vježbi prikazani su u tablici 2. Stupac PROSJEK 1 prikazuje prosječnu uspješnost svih studenata za pojedinu vježbu dok redak PROSJEK 2 prikazuje prosjek uspješnosti jednog studenta za svih deset vježbi. Najbolju uspješnost po PROSJEKU 1 studenti su ostvarili u drugoj vježbi, a najlošiju u petoj vježbi. Druga vježba se od prve razlikuje po tome što ima jedan dolazni zrakoplov više i po prvi puta se pojavljuju odlazni zrakoplovi. Peta vježba je imala 1 dolazni zrakoplov više za razliku od prethodne vježbe te jedan odlazni zrakoplov manje. Može se zaključiti da male promjene u broju zrakoplova ne utječu na prosječne uspješnosti. Student pod rednim brojem šest ima najbolju prosječnu uspješnost za sve vježbe, a student pod rednim brojem jedanaest ima najlošiju. Iako se opterećenje studenata povećavalo s rastom rednog broja vježbe, prema PROSJEKU 1 nakon pete vježbe uspješnost se počela povećavati. Ispitna vježba ima drugi najlošiji prosjek što se može pripisati težini vježbe te stresu studenata.

Tablica 2. Uspješnost studenata po vježbama

BROJ VJEŽBE	STUDENT BR.														PROSJEK 1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1.	85	87	87	86	80	87	92	88	96	85	91	97	92	80	88,1
2.	95	94	97	94	92	93	96	96	100	91	93	94	100	90	94,6
3.	97	91	88	97	92	96	84	87	90	95	90	90	85	95	91,2
4.	92	93	87	98	94	91	95	90	90	82	96	89	90	89	91,1
5.	94	94	87	74	73	93	60	81	79	83	32	65	64	76	75,4
6.	90	92	95	93	94	98	88	93	94	96	75	92	92	89	91,5
7.	97	90	89	94	97	97	96	80	97	95	96	88	87	90	92,4
8.	96	94	95	97	95	95	89	93	97	81	96	93	89	85	92,5
9.	97	92	93	99	100	94	95	96	97	95	97	94	65	88	93,0
10.	90	80	81	90	82	90	75	81	91	90	75	83	90	84	84,4
PROSJEK 2	93,3	90,7	89,9	92,2	89,9	93,4	87	88,5	93,1	89,3	84,1	88,5	85,4	86,6	

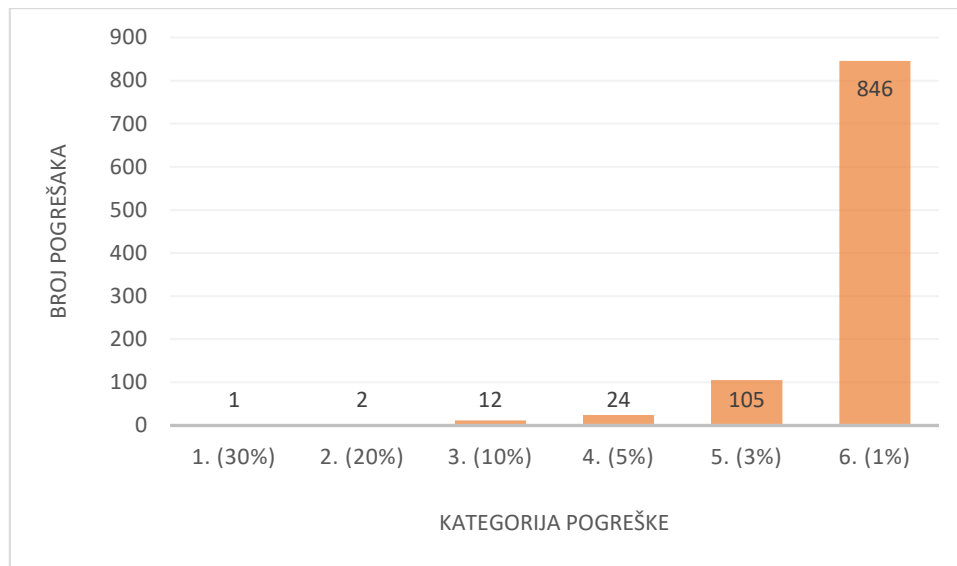
Grafikon 1 prikazuje promjenu uspješnosti studenata po vježbama. Većina studenata se po uspješnosti kreće u okvirima 80-100%. Studenti sedam, jedanaest i trinaest imaju najveća odstupanja po uspješnosti u vježbama pet i devet. Oscilacije se najviše ističu u petoj vježbi gdje većina studenata pokazuje pad u uspješnosti.



Grafikon 1. Promjena uspješnosti studenata po vježbama

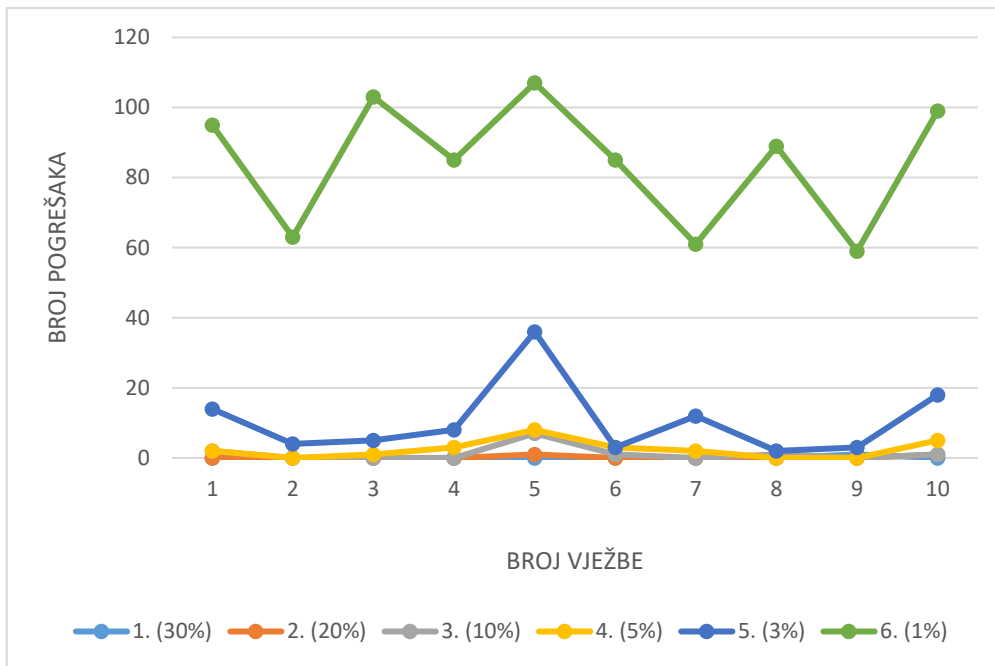
Grafikon 2 prikazuje broj ukupnih pogrešaka svih studenata tijekom vježbi raspoređen po kategorijama pogrešaka koje su se koristili za kriterije ocjenjivanja. Studenti su najviše pogrešaka radili u šestoj kategoriji koja ubraja manje pogreške u radiotelefonskoj komunikaciji i ne ažuriranje stripova. Pogreška prve kategorije dogodila se samo jednom, a pogreška druge kategorije dva puta. Rezultati pokazuju da je tijekom izvođenja simulacijskih vježbi samo tri puta došlo do narušavanja minimalne separacijske

norme. Prama ovim podacima, studenti su dobro odrađivali vježbe u pogledu sigurnosti iako je broj pogrešaka šeste kategorije velik.



Grafikon 2. Ukupni broj pogrešaka svih studenata raspodijeljen po kategorijama

Grafikon 3 prikazuje kategorije pogrešaka ovisno o broju pogrešaka tijekom svake vježbe. Najveće oscilacije ističu se u kategorijama pet i šest. Obje prikazuju smanjenje pogrešaka kako se povećava broj vježbe što znači da su studenti tijekom vremena napredovali u ažuriranju stripova, radiotelefonskoj komunikaciji, vektoriranju i prebacivanju komunikacije na susjedne sektore. Najveće oscilacije u broju pogrešaka mogu se uočiti pri prijelazu iz četvrte u petu vježbu, šeste u sedmu i devete u desetu.



Grafikon 3. Kategorije pogrešaka prikazane u ovisnosti o broju vježbe i broju pogrešaka



#### 4. INDIKATORI UČINKOVITOSTI SIMULIRANOG LETA ZRAKOPLOVA

U ATM Master Planu [8] opisani su ciljevi SESAR-a za razvoj ATM-a u Europi (slika 10). U području operacijske učinkovitosti teži se smanjenju vremena leta za 6% i smanjenju izgaranja goriva za 10%. U području okoliša cilj je smanjiti CO<sub>2</sub> emisije za 10%, smanjiti buku te povećati kvalitetu zraka. Uzimajući u obzir navedene ciljeve, definirani su slijedeći indikatori učinkovitosti za potrebe rada: duljina leta, trajanje leta, potrošnja goriva, broj skretanja i stepeničasti prilaz. Podatci za izračun indikatora prikupljeni su iz BEST simulatora za svaki let posebno. Za dolazne zrakoplove podaci su prikupljeni od vremena inicijalnog poziva zrakoplova do početka spuštanja ispod 3000 stopa. Početak spuštanja ispod navedene visine označavao je početak hvatanja ILS-a i vrijeme prebacivanja na frekvenciju tornja. Prikupljeni podaci o dolaznim zrakoplovima obuhvaćali su vrijeme pružanja usluge u terminalnom zračnom prostoru. Za odlazne zrakoplove podaci su prikupljeni od vremena dostizanja visine od 3000 stopa do vremena kada bi zrakoplovi preletjeli izlaznu točku. Podatci o odlaznim zrakoplovima prikupljeni su za vrijeme pružanja usluge prilazne kontrole zračnog prometa do vremena izlaska iz horizontalnih granica kontroliranog zračnog prostora. Indikatori su izračunati za svaki zrakoplov pojedinačno ali se zbrajaju za sve zrakoplove u vježbi jer je uspješnost studenata ocijenjena na razini vježbe.



Slika 10. Ciljevi SESAR-a  
Izvor: [8]

## 5. IZRAČUN UČINKOVITOSTI

### 5.1. Duljina leta

Podatci o duljini leta prikupljeni su pomoću alata za mjerenje udaljenosti u nautičkim miljama. Duljina leta povezana je s utjecajem na okoliš jer veća udaljenost znači veće emisije CO<sub>2</sub> zbog izgaranja goriva i produljenja trajanja leta. Smanjena duljina leta ukazuje na operacijsku učinkovitost i pozitivan utjecaj na okoliš [8]. U tablici 3 prikazane su ukupne duljine leta svih zrakoplova po pojedinoj vježbi. Tablica koja prikazuje ukupne rezultate indikatora napravljena je na način da je minimalna vrijednost za vježbu označena crvenom bojom, a u ostalim ćelijama napisana je razlika u duljini leta. Tablica 4 pokazuje variranje podataka. Prosječna duljina leta očekivano se povećava s brojem vježbe zbog većeg broja kontroliranih zrakoplova. Standardna devijacija najveća je u šestoj, sedmoj i desetoj vježbi.

Tablica 3. Ukupna duljina leta

UKUPNA DULJINA LETA (NM)														
BROJ VJEŽBE	STUDENT BR.													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.	+42,5	+72	+55,6	+74,4	352,0	+47,5	+41	+31,4	+120,7	+49,1	+60,4	+33,4	+50,5	+13,3
2.	+13,5	+5,5	+24,8	+20,4	658,8	+41,2	+63,5	+76,7	+96,9	+63,5	+59,9	+52,5	+53,5	+22
3.	+102,8	+76,9	+73	+109,8	+113,2	+124,7	+59,9	661,3	+50,6	+107,8	+30,3	+43,9	+64,7	+124
4.	+14,8	+77,6	+7,3	+87	+51	+26,5	+80,2	+81,7	+42,6	+36	+69,4	+61	+68,9	760,0
5.	+61	+84,3	+11,7	+1,1	+31,4	+20,1	+22	+38,5	+79,3	+8,7	791,5	+93,6	+38,5	+48,7
6.	+21,5	+99,3	+86,9	+44,8	+36,2	+89,7	+15,8	+119,2	831,2	+37,9	+3,9	+195,6	+162,4	+52,4
7.	+151,7	+47,8	849,3	+109,6	+115,4	+33,5	+141,3	+36,5	+102,4	+34,8	+70,8	+42,3	+32,7	+139,9
8.	+31,6	+55,2	+31	+11,8	+29,5	+4,8	+114,9	+126	960,8	+50,3	+63,1	+44	+119,9	+57,9
9.	+14,4	+44,7	+56,4	+41,1	+52,2	+44	+64,6	1153,9	+13,4	+40,6	+42,2	+67,7	+113,9	+41,8
10.	+19	+50,8	+12,4	+17,4	+28,1	+6,7	+9	1026,2	+5,4	+183,1	+17	+52,1	+8	+17,8

Tablica 4. Varijacija podataka za duljinu leta

BROJ VJEŽBE	UKUPNA DULJINA LETA (NM)			
	MINIMALNA	MAKSIMALNA	PROSJEČNA	STANDARDNA DEVIJACIJA
1.	352,00	472,70	401,41	27,81
2.	658,80	755,70	701,22	27,74
3.	661,30	786,00	738,56	36,69
4.	760,00	847,00	810,29	28,37
5.	791,50	885,10	829,99	29,95
6.	831,20	1026,80	900,17	57,28
7.	849,30	1001,00	924,92	47,90
8.	960,80	1086,80	1013,66	39,80
9.	1153,90	1267,80	1199,40	26,51
10.	1026,20	1209,30	1056,69	44,91

## 5.2. Trajanje leta

Smanjenje trajanja leta cilj je operacijske učinkovitosti [8]. Trajanje ima utjecaj na potrošnju goriva i količinu emisija. U tablici 5 prikazano je ukupno trajanje leta za sve zrakoplove u vježbi. U tablici je minimalna vrijednost trajanje leta u vježbi označena s crvenom bojom, a ostale vrijednosti napisane su kao razlika s obzirom na minimalno trajanje. Povećanje ukupnog trajanja leta kroz vježbe očekivano je zbog povećanja broja zrakoplova. Tablica 6 prikazuje variranje podataka gdje se najveće odstupanje od prosjeka događa u trećoj, petoj i šestoj vježbi. Utjecaj na trajanje leta ima duljina koju je zrakoplov preletio i brzina koja je zadana od kontrolora. Značajnija standardna devijacija duljine i trajanja leta može ukazivati na veće razlike studenata u načinu kontroliranja zračnog prometa.

Tablica 5. Ukupno trajanje leta

UKUPNO TRAJANJE LETA (MIN)														
BROJ VJEŽBE	STUDENT BR.													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.	+10,4	+15	+11,9	+17,1	81,8	+9	+7,5	+6,5	+13,9	+11,2	+12,4	+7,8	+11,1	+6,6
2.	+6,5	+2,6	+14,2	+5	139,2	+8,9	+17,7	+21,9	+19,7	+14,5	+15,6	+14,4	+13,7	+6,6
3.	+19,7	+12,5	+9	+20,8	+22,5	+24,1	+8,8	148,5	+7,4	+17,7	+3,8	+10,5	+8,6	+19,3
4.	+6,4	+13,8	165,8	+14,9	+13	+4,5	+15	+8,5	+10,8	+6,9	+14,2	+15,5	+9,7	+6
5.	+21,9	+28,3	+5,2	+7,2	+4	+7,9	+10,5	+15,7	+19	+1,9	170,1	+22,7	+14,7	+9
6.	+0,5	+19,8	+15,5	+6,8	+1,5	+18,1	+0,4	+21,5	+4,7	+3,1	183,2	+33,6	+30,4	+5,8
7.	+18	+3,4	+1,7	+6,4	+8,5	+1,3	+11,2	+0,6	+11,7	202,1	+0,2	+1,3	+1,7	+12,2
8.	+10,3	+13,9	+10	+2,4	207,8	+8,5	+18,1	+28,5	+10,5	+7,5	+18,9	+7	+23,8	+12,3
9.	+4,8	+15,6	+9,5	+8,7	+8,3	+7,1	+16,6	+1	253,6	+9,3	+11,1	+13,7	+22,7	+3,2
10.	+9,4	+21,8	+14,3	+9	+10,3	+4,3	234,6	+3,5	+8	+4,4	+7,6	+16,4	+12,2	+9,4

Tablica 6. Varijacija podataka za trajanje leta

BROJ VJEŽBE	UKUPNO TRAJANJE LETA (MIN)			
	MINIMALNO	MAKSIMALNO	PROSJEČNO	STANDARDNA DEVIJACIJA
1.	81,83	98,92	91,82	4,13
2.	139,17	161,08	150,70	6,39
3.	148,50	172,58	161,69	7,18
4.	165,83	181,25	175,73	4,57
5.	170,08	198,42	182,09	8,26
6.	183,17	216,83	194,75	11,10
7.	202,08	220,08	207,67	5,55
8.	207,75	236,25	220,05	7,56
9.	253,58	276,25	262,98	6,05
10.	234,62	256,42	243,92	5,45

### 5.3. Potrošnja goriva

Potrošnja goriva direktno utječe na emisije CO<sub>2</sub> gdje se proporcionalno za svaku tonu iskorištenog goriva stvara 3,15 tona CO<sub>2</sub>. Veća potrošnja goriva znači veće financijske izdatke zrakoplovnih kompanija. Smanjenje potrošnje goriva u interesu je zbog promjenjivih cijena goriva i utjecaja na efekt staklenika [9]. Stoga je indikator potrošenog goriva bitan podatak. U vježbama su kroz zračni prostor letjeli odlazni i dolazni zrakoplovi. Let dolaznih zrakoplova sastojao se od horizontalnih dijelova i spuštanja, a let odlaznih zrakoplova od horizontalnih dijelova i penjanja. Potrošnja goriva je za svaki segment proračunata po formulama koje su opisane u nastavku rada. Za proračun je korišten program Excel 2013.

Formule za izračun potrošnje goriva uzete su iz BADA-inog priručnika. One su dobivene pomoću modela totalne energije zrakoplova koji je opisan formulom:

$$(T_{HR} - D)V_{TAS} = mg_0 \frac{dh}{dt} + mV_{TAS} \frac{dV_{TAS}}{dt} \quad (1.1.)$$

gdje su:

- $T_{HR}$  – potisak koji djeluje paralelno s vektorom brzine zrakoplova [N]
- $D$  – aerodinamički otpor [N]
- $m$  – masa zrakoplova [kg]
- $h$  - geodetska visina [m]
- $g_0$  – gravitacijska akceleracija [9,80665 m/s]
- $V_{TAS}$  – stvarna brzina [m/s]

- $\frac{d}{dt}$  – derivacija vremena [ $s^{-1}$ ].

Pomoću ovog modela razrađen je model zrakoplova prema kategorijama koje uključuju: tip zrakoplova, masu, *envelopu* leta, aerodinamiku, potisak motora, reduciranu snagu, potrošnju goriva i kretanje po tlu. Za potrebe izračuna indikatora korištene su formule iz aerodinamike, potiska motora i potrošnje goriva s dokumentom operacijskih performansi (engl. Operation Performance File – OPF) za zrakoplov A320 koji se nalazi u prilogu 2 [10].

### 5.3.1. Dolazni zrakoplovi

U tablici 7 prikazan je primjer podataka o dolaznom letu prikupljenih obradom snimaka iz BEST simulatora. Prikupljanje podataka o zrakoplovu započelo je nakon inicijalnog poziva. Svaki redak nosi podatke za horizontalni dio leta ili za spuštanje. U START stupac upisana su vremena početka spuštanja ili početka horizontalnog leta, a u END stupac vremena završetka spuštanja ili kraj horizontalnog leta. Vremena su se zapisivala u odnosu na početak vježbe, a kako bi se dobilo trajanje dijela leta, u stupac MINUTES upisano je ukupno vrijeme trajanja radnje izraženo u minutama. FL S označava FL na kojem se nalazio zrakoplov u vremenu START, a FL E u vremenu END. Zadnja zapisana visina za sve zrakoplove je 3000 stopa, radi lakšeg označavanja visine u stopama zapisivale su se kao visine u FL. Razlika FL koju je zrakoplov prešao upisana je u FL DIFFERENCE i pretvorena u stope. U stupac NM zapisano je koliko je nautičkih milja prešao zrakoplov od vremena START do vremena END. Brzina koja je upisana u stupac SPEED dobivena je kao prosjek brzina očitanih u vremenima START i END i izražena je u čvorovima. U stupac ROC/ROD upisane su brzine penjanja i spuštanja dobivene dijeljenjem FL DIFFERENCE i stupca MINUTES.

Tablica 7. Primjer podataka za dolazni zrakoplov

DESCENT								
START	END	FLS	FL E	NM	SPEED	MINUTES	FL DIFFERENCE	ROC/ROD
06:50	13:35	210	80	32,9	307	6,75	13000	1925,926
13:35	21:25	80	80	34,7	267	7,83	0	0,000
21:25	22:45	80	60	5,7	263,5	1,33	2000	1500,000
22:45	24:25	60	60	7	260	1,67	0	0,000
24:25	26:05	60	40	7,1	256,5	1,67	2000	1200,000
26:05	27:40	40	40	6,8	253	1,58	0	0,000
27:40	28:30	40	30	3,6	239	0,83	1000	1200,000
28:30	30:05	30	30	5,1	206	1,58	0	0,000

### 5.3.2. Horizontalan let

Tijekom horizontalnog leta zrakoplovi su letjeli konstantnom brzinom i potiskom koji je jednak otporu. Kako bi se izračunala potrošnja goriva, koristeći formule iz [10], potrebno je izračunati protok goriva  $f$ :

$$f = \eta \cdot T \quad (1.2.)$$

gdje su:

- $\eta$  - 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:

$$\eta = C_{f1} \left( 1 + \frac{V_{TAS}}{C_{f2}} \right) \quad (1.3.)$$

gdje su:

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

Navedene vrijednosti koeficijenata specifične potrošnje goriva uzete su iz dokumenta operacijskih performansi A320 koje se nalaze u prilogu 2. Potisak je za ovaj slučaj horizontalnog leta jednak otporu:

$$T = D. \quad (1.4.)$$

Formula za računanje otpora jednaka je:

$$D = \frac{C_D \cdot \rho \cdot V_{TAS}^2 \cdot S}{2} \quad (1.5.)$$

gdje su:

- $C_D$  – koeficijent otpora

- $\rho$  – 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  $122,6 m^2$ .

Gustoću zraka potrebno je izračunati za visinu leta na kojoj se zrakoplov nalazi prema formuli (1.5.) za gustoću zraka u troposferi [11]:

$$\rho = \rho_n(1 - 2,256 \cdot 10^{-5} \cdot H)^{4,256} \quad (1.6.)$$

gdje su:

- $\rho_n$  – 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 iz tablice 1 je brzina zrakoplova s obzirom na tlo izražena u čvorovima. U simulacijskim vježbama nije bilo utjecaja vjetra te se ta brzina može koristiti kao  $V_{TAS}$  s preračunavanjem u  $\frac{m}{s}$  pomoću formule:

$$V_{TAS} = V \cdot 0,51444. \quad (1.7.)$$

Visina leta zrakoplova u tablici 7 napisana je u FL pa je potrebno preračunati u metre pomoću formule:

$$H = FL \cdot 100 \cdot 0,3048. \quad (1.8.)$$

Prema [10]  $C_D$  za let iznad 8000 stopa računa se prema formuli:

$$C_D = C_{D0,CR} + C_{D2,CR} \cdot C_L^2 \quad (1.9.)$$

u koju se uvrštavaju vrijednosti koeficijenata za A320 (prilog 2):

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

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

$$C_D = C_{D0,AP} + C_{D2,AP} \cdot C_L^2 \quad (1.10.)$$

s vrijednostima koeficijenata:

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

Koeficijent uzgona računa se pomoću formule:

$$C_L = \frac{2 \cdot m \cdot g_0}{\rho \cdot V_{TAS}^2 \cdot S \cdot \cos \phi} \quad (1.11.)$$

gdje su  $m$ ,  $g_0$  i  $\phi$ :

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

Pretpostavka o kutu nagiba zrakoplova uključena je i za skretanja u horizontalnom letu. Za potvrđivanje korištenja pretpostavke, izračunata je potrošnja goriva za zrakoplov osme vježbe dvaju različitih kandidata. Radi se o vježbi s velikim brojem zrakoplova što znači veći broj skretanja te veću potrošnju goriva. Od dvije metode računanja, prva metoda nije uključivala detaljne podatke o skretanju dok su se u drugoj metodi koristili za dobivanje rezultata. Za računanje su korišteni podatci zrakoplova koje su kontrolirali različiti studenti kako bi se vidjela razlika u doprinosu potrošnje goriva. U prilogu 3 nalaze se izračuni potrošnje prema spomenutim metodama. Konačni rezultati pokazuju da je razlika u potrošnji manja od 0,7% ukupnog iznosa potrošenog goriva izračunatog prema prvoj metodi. Stoga se za računanje horizontalnog dijela leta nisu koristili podatci o skretanju čiji je proces prikupljanja znatno duži.

### 5.3.3. Spuštanje zrakoplova

Za računanje potrošnje goriva za spuštanje zrakoplova potrebno je izračunati protok goriva. Moguće je koristiti formulu za *idle descent*  $f_{min}$  i za spuštanje zrakoplova s potiskom  $f_{nom}$  [10]. *Idle* označava postavku minimalne snage zrakoplova. 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*:

$$f_{min} = C_{f3} \left(1 - \frac{H_p}{C_{f4}}\right) \quad (1.12.)$$

u kojoj su vrijednosti koeficijenata (prilog 2) 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:

$$f_{nom} = \eta \cdot T_{des,app} \quad (1.13.)$$

gdje je  $T_{des,app}$  [N] potisak zrakoplova pri spuštanju s konfiguracijom za prilaz. Računa se pomoću formule:

$$T_{des,app} = c_{Tdes,app} \cdot T_{max,climb} \quad (1.14.)$$

oznake predstavljaju:

- $c_{Tdes,app} = 0,13$  (prilog 2)
- $T_{max,climb}$  – maksimalni potisak pri penjanju.

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

$$T_{max,climb} = C_{Tc,1} \left(1 - \frac{H_p}{C_{Tc,2}} + C_{Tc,3} \cdot H_p^2\right) \quad (1.15.)$$

Gdje su vrijednosti koeficijenata za A320:

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

### 5.3.4. Odlazni zrakoplovi

Primjer podataka prikupljenih o odlaznim zrakoplovima prikazan je u tablici 8. Svi podatci prikupljeni su na isti način kako je objašnjeno za tablicu 7. Zapisivanje informacija o odlaznim zrakoplovima započelo je kada bi zrakoplov dostigao visinu od 3000 stopa. Svi zrakoplovi su se penjali kontinuirano do traženog FL. Nakon penjanja, zrakoplovi su nastavili horizontalan let prema izlaznim točkama gdje su se prikupili zadnji podatci o letu.

Tablica 8. Primjer podataka o odlaznom zrakoplovu

CLIMB								
START	END	FL S	FL E	NM	SPEED	MINUTES	FL DIFFERENCE	ROC/ROD
07:05	15:00	30	250	42,3	285	7,92	22000	2778,947
15:00	19:45	250	250	31,4	396	4,75	0	0,000

Potrošnja goriva odlaznih zrakoplova za horizontalni dio računala se prema postupku objašnjenom u 5.3.2. Za potrošnju goriva u penjanju koristila se formula za protok goriva:

$$f_{nom} = \eta \cdot T_{max,climb} \quad (1.16.)$$

gdje se  $T_{max,climb}$  računao pomoću formule (1.15.). Kad se  $f_{nom}$  pomnožio s trajanjem dijela leta dobilo se potrošeno gorivo u kilogramima.

Za računanje potrošnje goriva u penjanju koristila se aritmetička sredina potrošenog goriva izračunatog za početni FL i završni FL. Kako se ne bi zanemario utjecaj brzina zrakoplova tijekom penjanja od početne do završne visine, upotrijebljena je i druga metoda izračuna potrošnje goriva (prilog 4). Druga metoda razlikuje se od prve jer koristi podatke o visinama između početnog i završnog FL. Na pojedinim visinama prikupljeni su podatci o brzinama i trajanju leta svakog segmenta. Razlika u načinu izračuna dovela je do drugačijih rezultata prema kojima je potrošnja goriva u drugoj metodi manja za 2% od potrošnje izračunate prema prvoj metodi. Postotak ne čini značajnu razliku za rezultate rada zbog načina obrade podataka stoga se za računanje koristila prva metoda za koju je prikupljanje podataka bilo brže i jednostavnije.

### 5.3.5. Rezultati potrošnje goriva

U tablici 9 nalaze se podatci o ukupnoj potrošnji goriva za sve zrakoplove u pojedinoj vježbi. Očekivano su se tijekom vježbi povećavali kilogrami potrošenog goriva zbog povećanja broja kontroliranih zrakoplova. Tablica 10 prikazuje varijacije podataka

o ukupnom potrošenom gorivu po vježbama. Najveća standardna devijacija nalazi se u devetoj vježbi, a najmanja u prvoj vježbi. Taj podatak ukazuje da se način kontroliranja zračnog prometa studenata najviše razlikovao u devetoj vježbi, a najsličnije postupke kontroliranja imala su u prvoj vježbi.

Tablica 9. Ukupno potrošeno gorivo

UKUPNO POTROŠENO GORIVO (kg)														
BROJ VJEŽBE	STUDENT BR.													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.	+644,2	+478,1	+388,4	+358,4	2190,4	+322,9	+208,6	+115	+469,6	+540,3	+426	+404,7	+411,5	+346,6
2.	+447,9	+559,6	+1002,7	+279,7	4684,1	+730,8	+1002,6	+1412,1	+1232,1	+769,7	+1346,6	+1046,4	+865,3	+640,5
3.	+1181	+1012	+747,9	+1359,1	+1256,3	+1539,1	+700,2	5795,3	+618,5	+1011,2	+357,4	+870,6	+613,2	+1159,1
4.	+482,8	+507	7224,4	+664,4	+363,2	+424,1	+805,9	+589,2	+678,2	+172,5	+747,7	+779,6	+144,9	+306,7
5.	+1250,7	+1685,1	6505,6	+650,1	+539,1	+950,3	+584,7	+1018,2	+1341,7	+176,2	+210,7	+1032,2	+402,8	+150,4
6.	+377,1	+1221	+568,6	+501,6	+210,8	+1292,7	7205,6	+1184,6	+652,2	+498,4	+263,7	+1618,8	+1268,9	+418,3
7.	+1206,9	+283,7	+258,8	+624,3	+705,7	+369,2	+309,1	+565,6	+785,9	+172,1	+197,2	+40,4	+372,6	7397,5
8.	+130,3	+417,4	+214,8	+28,5	8109,3	+328,4	+192,9	+1328,9	+732,4	+187,2	+671,8	+323,1	+622,8	+469,4
9.	+221,1	+752,1	+659,7	+422,6	+2664,7	+713	+907,5	+65,8	9686,1	+563,9	+1334,7	+715,1	+2334,1	+664
10.	+286,9	+846,3	+105,8	+502,2	+428	+328,1	8774,1	+159,6	+218	+79	+299,5	+1001,3	+375,7	+354,3

Tablica 10. Varijacija podataka ukupnog potrošenog goriva

BROJ VJEŽBE	UKUPNO POTROŠENO GORIVO (kg)			
	MINIMALNA	MAKSIMALNA	PROSJEČNA	STANDARDNA DEVIJACIJA
1.	2190,40	2834,56	2555,70	160,96
2.	4684,10	6096,20	5493,81	390,02
3.	5795,30	7334,40	6682,84	400,43
4.	7224,40	8030,30	7700,56	244,57
5.	6505,60	8190,70	7219,33	492,29
6.	7205,60	8824,40	7925,36	479,79
7.	7397,50	8604,40	7818,32	315,20
8.	8109,30	9438,20	8512,72	338,70
9.	9686,10	12350,80	10544,55	748,70
10.	8774,10	9775,40	9130,15	269,42

#### 5.4. Broj skretanja

Odlazni zrakoplovi su u terminalnom zračnom prostoru najčešće radarski vektorirani nakon javljanja zbog dolaznog prometa. Nakon nadvisivanja konfliktnog prometa poslani su na odlazne točke. Kada bi zrakoplovi bili odmah poslani na izlazne točke, to bi značilo kraće trajanje leta i manju prijedenu udaljenost zbog čega je poželjniji manji broj skretanja. Dolazni zrakoplovi vođeni su do prilaza za slijetanje radarskim vektoriranjem. Ukoliko bi zrakoplovi dobili nove instrukcije za skretanje, to znači da su vektorirani zbog redoslijeda za slijetanje ili zbog popravljivanja pravca leta. Manji broj skretanja znači preciznije vođenje zrakoplova što doprinosi smanjenju prijedene

udaljenosti i trajanju leta. Broj skretanja u vježbi je broj instrukcija za skretanje koje su studenti izdavali za sve zrakoplove tijekom vježbe. Podatci su se dobili preslušavanjem audio snimki i bilježenjem broja instrukcija. Broj instrukcija za skretanje za sve zrakoplove u jednoj vježbi prikazan je u tablici 11. Tablica 12 prikazuje varijaciju podataka za ukupni broj instrukcija za skretanje. Prosječni broj instrukcija očekivano se povećava tijekom vježbi jer se kontrolira veći broj zrakoplova. Zadnja vježba ima prosječan broj instrukcija kao i početne vježbe što znači da su se studenti bili precizniji u vođenju zrakoplova zračnim prostorom.

Tablica 11. Ukupan broj instrukcija za skretanje

UKUPAN BROJ INSTRUKCIJA ZA SKRETANJE														
BROJ VJEŽBE	STUDENT BR.													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.	14	+2	+6	+5	+4	+8	+4	+5	+3	+6	+2	+5	+11	+4
2.	+3	+4	22	+2	+3	+6	+3	+1	+5	+10	+8	+10	+9	+4
3.	+5	+9	+2	+1	+3	26	+2	+1	+1	+0	+0	+4	+6	+9
4.	+2	+6	+1	+12	+4	+3	+8	+5	+6	+3	+2	+2	+3	26
5.	+2	+7	+2	+1	+7	+4	+7	+7	+3	+4	+6	+10	26	+13
6.	+6	+8	+4	26	+4	+5	+3	+7	+6	+3	+8	+12	+14	+3
7.	+4	+3	+5	+2	+6	+1	+8	+6	+4	30	+7	+2	+4	+1
8.	+3	35	+2	+2	+4	+2	+11	+7	+4	+4	+1	+5	+5	+10
9.	+6	+7	+2	+6	+8	+0	+11	+3	+5	+5	34	+7	+13	+2
10.	+5	+4	+3	+1	+3	+1	+4	27	+3	+4	+3	+5	+1	+4

Tablica 12. Varijacija podataka ukupnog broja instrukcija za skretanje

BROJ VJEŽBE	UKUPAN BROJ INSTRUKCIJA ZA SKRETANJE			
	MINIMALNI	MAKSIMALNI	PROSJEČNI	STANDARDNA DEVIJACIJA
1.	14,00	25,00	18,64	2,61
2.	22,00	32,00	26,86	3,16
3.	26,00	35,00	29,07	3,01
4.	26,00	38,00	30,07	3,03
5.	26,00	39,00	31,21	3,49
6.	26,00	40,00	31,93	3,59
7.	30,00	38,00	33,79	2,34
8.	35,00	46,00	39,29	3,08
9.	34,00	47,00	39,36	3,68
10.	27,00	32,00	29,93	1,53

## 5.5. Stepeničasti prilaz

SESAR-ova rješenja za vertikalnu efikasnost leta usmjerena su prema operacijama kontinuiranog spuštanja (engl. *Continouos Descend Operations-CDO*). Kontinuirano spuštanje zrakoplov započinje u blizini aerodroma. Tako se omogućava dulji let na većim visinama te korištenje potiska na *idle* tijekom spuštanja. Rezultat je smanjena potrošnja goriva. Ispod visine od 7000 stopa, osim potrošnje goriva, smanjuje se i buka. Stoga se kontinuirano spuštanje u prilazu (engl. *Continuous Descent Approach-CDA*) ubraja u procedure smanjenja buke. Istraživanje provedeno na zrakoplovima flote A320 i ATR-a, ukazuje na smanjenje potrošnje goriva u prilazu u iznosu 50-150 kg, ovisno na kojoj visini započinje primjena procedure. Konvencionalni stepeničasti prilaz duže vremena zadržava zrakoplove u horizontalnom letu na nižim visinama što povećava potrošnju goriva i utječe na buku [9,12]. U simuliranim vježbama, većina zrakoplova bila je vođena stepeničastim prilazom. Takav način kontroliranja zračnog prometa prakticira se u fazi osnovnog osposobljavanja, da bi studenti mogli održavati vertikalnu separaciju, odnosno sigurnost prometa. Zrakoplovi su imali različite visinske profile leta što je rezultiralo i različitom potrošnjom goriva. Potrošnja goriva izračunata je za svaki dolazni zrakoplov te zbrojena na razini pojedine vježbe (tablica 13). Indikator stepeničastog prilaza pokazuje varijacije podataka u tablici 14. Vježbe koje su imale manji broj indikatora označavale su efikasnije letove, u pravilu s manjim brojem stepeničastih prilaza, što znači pozitivniji utjecaj na buku i smanjenje emisija.

Tablica 13. Vrijednosti indikatora stepeničastog prilaza

POTROŠENO GORIVO DOLAZNIH ZRAKOPLOVA (kg)														
BROJ VJEŽBE	STUDENT BR.													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.	+644,2	+478,1	+388,4	+358,4	2190,4	+322,9	+208,6	+115	+469,6	+540,3	+426	+404,7	+411,5	+346,6
2.	+507,9	+556,4	+989,6	+268,6	2535,3	+734,5	+1027,2	+1409	+1107,5	+756,1	+1305,2	+994,6	+865,6	+637,4
3.	+1123,6	+949,7	+649,2	+1451,9	+1190,4	+1514,9	+727	2718,1	+722,5	+969,6	+402,5	+1022,9	+710,3	+1096,9
4.	+502	+411,7	3515	+453,3	+281,8	+441,9	+669	+515,7	+634,9	+63,4	+548,4	+646,2	+21,9	+180,3
5.	+1251,7	+1626,2	3664,2	+608,5	+197,4	+894,8	+480,7	+1021,7	+1060,8	+138,1	+113,7	+983,7	+354,3	+140,1
6.	+243,7	+884,6	+612,9	+293,6	+43,7	+1299,7	3539,6	+1091	+621	+477,2	+55,7	+1265,1	+868,7	+258,8
7.	+1196,5	+547,2	+560,5	+731,8	+761,2	+646,6	+257,1	+850	+785,9	+491,1	+197,2	+300,5	+625,7	4216,3
8.	+30,3	+427,3	+406,8	+82,1	4048,1	+630	+211,1	+1248,3	+734,1	+118,8	+754,8	+293,2	+558,3	+516,4
9.	5415,1	+795,2	+444	+316,3	+2537,6	+644	+1011,4	+232,3	+262,6	+595,6	+1381,9	+515	+2693,5	+273,4
10.	+377,4	+946,3	+201,6	+625	+523	+419,7	5796,1	+247	+302,6	+208,7	+283,6	+1072,8	+495	+398,7

Tablica 14. Varijacija indikatora stepeničastog prilaza

BROJ VJEŽBE	POTROŠENO GORIVO DOLAZNIH ZRAKOPLOVA (kg)			
	MINIMALNA	MAKSIMALNA	PROSJEČNA	STANDARDNA DEVIJACIJA
1.	2190,40	2834,56	2555,70	160,96
2.	2535,30	3944,30	3332,41	373,21
3.	2718,10	4233,00	3613,20	386,90
4.	3515,00	4184,00	3898,61	225,74
5.	3664,20	5290,40	4297,89	488,75
6.	3539,60	4839,30	4112,15	433,78
7.	4216,30	5412,80	4784,25	296,46
8.	4048,10	5296,40	4477,49	333,94
9.	5415,10	8108,60	6251,01	802,06
10.	5796,10	6868,90	6231,91	279,19

## 6. USPOREDBA REZULTATA

### 6.1. Ispitivanje povezanosti podataka

Studenti su tijekom odrađivanja vježbi bili ocjenjivani s obzirom na vrste pogrešaka koje su radili. Pogreške su uključivale: narušavanje separacijskih normi, nesigurna odobrenja, pogreške u vektoriranju i pogreške u radiotelefonskoj komunikaciji. Na rezultate studenata utjecali su broj i vrsta pogrešaka. Kada se napravila veća pogreška ili veći broj manjih pogrešaka bilo je potrebno prilagoditi prometnu situaciju. To uključuje davanje dodatnih instrukcija koje su mogle pridonijeti duljini i trajanju leta, broju skretanja te u konačnici potrošnji goriva. S obzirom na navedene činjenice, letovi uspješnijih studenata trebali bi imati bolje indikatore učinkovitosti odnosno niže vrijednosti indikatora. Pretpostavka je da će se pokazati umjerena do dobra negativna povezanost između ocjena uspješnosti studenata i indikatora učinkovitosti, odnosno da će kandidati koji su dobili veće ocjene uspješnosti, imati manje vrijednosti indikatora. Negativna povezanost označava da se tijekom porasta vrijednosti jedne varijable, snižava vrijednost druge [13].

Povezanost podataka ispitivala se postupkom korelacije u programu RStudio. Korelacija je statistički postupak koji služi za računanje povezanosti dviju varijabli. Povezanost se iskazuje vrijednošću koeficijenta korelacije. On pokazuje koliko su promjene vrijednosti jedne varijable povezane s promjenama vrijednosti druge varijable. [13]. Korelacija se računala na razini seta podataka za jednu vježbu. Prije odabira modela za testiranje korelacije postavljena je nulta hipoteza o normalnoj distribuiranosti podataka. Ona se provjeravala *Shapiro-Wilk* testom. Ukoliko je vrijednost testa bila manja od 0,05 hipoteza bi se odbacila, a u suprotnom bi se normalna distribuiranost podataka potvrdila za razinu značajnosti od 5% [14]. Za potonje vrijednosti podataka koristio se *Pearsonov* test korelacije, a u ostalim slučajevima *Spearmanov*. *Pearsonov* test izvodi se koristeći formulu za koeficijent korelacije  $r$ :

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}} \quad (1.17.)$$

gdje su:

- $r_{xy}$  – *Pearsonov* koeficijent korelacije između  $x$  i  $y$
- $n$  – broj obzervacija
- $x_i$  – vrijednost  $x$  ( za obzervacije)
- $y_i$  – vrijednost  $y$  (za obzervacije).

*Spearmanov* test provodi se pomoću formule:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (1.18.)$$

gdje su:

- $\rho$  – Spearmanov koeficijent korelacije
- $d_i$  – razlika u redovima odgovarajućih varijabli
- $n$  – broj obzevracija [15].

U prilogu 5 nalazi se kod koji se koristio u RStudio programu za dobivanje svih koeficijenata korelacije. Koeficijenti su se tumačili prema tablici 15.

Tablica 15. Odnos između vrijednosti koeficijenata i povezanosti

VRIJEDNOST KOEFICIJENTA	POVEZANOST
0 do $\pm 0,25$	nema
$\pm 0,25$ do $\pm 0,50$	slaba
$\pm 0,50$ do $\pm 0,75$	umjerena do dobra
$\pm 0,75$ do $\pm 0,1$	vrlo dobra do izvrsna

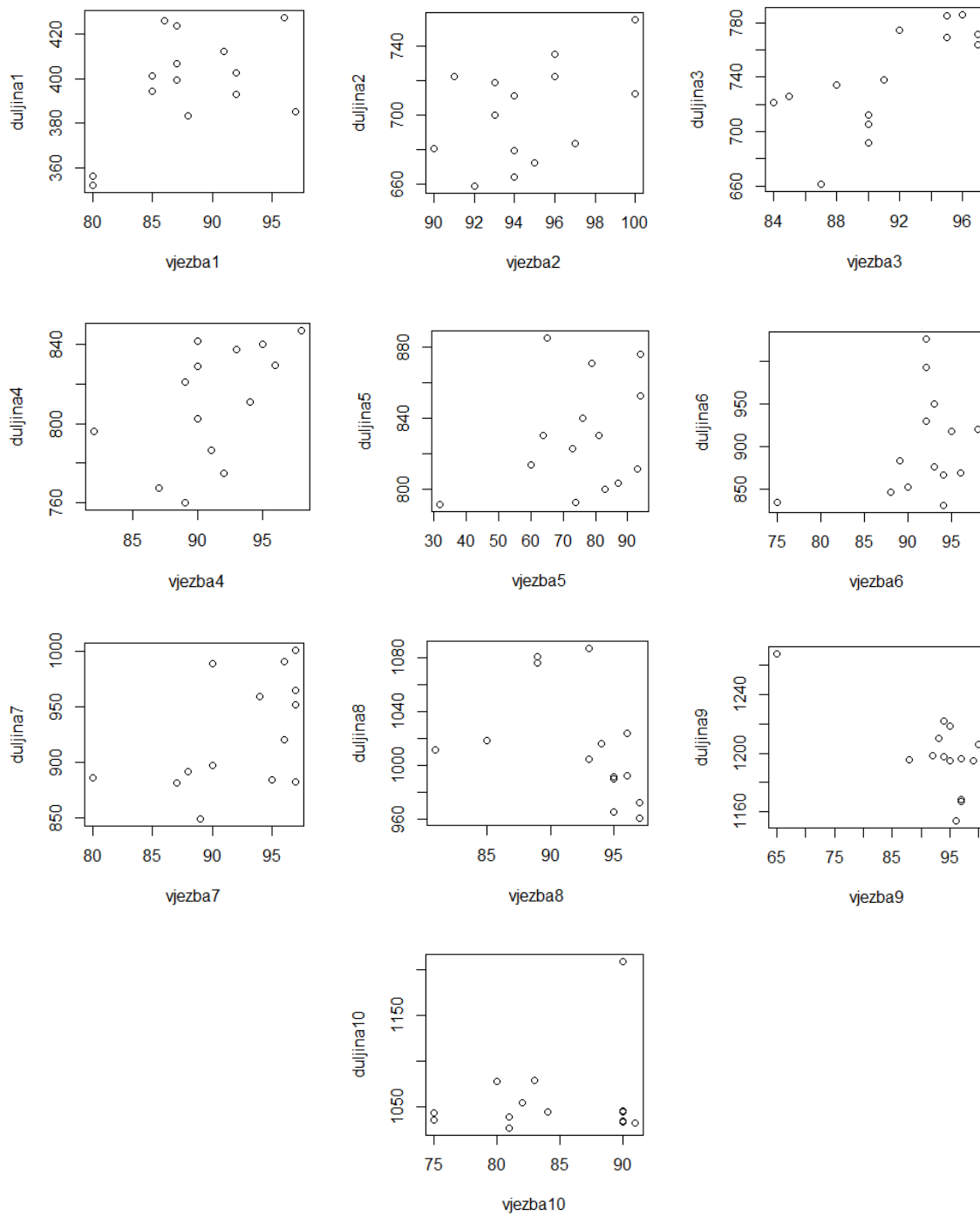
Izvor: [13]

## 6.2. Rezultati korelacije

### 6.2.1. Ocjena uspješnosti i duljina leta

Povezanost između ocjena uspješnosti i indikatora duljine leta grafički je prikazana (grafovi 4-13). Na apscisi se nalaze podatci o uspješnosti studenata označeni s imenom vježba1-10, a na ordinati podatci o duljini leta za svaku vježbu. U tablici 16 nalaze se vrijednosti koeficijenata korelacije. One većinom pokazuju pozitivnu korelaciju koja je slaba i umjerena do dobra. Dva koeficijenta ukazuju da nema korelacije, a dva na negativnu korelaciju. Pozitivna korelacija pokazuje da se povećavanjem uspješnosti studenta povećavala i duljina leta zrakoplova. Koeficijenti su pokazali rezultate koji se razlikuju od pretpostavke.





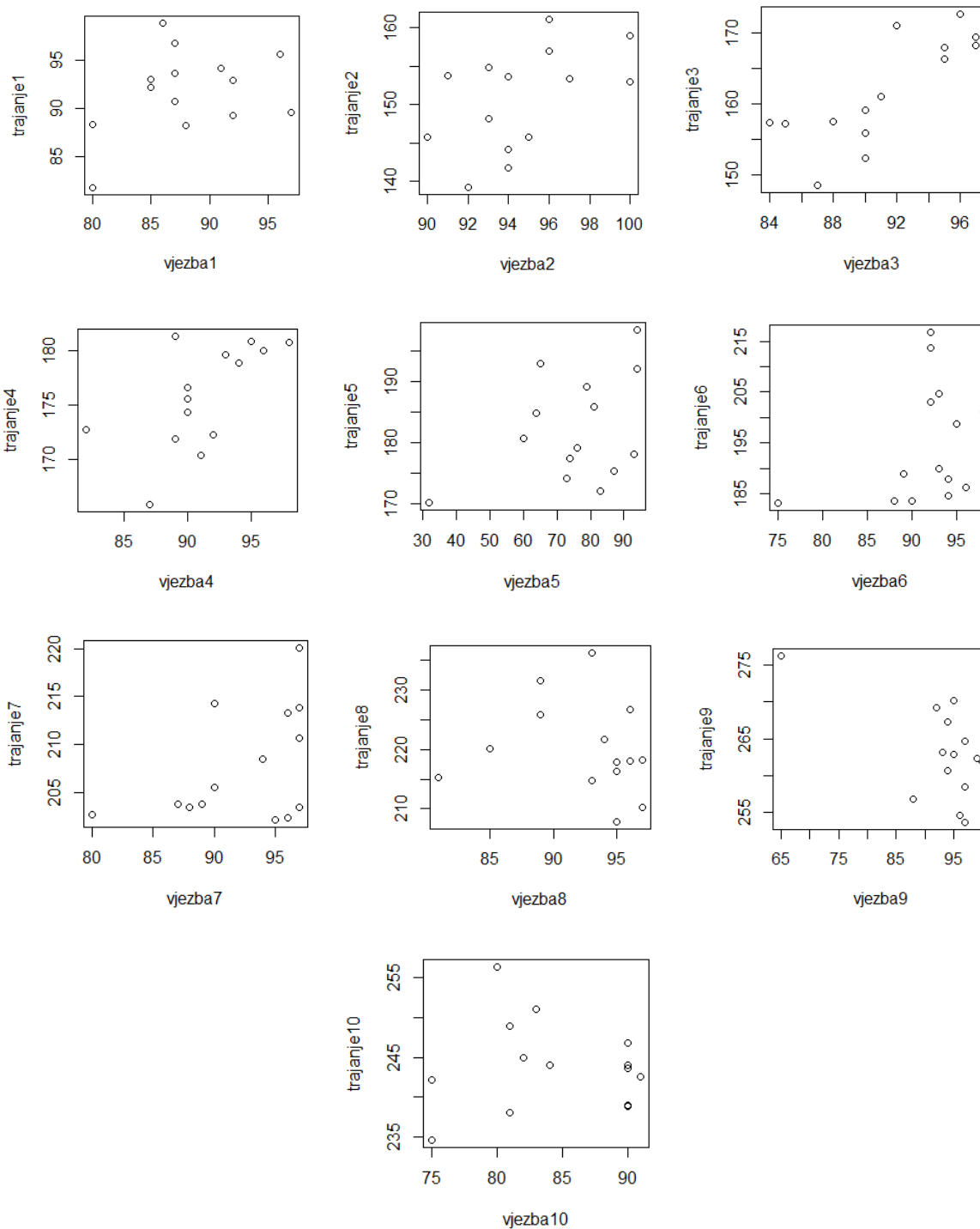
Grafovi 4-13. Grafički prikaz povezanosti ocjena uspješnosti studenata i indikatora duljine leta

Tablica 16. Korelacija ocjena uspješnosti studenata i duljine leta

KORELACIJA OCJENA USPJEŠNOSTI STUDENATA I DULJINE LETA		
BR. VJEŽBE	KOEFICIJENT KORELACIJE	POVEZANOST
1	0,51	umjerena do dobra
2	0,46	slaba
3	0,73	umjerena do dobra
4	0,54	umjerena do dobra
5	0,29	slaba
6	0,17	nema
7	0,50	umjerena do dobra
8	-0,64	neg. umjerena do dobra
9	-0,48	negativna slaba
10	-0,07	nema

### 6.2.2. Ocjena uspješnosti i trajanje leta

Na grafovima 14-23 prikazana je povezanost varijable ocjena uspješnosti i indikatora trajanja leta. Na apscisi se nalaze podatci o uspješnosti studenata, a na ordinati podatci o trajanju leta za svaku vježbu. U tablici 17 nalaze se koeficijenti korelacije za ocjenu uspješnosti i trajanje leta. Većina koeficijenata upućuje na slabu povezanost od koje su dva koeficijenta negativna. Pozitivna povezanost ukazuje na povećanje trajanja leta s povećanjem ocjene uspješnosti studenata stoga početna pretpostavka za ovaj indikator nije točna. Negativna povezanost za osmu i devetu vježbu je slaba te znači povećanje trajanja leta sa smanjenjem ocjena uspješnosti.



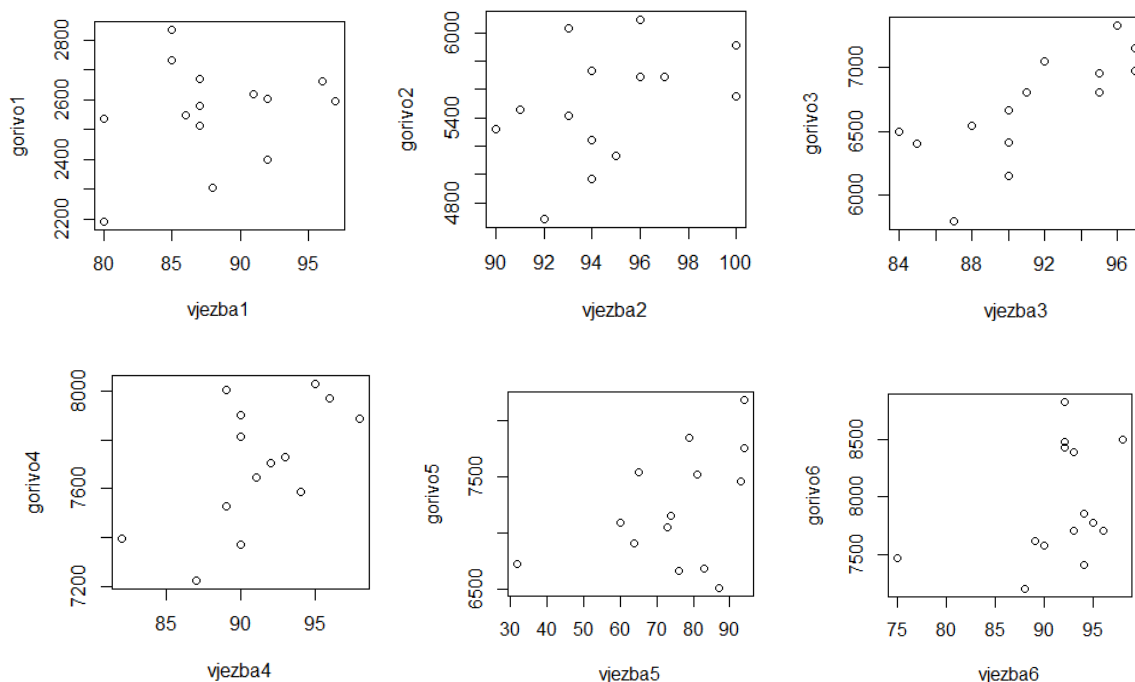
Grafovi 14-23. Grafički prikaz povezanosti ocjena uspješnosti studenata i indikatora trajanja leta

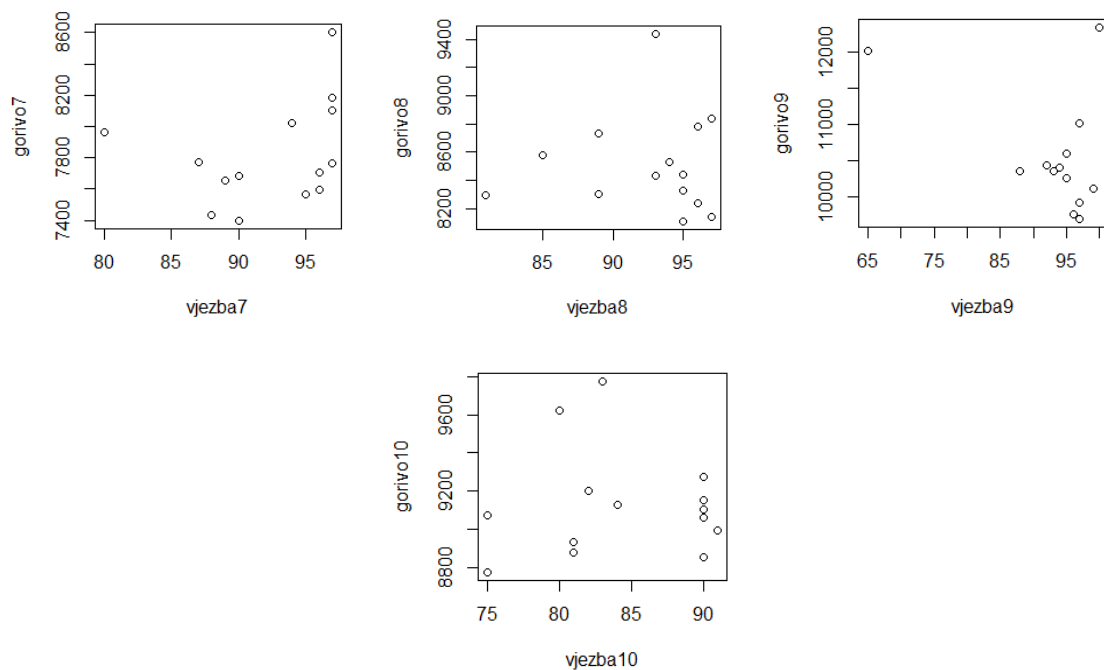
Tablica 17. Korelacija ocjena uspješnosti studenata i trajanje leta

KORELACIJA OCJENA USPJEŠNOSTI STUDENATA I TRAJANJA LETA		
BR. VJEŽBE	KOEFICIJENT KORELACIJE	POVEZANOST
1	0,33	slaba
2	0,51	umjerena do dobra
3	0,79	vrlo dobra do izvrsna
4	0,62	umjerena do dobra
5	0,39	slaba
6	0,29	slaba
7	0,38	slaba
8	-0,25	negativna slaba
9	-0,41	negativna slaba
10	-0,01	nema

### 6.2.3. Ocjena uspješnosti i potrošnja goriva

Povezanost između ocjena uspješnosti i indikatora potrošnje goriva grafički je prikazana (grafovi 24-33). Na apscisi se nalaze podatci o uspješnosti studenata označeni s imenom vježba1-10, a na ordinati podatci o potrošnji goriva za svaku vježbu. Koeficijenti korelacije između uspješnosti studenata i potrošnje goriva napisani su u tablici 18. Oni pokazuju da je korelacija većinom slaba ili da je nema. Pozitivni predznaci koeficijenata ukazuju na povećanje potrošnje goriva s povećanjem ocjena uspješnosti studenata.





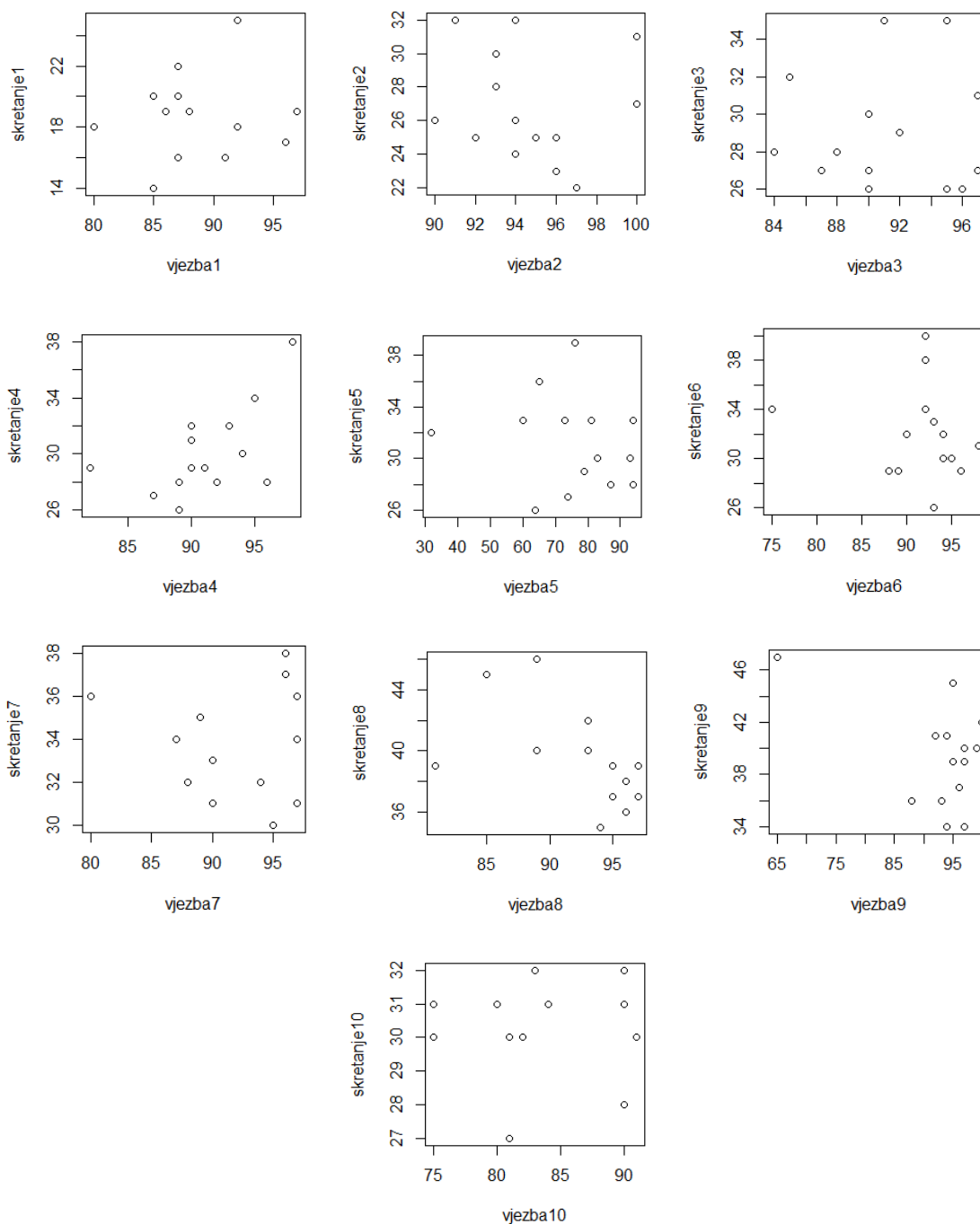
Grafovi 24-33. Grafički prikaz povezanosti ocjena uspješnosti studenata i indikatora potrošnje goriva

Tablica 18. Korelacija ocjena uspješnosti studenata i potrošnje goriva

KORELACIJA OCJENA USPJEŠNOSTI STUDENATA I POTROŠNJE GORIVA		
BR.VJEŽBE	KOEFICIJENT KORELACIJE	POVEZANOST
1	0,23	nema
2	0,42	slaba
3	0,75	vrlo dobra do izvrsna
4	0,61	umjerena do dobra
5	0,43	slaba
6	0,38	slaba
7	0,44	slaba
8	-0,08	nema
9	-0,23	nema
10	0,09	nema

## 6.2.4. Ocjena uspješnosti i broj skretanja

Na grafovima 34-43 prikazana je povezanost varijable ocjena uspješnosti i indikatora broja skretanja. Na apscisi se nalaze podatci o uspješnosti studenata, a na ordinati podatci o broju skretanja za svaku vježbu. U tablici 19 nalaze se koeficijenti korelacije istih varijabli. Na osnovi većine rezultata koeficijenata ne postoji povezanost između ocjena uspješnosti i indikatora broja skretanja. To znači da pretpostavka nije točna ni za ovaj indikator.



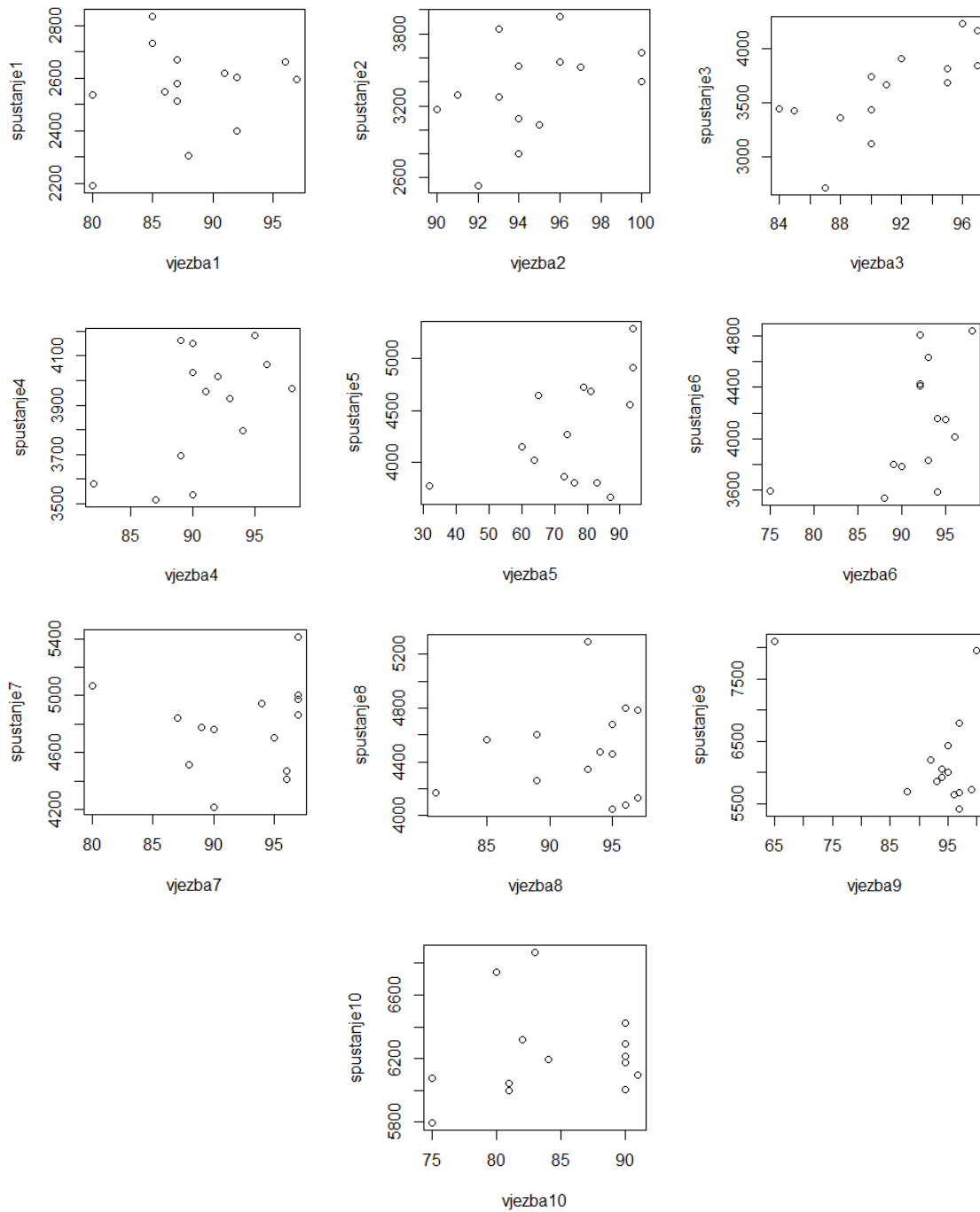
Grafovi 34-43. Grafički prikaz povezanosti ocjena uspješnosti studenata i indikatora broja skretanja

Tablica 19. Korelacija uspješnosti studenata i broja skretanja

KORELACIJA OCJENA USPJEŠNOSTI STUDENATA I BROJA SKRETANJA		
BR. VJEŽBE	KOEFICIJENT KORELACIJE	POVEZANOST
1	0,12	nema
2	-0,12	nema
3	-0,08	nema
4	0,57	umjerena do dobra
5	-0,18	nema
6	-0,23	nema
7	0,05	nema
8	-0,62	neg. umjerena do dobra
9	-0,02	nema
10	-0,13	nema

### 6.2.5. Ocjena uspješnosti i stepeničasti prilaz

Povezanost između ocjena uspješnosti i indikatora stepeničastog prilaza grafički je prikazana (graf 44-53). Na apscisi se nalaze podatci o uspješnosti studenata označeni s imenom vježba1-10, a na ordinati podatci o indikatoru stepeničastog prilaza za svaku vježbu. Povezanost između varijabli prikazana je u tablici 20. Većina koeficijenata ukazuje da je korelacija između ocjena uspješnosti i indikatora stepeničastog prilaza slaba ili da je nema. Slaba korelacija ujedno je i pozitivna te se s povećanjem ocjene uspješnosti studenata povećavao i indikator stepeničastog prilaza odnosno potrošnja goriva dolaznih zrakoplova.



Grafovi 44-53. Grafički prikaz povezanosti ocjena uspješnosti studenata i indikatora stepeničastog prilaza



Tablica 20. Korelacija ocjena uspješnosti studenata i stepeničastog prilaza

<b>KORELACIJA OCJENA USPJEŠNOSTI STUDENATA I STEPENIČASTOG PRILAZA</b>		
<b>BR. VJEŽBE</b>	<b>KOEFICIJENT KORELACIJE</b>	<b>POVEZANOST</b>
1	0,23	nema
2	0,41	slaba
3	0,41	slaba
4	0,54	umjerena do dobra
5	0,48	slaba
6	0,46	slaba
7	0,23	nema
8	0	nema
9	-0,18	nema
10	0,23	nema

Iz prikazanih rezultata korelacije možemo zaključiti da pretpostavka o umjerenj do dobroj negativnoj povezanosti između ocjena uspješnosti studenata i indikatora učinkovitosti nije potvrđena. Iako se pretpostavka pokazala krivom za sagledavanje vježbi u cjelini, osma i deveta vježba pokazuju kontinuiranosti u negativnoj korelaciji za indikatore duljine i trajanja leta te za broj skretanja u osmoj vježbi. Vrijednosti korelacije podataka ocjena uspješnosti i indikatora učinkovitosti simuliranog leta zrakoplova u većoj mjeri ukazuju na pozitivnu slabu povezanost ili da povezanosti između varijabli uopće nema. Može se zaključiti da kriteriji ocjenjivanja prema kojima je dobivena ocjena uspješnosti ne rade u svrhu poboljšanja indikatora učinkovitosti leta. Postavlja se pitanje treba li kriterije ocjenjivanja mijenjati kako bi se poboljšali rezultati indikatora učinkovitosti koji se ubrajaju u ciljeve SESAR-a ili ih ostaviti nepromijenjene jer je fokus u fazi osnovnog osposobljavanja prema trenutnim zahtjevima u osnovnom osposobljavanju stavljen na sigurnost.

## 7. ZAKLJUČAK

Studenti kontrolori zračnog prometa sudjelovali su u projektu „ATCOSIMA“ gdje su odradili 10 vježbi prilazne kontrole s različitim razinama kompleksnosti. Tijekom izvođenja vježbi ocjenjivali su ih instruktori prilazne kontrole Fakulteta prometnih znanosti. Kriteriji za ocjenjivanje uspješnosti studenata temelje se na utjecaju na sigurnost zračnog prometa. Ocjena uspješnosti studenata dobivala se oduzimanjem postotka napravljene pogreške od ukupnog postotka od 100%.

S obzirom na ciljeve SESAR-a za razvoj ATM-a u Europi, definirani su indikatori učinkovitosti za terminalni zračni prostor. Duljina i trajanje leta, potrošnja goriva, broj skretanja i stepeničasti prilaz simuliranih zrakoplova promatrani su za svaku vježbu. Podatci za računanje vrijednosti indikatora skupljeni su iz BEST simulatora koji se koristio za izvođenje vježbi. Podatci su izračunati i zapisani u tablicama kako bi se prepoznao trend promijene vrijednosti podataka te kako bi se lakše koristili u procesima ispitivanja povezanosti.

Korelacija je postupak koji se koristio kako bi se ispitala povezanost između ocjena uspješnosti studenata kontrolora zračnog prometa i indikatora učinkovitosti simuliranog leta zrakoplova. Vrijednosti koeficijenta korelacije pokazali su da je povezanost ocjena uspješnosti i duljine leta pozitivno slaba i umjerena do dobra, a s trajanjem leta pozitivno slaba. Povezanost između indikatora potrošnje goriva i stepeničastog prilaza s ocjenama uspješnosti je pozitivno slaba ili je nema. Indikator broja skretanja nema povezanost s ocjenama uspješnosti. Većina vrijednosti koeficijenta korelacije ukazuje da nema povezanosti između varijabli uspješnosti i indikatora ili da je povezanost slaba.

## Literatura

- [1] Cetek C, Juričić B, Feuerle T, Radišić T. Development of Common ATC Simulation Training Assessment Criteria Based on Future Pan European Single-Sky Targets (ATCOSIMA): A Project Overview // *Proceedings of the International Scientific Conference "Science and Traffic Development" (ZIRP 2019)*
- [2] SESAR Joint Undertaking. Preuzeto sa : <https://www.sesarju.eu/background-ses> (Pristupljeno srpanj 2019.).
- [3] Guidance for Developing ATCO Basic Training Plan. EUROCONTROL. 2010. Preuzeto sa:  
<https://trainingzone.eurocontrol.int/ilp/pages/mediacontent.jsf?catalogId=765155&mediald=5188986> [Pristupljeno: srpanj 2019.]
- [4] Commission Regulation (EU) 2015/340. Preuzeto sa:  
<https://www.easa.europa.eu/document-library/regulations/commission-regulation-eu-2015340> [Pristupljeno: srpanj 2019.]
- [5] Basic Radar Simulation Training Manual. Fakultet prometnih znanosti. HUSK, Zagreb, 2016.
- [6] Aybek Cetek F, Antulov-Fantulin B, Frost P, Donmez K, Kaplan Z, Rogošić T. Project ATCOSIMA: Preliminary results and analysis of real-time ATC and flight cockpit simulations. *Proceedings of the International Scientific Conference "Science and Traffic Development" (ZIRP 2019)*
- [7] Uredba Komisije (EU) 2015/340. Preuzeto sa:  
<https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2015/340/oj?locale=hr> [Pristupljeno: srpanj 2019.]
- [8] European ATM Master Plan. Preuzeto sa: <https://www.sesarju.eu/masterplan> [Pristupljeno: kolovoz 2019.]
- [9] Novak D, Bucak T, Radišić T. Development, design and flight test evaluation of continuous descent approach procedure in FIR Zagreb.2009
- [10] BADA User Manual. Preuzeto sa:  
[https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/library/007\\_BADA\\_User\\_Manual.pdf](https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/library/007_BADA_User_Manual.pdf) [Pristupljeno: srpanj 2019.]
- [11] Zbirka zadataka Teorija leta I. Preuzeto sa:  
[https://bib.irb.hr/datoteka/567204.ZBIRKA\\_ZADATAKA\\_Teorija\\_leta\\_I.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/567204.ZBIRKA_ZADATAKA_Teorija_leta_I.pdf) [Pristupljeno: kolovoz 2019.]
- [12] Performance Review Report 2017. Preuzeto sa:  
<https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/prr-2017.pdf> [Pristupljeno: kolovoz 2019]

[13] Udovičić M, Baždarić K, Bilić-Zulle L, Petrovečki M. Što treba znati kada izračunavamo koeficijent korelacije?. Biochemia Medica [Internet]. 2007 [pristupljeno 07.09.2019.];17(1):10-15. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/12855>

[14] [http://www.statistics4u.info/fundstat\\_eng/ee\\_shapiro\\_wilk\\_test.html](http://www.statistics4u.info/fundstat_eng/ee_shapiro_wilk_test.html)  
[Pristupljeno: rujan 2019]

[15] <https://www.statisticssolutions.com/correlation-pearson-kendall-spearman/>  
[Pristupljeno: rujan 2019]

## Popis kratica

ATC/ATCO	(Air Traffic Controller/Air Traffic Control Officer) kontrolor zračnog prometa
ATM	(Air Traffic Management) upravljanje zračnim prometom
CDA	(Continuous Descent Approach) kontinuirano spuštanje u prilazu
CDO	(Continouos Descend Operations) operacije kontinuiranog spuštanja
ESTU	(Eskişehir Teknik Üniversitesi) Tehničko sveučilište Eskisehir
FL	(Flight Level) razina leta
HACZ	Hrvatska agencije za civilno zrakoplovstvo
IFR	(Instrument Flight Rules) let po instrumentalnim pravilima
ILS	(Instrument Landing System) sustav za instrumentalno slijetanje
ISA	(International Standard Atmosphere) internacionalna standardna atmosfera
LLZ	(localizer) odašiljač pravca slijetanja
MRVA	(Minimum Radar Vectoring Altitude) minimalna apsolutna visina radarskog vektoriranja
OPF	(Operation Performance File) dokument operacijskih performansi
SES	(Single European Sky) Jedinствeno Europsko nebo
SESAR JU	(SES ATM Reasarch Joint Undertaking) Zajednički pothvat istraživanja upravljanja zračnim prostorom u Jedinstvenom europskom nebu
SL	(Sea Level) razina mora
TUBS	(Technische Universitat Braunschweig) Tehničko veleučilište Braunschweig
USS	uzletno-sletna staza
VFR	(Visual Flight Rules) let po vizualnim pravilima
ZFOT	(Faculty of Transport and Traffic Sciences, University of Zagreb) Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu

## Popis slika

Slika 1. Radna pozicija studenta kontrolora zračnog prometa.....	4
Slika 2. Radna pozicija pseudo-pilota .....	4
Slika 3. Radna pozicija studenta kontrolora zračnog prometa za projekt "ATCOSIMA" .....	5
Slika 4. OBS Studio 21.0. 1 i Mousotron na kontrolorskom ekranu.....	6
Slika 5. Prva strana obrasca za ocjenjivanje.....	9
Slika 6. Druga strana obrasca za ocjenjivanje.....	10
Slika 7. Zračni prostor na ekranu BEST simulatora .....	11
Slika 8. Slika zračnog prostora s frekvencijama .....	13
Slika 9. Primjer rasporeda stripova.....	14
Slika 10. Ciljevi SESAR-a .....	19

## Popis tablica

Tablica 1. Detalji o vježbama.....	15
Tablica 2. Uspješnost studenata po vježbama.....	16
Tablica 3. Ukupna duljina leta .....	20
Tablica 4. Varijacija podataka za duljinu leta .....	20
Tablica 5. Ukupno trajanje leta .....	21
Tablica 6. Varijacija podataka za trajanje leta.....	22
Tablica 7. Primjer podataka za dolazni zrakoplov.....	23
Tablica 8. Primjer podataka o odlaznom zrakoplovu.....	28
Tablica 9. Ukupno potrošeno gorivo.....	29
Tablica 10. Varijacija podataka ukupnog potrošenog goriva .....	29
Tablica 11. Ukupan broj instrukcija za skretanje.....	30
Tablica 12. Varijacija podataka ukupnog broja instrukcija za skretanje .....	30
Tablica 13. Vrijednosti indikatora stepeničastog prilaza .....	32
Tablica 14. Varijacija indikatora stepeničastog prilaza.....	32
Tablica 15. Odnos između vrijednosti koeficijenta i povezanosti .....	34
Tablica 16. Korelacija ocjena uspješnosti studenata i duljine leta .....	36
Tablica 17. Korelacija ocjena uspješnosti studenata i trajanje leta .....	38
Tablica 18. Korelacija ocjena uspješnosti studenata i potrošnje goriva .....	39
Tablica 19. Korelacija uspješnosti studenata i broja skretanja .....	41
Tablica 20. Korelacija ocjena uspješnosti studenata i stepeničastog prilaza.....	43

## Popis grafikona

Grafikon 1. Promjena uspješnosti studenata po vježbama .....	16
Grafikon 2. Ukupni broj pogrešaka svih studenata raspodijeljen po kategorijama .....	17
Grafikon 3. Kategorije pogrešaka prikazane u ovisnosti o broju vježbe i broju pogrešaka .....	18
Grafovi 4-13. Grafički prikaz povezanosti ocjena uspješnosti studenata i indikatora duljine leta.....	35
Grafovi 14-23. Grafički prikaz povezanosti ocjena uspješnosti studenata i indikatora trajanja leta .....	37
Grafovi 24-33. Grafički prikaz povezanosti ocjena uspješnosti studenata i indikatora potrošnje goriva .....	39
Grafovi 34-43. Grafički prikaz povezanosti ocjena uspješnosti studenata i indikatora broja skretanja.....	41
Grafovi 44-53. Grafički prikaz povezanosti ocjena uspješnosti studenata i indikatora stepeničastog prilaza .....	42



Projekt:

# ATCOSIMA

Priprema za simulatorske vježbe

• Feb 2018

• 1

## Zračni prostor: **TMA LANGEN (EDDF)**

- Klasa prostora: **C**
- Transition level: **5000 ft** (A050 / FL 60)
- RWY in use: **07 – 25** (aktivna 07)
- Separacija: **5 NM** (hor) / **1000 ft** (ver)
- QNH: **uvijek preko 1013**  
(nema narušavanja ALT/FL)

• Feb 2018

• 2

## Zračni prostor: TMA LANGEN (EDDF)

- Arrival points (dolazne točke) – FL 200+ :

**S, SZ**                    **COLAS (NIVNU), RASVO**

**SI, I, J**                    **KERAX (TIVNU), OLALI, SIRPO, XINLA**

- Departure points (odlazne točke) – ↑FL 200:

**S**                            **RASVO**

**I, J**                        **OLALI, SIRPO, XINLA**

• Feb 2018

• 3

## Zračni prostor: TMA LANGEN (EDDF)

ATCOSIMA						
Tablica 1	Broj aviona			Točke		
Broj vježbe	Dolazni	Odlazni	Ukupno	Ulazne	Izlazne	Trajanje vježbi (min)
EX1	5	0	5	TUN IV SIRPO COLAS RASVO XINLA	/	26
EX2	6	2	8	XINLA OLALI SIRPO TUNIV RASVO COLAS	XINLA RASVO	25
EX3	6	3	9	NIVNU OLALI XINLA COLAS SIRPO	OLALI RASVO XINLA	32
EX4	6	4	10	OLALI SIRPO KERAX COLAS XINLA	RASVO OLALI XINLA	32
EX5	7	3	10	KERAX XINLA SIRPO COLAS	RASVO XINLA	32
EX6	7	4	11	COLAS RASVO XINLA KERAX SIRPO	RASVO XINLA SIRPO	27
EX7	8	3	11	KERAX OLALI SIRPO XINLA COLAS RASVO	OLALI RASVO	27
EX8	8	4	12	XINLA OLALI SIRPO COLAS	XINLA RASVO SIRPO	27
EX9	9	3	12	RASVO COLAS KERAX OLALI SIRPO XINLA	RASVO XINLA	27
EXAM	9	4	13	RASVO COLAS OLALI SIRPO XINLA	RASVO XINLA	26
						Prosjek: 28,1
Tablica 2	HDG					
Ulazne točke	10NM	20NM				
RASVO	112	119				
COLAS	148	158				
KERAX	238	240				
OLALI	278	275				
SIRPO	284	280				
XINLA	320	311				

• Feb 2018

• 4

# TMA LANGEN - Karta



● Feb 2018

● 5

# TMA LANGEN - Vectoring



● Feb 2018

● 6

# TMA LANGEN - Vectoring



● Feb 2018

● 7

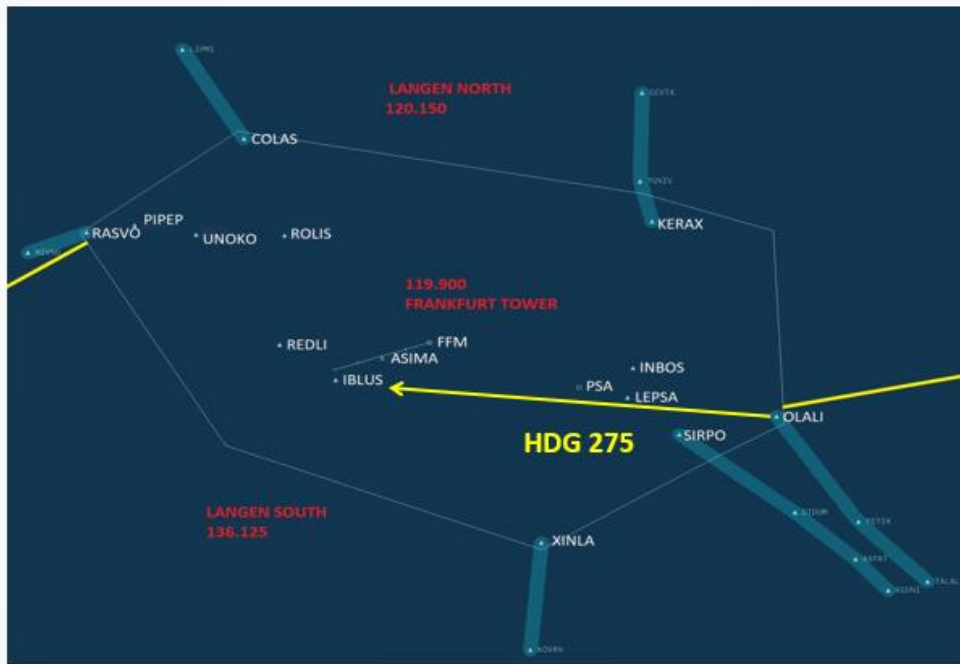
# TMA LANGEN - Vectoring



● Feb 2018

● 8

# TMA LANGEN - Vectoring



● Feb 2018

● 9

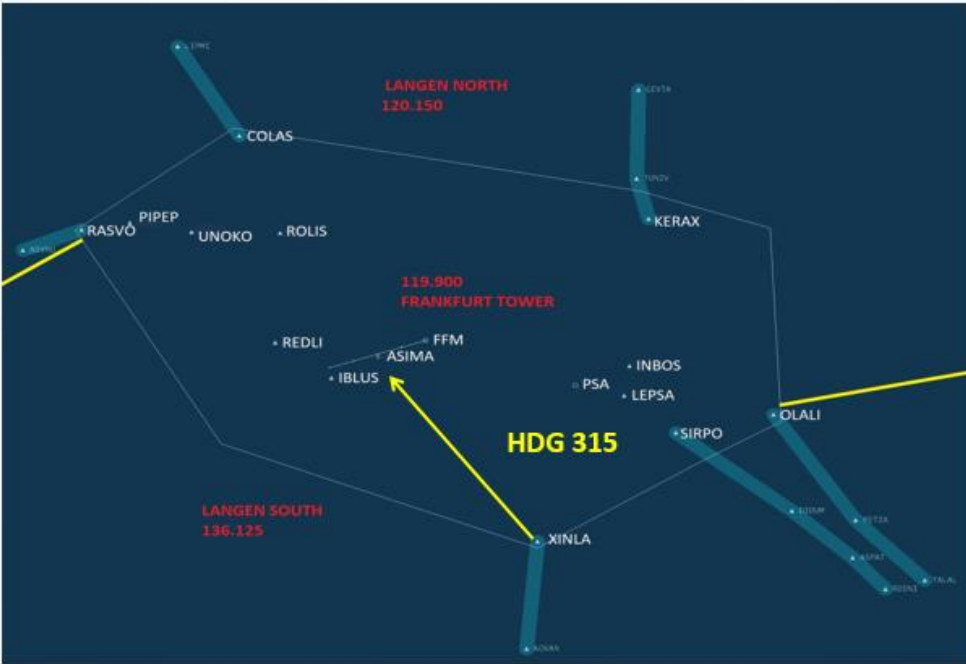
# TMA LANGEN - Vectoring



● Feb 2018

● 10

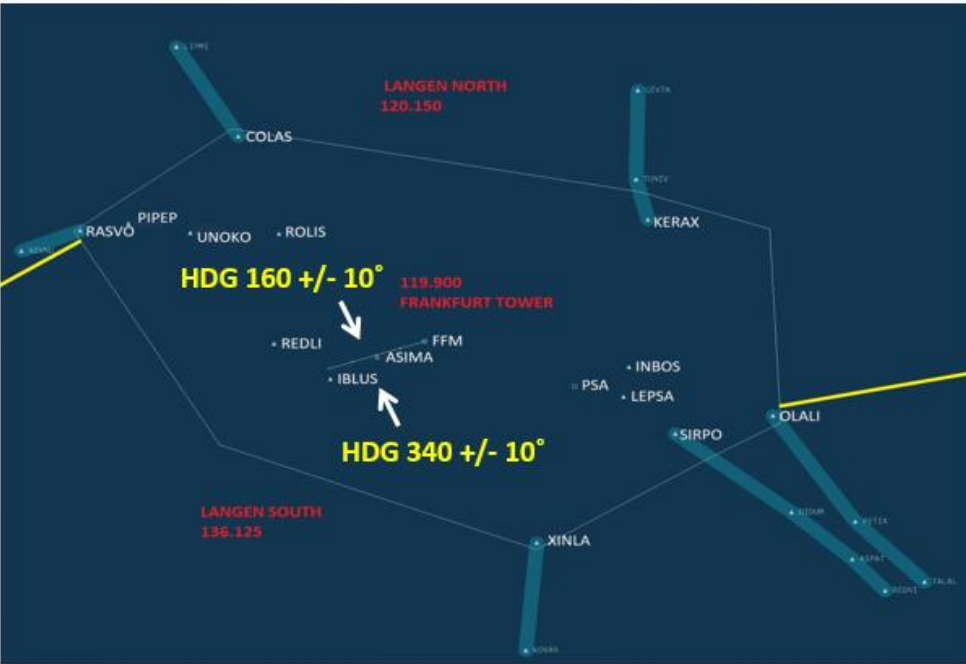
# TMA LANGEN - Vectoring



● Feb 2018

● 11

# TMA LANGEN – Vectoring: BASE turn



● Feb 2018

● 12

## TMA LANGEN – Vectoring: FINAL turn

- Final approach turn (sa sjevera):

**100 +/- 10°** (turn LEFT HDG 100 cleared for ...)

- Final approach turn (sa juga):

**040 +/- 10°** (turn RIGHT HDG 040 cleared ...)

• Feb 2018

• 13

## TMA LANGEN – Frekvencije

- FRANKFURT TOWER: **119,900**
- LANGEN North Sector: **120,150**
- LANGEN South Sector: **136,125**

**VAŽNO:** Nema telefonske koordinacije osim sa TWR za DEP zrakoplove

• Feb 2018

• 14

## RTF: Inbound clearance

P: "Langen Radar, C/S, inbound (point), FL 210";

C: "C/S, Langen Radar, identified, fly heading ..., descend to FL ..., vectoring for ILS approach RWY 07";

P: "Readback, C/S".

ili

P: "Langen Radar, C/S, inbound **RASVO**, FL 220";

C: "C/S, Langen Radar, identified, cleared direct to **ASIMA**, descend to FL ..., expect straight in ILS approach RWY 07";

P: "Readback, C/S".

• Feb 2018

• 15

## RTF: Vectoring

C: "C/S, turn RIGHT/LEFT heading ..., descend to FL/Altitude ... (QNH)";

P: "Readback, C/S".

ili ako je zrakoplov prvo dobio direktno prema točki bez vektora, tada:

C: "C/S, turn RIGHT/LEFT heading ..., descend to FL/Altitude ... (QNH), vectoring for... (reason for vectoring: for ILS, spacing, separation, track adjustment, sequencing, delay, avoiding, ...)

P: "Readback, C/S".

• Feb 2018

• 16



## RTF: Final approach

C: "C/S, turn LEFT heading 100, cleared for ILS approach RWY07, report ILS established"

P: "Readback, C/S", ili

- ako je zrakoplov blizu Localizer-a: heading 090

- ako je zrakoplov dalje od Localizer-a: heading 110

C: "C/S, turn RIGHT heading 040, cleared for ILS approach RWY07, report ILS established"

P: "Readback, C/S", ili

- ako je zrakoplov blizu Localizer-a: heading 050

- ako je zrakoplov dalje od Localizer-a: heading 030

## RTF: Departure

P: "Langen Radar, C/S, airborne, (climbing to 4000ft)";

C: "C/S, Langen Radar, identified, on RWY heading climb to FL ..."

P: "Readback, C/S".

ili

P: "Langen Radar, C/S, airborne";

C: "C/S, Langen Radar, identified, turn RIGHT/LEFT direct to (exit point), climb to FL ..."

P: "Readback, C/S".

## RTF: Speed control

C: "C/S, report (indicated) speed" - samo ako nije vidljivo prebrz

P: "C/S, speed 250 knots";

C: "C/S, reduce speed to 230 knots";

P: "Readback, C/S".

ili ako od zrakoplova želite da leti brzinom koju Vi odredite:

C: "C/S, speed 250 (240, 230, 220, 210, 200) knots";

P: "Readback, C/S".

Brzina u BASE turn-u: 180 kt

Brzina u FINAL-u: 150 +/-10 kt

## RTF: Speed control

C: "C/S, maintain present speed"

ako od zrakoplova želite brzinu kojom trenutno leti.

C: "C/S, report (indicated) speed";

P: "C/S, maintaining speed 240 knots";

C: "C/S, reduce speed to 220 knots";

P: "Readback, C/S"

zrakoplov usporavamo za maksimalno: **20 knots**

## Prilog 2

```

CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC A320 .OPF CCCCCCCCCCCCCC/
CC
CC          AIRCRAFT PERFORMANCE OPERATIONAL FILE
CC
CC
CC      File name: A320 .OPF
CC
CC      Creation date: Apr 30 2002
CC
CC      Modification date: May 14 2004
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)   CD0          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
CC===== Fuel Consumption =====
CC Thrust Specific Fuel Consumption Coefficients
CD   .94000E+00     .10000E+06
CC Descent Fuel Flow Coefficients
CD   .88900E+01     .81926E+05
CC Cruise Corr. unused unused unused unused
CD   .10600E+01     .00000E+00     .00000E+00     .00000E+00     .00000E+00
CC===== Ground =====
CC TOL LDL span length unused
CD   .21900E+04     .14400E+04     .34100E+02     .37570E+02     .00000E+00
CC=====
FI

```

### Prilog 3

1. METODA - 1. STUDENT										
	START	END	FLS	FLE	NM	SPEED	TURN	MINUTES	DIFFEREN	ROC/ROD
CTN459	05:35	12:50	220	80	34,7	301,5	/	7,25	14000	1931,034
	12:50	16:25	80	80	15,4	256		3,58	0	0,000
	16:25	18:35	80	50	8,3	240		2,17	3000	1384,615
	18:35	21:40	50	50	11,5	224		3,08	0	0,000
	21:40	22:30	50	40	3,1	222,5		0,83	1000	1200,000
	22:30	23:30	40	40	3,7	221		1,00	0	0,000
	23:30	24:20	40	30	3	219,5		0,83	1000	1200,000
	24:20	27:00	30	30	8,9	202,5		2,67	0	0,000
2. METODA - 1. STUDENT										
	START	END	FLS	FLE	NM	SPEED	TURN	MINUTES	DIFFEREN	ROC/ROD
CTN459	05:35	12:50	220	80	34,7	301,5	/	7,25	14000	1931,034
	12:50	16:25	80	80	15,4	256		3,58	0	0,000
	16:25	18:35	80	50	8,3	240		2,17	3000	1384,615
	18:35	21:25	50	50	11,5	224		2,83	0	0,000
	19:50	20:05	50	50		224	s	0,25	0	0,000
	21:40	22:30	50	40	3,1	222,5	/	0,83	1000	1200,000
	22:30	23:00	40	40	3,7	221		0,50	0	0,000
	22:30	23:00	40	40		221	s	0,50	0	0,000
	23:30	24:20	40	30	3	219,5	/	0,83	1000	1200,000
	24:20	26:30	30	30	8,9	202,5		2,17	0	0,000
	24:50	25:20	30	30		218		s	0,50	0

RAČUNANJE PROTOKA GORIVA ZA HORIZONTALNI LET												RAČUNANJE PROTOKA GORIVA ZA SPUŠTANJE												POTROŠNJA GORIVA	
MASA(kg)	GUSTOČA(kg/m <sup>3</sup> )	BRZINA(m/s)	C	C <sub>0</sub>	D=(lN)	kg/min*	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	max.dim	max.dim	Tdes.app	Tdes.app	Fnom.de	Fnom.de	Fmin,Idle	Fmin,Idle	Fnom.de	Fnom.de	Fnom,av	Fnom,av	Protok gor	POTROŠNJA GORIVA UKUPNO			
64000	0,609482379	155,10366	0,698289	0,042285	38006,22	0,942834	35,83356	80506,63	115,446,5	10465,86	15008,05	9,867571	14,1501	6,502724	8,0219	6,502724	8,0219	7,262312	8,0219	7,262312	52,65176	588,9801			
64000	0,962839085	131,69664	0,613108	0,038096	38998,37	0,942406	36,75232	115,446,5	115,446,5	15008,05	15008,05	14,14368	14,14368	8,0219	8,0219	8,0219	8,0219	8,0219	8,0219	8,0219	36,75232	131,6968			
64000	0,962839085	123,4656	0,697581	0,042248	38011,45	0,942256	35,81652	115,446,5	123,118,5	15008,05	16005,4	14,14142	15,08119	8,0219	8,347437	8,0219	15,08119	11,55154	11,55154	25,02834	53,36754	164,5499			
64000	1,05552553	115,23456	0,730476	0,06593	56647,09	0,942106	53,36754	123,118,5	123,118,5	16005,4	16005,4	15,07878	15,07878	8,347437	8,347437	15,07878	15,07878	15,23604	15,23604	12,6967	53,43236	53,43236			
64000	1,05552553	114,4629	0,740358	0,066484	56360,43	0,942092	53,09669	123,118,5	125,690,3	16005,4	16339,74	15,07855	15,39353	8,347437	8,45595	8,45595	15,3933	15,3933	15,23604	15,23604	12,6967	53,43236	53,43236		
64000	1,087888728	113,69124	0,728118	0,065799	56717,59	0,942077	53,43236	125,690,3	125,690,3	16339,74	16339,74	15,3933	15,3933	8,45595	8,45595	8,45595	15,3933	15,3933	15,3933	15,3933	53,43236	53,43236			
64000	1,087888728	113,69124	0,778841	0,068474	59023,81	0,942077	55,605	125,690,3	125,690,3	16339,74	16339,74	15,3933	15,3933	8,45595	8,45595	8,45595	15,3933	15,3933	15,3933	15,3933	55,605	27,8025			
64000	1,087888728	112,91958	0,738103	0,066357	56424,61	0,942063	53,15555	125,690,3	128,269,3	16675,01	16675,01	15,70625	15,70892	8,564462	8,564462	15,39307	15,70892	15,55099	15,55099	15,55099	50,98667	110,4711			
64001	1,121005644	104,1741	0,841627	0,072588	54131,52	0,941904	50,98667	128,269,3	128,269,3	1675,01	1675,01	15,70625	15,70625	8,564462	8,564462	15,70625	15,70625	15,70625	15,70625	15,70625	50,98667	110,4711			
64002	1,121005644	112,14792	0,772813	0,068355	59077,2	0,942049	55,63633	128,269,3	128,269,3	1675,01	1675,01	15,70868	15,70868	8,564462	8,564462	15,70868	15,70868	15,70868	15,70868	15,70868	55,63633	27,82681			
<b>RAČUNANJE PROTOKA GORIVA ZA HORIZONTALNI LET SA ZAKRETNOM</b>																						<b>POTROŠNJA GORIVA</b>			
MASA(kg)	GUSTOČA(kg/m <sup>3</sup> )	BRZINA(m/s)	C	C <sub>0</sub>	D=(lN)	kg/min*	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	max.dim	max.dim	Tdes.app	Tdes.app	Fnom.de	Fnom.de	Fmin,Idle	Fmin,Idle	Fnom.de	Fnom.de	Fnom,av	Fnom,av	Protok gor	POTROŠNJA GORIVA UKUPNO			
64000	0,609482379	155,10366	0,698289	0,042285	38006,22	0,942834	35,83356	80506,63	115,446,5	10465,86	15008,05	9,867571	14,1501	6,502724	8,0219	6,502724	8,0219	7,262312	8,0219	7,262312	52,65176	592,9432			
64000	0,962839085	131,69664	0,613108	0,038096	38998,37	0,942406	36,75232	115,446,5	115,446,5	15008,05	15008,05	14,14368	14,14368	8,0219	8,0219	8,0219	8,0219	8,0219	8,0219	8,0219	36,75232	131,6968			
64000	0,962839085	123,4656	0,697581	0,042248	38011,45	0,942256	35,81652	115,446,5	123,118,5	15008,05	16005,4	14,14142	15,08119	8,0219	8,347437	8,0219	15,08119	11,55154	11,55154	25,02834	53,36754	151,208			
64000	1,05552553	115,23456	0,730476	0,06593	56647,09	0,942106	53,36754	123,118,5	123,118,5	16005,4	16005,4	15,07878	15,07878	8,347437	8,347437	15,07878	15,07878	15,23604	15,23604	12,6967	53,36754	151,208			
64000	1,05552553	114,4629	0,740358	0,066484	56360,43	0,942092	53,09669	123,118,5	123,118,5	16005,4	16005,4	15,07855	15,39353	8,347437	8,45595	8,45595	15,3933	15,3933	15,23604	15,23604	12,6967	53,36754	151,208		
64000	1,087888728	113,69124	0,728118	0,065799	56717,59	0,942077	53,43236	125,690,3	125,690,3	16339,74	16339,74	15,3933	15,3933	8,45595	8,45595	8,45595	15,3933	15,3933	15,3933	15,3933	53,43236	53,43236			
64000	1,087888728	113,69124	0,778841	0,068474	59023,81	0,942077	55,605	125,690,3	125,690,3	16339,74	16339,74	15,3933	15,3933	8,45595	8,45595	8,45595	15,3933	15,3933	15,3933	15,3933	55,605	27,8025			
64000	1,087888728	112,91958	0,738103	0,066357	56424,61	0,942063	53,15555	125,690,3	128,269,3	16675,01	16675,01	15,70625	15,70892	8,564462	8,564462	15,39307	15,70892	15,55099	15,55099	15,55099	50,98667	110,4711			
64001	1,121005644	104,1741	0,841627	0,072588	54131,52	0,941904	50,98667	128,269,3	128,269,3	1675,01	1675,01	15,70625	15,70625	8,564462	8,564462	15,70625	15,70625	15,70625	15,70625	15,70625	50,98667	110,4711			
64002	1,121005644	112,14792	0,772813	0,068355	59077,2	0,942049	55,63633	128,269,3	128,269,3	1675,01	1675,01	15,70868	15,70868	8,564462	8,564462	15,70868	15,70868	15,70868	15,70868	15,70868	55,63633	27,82681			

USPOREDBA	
RAZLIKA POTROŠENOG GORIVA (kg):	3,963154
POSTOTAK POVEĆANJA (%):	0,672884

1. METODA - 2. STUDENT										
	START	END	FLS	FLE	NM	SPEED	TURN	MINUTES	DIFFEREN	ROC/ROD
CTN459	05:25	13:20	220	70	36,1	289	/	7,92	15000	1894,737
	13:20	17:35	70	70	16	231		4,25	0	0,000
	17:35	19:05	70	50	6	227,5		1,50	2000	1333,333
	19:05	20:35	50	50	5,5	224		1,50	0	0,000
	20:35	21:25	50	40	3	222,5		0,83	1000	1200,000
	21:25	24:40	40	40	11,7	221		3,25	0	0,000
	24:40	25:30	40	30	3	219,5		0,83	1000	1200,000
	25:30	28:00	30	30	9,1	218		2,50	0	0,000
2. METODA - 2. STUDENT										
	START	END	FLS	FLE	NM	SPEED	TURN	MINUTES	DIFFEREN	ROC/ROD
CTN459	05:25	13:20	220	70	36,1	289	/	7,92	15000	1894,737
	13:20	17:35	70	70	16	231		4,25	0	0,000
	17:35	19:05	70	50	6	227,5		1,50	2000	1333,333
	19:05	20:15	50	50	5,5	224	s	1,17	0	0,000
	19:30	19:50	50	50		224		0,33	0	0,000
	20:35	21:25	50	40	3	222,5	/	0,83	1000	1200,000
	21:25	23:45	40	40	11,7	221	/	2,33	0	0,000
	21:50	22:10	40	40		221	s	0,33	0	0,000
	23:40	24:15	40	40		221	s	0,58	0	0,000
	24:40	25:30	40	30	3	219,5	/	0,83	1000	1200,000
	25:30	27:30	30	30	9,1	218		2,00	0	0,000
	25:30	26:00	30	30		218		0,50	0	0,000

RAČUNANJE PROTOKA GORIVA ZA HORIZONTALNI LET										RAČUNANJE PROTOKA GORIVA ZA SPUŠTANJE										POTROŠNJA GORIVA				
MASA(kg)	GUSTOČA(kg/m <sup>3</sup> )	BRZINA(m/s)	C	Co	D=(N)	kg/min*k	m.cfk(g/n)	max.clim	max.clim	Tdes.app	Tdes.app	Fnom.deš	Fnom.deš	Fmin,ideš	Fmin,ideš	Fnom.de	Fnom.de	Fnom.de	Fnom.de	Fnom.av	Protok g0	ORIVO(kg)	UKUPNO	
64000	0,609482379	148,67316	0,76	0,04566	37707,08	0,942717	35,54709	80506,63	117996,6	10465,86	1339,56	9,866342	14,46086	6,502724	8,130412	6,502724	14,46086	10,48179	10,48179	82,98083	745,0791			
64000	0,993012519	118,83564	0,730116	0,06591	56657,79	0,942171	53,38135	117996,6	117996,6	15339,56	1339,56	14,45249	14,45249	8,130412	8,130412	14,45249	14,45249	14,45249	53,38135	226,8707				
64000	0,993012519	117,0351	0,752754	0,067189	56020,28	0,942139	52,77886	117996,6	123118,5	15339,56	16005,4	14,45199	15,0793	8,130412	8,347437	14,45199	15,0793	14,76565	14,76565	14,76565	22,14847			
64000	1,05552553	115,23456	0,730476	0,06593	56647,09	0,942106	53,36754	123118,5	123118,5	16005,4	16005,4	15,07878	8,347437	8,347437	15,07878	15,07878	15,07878	53,36754	80,05131					
64000	1,05552553	114,4629	0,740358	0,066484	56360,43	0,942092	53,09669	123118,5	125690,3	16005,4	16339,74	15,07855	15,39353	8,347437	8,45595	15,07855	15,39353	15,23604	15,23604	12,6967				
64000	1,087888728	113,69124	0,728118	0,065799	56717,59	0,942077	53,43236	125690,3	125690,3	16339,74	16339,74	15,3933	15,3933	8,45595	8,45595	15,3933	15,3933	15,5099	53,43236	173,6552				
64001	1,087888728	112,91958	0,738115	0,066357	56425,16	0,942063	53,15607	128269,3	128269,3	16675,01	16675,01	15,70882	8,564462	8,564462	15,70882	15,70882	15,70882	15,5099	53,48667	12,95916				
64002	1,121005644	112,14792	0,726212	0,065693	56776,94	0,942049	53,48667	128269,3	128269,3	16675,01	16675,01	15,70868	8,564462	8,564462	15,70868	15,70868	15,70868	15,70868	53,48667	106,9733				
64003	1,121005644	112,14792	0,726223	0,065694	56777,49	0,942049	53,48719	128269,3	128269,3	16675,01	16675,01	15,70868	8,564462	8,564462	15,70868	15,70868	15,70868	15,70868	53,48719	26,74359				
<b>RAČUNANJE PROTOKA GORIVA ZA HORIZONTALNI LET SA ZAKRBTOM</b>																								
MASA(kg)	GUSTOČA(kg/m <sup>3</sup> )	BRZINA(m/s)	C	Co	D=(N)	kg/min*k	m.cfk(g/n)	max.clim	max.clim	Tdes.app	Tdes.app	Fnom.deš	Fnom.deš	Fmin,ideš	Fmin,ideš	Fnom.de	Fnom.de	Fnom.de	Fnom.de	Fnom.av	Protok g0	ORIVO(kg)	UKUPNO	
64000	0,609482379	148,67316	0,76	0,04566	37707,08	0,942717	35,54709	80506,63	117996,6	10465,86	1339,56	9,866342	14,46086	6,502724	8,130412	6,502724	14,46086	10,48179	10,48179	82,98083	747,7975			
64000	0,993012519	118,83564	0,730116	0,06591	56657,79	0,942171	53,38135	117996,6	117996,6	15339,56	1339,56	14,45249	14,45249	8,130412	8,130412	14,45249	14,45249	14,45249	53,38135	226,8707				
64000	0,993012519	117,0351	0,752754	0,067189	56020,28	0,942139	52,77886	117996,6	123118,5	15339,56	16005,4	14,45199	15,0793	8,130412	8,347437	14,45199	15,0793	14,76565	14,76565	14,76565	22,14847			
64000	1,05552553	115,23456	0,730476	0,06593	56647,09	0,942106	53,36754	123118,5	123118,5	16005,4	16005,4	15,07878	8,347437	8,347437	15,07878	15,07878	15,07878	53,36754	80,05131					
64000	1,05552553	115,23456	0,77735	0,068623	58960,78	0,942106	55,54728	123118,5	123118,5	16005,4	16005,4	15,07878	8,347437	8,347437	15,07878	15,07878	15,07878	55,54728	18,51576					
64000	1,05552553	114,4629	0,740358	0,066484	56360,43	0,942092	53,09669	123118,5	125690,3	16005,4	16339,74	15,07855	15,39353	8,347437	8,45595	15,07855	15,39353	15,23604	15,23604	12,6967				
64000	1,087888728	113,69124	0,728118	0,065799	56717,59	0,942077	53,43236	125690,3	125690,3	16339,74	16339,74	15,3933	15,3933	8,45595	8,45595	15,3933	15,3933	15,3933	53,43236	124,6755				
64000	1,087888728	113,69124	0,774841	0,068474	59023,81	0,942077	55,605	125690,3	125690,3	16339,74	16339,74	15,3933	15,3933	8,45595	8,45595	15,3933	15,3933	15,605	55,605	32,43625				
64001	1,087888728	112,91958	0,738115	0,066357	56425,16	0,942063	53,15607	128269,3	128269,3	16339,74	16339,74	15,39307	15,70892	8,45595	8,564462	15,39307	15,70892	15,5099	12,95916					
64002	1,121005644	112,14792	0,726212	0,065693	56776,94	0,942049	53,48667	128269,3	128269,3	16675,01	16675,01	15,70868	8,564462	8,564462	15,70868	15,70868	15,70868	15,70868	53,48667	106,9733				
64003	1,121005644	112,14792	0,726223	0,065694	56777,49	0,942049	53,48719	128269,3	128269,3	16675,01	16675,01	15,70868	8,564462	8,564462	15,70868	15,70868	15,70868	15,70868	53,48719	26,74359				

<b>USPOREDBA</b>	
RAZLIKA POTROŠENOG GORIVA (kg):	2,71842
POSTOTAK POVEĆANJA (%):	0,36485

## Prilog 4

IZRAČUN POTROŠNJE GORIVA ZA PENJANJE-1. METODA									
	START	END	FL S	FL E	NM	SPEED	MINUTES	DIFFEREN	ROC/ROD
SXS009	06:05	14:00	30	250	40,7	285	7,92	22000	2778,947
	14:00	19:32	250	250	36,3	396	5,53	0	0,000
IZRAČUN POTROŠNJE GORIVA U PENJANJU S DEATLJNIJIM INFORMACIJAMA O BRZINAMA-2.METODA									
	START	END	FLS	FL E	NM	SPEED	MINUTES	DIFFEREN	ROC/ROD
SXS009	06:05	07:40	30	80	40,7	219,5	1,58	5000	3157,895
	07:40	08:55	80	120		281	1,25	4000	3200,000
	08:55	10:15	120	160		278,5	1,33	4000	3000,000
	10:15	11:40	160	200		297	1,42	4000	2823,529
	11:40	14:00	200	250		365	2,33	5000	2142,857
	14:00	19:30	250	250	36,3	396	5,50	0	0,000



1. METODA															
RAČUNANJE PROTOKA GORIVA ZA HORIZONTALNI LET															
MASA(kg)	GUSTOČA (kg/m³)	BRZINA(m/s)	Cl	Cp	D=T(N)	η(kg/min*KN)	F <sub>nom</sub> ,cr(kg/min)	T <sub>max</sub> ,climb	T <sub>max</sub> ,climb	F <sub>nom</sub> ,climb	F <sub>nom</sub> ,climb	F <sub>nom</sub>	F <sub>nom</sub> ,av	GORIVO(kg)	UKUPNO
64000	1,121005644	146,6154	0,424887	0,030769828	45451,95072	0,942679	42,84659945	128269,338	73204,32998	120,9168113	69,00818459	120,9168	69,00818	751,7864419	982,0296
64000	0,54888372	203,71824	0,449469	0,031575848	44091,58172	0,9437224	41,61021332	73204,32998	73204,32998	69,08456598	69,08456598	41,61021	41,61021	230,2431804	
RAČUNANJE PROTOKA GORIVA ZA PENJANJE															
MASA(kg)	GUSTOČA (kg/m³)	BRZINA(m/s)	Cl	Cp	D=T(N)	η(kg/min*KN)	F <sub>nom</sub> ,cr(kg/min)	T <sub>max</sub> ,climb	T <sub>max</sub> ,climb	F <sub>nom</sub> ,climb	F <sub>nom</sub> ,climb	F <sub>nom</sub>	F <sub>nom</sub> ,av	GORIVO(kg)	UKUPNO
64000	1,121005644	112,91958	0,716298	0,043240617	37887,73716	0,9420633	35,6926467	128269,338	115446,5265	120,8378358	108,7579357	120,8378	108,7579	181,7633192	
64000	0,962839085	144,55764	0,508867	0,033710464	41577,75344	0,9426414	39,19291171	115446,5265	103318,74	108,8246754	99,27780455	108,8247	99,2778	130,06405	
64001	0,849095223	143,27154	0,58745	0,036941144	39468,1776	0,9426179	37,20341069	105318,74	95306,9204	99,27532956	89,83800916	99,27533	89,83801	126,0755591	962,0345
64002	0,745928426	152,78868	0,587996	0,036965215	39457,83286	0,9427918	37,20052127	95306,9204	85411,0676	89,85458303	80,52485417	89,85458	80,52485	120,6854347	
64003	0,652636906	187,7706	0,444973	0,031425038	44326,46594	0,943431	41,81896209	85411,0676	73204,32998	80,57944892	69,06323424	80,57945	69,06323	174,5831304	
64004	0,54888372	203,71824	0,449497	0,031576795	44092,90409	0,9437224	41,61146127	73204,32998	73204,32998	69,08456598	69,08456598	41,61146	41,61146	228,863037	
2. METODA															
MASA(kg)	GUSTOČA (kg/m³)	BRZINA(m/s)	Cl	Cp	D=T(N)	η(kg/min*KN)	F <sub>nom</sub> ,cr(kg/min)	T <sub>max</sub> ,climb	T <sub>max</sub> ,climb	F <sub>nom</sub> ,climb	F <sub>nom</sub> ,climb	F <sub>nom</sub>	F <sub>nom</sub> ,av	GORIVO(kg)	UKUPNO
64000	1,121005644	112,91958	0,716298	0,043240617	37887,73716	0,9420633	35,6926467	128269,338	115446,5265	120,8378358	108,7579357	120,8378	108,7579	181,7633192	
64000	0,962839085	144,55764	0,508867	0,033710464	41577,75344	0,9426414	39,19291171	115446,5265	103318,74	108,8246754	99,27780455	108,8247	99,2778	130,06405	
64001	0,849095223	143,27154	0,58745	0,036941144	39468,1776	0,9426179	37,20341069	105318,74	95306,9204	99,27532956	89,83800916	99,27533	89,83801	126,0755591	962,0345
64002	0,745928426	152,78868	0,587996	0,036965215	39457,83286	0,9427918	37,20052127	95306,9204	85411,0676	89,85458303	80,52485417	89,85458	80,52485	120,6854347	
64003	0,652636906	187,7706	0,444973	0,031425038	44326,46594	0,943431	41,81896209	85411,0676	73204,32998	80,57944892	69,06323424	80,57945	69,06323	174,5831304	
64004	0,54888372	203,71824	0,449497	0,031576795	44092,90409	0,9437224	41,61146127	73204,32998	73204,32998	69,08456598	69,08456598	41,61146	41,61146	228,863037	

USPOREDBA	
RAZLIKA POTROŠENOG GORIVA (kg):	19,99509
POSTOTAK SMANIENJA (%):	2,036099

## Prilog 5

```
vjezba1 <- c(85,87,87,86,80,87,92,88,96,85,91,97,92,80)
duljina1 <- c(394.5,424,407,426,352,399.5,393,383.4,427.7,4
01.1,412.4,385.4,402.5,356.3)
plot(vjezba1, duljina1, main = 'scatter plot')
shapiro.test(vjezba1)#p-value = 0.5108
shapiro.test(duljina1)#p-value = 0.2715
cor(vjezba1, duljina1, method = "pearson")# 0.5067374

vjezba2 <- c(95,94,97,94,92,93,96,96,100,91,93,94,100,90)
duljina2 <- c(672.3,664.3,683.6,679.2,658.8,700,722.3,735.5,
755.7,722.3,718.7,711.3,712.3,680.8)
plot(vjezba2, duljina2, main = 'scatter plot')
shapiro.test(vjezba2)#p-value = 0.5343
shapiro.test(duljina2)#p-value = 0.7013
cor(vjezba2, duljina2, method = "pearson")#0.4571164

vjezba3 <- c(97,91,88,97,92,96,84,87,90,95,90,90,85,95)
duljina3 <- c(764.1,738.2,734.3,771.1,774.5,786,721.2,
661.3,711.9,769.1,691.6,705.2,726,785.3)
plot(vjezba3, duljina3, main = 'scatter plot')
shapiro.test(vjezba3)#p-value =0.3856; normalna
shapiro.test(duljina3)#p-value = 0.4168; normalna
cor(vjezba3, duljina3, method = "pearson")#0.728267

vjezba4 <- c(92,93, 87, 98, 94, 91, 95, 90, 90, 82, 96,
89, 90, 89)
duljina4 <- c(774.8, 837.6, 767.3, 847, 811, 786.5,
840.2, 841.7, 802.6, 796, 829.4,821,
828.9, 760)
plot(vjezba4, duljina4, main = 'scatter plot')
shapiro.test(vjezba4)#p-value =0.8289
shapiro.test(duljina4)#p-value = 0.2395
cor(vjezba4, duljina4, method = "pearson")#0.5379271

vjezba5 <- c(94, 94, 87, 74, 73, 93, 60, 81, 79, 83, 32,
65, 64, 76)
duljina5 <- c(852.5, 875.8, 803.2, 792.6 ,822.9, 811.6,813.5 ,
830, 870.8, 800.2, 791.5, 885.1 ,830, 840.2)
plot(vjezba5, duljina5, main = 'scatter plot')
shapiro.test(vjezba5)#p-value =0.09038
shapiro.test(duljina5)#p-value = 0.2807
cor(vjezba5, duljina5, method = "pearson")#0.2948017

vjezba6 <- c(90, 92, 95, 93, 94, 98, 88, 93, 94, 96,
75, 92, 92, 89)
duljina6 <- c(852.7,930.5,918.1,876,867.4,920.9,847,950.4,
831.2,869.1,835.1,1026.8,993.6,883.6)
plot(vjezba6, duljina6, main = 'scatter plot')
shapiro.test(vjezba6)#p-value =0.00241
shapiro.test(duljina6)#p-value = 0.194
cor(vjezba6, duljina6, method = "spearman")#0.1725702

vjezba7 <- c(97, 90, 89, 94, 97, 97, 96, 80, 97, 95, 96,
88, 87, 90)
duljina7 <- c(1001,897.1,849.3,958.9,964.7,882.8,990.6,
885.8,951.7,884.1,920.1,891.6,882,989.2)
plot(vjezba7, duljina7, main = 'scatter plot')
shapiro.test(vjezba7)#p-value =0.02053
shapiro.test(duljina7)#p-value = 0.1268
cor(vjezba7, duljina7, method = "spearman")#0.498931

vjezba8 <- c(96, 94, 95, 97, 95, 95, 89, 93, 97, 81,
96, 93, 89, 85)
duljina8 <- c(992.4, 1016, 991.8, 972.6, 990.3, 965.6,1075.7,
1086.8, 960.8, 1011.1, 1023.9, 1004.8, 1080.7, 1018.7)
plot(vjezba8, duljina8, main = 'scatter plot')
shapiro.test(vjezba8)#p-value =0.0127
shapiro.test(duljina8)#p-value = 0.09799
cor(vjezba8, duljina8, method = "spearman")#-0.6430408
```

```

vjezba9 <- c(97, 92, 93, 99, 100, 94, 95, 96, 97, 95, 97,
            94, 65, 88)
duljina9 <- c(1168.3, 1198.6, 1210.3, 1195, 1206.1, 1197.9,
            1218.5, 1153.9, 1167.3, 1194.5, 1196.1, 1221.6, 1267.8, 1195.7)
plot(vjezba9, duljina9, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(vjezba9)#p-value =6.652e-05
shapiro.test(duljina9)#p-value = 0.1591
cor(vjezba9, duljina9, method = "spearman")#-0.4823115

vjezba10 <- c(90, 80, 81, 90, 82, 90, 75, 81, 91, 90, 75,
            83, 90, 84)
duljina10 <- c(1045.2,1077.0, 1038.6, 1043.6, 1054.3, 1032.9,
            1035.2, 1026.2, 1031.6, 1209.3, 1043.2, 1078.3, 1034.2, 1044)
plot(vjezba10, duljina10, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(vjezba10)#p-value =0.03143
shapiro.test(duljina10)#p-value = 2.585e-05
cor(vjezba10, duljina10, method = "spearman")#-0.0720942

trajanje1 <- c(92.2, 96.8, 93.7, 98.9, 81.8, 90.8, 89.3,
            88.3, 95.7, 93, 94.2, 89.6, 92.9, 88.4)
plot(vjezba1, trajanje1, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(trajanje1)#p-value = 0.7746
cor(vjezba1, trajanje1, method = "pearson")#0.3349599

trajanje2 <- c(145.7, 141.8, 153.4, 144.2, 139.2, 148.1,
            156.9, 161.1, 158.9, 153.7, 154.8, 153.6, 152.9, 145.8)
plot(vjezba2, trajanje2, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(trajanje2)#p-value = 0.6464
cor(vjezba2, trajanje2, method = "pearson")#0.5098055

trajanje3 <- c(168.2, 161.0, 157.5, 169.3, 171.0, 172.6,
            157.3, 148.5, 155.9, 166.2, 152.3, 159.0, 157.1, 167.8)
plot(vjezba3, trajanje3, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(trajanje3)#p-value = 0.4517
cor(vjezba3, trajanje3, method = "pearson")#0.7933008

trajanje4 <- c(172.2, 179.6, 165.8, 180.7, 178.8,170.3,
            180.8, 174.3, 176.6, 172.7, 180.0 ,181.3 ,175.5, 171.8)
plot(vjezba4, trajanje4, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(trajanje4)#p-value = 0.2497
cor(vjezba4, trajanje4, method = "pearson")#0.6205396

trajanje5 <- c(192, 198.4, 175.3, 177.3, 174.1, 178,
            180.6, 185.8 ,189.1, 172, 170.1, 192.8, 184.8, 179.1)
plot(vjezba5, trajanje5, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(trajanje5)#p-value = 0.6686
cor(vjezba5, trajanje5, method = "pearson")#0.3940665

trajanje6 <- c(183.7, 203, 198.7, 190, 184.7, 201.3,
            183.6, 204.7, 187.9, 186.3, 183.2, 216.8, 213.6, 189.0)
plot(vjezba6, trajanje6, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(trajanje6)#p-value = 0.04366
cor(vjezba6, trajanje6, method = "spearman")# 0.2942543

trajanje7 <- c(220.1, 205.5, 203.8, 208.5, 210.6, 203.4,
            213.3, 202.7, 213.8, 202.1, 202.3, 203.4, 203.8, 214.3)
plot(vjezba7, trajanje7, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(trajanje7)#p-value = 0.02517
cor(vjezba7, trajanje7, method = "spearman")# 0.3761395

trajanje8 <- c(218.1, 221.7, 217.8, 210.2, 207.8, 216.3,
            225.9, 236.3, 218.3, 215.3, 226.7, 214.8, 231.6, 220.1)
plot(vjezba8, trajanje8, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(trajanje8)#p-value = 0.7234
cor(vjezba8, trajanje8, method = "spearman")#-0.2505642

trajanje9 <- c(258.4, 269.2, 263.1, 262.3, 261.9, 260.7,
            270.2, 254.6, 253.6, 262.9, 264.7 ,267.3 ,276.3 ,256.8)
plot(vjezba9, trajanje9, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(trajanje9)#p-value = 0.8936
cor(vjezba9, trajanje9, method = "spearman")#-0.4070886

```

```

trajanje10 <- c(244, 256.4, 248.9, 243.6, 244.9, 238.9 ,
               234.6, 238.1, 242.6, 239, 242.2, 251.0 ,246.8 ,244)
plot(vjezba10, trajanje10, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(trajanje10)#p-value = 0.8447
cor(vjezba10, trajanje10, method = "spearman")#-0.009021695

gorivo1 <- c(2834.6, 2668.5, 2578.8, 2548.8, 2190.4, 2513.3,
            2399.0, 2305.4, 2660, 2730.7, 2616.4, 2595.1, 2601.9, 2537.0)
plot(vjezba1, gorivo1, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(gorivo1)#p-value = 0.5178
cor(vjezba1, gorivo1, method = "pearson")#0.2308464

gorivo2 <- c(5132, 5243.7, 5686.8, 4963.8, 4684.1, 5414.9,
            5686.7, 6096.2, 5916.2, 5453.8, 6030.7, 5730.5, 5549.4, 5324.6)
plot(vjezba2, gorivo2, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(gorivo2)#p-value = 0.9602
cor(vjezba2, gorivo2, method = "pearson")#0.4235147

gorivo3 <- c(6976.3, 6807.3, 6543.2, 7154.4, 7051.6, 7334.4,
            6495.5, 5795.3, 6413.8, 6806.5, 6152.7, 6665.9, 6408.5, 6954.4)
plot(vjezba3, gorivo3, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(gorivo3)#p-value = 0.9376
cor(vjezba3, gorivo3, method = "pearson")# 0.7519933

gorivo4 <- c(7707.2, 7731.4, 7224.4, 7888.8, 7587.6, 7648.5,
            8030.3, 7813.6, 7902.6, 7396.9, 7972.1, 8004.0, 7369.3, 7531.1)
plot(vjezba4, gorivo4, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(gorivo4)#p-value = 0.5657
cor(vjezba4, gorivo4, method = "pearson")#0.6090472

gorivo5 <- c(7756.3, 8190.7, 6505.6, 7155.7, 7044.7, 7455.9,
            7090.3, 7523.8, 7847.3, 6681.8, 6716.3, 7537.8, 6908.4, 6656.0)
plot(vjezba5, gorivo5, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(gorivo5)#p-value = 0.6425
cor(vjezba5, gorivo5, method = "pearson")#0.4343714

gorivo6 <- c(7582.7, 8426.6, 7774.2, 7707.2, 7416.4, 8498.3,
            7205.6, 8390.2, 7857.8, 7704, 7469.3, 8824.4, 8474.5, 7623.9)
plot(vjezba6, gorivo6, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(gorivo6)#p-value = 0.1789
cor(vjezba6, gorivo6, method = "spearman")#0.3827518

gorivo7 <- c(8604.4, 7681.2, 7656.3, 8021.8, 8103.2, 7766.7,
            7706.6, 7963.1, 8183.4, 7569.6, 7594.7, 7437.9, 7770.1, 7397.5)
plot(vjezba7, gorivo7, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(gorivo7)#p-value = 0.2727
cor(vjezba7, gorivo7, method = "spearman")#0.4365646

gorivo8 <- c(8239.6, 8526.7, 8324.1, 8137.8, 8109.3, 8437.7,
            8302.2, 9438.2, 8841.7, 8296.5, 8781.1, 8432.4, 8732.1, 8578.7)
plot(vjezba8, gorivo8, main = 'scatter plot')
shapiro.test(gorivo8)#p-value = 0.06827
cor(vjezba8, gorivo8, method = "spearman")#-0.08426052

gorivo9 <- c(9907.2, 10438.2, 10345.8, 10108.7, 12350.8, 10399.1,
            10593.6, 9751.9, 9686.1, 10250.0, 11020.8, 10401.2, 12020.2, 10350.1)
plot(vjezba9, gorivo9, main = 'scatter plot')
shapiro.test(gorivo9)#p-value = 0.009784
cor(vjezba9, gorivo9, method = "spearman")#-0.2256687

gorivo10 <- c(9061, 9620.4, 8879.9, 9276.3, 9202.1, 9102.2, 8774.1,
            8933.7, 8992.1, 8853.1, 9073.6, 9775.4, 9149.8, 9128.4)
plot(vjezba10, gorivo10, main = 'scatter plot')
shapiro.test(gorivo10)#p-value = 0.08275
cor(vjezba10, gorivo10, method = "spearman")# 0.08561186

```

```

skretanje1 <- c(14, 16, 20, 19, 18, 22, 18, 19, 17 ,20, 16, 19, 25, 18)
plot(vjezba1, skretanje1, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(skretanje1)#p-value = 0.5633
cor(vjezba1, skretanje1, method = "pearson")#0.1244547

skretanje2 <- c(25, 26, 22, 24, 25, 28, 25, 23, 27, 32, 30, 32, 31, 26)
plot(vjezba2, skretanje2, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(skretanje2)#p-value = 0.2719
cor(vjezba2, skretanje2, method = "pearson")#-0.1159753

skretanje3 <- c(31, 35, 28, 27, 29, 26, 28, 27, 27, 26, 26, 30, 32, 35)
plot(vjezba3, skretanje3, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(skretanje3)#p-value = 0.02719
cor(vjezba3, skretanje3, method = "spearman")#-0.07718198

skretanje4 <- c(28, 32, 27, 38, 30, 29, 34, 31, 32, 29, 28, 28, 29, 26)
plot(vjezba4, skretanje4, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(skretanje4)#p-value = 0.1136
cor(vjezba4, skretanje4, method = "pearson")#0.5741434

skretanje5 <- c(28, 33, 28, 27, 33, 30, 33, 33, 29, 30, 32, 36, 26, 39)
plot(vjezba5, skretanje5, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(skretanje5)#p-value = 0.5258
cor(vjezba5, skretanje5, method = "pearson")#-0.1761806

skretanje6 <- c(32, 34, 30, 26, 30, 31, 29, 33, 32, 29, 34, 38, 40, 29)
plot(vjezba6, skretanje6, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(skretanje6)#p-value = 0.3641
cor(vjezba6, skretanje6, method = "spearman")#

skretanje7 <- c(34, 33, 35, 32, 36, 31, 38, 36, 34, 30, 37, 32, 34, 31)
plot(vjezba7, skretanje7, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(skretanje7)#p-value =0.8133
cor(vjezba7, skretanje7, method = "spearman")#

skretanje8 <- c(38, 35, 37, 37, 39, 37, 46, 42, 39, 39, 36, 40, 40, 45)
plot(vjezba8, skretanje8, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(skretanje8)#p-value = 0.1427
cor(vjezba8, skretanje8, method = "spearman")#-0.6226208

skretanje9 <- c(40, 41, 36, 40, 42, 34, 45, 37, 39, 39, 34, 41, 47, 36)
plot(vjezba9, skretanje9, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(skretanje9)#p-value = 0.649
cor(vjezba9, skretanje9, method = "spearman")#-0.01668522

skretanje10 <- c(32, 31, 30, 28, 30, 28, 31, 27, 30, 31, 30, 32, 28, 31)
plot(vjezba10, skretanje10, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(skretanje10)#p-value = 0.09455
cor(vjezba10, skretanje10, method = "spearman")# -0.1170343

spustanje1 <- c(2834.6, 2668.5, 2578.8, 2548.8, 2190.4, 2513.3, 2399,
2305.4, 2660.0, 2730.7 ,2616.4, 2595.1, 2601.9, 2537.0)
plot(vjezba1, spustanje1, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(spustanje1)#p-value = 0.5178
cor(vjezba1, spustanje1, method = "pearson")#0.2308464

spustanje2 <- c(3043.2, 3091.7, 3524.9, 2803.9, 2535.3, 3269.8, 3562.5,
3944.3, 3642.8, 3291.4, 3840.5, 3529.9, 3400.9, 3172.7)
plot(vjezba2, spustanje2, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(spustanje2)#p-value = 0.7525
cor(vjezba2, spustanje2, method = "pearson")# 0.4107087

spustanje3 <- c(3841.7, 3667.8, 3367.3, 4170, 3908.5, 4233, 3445.1,
2718.1, 3440.6, 3687.7, 3120.6, 3741.0, 3428.4, 3815.0)
plot(vjezba3, spustanje3, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(spustanje3)#p-value = 0.9681
cor(vjezba3, spustanje3, method = "pearson")#-0.5925662

```

```

spustanje4 <- c(4017, 3926.7, 3515, 3968.3, 3796.8, 3956.9, 4184,
               4030.7, 4149.9, 3578.4, 4063.4, 4161.2, 3536.9, 3695.3)
plot(vjezba4, spustanje4, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(spustanje4)#p-value = 0.1112
cor(vjezba4, spustanje4, method = "pearson")#0.5369059

spustanje5 <- c(4915.9, 5290.4, 3664.2, 4272.7, 3861.6, 4559, 4144.9,
               4685.9, 4725.0, 3802.3, 3777.9, 4647.9, 4018.5, 3804.3)
plot(vjezba5, spustanje5, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(spustanje5)#p-value = 0.2457
cor(vjezba5, spustanje5, method = "pearson")# 0.4772051

spustanje6 <- c(3783.3, 4424.2, 4152.5, 3833.2, 3583.3, 4839.3, 3539.6,
               4630.6, 4160.6, 4016.8, 3595.3, 4804.7, 4408.3, 3798.4)
plot(vjezba6, spustanje6, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(spustanje6)#p-value = 0.2545
cor(vjezba6, spustanje6, method = "spearman")# 0.4601871

spustanje7 <- c(5412.8, 4763.5, 4776.8, 4948.1, 4977.5, 4862.9, 4473.4,
               5066.3, 5002.2, 4707.4, 4413.5, 4516.8, 4842.0, 4216.3)
plot(vjezba7, spustanje7, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(spustanje7)#p-value = 0.9557
cor(vjezba7, spustanje7, method = "spearman")#0.2338739

spustanje8 <- c(4078.4, 4475.4, 4454.9, 4130.2, 4048.1, 4678.1, 4259.2,
               5296.4, 4782.2, 4166.9, 4802.9, 4341.3, 4606.4, 4564.5)
plot(vjezba8, spustanje8, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(spustanje8)#p-value =0.3559
cor(vjezba8, spustanje8, method = "spearman")#-0.004434764

spustanje9 <- c(5415.1, 6210.3, 5859.1, 5731.4, 7952.7, 6059.1, 6426.5,
               5647.4, 5677.7, 6010.7, 6797.0, 5930.1, 8108.6, 5688.5)
plot(vjezba9, spustanje9, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(spustanje9)#p-value = 0.003527
cor(vjezba9, spustanje9, method = "spearman") #

spustanje10 <- c(6173.5, 6742.4, 5997.7, 6421.1, 6319.1, 6215.8, 5796.1,
                6043.1, 6098.7, 6004.8, 6079.7, 6868.9, 6291.1, 6194.8)
plot(vjezba10, spustanje10, main = 'Scatter plot')
shapiro.test(spustanje10)#p-value = 0.1704
cor(vjezba10, spustanje10, method = "spearman")#0.2275473

```