

Primjena GIS alata u analizi prepreka kod školskih aerodroma

Žižić, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:971467>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**PRIMJENA GIS ALATA U ANALIZI PREPREKA KOD
ŠKOLSKIH AERODROMA**

**APPLICATION OF GIS TOOLS IN OBSTACLE ANALYSIS
AT SCHOOL AIRPORTS**

Mentor: doc. dr.sc. Matija Bračić

Student: Ivan Žižić

JMBAG: 0007170596

Zagreb, rujan 2021.

Zagreb, 15. rujna 2021.

Zavod: **Zavod za zračni promet**
Predmet: **Planiranje aerodroma**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 6503

Pristupnik: **Ivan Žižić (0007170596)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Zračni promet**

Zadatak: **Primjena GIS alata u analizi prepreka kod školskih aerodroma**

Opis zadatka:

U uvodnom dijelu rada potrebno je izraditi strukturu rada te napraviti pregled dosadašnjih istraživanja u predmetnoj problematici. U narednim poglavljima potrebno je prikazati funkcionalnosti GIS programskog alata te analizirati operacije zrakoplova u neposrednoj blizini školskih aerodroma. Slijedom navedenog potrebno je izraditi model koji će integrirati podatke iz leta zrakoplova i baze podataka GIS alata u u cilju procjene sigurnosti odvijanja operacija zrakoplova u neposrednoj blizini školskog aerodroma. U posljednjem dijelu završnog rada dati zaključna razmatranja.

Zadatak uručen pristupniku: 18. svibnja 2021.
Rok za predaju rada: 15. rujna 2021.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:



doc. dr. sc. Matija Bračić

Zahvala

*Prva bih se zahvalio svim kolegama iz GISplana posebno kolegi Mati na dostavljenim materijalima, pomaganju i ostalim „beznačajnim“ sitnicama. Stipe prijatelju, direktoru, kolega i mentoru, hvala ti na podršci i savjetima koje si mi pružao, ali i što si mi omogućio da svoj život obogati dodatnim znanjem, stoga veliko **Dankeschön** .*

*E sad mojoj obitelji se **posebno** želim zahvaliti. Djeco moja tata vam neizmjereno zahvaljuje na vašem strpljenju i što ste sa mnom nerijetko učili. Oprostite što sam se s vama igra držeći knjigu u rukama, a vas u naručju. Mojoj Ivani nemam riječi kojim bi mogao izreći zahvale, s toga srećo moja volim te, rad prosvjećujem tebi i znaj ovo **nije kraj** .*

Ostalim koji nisu istaknuti ali i ne zaboravljeni želim također zahvaliti (Marino).

S, ljubavlju Ivan!

PRIMJENA GIS ALATA U ANALIZI PREPREKA KOD ŠKOLSKIH AERODROMA

SAŽETAK:

Tema ovog rada je uloga i primjenjivost GIS programa kod školskih aerodroma. Rad je strukturiran da obuhvati pravnu regulativu i stanje prepreka te operacija koje se odvijaju kod školskih aerodroma. Struktura zračnog prometa kod školskih aerodroma je kompleksna pa samim time i praćenje operacija koje se odvijaju na tim aerodroma. Odabrani aerodrom za ovaj rad je Aerodrom Lučko. Sve analize izrađene su uz pomoć GIS alata Global Mapper. Rezultat rada je predložena nova metodologija praćenja operacija zrakoplova kod školskih aerodroma.

KLJUČNE RIJEČI: GIS alat; prepreke; školski aerodrom; školsko letenje; model procijene operacija

APPLICATION OF GIS TOOL IN OBSTACLE ANALYSIS AT SCHOOL AIRPORTS

ABSTRACT:

The topic of this thesis is the impact and applicability of GIS programs at school airports. The paper is structured to cover the regulatory framework and condition of obstacles and operations at school airports. The air traffic structure at school airports is complex and as well as monitoring the airport operations. The selected airport for this thesis is The Airport Lučko. Analysis is made with GIS tool Global Mapper. The expected paper result is the new type of methodology for monitoring aircraft operations at school airports.

KEY WORDS: GIS Tool; Obstacle, School Airports; Flight Training; Operational Evaluation Model

Sadržaj

1. UVOD	1
2. OPERATIVNI PLAN I PREPREKE KOD ŠKOLSKIH AERODROMA.....	3
2.1. Operativni plan školskog aerodroma	4
2.2. Prepreke kod školskih aerodroma	7
3. GIS PROGRAMSKI ALAT	13
3.1. Općenito o GIS programskim alatima.....	13
3.2. Odabrani GIS programski program GlobalMapper	17
4. ANALIZA OPERACIJA ZRAKOPLOVA U NEPOSREDNOJ BLIZINI ŠKOLSKIH AERODROMA	22
4.1. Operativne površine	23
4.2. Zračni prostor Aerodroma Lučko	25
4.2.1. Kontrolirana zona Lučko	26
4.2.2. Zona aerodromskog prometa.....	27
4.2.3. Pilotažne zone unutar CTR/ATZ Lučko.....	27
4.3. Organizacija letenja i ograničenja.....	29
5. MODEL PROCJENE ODVIJANJA OPERACIJA ZRAKOPLOVA U BLIZINI ŠKOLSKIH AERODROMA	30
5.1. Polijetanje	30
5.2. Slijetanje.....	31
5.3. Školski krug	31
5.4. Elementi rada u pilatožnoj zoni.....	32
5.5. Letenje po ruti.....	33
6. STUDIJA SLUČAJA	34
6.1. Objavljeni podaci o aerodromu Lučko	35
6.2. Prepreke na aerodromu Lučko	36

6.2.1. Objavljeni podaci o preprekama.....	36
6.2.2. Površine s ograničenjem prepreka.....	39
6.2.3. Aerodromska karta prepreka ICAO tip A.....	40
6.3. Analiza operacija školske pilotaže uz pomoć GIS programa	43
6.4. Model procjene odvijanja letnih procedura	48
7.4.1. Školski krug	49
7.4.2. Slijetanje i polijetanje	53
7. ZAKLJUČAK.....	56
POPIS LITERATURE	58
POPIS SLIKA	60
POPIS TABLICA.....	62
POPIS GRAFIKONA	63

1. UVOD

Zračne luke su infrastrukturni objekti koji su se zadnjih godina preobrazili iz transportnih infrastruktura u značajno kompleksnije objekte. Primjer toga je trend koji se pojavio u svijetu, da se zračne luke isključuju iz prostornog planiranja gradova ili općina te postaju zasebne prostorne cjeline, zračne luke - gradovi. Navedeni način prostornog planiranja uzima u obzir razvoj zračne luke, okoline zračne luke, operacije, ali i utjecaje na sigurnost zračnog prometa kao što su prepreke. GIS alati su programi koji se koriste kod prostornih planova. Ovaj alat povezuje razne prostorne i ne prostorne informacije u jednu cjelinu, stoga postoji mogućnost korištenja u segmentu analize prepreka u blizini aerodroma.

S obzirom na gore navedeno, promjenu da se školski aerodrom sagledava kao zasebna cjelina u prostornom planiranju teško je za očekivati. Iz tih razloga u ovom radu se analiziraju prepreke i operacije koje se odvijaju na tim aerodromima i to uz pomoć GIS programa.

Svrha rada

Svrha ovog istraživanja je objasniti problematiku prepreka i operacija na školskim aerodromima, odnosno kako poboljšati praćenje ta dva važna faktora uporabom GIS programa.

Znanstvene metode

Prilikom istraživanja, formuliranja i predstavljanja rezultata istraživanja, korištene su slijedeće znanstvene metode: indukcije i dedukcije, analize i sinteze, metoda dokazivanja i opovrgavanja, komparativna metoda, metoda deskripcije i metoda simulacije.

Struktura rada

Rezultati istraživanja predloženi su u nekoliko međusobno povezanih dijelova. U Uvodnom dijelu prikazan je predmet istraživanja, hipoteza, svrha i cilj istraživanja. Od drugog do sedmog poglavlja obrađene su teorijska i praktična podloga, a sve to potvrđeno je odabranim primjerima.

U drugom poglavlju objašnjena je teorijska i pravna osnova definiranja prepreka i njihova važnost u procesu certifikacije aerodroma, evidentiranju, dokumentiranju i objavljivanju.

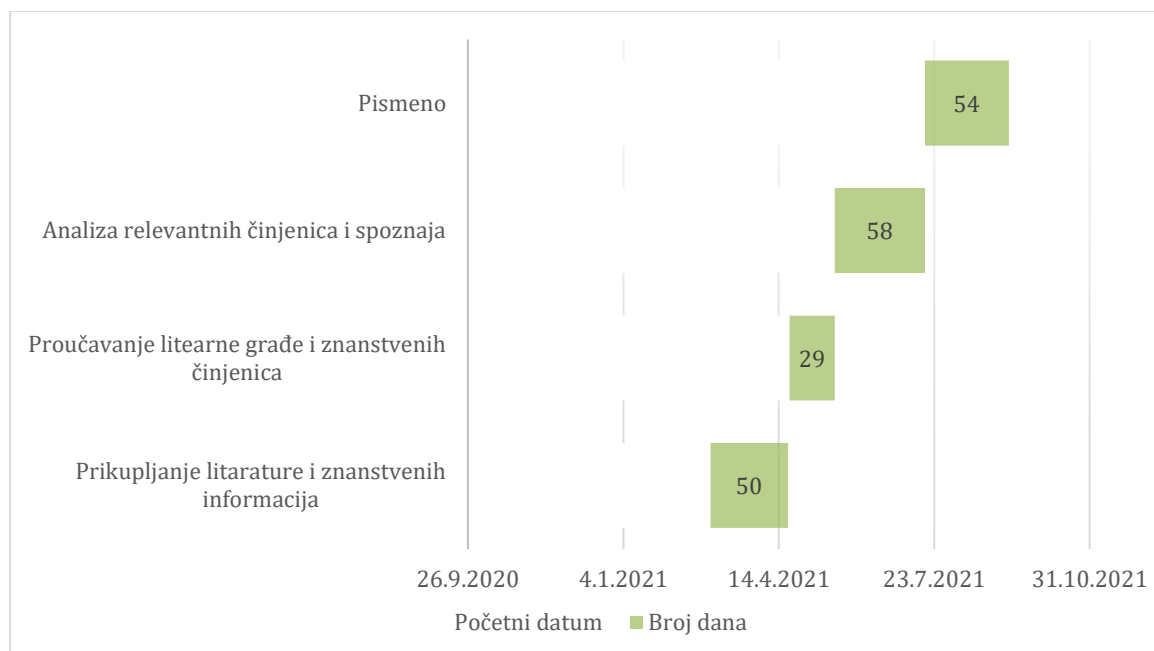
U poglavlju tri, elaboriran je teorijski dio GIS programa, njihova upotreba, kao i odabrani GIS alat Global Mapper. Izdvojeni su primjeri korištenja GIS alata u zračnom prometu te prednosti koje ti alati donose.

Poglavlje četiri sadrži analizu operacija zrakoplova u blizini školskog aerodroma. U poglavlju je iznesena problematika manjih aerodroma koji su najčešće školskog karaktera te imaju složenu strukturu zračnog prostora. Ta se problematika nastavlja i na peto poglavlje, ali i iznesena metodologija procijene odvijanja operacija na školskim aerodromima te letački elementi koji se izvode u blizini.

Za studiju slučaja, odabran je Aerodrom Lučko. Za ovaj aerodrom dokumentirane su prepreke koje su objavljene, te je dodatno analizirano stanje prepreka s obzirom na objavljene podatke o aerodromu kod aerodromskih karata prepreka tipa A. Također opisane su operacije koje se izvode na odabranom aerodromu i model procjena odvijanja operacija pri školovanju pilota. Na ovom modelu je prikazana složenost operacija pri školovanju.

U zadnjem dijelu rada, u zaključku, dana je sinteza rezultata istraživanja te su predložena unaprijeđena i daljnji razvoj metodologije praćenja operacija zrakoplova u neposrednoj blizini aerodroma.

Gantogram izrade diplomskog rada prikazan je na grafikonu 1.



Grafikon 1. Gantogram izrade diplomskog rada

Izvor: Izradio autor

2. OPERATIVNI PLAN I PREPREKE KOD ŠKOLSKIH AERODROMA

Prema nacionalnom zakonu o Zračnom prometu te njemu povezanom Pravilniku o aerodromima i međunarodnoj legislativi EU Direktivi 139/2014 te Međunarodne organizacije za civilno zrakoplovstvo (engl. International Civil Aviation Organization – ICAO) Dodatku 14 (engl. ICAO Annex 14 – Aerodromes – Volume I – Aerodromes Design and Operations) , propisani su uvjeti koje operator aerodroma mora zadovoljiti da bi dobio odobrenje za uporabu aerodroma.

Uredba 139/2014 se primjenjuje na aerodrome u Republici Hrvatskoj koji su otvoreni za javni promet, namijenjeni za komercijalni zračni prijevoz, opremljeni sustavima za instrumentalne procedure slijetanja ili uzlijetanja, na kojima je uzletno-sletna staza (u daljnjem tekstu USS) s asfaltnom ili betonskom kolničkom konstrukcijom, duljine 800 m i više od toga i/ili su isključivo namijenjeni za slijetanje i uzlijetanje helikoptera. S obzirom na to da u Republici Hrvatskoj nema niti jedan aerodrom koji je certificiran sukladno EU uredbi i koji je ujedno i školski aerodrom, u daljnjem tekstu obraditi će se oni aerodromi koji su certificirani prema nacionalnim propisima¹.

Postupak ishoda svjedodžbe aerodroma i odobrenja za uporabu aerodroma propisan je Zakonom o zračnom prometu (NN 69/09, 84/11, 54/13 i 127/13, 92/14) te odredbama Pravilnika o izdavanju svjedodžbe aerodroma i odobrenja za uporabu aerodroma (NN 14/16). U Pravilniku o aerodromima (NN 100/19) propisani su minimalni tehnički i drugi standardi koji se primjenjuju tijekom projektiranja, izgradnje, rekonstrukcije i označavanja aerodroma².

Osnovna podjela aerodroma po njihovoj namjeni je na vojne, civilne i aerodrome mješovite namjene³. Civilni zračni promet civilne i mješovite aerodrome prema namjeni dijeli na⁴:

¹ Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo. Preuzeto sa: <https://www.ccaa.hr/aerodromi-certificirani-sukladno-nacionalnom-zakonodavstvu-07379> [Pristupljeno: 7. srpnja 2021.]

² Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo. Preuzeto sa: <https://www.ccaa.hr/aerodromi-certificirani-sukladno-eu-zakonodavstvu-53398> [Pristupljeno: 7. srpnja 2021.]

³ Republika Hrvatska. Zakon o zračnom prometu. Izdanje: 69/09, 84/11, 54/13, 127/13 i 92/14. Zagreb: Narodne novine 2014.

⁴ Republika Hrvatska, Pravilnik o gradnji i postavljanju zrakoplovnih prepreka. Izdanje:100. Zagreb;

- Aerodrome za javni zračni promet – zračne luke,
- Aerodrome za obuku letačkog osoblja – školske aerodrome,
- Aerodrome za sportsko-rekreacijske aktivnosti – sportske aerodrome,
- Aerodrome za vlastite potrebe – privatni,
- Letjelišta – aktivnost u poljoprivredi i šumarstvu,
- Helidrome – aerodrome za helikoptere i
- Aerodrome na vodi.

Sukladno prethodno navedenom, školski aerodromi pripadaju u aerodrome na kojima se obavlja proces obuke bilo vojne ili civilne. S obzirom na to da ne postoji niti jedan aerodrom koji je isključivo deklariran kao školski aerodrom, odnosno aerodrom kao središte za obuku zrakoplovnog osoblja, u ovom diplomskom radu bit će obrađen Aerodrom Lučko. Aerodrom Lučko je jedan od aerodroma na kojem se obavlja obuka budućih pilota pri Fakultetu prometnih znanosti u Zagrebu, Aerokluba Zagreb, preostalih aeroklubova koji imaju dopuštenje od strane operatora aerodroma i Ministarstva obrane Republike Hrvatske⁵.

Važnost spoznaje podataka o preprekama kao jedan od elemenata pri obavljanju obuke zrakoplovnog osoblja, osobito pilota, je bitan faktor za sigurno letenje. S obzirom na to da su podaci o preprekama sadržani u već prethodno spomenutim dokumentima, u ovom radu bit će prikazane i obrađene prepreke za izabrani slučaj, ali uz pomoć GIS aplikacije. Također u radu s GIS aplikacijom bit će i obrađeni neki od segmenata koji piloti obavljaju pri svojoj obuci kod školskih aerodroma. Takav način pokazat će sve prednosti korištenja takvog sustava, kako za operatora aerodroma, tako za instruktora i pilota kandidata, ali i za one preostale korisnike kojima je ta informacija bitna za sigurno odvijanje operacija zrakoplova.

2.1. Operativni plan školskog aerodroma

Operativni plan aerodroma sadržava niz dokumenata koje aerodrom mora posjedovati prilikom dobivanja rješenja o njegovoj uporabi. Aerodromi pripadaju u

Narodne novine:2019.

⁵ Službene stranice Aerokluba Zagreb. Preuzeto sa: <http://aeroklub-zagreb.hr/aerodrom-lucko/> [Pristupljeno: srpanj 2021.]

infrastrukturne objekte i da bi dobili Odobrenje za uporabu, operator tog aerodroma mora dokazati da je aerodrom izgrađen i/ili održavan u skladu s odredbama⁶:

- a) Pravilnika o aerodromima, s obzirom na referentni kod aerodroma,
- b) Pravilnika o spasilačko-vatrogasnoj zaštiti na aerodromu,
- c) Pravilnika o održavanju i pregledanju aerodroma te mjerama potrebnim za njegovu sigurnu uporabu,
- d) Pravilnika o izdavanju svjedodžbe aerodroma i odobrenja za uporabu aerodroma.

Odobrenje za uporabu aerodroma Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo može dati:

- 1) operatoru aerodroma na kojem se mogu obavljati sve vrste letačkih operacija osim komercijalnog zračnog prijevoza sa zrakoplovima najveće dopuštene uzletne mase veće od 5700 kg;
- 2) za obavljanje komercijalnog zračnog prijevoza, ali tada operator zrakoplova mora osigurati prihvat i otpremu zrakoplova, putnika i prtljage na adekvatnoj razini.
- 3) iznimno od navedenog u točki 1), Agencija za civilno zrakoplovstvo (u daljnjem tekstu Agencija) može, na zahtjev operatora zrakoplova, izdati posebno odobrenje za obavljanje komercijalnog zračnog prijevoza zrakoplovom najveće dopuštene uzletne mase veće od 5700 kg operatoru zrakoplova na aerodromu za koji je izdano odobrenje za uporabu, uzimajući u obzir sigurnost operacija i zahtjeve Nacionalnog programa zaštite civilnog zračnog prometa.

Sukladno navedenom svaki operator aerodroma mora izraditi dokumentaciju za ishođenje Svjedodžbe, kao što su nuputak o korištenju aerodroma, dokazi o stanju operativne površine, izraditi aerodromsku kartu, kartu za letenje prema pravilima vizualnog letenja (engl. Visual Flight Rules - VFR) i kartu prepreka i drugo.

Ti podaci objavljuju se ili kroz Usluge zrakoplovnog informiranja (engl.

⁶ Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo. Uputa za ishođenje odobrenje za uporabu aerodroma

Aeronautical Information Services – AIS) ili kroz Pravilnik za vizualno letenje (engl. Visual Flight Rules) VFR priručnik. U Republici Hrvatskoj na aerodromima koji imaju svjedodžbe obavljaju se isključivo VFR letovi, a aeronautički podaci objavljeni su u VFR priručniku Republike Hrvatske. Slika 1 prikazuje primjer izdane *Svjedodžbe aerodroma* za Aerodrom Mali Lošinj iz 2015. godine



Slika 1. Primjer svjedodžbe aerodroma izdane od Hrvatske agencije za civilno zrakoplovstvo

Izvor: Arhiv Aerodroma Mali Lošinj

Po dostavljenim dokumentima, ovlašteni inspektor aerodroma odlučuje o prihvaćanju dostavljenih podataka i obavezan je provesti nadzor. Nadzor uključuje pregled dokumentacije, provjeru svih objekata aerodroma i operatora aerodroma. Posebna pažnja usmjerena je na⁶:

- Usklađenost Naputka sa stvarnim stanjem na aerodromu,
- Ravnost operativne površine,
- Površine s ograničenjem prepreka,
- Dokumentiranost objavljenih aeronautičkih podataka u VFR priručniku,

- Redovitost održavanja i opće stanje operativne površine,
- Oznake i znakove,
- Spasilačko-vatrogasnu zaštitu aerodroma itd.

U ovom radu, cilj je dati osvrt na analizu prepreka kod školskih aerodroma, pa će u daljnjem tekstu biti obrađeni samo oni dijelovi koje se odnose na tu temu.

2.2. Prepreke kod školskih aerodroma

Prepreke su svi nepokretni (privremeni ili stalni) i pokretni objekti, ili njihovi dijelovi, ili raslinje, koji⁴:

- a) se nalaze na površini namijenjenoj kretanju zrakoplova po tlu;
- b) nadvisuju definirane površine ograničenja prepreka;
- c) se nalaze izvan ili ispod definiranih površina ograničenja prepreka za koje nadležno tijelo procijeni da ugrožavaju sigurnost zračne plovidbe.

Površine ograničenja prepreka (engl. Obstacle Limitation Surface, OLS) su zamišljene površine u zračnim prostoru oko aerodroma koje se moraju održavati slobodnim od prepreka. Svrha definiranja tih površina je postizanje propisane razine sigurnosti zrakoplovnih operacija na tom aerodromu i sprečavanje ograničenja pri uporabi aerodroma. Površine ograničenja prepreka za određenu USS-u ovise o referentnom kodu aerodroma koji su definirani u dijelu 4. Pravilnika o aerodromima i poglavljem H Osnovnih uvjeta Prelazaka sa postojeće Svjedodžbe aerodroma na Svjedodžbu po Uredbi (EU) br. 139/2014.

Površine ograničavanja prepreka definiraju granice do kojih se objekti mogu graditi u zaštitnom zračnom prostoru. Svaka od tih površina povezana je s jednom ili više faza leta i pruža zaštitu zrakoplovima tijekom tih faza. Površine ograničenja prepreka koje trebaju biti uspostavljene za sve tipove prilaza USS-i su⁷:

- stožasta površina,

⁷ Europska komisija, EU Uredba 139/2014

- unutarnja horizontalna površina,
- prilazne površine i
- prijelazne površine.

Za USS-u s instrumentalnim preciznim prilazom kategorije II i II potrebno je još uspostaviti:

- unutarnje prilazne površine,
- unutarnje prijelazne površine i
- površine prekinutog slijetanja.

Površina za uzlijetanje je odletna površina.

Vanjska horizontalna, stožasta i unutarnja horizontalna površina su površine koje bi trebale omogućiti da se iznad njih sigurno odvijaju operacije prilaza aerodromu. Vanjska horizontalna površina po ICAO-u nije obavezna, ali je određene zemlje koriste radi gradnje visokih građevina koje mogu ugroziti sigurnost zračne plovidbe u blizini aerodroma⁸.

Prilazna površina je ravnina s padom prema pragu USS-e ili može biti složena ravnina ako je prilaz zakrivljen, te je onda ta površina kombinacija ravnina koje prethode pragu. Ova površina mora omogućiti da se iznad nje nesmetano i sigurno odvijaju operacije prilaženja neposredno prije slijetanja.

Unutarnja prilazna površina je pravokutni dio koji je postavljen ispred praga. Ispod unutarnje prilazne površine, mogu se nalaziti samo lako lomljive konstrukcije koje služe za zračnu plovidbu.

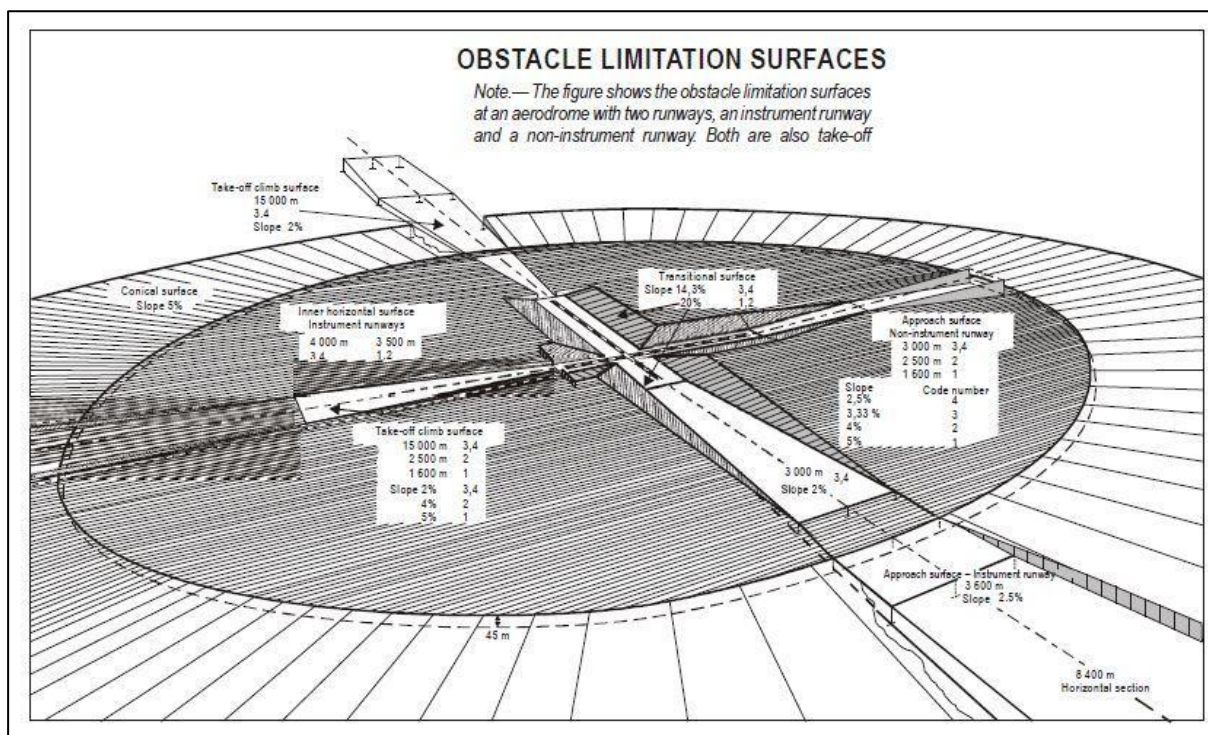
Unutarnja prijelazna površina je slična prijelaznim površinama, samo što je postavljena bliže USS-i. Namjena ove površine je kontrola prepreka za objekte, navigacijska sredstva, zrakoplove i ostala vozila koja se kreću u blizini USS-e. Ovu površinu ne smije probijati nikakva prepreka koja nije lako lomljiva.

Površina prekinutog slijetanja je ravnina postavljena na određenoj udaljenosti iza praga i proteže se između unutarnjih prijelaznih ravnina. Služi za slučaj manevra prekinutog slijetanja.

⁸ Pavlin S. Aerodromi I. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti;2006

Odletna površina je ravnina koja počinje na određenoj udaljenosti iza kraja USS-e(najčešće na rubu osnovne staze USS) ili čistine i mora omogućiti da se iznad nje nesmetano i sigurno odvijaju operacije početnog penjanja u polijetanju.

Ilustracija površina s ograničenjima prepreka i njihovih osnovnih značajki, koju je izradio ICAO prikazana je na slici 2.



Slika 2. Površine s ograničenjem prepreka

Izvor: ICAO Dodatak 14 Projektiranje i rad aerodroma, osmo izdanje 2018.

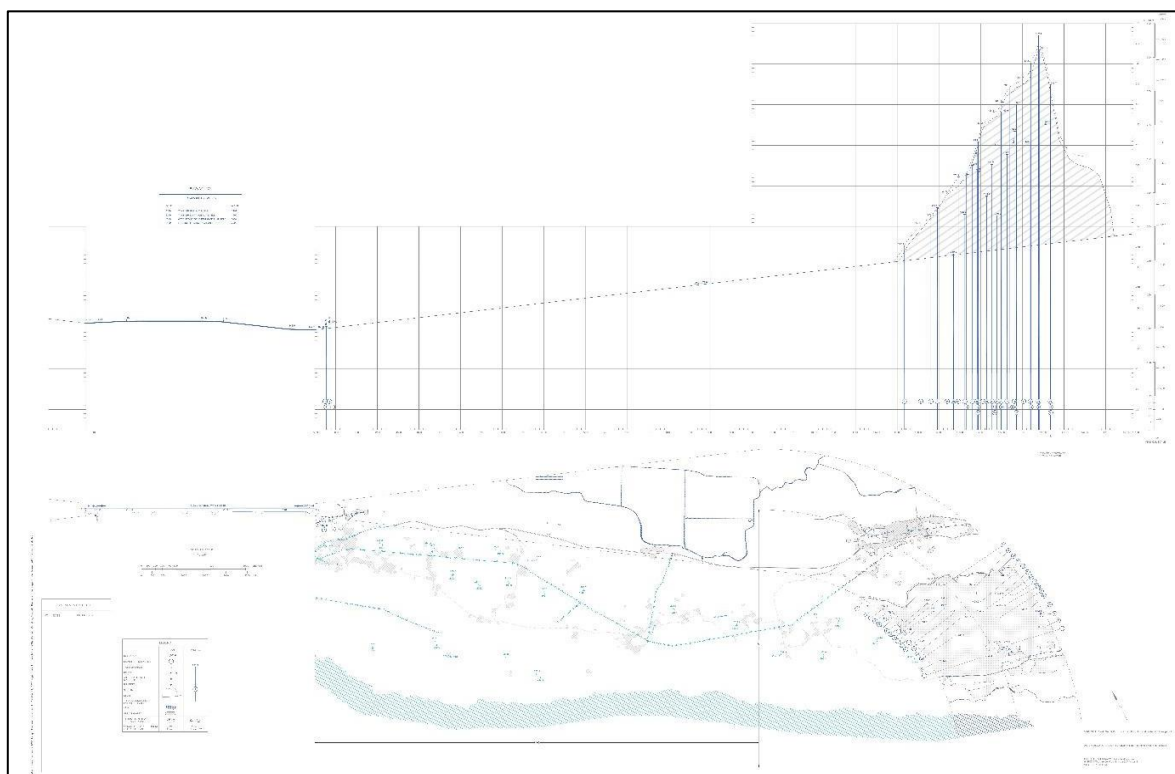
Površina zaštite od prepreka (eng. Obstacle Protection Surface) je zamišljena površina namijenjena za zaštitu sustava svjetlosnog pokazivača nagiba prilaza (engl. Precision Approach Path Indicator – PAPI ili APAPI) u kojoj građevine, uređaji, oprema ili raslinje nisu dozvoljeni osim ako su isti, prema mišljenju Hrvatske agencije za civilno zrakoplovstvo (u daljnjem tekstu: Agencija), zaklonjeni postojećom preprekom koja se ne može ukloniti.

Podaci o preprekama koji se objavljuju u AIS Republike Hrvatske bilo kroz elektronski zbornik zrakoplovnih informacija (engl. Electronic Aeronautical

Information Publication – eAiP) ili VFR priručnik su⁹:

- Karta aerodromskih prepreka ICAO tip A,
- Aerodromska karta prepreka – ICAO tip B,
- Prepreke u Zoni 1,
- Prepreke u Zoni 2,
- Prepreke u Zoni 3 i
- Prepreke u Zoni 4.

Primjer aerodromske karte prepreka ICAO tip A za Zračnu luku Dubrovnik prikazan je na slici 3. Ova karta je posebno zanimljiva jer je područje putanje polijetanja kombinacija složenih elementa zbog zakrivljenog odleta.



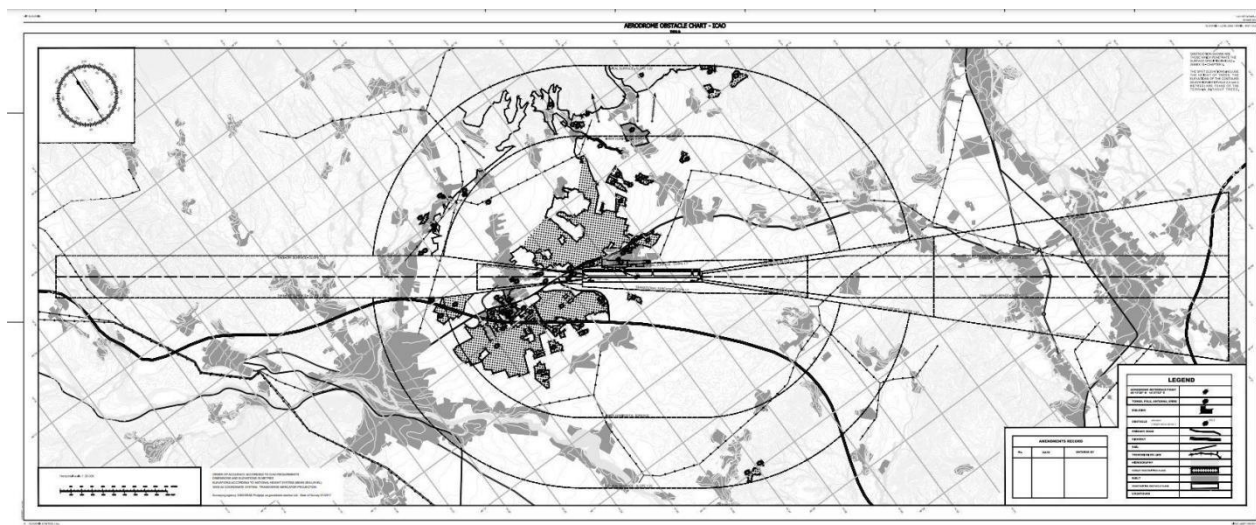
Slika 3. Primjer, Aerodromske karte prepreka ICAO tip A – USS-a 29 Zračne luke Dubrovnik

Izvor: AIS Hrvatska. Preuzeto sa: <https://www.crocontrol.hr/usluge/upravljanje-zrakoplovnim-informacijama/> [Pristupljeno: srpnja 2021.]

U Republici Hrvatskoj ni jedan aerodrom nema objavljenu aerodromsku kartu prepreka ICAO tip B, pa je za primjer uzeta karta Zračne luke Ljubljana koja je

⁹ Hrvatska kontrola zračne plovidbe. Preuzeto sa: <https://www.crocontrol.hr/usluge/upravljanje-zrakoplovnim-informacijama/> [Prestupljeno: srpanj 2021.]

prikazana na slici 4. Ova karta je bitna jer su na njoj prikazane površine s ograničenjem prepreka.



Slika 4. Primjer, Aerodromske karte prepreka ICAO tip B Zračne luke Ljubljana

Izvor: AIS Slovenija. Preuzeto sa: <https://www.sloveniacontrol.si/acrobat/aip/Operations/2021-06-17-AIRAC/html/index.html> [Pristupljeno: srpnja 2021.]

Aerodromi Republike Hrvatske otvoreni za javni promet i svi ostali aerodromi imaju objavljenu aerodromsku kartu prepreka ICAO tip A. Prepreke u Zoni 1 su u nadležnosti države tj. država je dužna objaviti te podatke. Prema dostupnim podacima Republika Hrvatska odnosno resorno ministarstvo nije objavilo podatke o preprekama u Zoni 1. Dio operatora aerodroma je objavio podatke o preprekama u Zonama 2 i 3. Ti podaci su djelomični i necjeloviti jer su operatori aerodroma objavili samo one koje se nalaze u aerodromskim kartama prepreka tipa A. Prepreke u Zoni 4 su obveza samo Zračne luke Zagreb koja ih do sada nije objavila¹⁰.

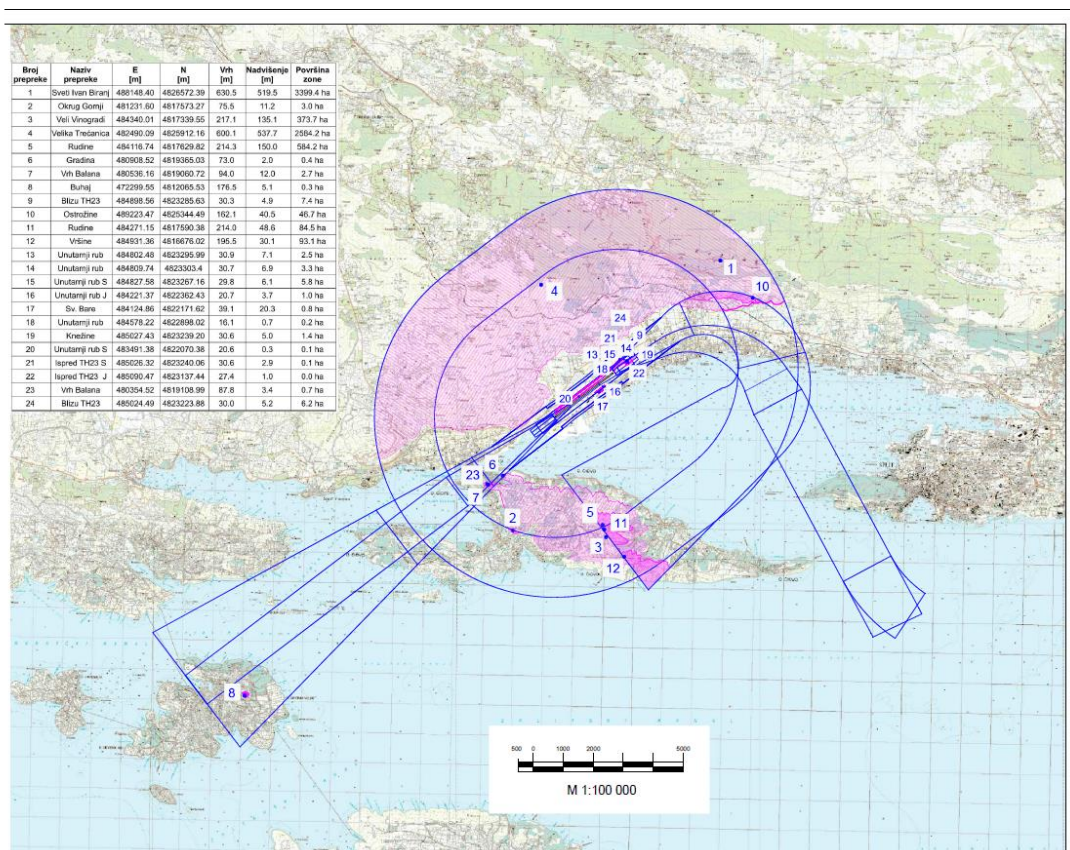
Podaci o površinama ograničenja prepreka za aerodrome koji imaju valjanu svjedodžbu mogu biti objavljeni kroz naputak o korištenju aerodroma u obliku priloga na nacrtu operativne površine ili USS-e.

Aerodromi koji su certificirani sukladno EU regulativi kroz proces certificiranja moraju nadležnom tijelu dostaviti dokument u kojem je dokumentirano stanje

¹⁰ Zbornik zrakoplovnih informacija – eAIP. Preuzeto sa: <https://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/AIS%20produkti/eAIP/start.html> [Pristupljeno: srpanj 2021]

površina ograničenja prepreka npr. Aerodromski priručnik.

Primjer dokumentiranja površina s ograničenjem prepreka prikazan je na slici 5. Ovaj primjer je dio dokumenta koji je korišten je za certifikacija Zračne luke Split po Uredbi EU 139/2014.



Slika 5. Primjer površina s ograničenjem prepreka Zračne luke Split
Izvor: Dokumentacija Zračne luke Split, izrađena od GISplana 2020.

3. GIS PROGRAMSKI ALAT

3.1. Općenito o GIS programskim alatima

Geografski informacijski sustavi (u daljnjem tekstu GIS) nemaju opću definiciju već ovise o korisnicima koji ih upotrebljavaju. Prema jednom od autora, dr. Norbert Bertelme, GIS tehnologija je informatička tehnologija koja na karti prikazuje geografske podatke s ostalim podacima. Odnosno upotreba GIS alata omogućava korisniku korištenje različitih podataka, karata, baza podataka, oblikovanje podataka, transformaciju podataka (tekst u vektor ili raster i obrnuto), razne statističke i računske operacije, interpretacije podataka i vizualizacije na digitalnim prikazima te pripremu za analogne oblike podataka¹¹.

Razvoj GIS-a počinje ranih '60 godina prošlog stoljeća. Jedan od prvih poznatih geoinformacijskih sustava je Geografski sustav Kanade. Sustav je napravljen i korišten za pohranu geoprostornih podataka za kanadski zemljišni sustav i pomagao je u razvoju regulatornih procedura pri upravljanju i praćenju zemljišta u Kanadi¹². Početkom 1990. program MapInfo je prebačen iz DOS sustava u *Windows* te je time započeta transformacija GIS aplikacije iz istraživačkog razvoja u privatni i poslovni sustav. Do kraja 20. stoljeća počinje eksponencijalni rast upotrebe GIS-a u svakodnevnim zadacima, a korisnici su počeli koristiti GIS podatke putem interneta. U novije vrijeme na tržištu je sve više besplatnih GIS alata koji se koriste za izvršenje upita i zadataka korisnika tog sustava.

GIS u prošlosti je predstavljao geografski informacijski sustav, a danas predstavlja sustav u kojem se koriste podaci i informacije koje nisu geografske već puno šire. U nastavku su nabrojani jedni od najčešće korištenih programskih GIS alata:

- ArcGIS – program koji podržava vizualizaciju raznih formata podataka, napredne analize na njima te održavanje podataka u 2D, 3D i 4D sustavu i

¹¹ Bertelme N. GIS Technologie, Geoinformationssysteme, Landinformationssysteme und ihre Grundlagen. Springer – Verlag Berlin Heidelberg GmbH, Springer, 1988

¹² Službena stranica ESRI programa. Preuzeto sa: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/history-of-gis> [Pristupljeno: travnja 2021.]

jedan od najčešće korištenih programa,

- CartoDB – ova platforma se koristi za pohranu, analizu i vizualizaciju podataka,
- Mapbox – je alat koji omogućava ažuriranje karata, izgradnju boljeg sustava mapiranja, navigacije i pretraživanja na različitim platformama,
- Google Maps – ova aplikacija daje korisnicima mogućnost pretraživanja, navigacije, pregled stanja prometa i istraživanje načina kako doći do željene lokacije temeljem naprednih algoritama u realnom vremenu, te je zasigurno jedan od najkorištenijih GIS aplikacija,
- QGis – je besplatna i multislojna aplikacija koja podržava pregled, uređivanje i analize raznih geoprostornih podataka. Ovaj program razvijen je kao projekt organizacije *Open Source Geospatial Foundation* i njegova najveća prednost u odnosu na preostale programe je što je besplatan i što pruža mogućnost unaprjeđenja kroz razne module,
- GlobalMapper – ovaj program omogućava početnicima i naprednim korisnicima niz alata za obradu geoprostornih podataka različitih formata i
- i drugi.

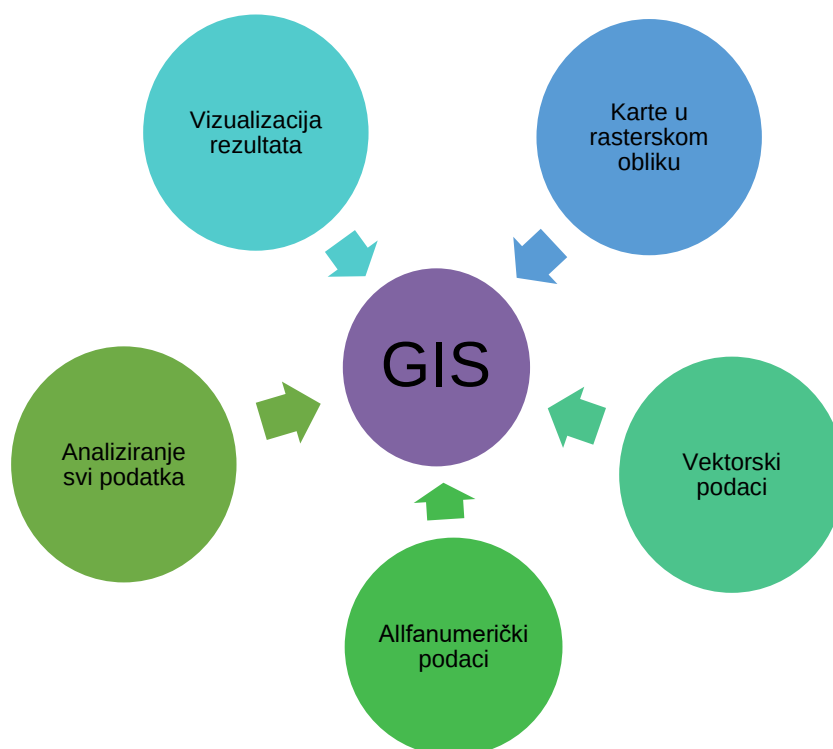
Kada je riječ o tipovima softvera, generalno postoje četiri glavna tipa GIS softvera: Desktop GIS, Serverski GIS, Razvojni GIS, te Mobilni GIS (Longley i dr. 2005)¹³.

Iz svega gore navedenog može se zaključiti da GIS aplikacije pojednostavljeno predstavljaju:

- Razumijevanje procesa, odnosa i formi podataka;
- Koncipiranje podataka;
- Modeliranje podataka;
- Vizualizaciju rezultata.

Osobni i pojednostavni koncept interpretacije GIS alat prikazan je na slici 6.

¹³ Longley i dr.: *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications*, 2nd Edition, Libera Università Internazionale Degli Studi Sociali; 2015



Slika 6. Interpretacija značenja GIS programskog rješenja prema Longley i dr. 2005

Izvor: Longley i dr.: Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications, 2nd Edition, Libera Universitat Internazionale Degli Studi Sociali; 2015

Geografski informacijski sustav je tehnologija koja kombinira geografske podatke s ostalim vrstama podataka i vizualizira ih na kartama. Dodatna značajka je da pomoću lokacije povezuje inače nepovezane podatke i time omogućava njihove prvenstveno prostorne analize¹⁴.

Najčešće datoteke ili formate podataka koje koriste GIS aplikacije su:

- Rasterske - tip podataka koji se sastoji od redova i stupaca ćelija gdje su u svakoj ćeliji prema neka vrijednost (boja, visina, intenzitet, i sl.).
- Vektorske – koriste geometriju točka, linija ili poligon za prikazivanje nekog entiteta kao što je kućni broj za točku, cesta za liniju i poligon za kuću.
- Tekstualne – najčešće u obliku tablice koja sadrži različite zapise koji se povezuju s lokacijom uz pomoć GIS-a.

¹⁴ M. Baučić, Predavanja Geografski informacijski sustav 2014.

- Baze ili Geo baze - baze podatka koje sadrže povezane različite tipove podatka kao npr. vektorske i tablične podatke.

Sve veća zainteresiranost, svijest i važnosti korištenja GIS-a u različitim područjima kao npr. ekonomskoj grani, utemeljena je na činjenicama koje pokazuju krajnji korisnici GIS-a. Prednosti korištenja GIS-a mogu se svrstati u pet osnovnih kategorija:

- Ušteda troškova koja direktno rezultira većom učinkovitosti. Navedeno se javlja kod špediterskih kompanija koje su uštedjele vrijeme potrebne dostave na kućnu adresu za oko 75%, također smanjio se i broj ponavljajućih posjeta na istu adresu¹³;
- Pouzdaniji odabir. Kao jedan od primjera je korištenje kod planiranja ruta ili optimiziranja putanje;
- Učinkovitija komunikacija između različitih korisnika. Karte i vizualizacije koje koriste GIS mogu se prilagođavati različitim korisnicima, a da se pri tome koriste isti ulazni podaci;
- Baza podataka povezana s lokacijom. Različite organizacije moraju voditi evidenciju o promjenama koje nisu statične, kao što je na primjer promjena broja u populaciji određene zone, grada, države ili različite migracije, a GIS je upravo alat koji može ažurirati sve te promjene;
- Upravljanje geopodacima. Ovaj proces podrazumijeva različite načine upravljanja podacima koji su povezani s lokacijama, kao što je npr. informacijski sustav prostornog uređenja (ISPU) sustav RH. Taj sustav sadrži različite podatke o nekoj lokaciji, a korisnici komuniciraju i upravljaju tim podacima na njima prilagođene načine. Jedan primjer je da projektant može ucrtati obuhvat zahvata, građevinsku česticu ili sl. te takav podatak dostaviti referentu na pregled.

U posljednje vrijeme jedan od popularnih programa je i GlobalMapper koji će se koristiti u ovom radu, a u nastavku rada je dan kratki opis tog programa.

3.2. Odabrani GIS programski program GlobalMapper

GlobalMapper je intuitivni program prvenstveno najmanjem za izradu karata i geoprostorne analize. Razvijanje programa započeto je 1995, a od 2001. stavljen je u komercijalnu upotrebu od tvrtke Global Mapper Software LCC. Od 2011., taj program preuzima i dalje razvija tvrtka Blue Marble Geographic¹⁵.

Ovim GIS alatom mogu se koristiti početnici i iskusni korisnici jer im program nudi različite alate za analize, vizualizacije i editiranje različitih vrsta prostornih i neprostornih podataka, te na kraju integriraju u jednu cjelinu (rezultat)¹⁶.

Global Mapper programom, omogućeno je uređivanje, stvaranje, analiziranje i vizualizacija 2D i 3D podataka, i to s preko 250 različitih tipova podataka. Podaci koji se mogu koristiti u ovom programu su:

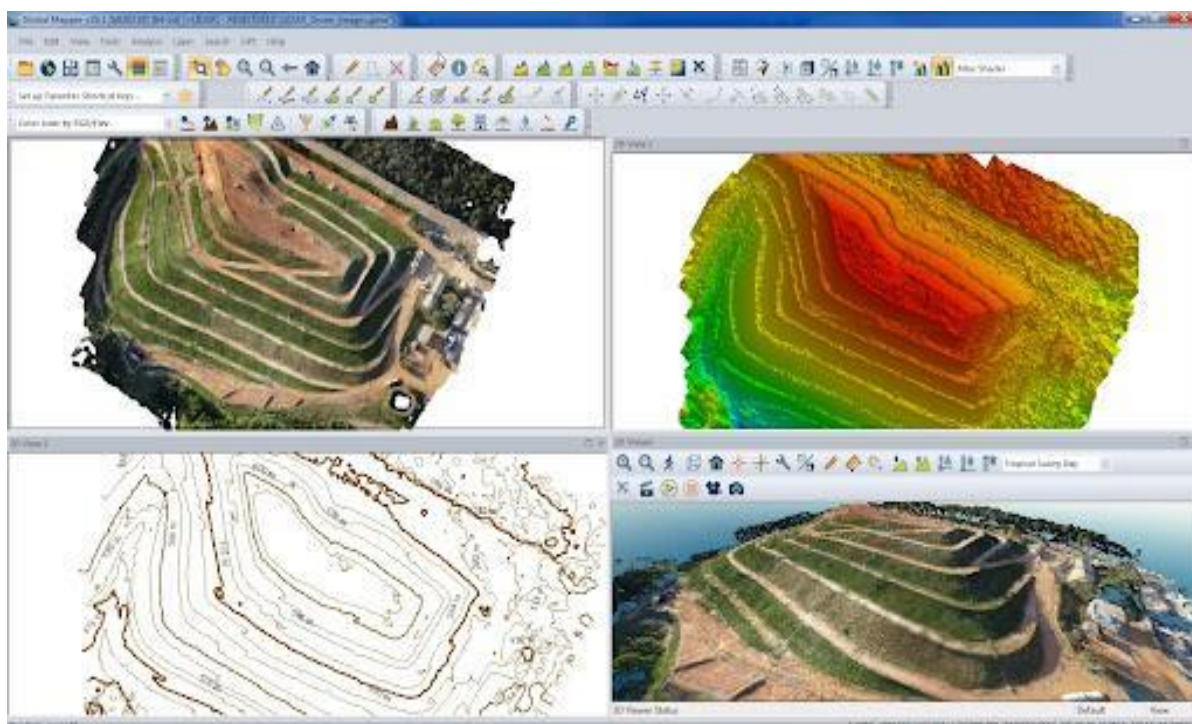
- Vektorski podaci,
- Rasterski podaci,
- Podaci koji sadrže podatke o visinama,
- Tekstualne datoteke,
- *Bitmap image file* (BMP),
- Kartografski podaci,
- GPS datoteke,
- GIS podaci,
- Tekstualne prostorne i ne prostorne datoteke i
- i drugi.

Osim što su podaci heterogeni u svojim oblicima, oni se nerijetko nalaze i u različitim položajnim i visinskim koordinatnim sustavima ili geolokacijski nisu uopće povezani. Ovaj program omogućava da svi ti podaci budu pozicionirani ili povezani u jedan sustav ili cjelinu. Grana prometa kao što je zračni promet ima jedinstven WGS84 položajni koordinatni sustav i visinski EGM96 koordinatni sustav.

¹⁵ WEB enciklopedija slobodnog sadržaja. Preuzeto sa: https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Mapper [Pristupljeno: lipanj 2021.]

¹⁶ Službena stranica programa Global Mapper. Preuzeto sa: <https://www.blumablegeo.com/global-mapper/> [Pristupljeno: srpanj 2021.]

Upravo zbog toga prednost ovog programa u zračnom prometu je da kombinira različite podatke koji se nalaze u različitim koordinatnim sustavima i konvertira ih i transformira u jedinstveni koordinatni položajni i visinski sustav. Također nakon što se podaci povežu u jedan jedinstveni koordinatni sustav s ovim programom mogu se dalje konvertirati i/ili transformirati u drugi željeni koordinatni sustav. Najčešće svaka zemlja ima svoj položajni i visinski sustav pa je važno da se podaci mogu transformirati između sustava. Na slici 7 prikazan je jedan obuhvat koji je nastao kombinacijom rasterskih i vektorskih podataka, koji su se nalazili u različitim koordinatnim sustavima i objedinjeni su u jedan koordinatni sustav.



Slika 7. Primjer prikaza različitih podataka za istu lokaciju pomoću Global Mapper programa

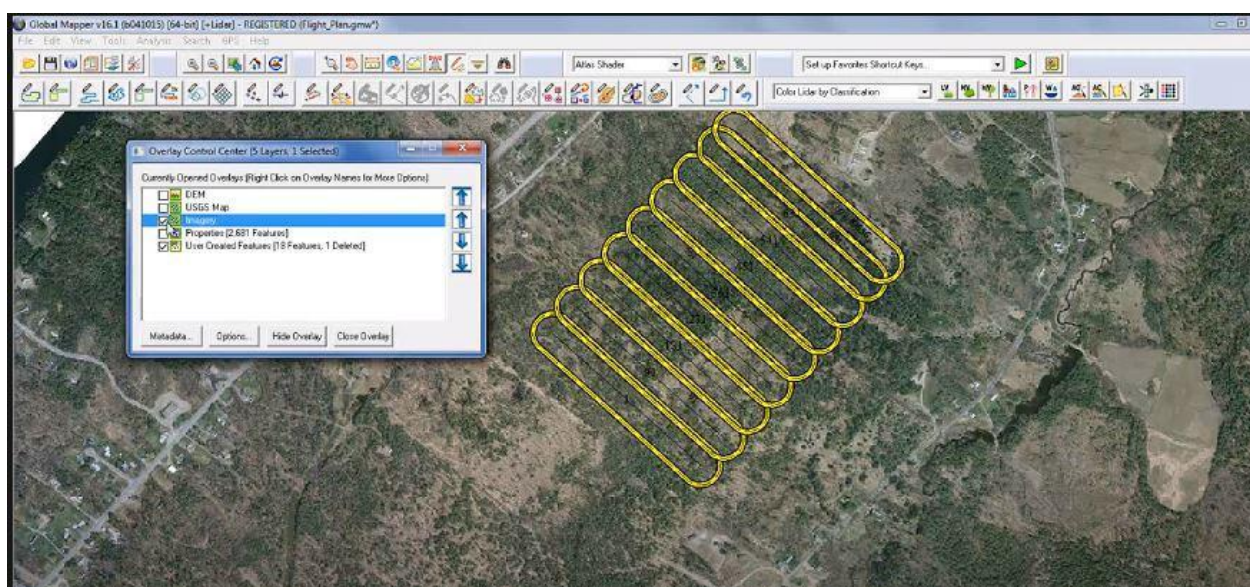
Izvor: Službena stranica programa Global Mapper. Preuzeto sa:
<https://www.bluemarblegeo.com/global-mapper/> [Pristupljeno:.. srpanj 2021:]

Zbog svojih mogućnosti analize terena i 3D obrade podataka, s posebnim naglaskom na modeliranje podataka, ovaj program nudi niz rješenja koja se mogu iskoristiti u zračnom prometu. Dosadašnja istraživanja ukazuju da postoji mogućnost korištenja u sustavu zračnog prometa kod bespilotnih letjelica. Prije početka letenja s bespilotnih zrakoplovom nužno je dobro poznavanje mogućih prepreka u blizini letenja, karakteristike terena, postojanje objekta, i sl. Uz pomoć ovog programa

moгуće je izraditi plan leta i to na osnovu:

- Besplatnog preuzimanja zračnih snimaka visoke rezolucije,
- Učitavanja digitalnih modela terena ili površina,
- Učitavanja zrakoplovnih karata,
- Učitavanja topografskih karata,
- Korištenje alata koji omogućavaju crtanje, analiziranje i vizualiziranje rezultata.

Na slici 8 prikazan je jedan isplanirani let uz pomoć Global Mappera.

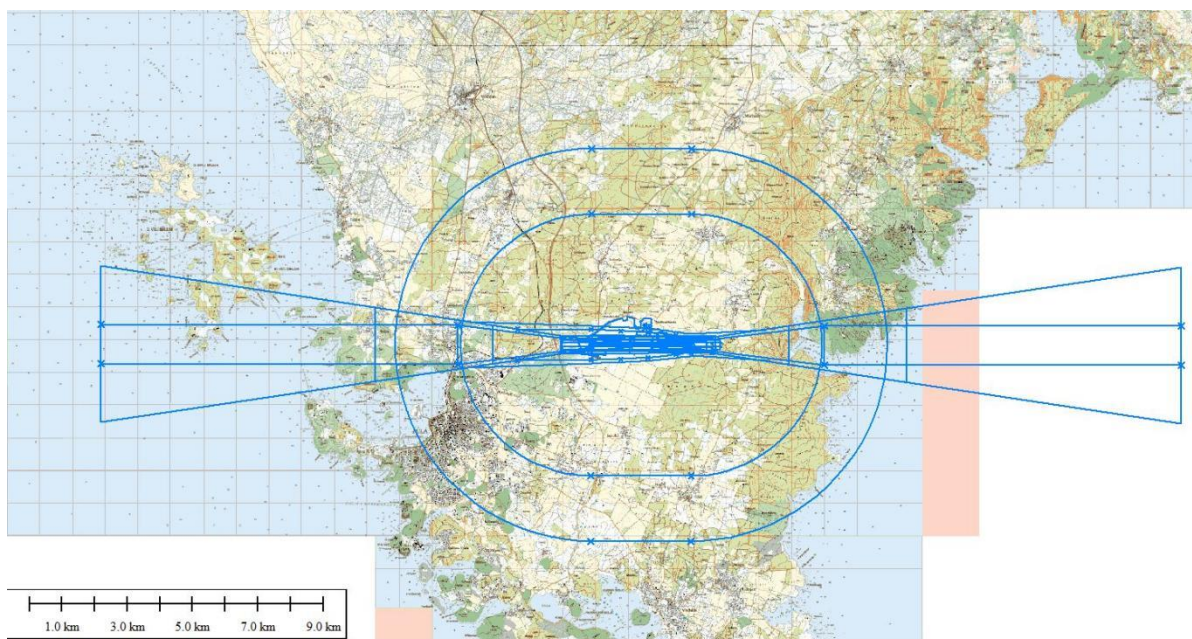


Slika 8. Plan leta bespilotnom letjelicom izrađen s programom Global Mapper-om

Izvor: Službena stranica programa Global Mapper. Preuzeto sa:

<https://www.bluemarblegeo.com/global-mapper/> [Pristupljeno:.. srpanj 2021.]

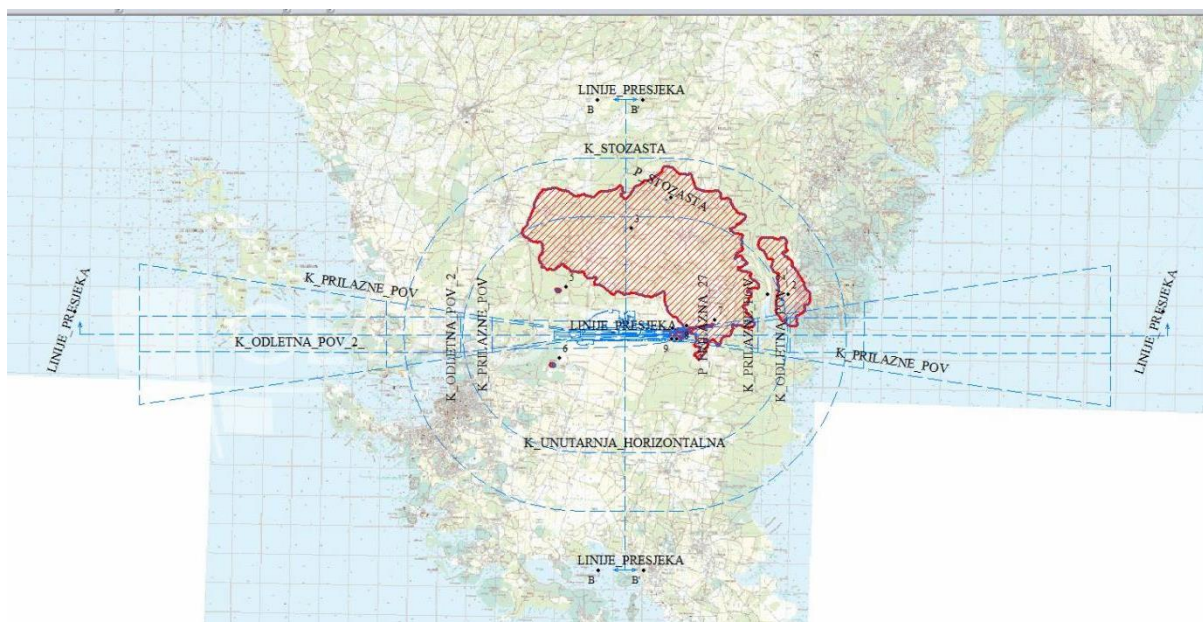
Kao dodatan primjer korištenja ovog programa je i u prostornom planiranju. Početkom 2021. za Zračnu luku Pula izrađena je analiza terena i površina s ograničenjem prepreka za potrebe implementiranja u prostorne planove, rezultati te analize prikazani su na slikama 9. i 10. Slika 9 prikazuje granice površina s ograničenjem prepreka za instrumentalni precizni prilaz na podlozi topografske karte mjerila 1:25000.



Slika 9. Površine s ograničenjem prepreka Zračne luke Pula

Izvor: Dokumentacija tvrtke GISplan d.o.o. iz 2020.

Analiza terena u odnosu na površine s ograničenjem prepreka za Zračnu luku Pula prikazana je na slici 10. koja je pokazala područja u kojima teren nadvisuje te površine. Granice površina s ograničenjem prepreka i područja u kojima je teren nadvisio te površine implementirana su u prostorni plan županije, gradova i općina kako bi se povećala sigurnost zračnog prometa kod gradnje novih objekata.



Slika 10. Analiza terene u odnosu površina s ograničenjem prepreka

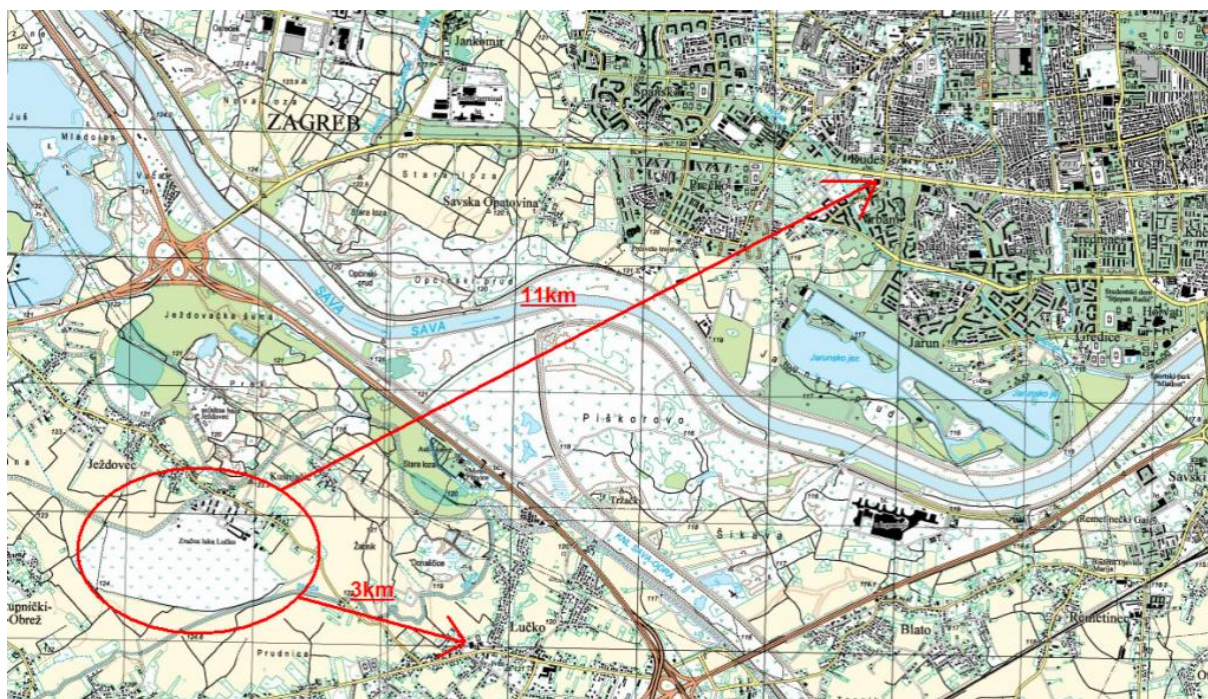
Izvor: Dokumentacija tvrtke GISplan d.o.o. iz 2020.

Do sada objavljena istraživanja koristila su razne GIS programe za različita unaprijeđena u zrakoplovstvu, međutim nema primjera njihove primjene kod školskih aerodroma tj. aerodroma koji su mješovite namjene. U ovom radu GlobalMapper program koristit će se za uvoz različitih podataka o školskom aerodromu, obradu i analizu tih podataka, korištenje besplatnih podataka o terenu, digitalnom modelu površina te vizualizaciju rezultata.

4. ANALIZA OPERACIJA ZRAKOPLOVA U NEPOSREDNOJ BLIZINI ŠKOLSKIH AERODROMA

Za analizu operacija zrakoplova u neposrednoj blizini školskih aerodroma u ovom radu odabran je Aerodrom Lučko.

Aerodrom Lučko nalazi se 11 km jugozapadno od grada Zagreba, a 3 km zapadno od mjesta Lučko, između autoputa Zagreb – Ljubljana i Zagreb – Karlovac. Aerodrom je smješten u ravničarskom dijelu. Sjeverno od aerodroma protječe rijeka Sava udaljena 2 km, a zapadno od aerodroma počinju se uzdizati obronci Samoborskog gorja^{Error! Bookmark not defined.}. Lokacija aerodroma prikazana je na slici 11.



Slika 11. Lokacija Aerodroma Lučko

Izvor: Zbornik zrakoplovnih informacija – eAIP. Preuzeto sa;
<https://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/AIS%20produkti/eAIP/start.html> [Pristupljeno: srpanj 2021]

Aerodrom Lučko je mješoviti aerodrom, vojno-civilni, a zemljište je u vlasništvu Ministarstva obrane Republike Hrvatske (MORH). Aerodrom se sastoji od zrakoplovne baze Hrvatskoga ratnog zrakoplovstva za potrebe helikoptera i sportskog aerodroma. Ministarstvo obrane Republike Hrvatske je zemljište aerodroma ustupilo Aeroklubu Zagreb uz uvjet održavanja manevarske površine, a

površine koriste i drugi korisnici: pilotske škole te policija¹⁷.

Hrvatsko ratno zrakoplovstvo i Ministarstvo unutarnjih poslova ovaj aerodrom koriste i kao helidrom, a aeroklub provodi na aerodromu aktivnosti sportsko rekreacijskog letenja, padobranstva, jedriličarstva, aviomodelarstva, a pilotske škole obuku pilota¹².

4.1. Operativne površine

Operativne površine Aerodroma Lučko čine:

- a. Južna ili motorna USS-a 10R/28L,
Orijentacija USS-e je 103.34°-283.35° (GEO) dimenzija 850x30m, podloga je travnata, označena je crveno bijelim rubnicima. Ova staza koristi za letenje zrakoplova s motorom.
- b. Sjeverna ili jedriličarska USS10L/28R,
Orijentacija USS-e je 103.34°-283.35° (GEO) dimenzija 850x30m, podloga je travnata. Koristi se za letenje sportskih zrakoplova bez motora, te zaprege.
- c. Staze za vožnju: A, B, B1, C, D i E,

Tablica 1. Osnovni podaci staza za vožnju Aerodroma Lučko

Oznaka staze za vožnju	Širina u m
A	22
B	15
B1	10
C	30
D	90
E	30

Izvor: Izvor: Zbornik zrakoplovnih informacija – eAIP. Preuzeto sa:
<https://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/AIS%20produkti/eAIP/start.html>
[Pristupljeno: srpanj 2021]

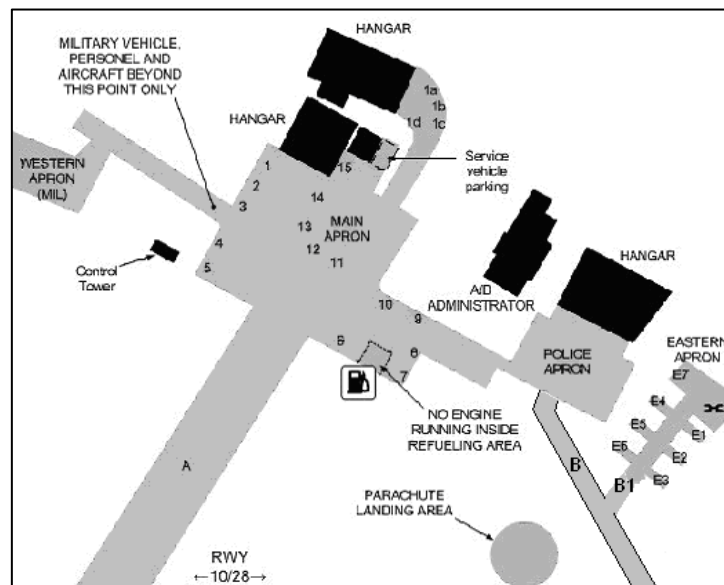
¹⁷ Pavlin S, Rapan M, Božičević A.; Smjernice mogućeg razvoja Zračnog pristaništa Lučko. Znanstveni skup Prometna problematika grada Zagreba. 2006, 267-272

Nalazi se na istočnom dijelu aerodroma između staza za voženje A i B, ispred hangara MUP-a. Doskočište je od šljunka i kod uporabe je označeno platnenom oznakom u obliku križa u narančastoj boji.

Staze za polijetanje i slijetanje modela su asfaltna površina 80 x 5 m i travnata površina 150 x 9 m. Prostor za letenje modela bočno je ograničen udaljenošću od 156 m od osnovne staze USS-e 10R/28L, a na zemlji je označen zastavicama. Za vrijeme odvijanja operacija na USS 10L/28R i 10R/28L, prostor za letenje zrakoplovnih modela je ograničen ovom udaljenošću i visinom od 100ft AGL.

Nalazi se između USS 10L/28R , staze za voženje A i helikopterske stajanke HRZ-a. Orijentacija prilaza i odleta je 103°-283° GEO.

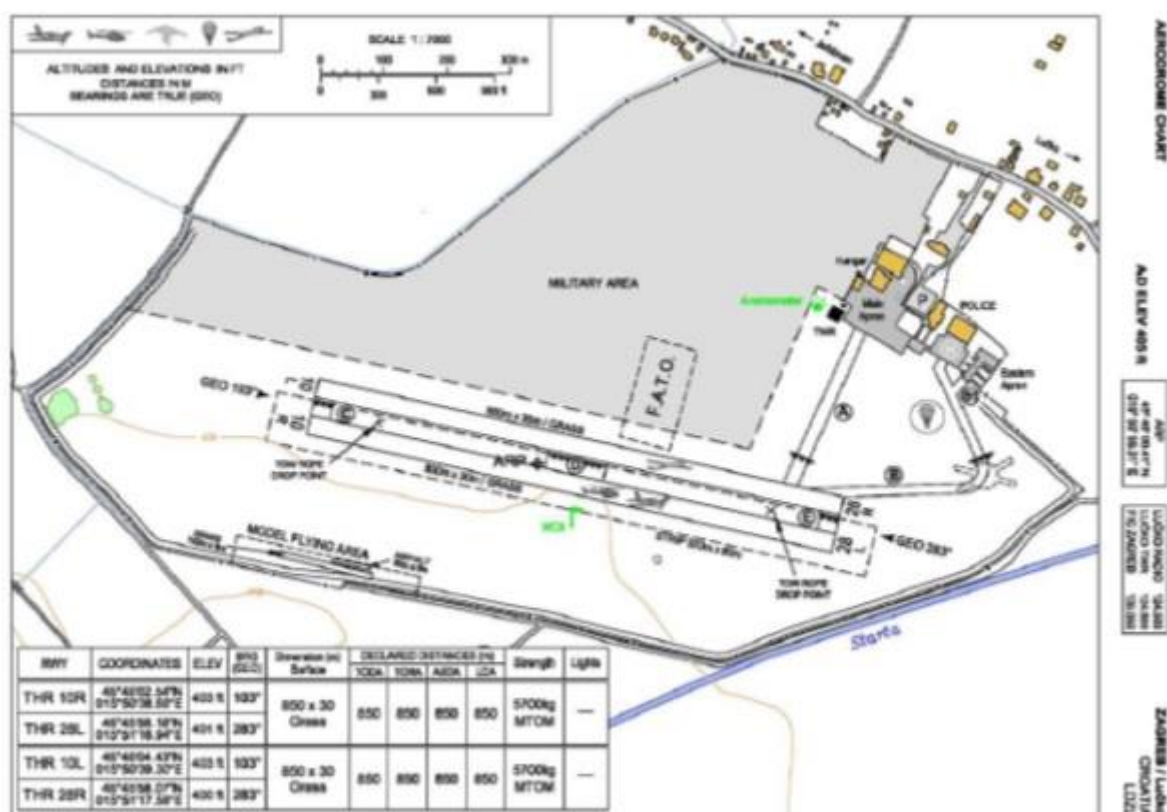
Lokacija stajanki na Aerodromu Lučko prikazana je na slici 12.



24

Karta aerodroma preuzeta iz VFR priručnika koja prikazuje operative površine Aerodroma Lučko prikazana je na slici 13. Na ovoj slici prikazan je položaj USS-a, FATO-a, staza za vožnju i stajanki i ostali bitni podaci kao što su:

- koordinate aerodromske referentne točke i pragova,
- objavljene duljine,
- nosivost USS-a,
- magnetska deklinacija i varijacija,
- mjerilo karte,
- radio frekvencije i
- preostale podatke koje osiguravaju letačkoj podaci kretanje po tlu.



Slika 13. Aerodromska karta Aerodroma Lučko na kojoj su prikazane operative površine

Izvor: VFR priručnik Republike Hrvatske

4.2. Zračni prostor Aerodroma Lučko

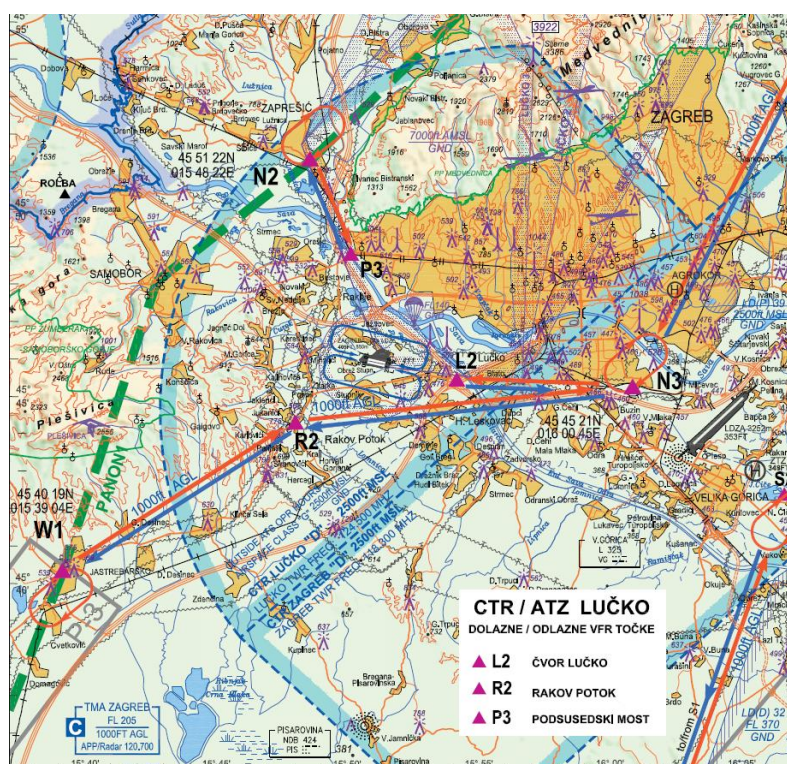
Zračni prostor aerodroma Lučko je kompleksna i heterogena cjelina zbog vrste prometa koji se odvija unutar tog prostora. Operacije koje se odvijaju unutar tog

prostora, naročito one koje se obavljaju istovremeno, mogu predstavljati pokretne prepreke drugim tipovima operacijama. Upravo zbog toga bitno je da se zračni prostor što jasnije definira te da se definiraju pravila odvijanja operacija unutar tog prostora.

4.2.1. Kontrolirana zona Lučko

U radno vrijeme Aerodromske kontrole zračnog prometa Lučko, kontrolirana zona (engl. Control zone – CTR) Lučko obuhvaća prostor koji se svojim jugoistočnim dijelom naslanja na sjeverozapadnu granicu CTR-a Zagreb.

Ovaj prostor omeđen je sa sjeverozapadne strane lukom radijusa 18 km s centrom južno od naselja Botinec Stupnički, a s jugoistoka linijom Jankovička šuma (oko 3 km sjeveroistočno od ribnjaka Crna mlaka)- Dubrava (Križanje Avenije Dubrava i Grižanske ulice), a sa sjeveroistočne strane linijom Dubrava (Križanje Avenije Dubrava i Grižanske ulice)– vrh Sljemena (cca 1000 m sjeveroistočno od kote 1032 m). Visina CTR-a Lučko je od zemlje do 2500 ft iznad srednje razine mora (Above Mean Sea Level – AMSL). Klasa zračnog prostora „D“. CTR Lučko prikazan je na slici 14.



Slika 14. CTR aerodroma Lučko

Izvor: VFR priručnik Republike Hrvatske

4.2.2. Zona aerodromskog prometa

Izvan radnog vremena Aerodromske kontrole zračnog prometa Lučko aktivna je Zona aerodromskog prometa (ATZ) istih vertikalnih i lateralnih granica kao i CTR Lučko, klasa zračnog prostora „G“.

4.2.3. Pilotažne zone unutar CTR/ATZ Lučko

Unutar CTR-a i ATZ Lučko nalaze se školsko trenažne zone koje se koriste za obuku pilota zrakoplova, jedrilica i padobranaca u vizualnim meteorološkim uvjetima. Pilotažne zone za obuku preuzete iz *Operativne procedure Aerokluba Lučko* prikazane su u Tablici 2.

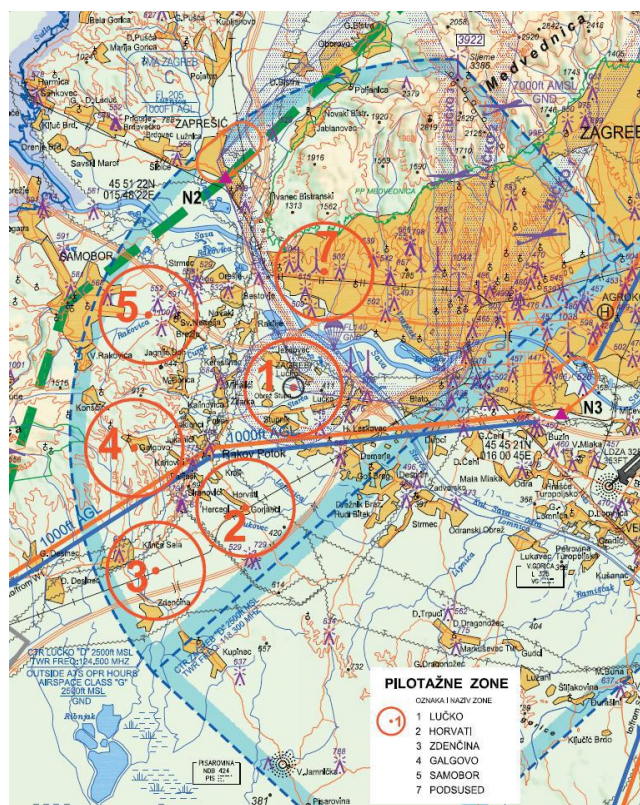
Tablica 2. Pilotažne zone za letenje zrakoplova, jedrilica i padobranska zona

Naziv zone	Centar zone u WGS84		Polumjer zone	Vertikalne granice	Namjena	Napomena
	ϕ	λ				
1 LUČKO	45 46 00N	015 50 55E	1.25 NM	2000-2500 ft AMSL	školsko-trenažna; zona Lučko se prvenstveno koristi za simulaciju otkaza motora	
2 HORVATI	45 42 54N	015 49 12E	1.25 NM	1000 FT AGL - 2500FT AMSL	školsko-trenažna	Ne koriste se izvan radnog vremena 3 AKZP Lučko
3 ZDENČINA	45 41 16N	015 45 56E	1.25 NM	1000 FT AGL - 2500FT AMSL	školsko-trenažna	
4 GALGOVO	45 44 25N	015 45 06E	1.25 NM	1000 FT AGL - 2500FT AMSL	školsko-trenažna	
5 SAMOBOR	45 47 51N	015 45 35E	1.25 NM	1000 FT AGL - 2500FT AMSL	školsko-trenažna	

Naziv zone	Centar zone u WGS84		Polumjer zone	Vertikalne granice	Namjena	Napomena
	ϕ	λ				
7 PODSUSED	45 49 00N	015 52 01E	1.25 NM	1000 FT AGL - 2500FT AMSL	školsko- trenažna	
PADOBRANSKA ZONA	Padobranska zona definirana je svojim lateralnim i vertikalnim granicama u AIP-u u ENR 5 dijelu kao PADOBRANSKA ZONA LUČKO					
ZONA JEDRILICA	Zone jedrilica definirane su svojim lateralnim i vertikalnim granicama u AIP-u u ENR 5 dijelu kao jedriličarske zone LUČKO 1, LUČKO 2 I LUČKO 3					

Izvor: VFR priručnik Republike Hrvatske

Slika 15 preuzeta je iz Naputka o korištenju aerodroma, a prikazuje pilotažne zone oko Aerodroma lučko. Ukupno je osam zona u kojoj se obavlja pilotaža. Prva pilotaža služi u procesu školovanja pri simulaciji otkaza motora. Pilotažne zone označene brojevima 2, 3, 4, 5, 6 i 7 su one u kojima se obavlja školsko trenažni procesi. Preostale dvije zone su posebno rezervirane za padobranske skokove i zone za jedrilice.



Slika 15. Pilotažne zone aerodroma Lučko

Izvor: VFR priručnik Republike Hrvatske

4.3. Organizacija letenja i ograničenja

Prema Pravilniku o letenju prednost kod obavljanja letova imaju jedrilice pa je tako i na Aerodromu Lučko. Obveza svih pilota je da budu upoznati s aktivnim i nadolazećim *NOTAM*-ima (engl. Notice to Airmen - *NOTAM*) prije nego započne let. Svi podatci o *NATAM*-ima i meteorološkim podacima dobivaju se kroz ARO i METO AD Zagreb.

Letenje u CTR-u

U radnom vremenu letenje u CTR se obavlja sukladno pravilima za kontroliranu zonu klase „D“ opisanim u važećim pravilnicima i uputama za rad Aerodromske kontrole zračne plovidbe (u daljnjem tekstu AKZP) Lučko. Pružaju se usluge KZP, prema svim važećim pravilima i propisima za CTR klase D. Piloti koji iz bilo kojeg razloga ne mogu postupiti po izdanom odobrenju ili uputi dužni su o tome neodložno izvijestiti nadležnog TWR KZP i zatražiti izmjenu odobrenja ili upute.

Letenje u ATZ-u

Izvan radnog vremena Aerodromske kontrole leta aktivna je Zona aerodromskog prometa (ATZ) u istim lateralnim i visinskim granicama i nalazi se u klasi „G“ zračnog prostora. U vremenu aktivne ATZ zone obveza pilota je da postupa u skladu s člankom 39. Pravilnika o letenju zrakoplova. Zbog raznovrsnih aktivnosti operator aerodroma će obavljati koordinaciju djelatnosti prema predanim planovima leta.

5. MODEL PROCJENE ODVIJANJA OPERACIJA ZRAKOPLOVA U BLIZINI ŠKOLSKIH AERODROMA

Model procjena odvijanja operacija zrakoplova ovisi o namjeni aerodroma. Kod odabranog primjera Aerodroma Lučko operacije koje se izvode na tom aerodromu su: vojne operacije, sportsko rekreacijskog letenja, padobranstva, jedriličarstva, aviomodelarstva i škola obuke pilota.

Vojne operacije se obavljaju po planu Ministarstva obrane Republike Hrvatske i Hrvatskog ratnog zrakoplovstva te protuzračne obrane. Sportsko rekreacijsko letenje, padobranstvo, jedriličarstvo, aviomodelarstvo se obavlja po uputama i priručniku zračne luke s koje se leti.

Škola obuke pilota obavlja se po unaprijed definiranom programu. Taj program ujedno može predstavljati i model procjene odvijanja operacija zrakoplova kod školskih aerodroma pri obuci pilota. Prema Pravilniku o uvjetima i načinu stjecanja, izdavanja, obnavljanja i produžavanja dozvole i ovlaštenja zrakoplovnom osoblju – pilotima aviona „procijene operacije zrakoplova su niz zadataka koje pilot kandidat obavlja. Njegova uspješnost letenja je subjektivna procjena instruktora koji procjenjuje sposobnost kandidata.

Elementi letenja koji se obavljaju u tom procesu su:

- a. Polijetanje,
- b. Slijetanje,
- c. Školski krug,
- d. Elementi rada u pilatožnoj zoni i
- e. Letenje po ruti¹⁸.

5.1. Polijetanje

Polijetanje je početna faza svakog leta, a podrazumijeva manevar kojim se zrakoplov prevodi iz mirovanja na tlu u gibanje zrakom, odnosno let¹⁹.

¹⁸ Lazić H. Postupci i razrada elementa program praktičnog školovanja na avionu u vizualnom letenju. Zagreb: Fakultet Prometnih Znanosti, 1999.

¹⁹ Vidović A. Elementi stabilnosti i upravljivosti zrakoplova. Predavanje iz kolegija Performanse leta 2020.

Ova operacija omogućava da se zrakoplov na siguran način odvoji od zemlje i nadvisi prepreke u neposrednoj blizini aerodroma, do dolaska na sigurnu visinu. Kod vizualnog školovanja provode se sljedeća polijetanja: standardno polijetanje, polijetanje s bočnim vjetrom, polijetanje s kratke staze i polijetanje s mekane staze. Standardno polijetanje je niz radnji koje se trebaju provesti da bi se izvršilo sigurno polijetanje. Polijetanje s bočnim vjetrom, polijetanje s kratke staze i polijetanje s mekane staze su postupci koji zahtijevaju dodatne vještine od polaznika da se sigurno izvrše.

5.2. Slijetanje

Slijetanje je završna faza svakog leta. Slijetanje je manevar kojim se zrakoplov prevodi iz leta zrakom u voženje po zemlji. Pri školovanju pilota provode se sljedeće operacije:

- a. standardno slijetanje,
- b. slijetanje s bočnim vjetrom,
- c. slijetanje s raznim stupnjevima zakrilaca,
- d. slijetanje na kratkoj stazi,
- e. slijetanje na mekanoj stazi,
- f. slijetanje s klizanjem i
- g. slijetanje s produženjem.

Standardno slijetanje podrazumijeva da se sa zrakoplovom uđe u pravac staze na visini minimalno 500 ft iznad terena. Prilaz i ravnanje podrazumijeva da zrakoplov dotakne USS-u približno 100 m od praga. Pri standardnom slijetanju kut prilaženja je približno 3°.

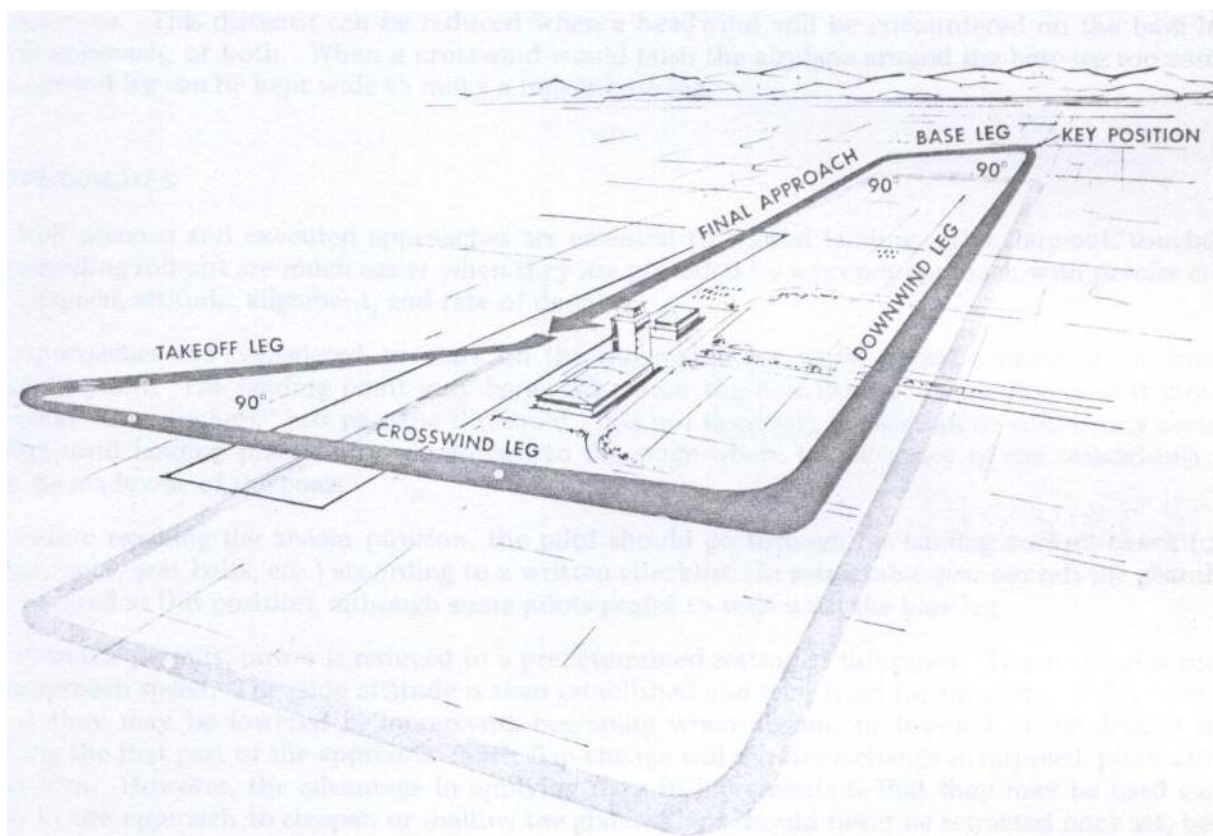
5.3. Školski krug

Školski krug je manevar zrakoplovom u kojem se studenti uče da zrakoplov, u slučaju otkaza motora, može u bilo kojem trenutku dosegnuti aerodrom osim u fazi početnog penjanja. Školski krug se sastoji od sljedećih osnovnih elementa¹⁸:

1. Polijetanje do okreta,
2. Prvi zaokret,

3. Let na visini 1000 ft iznad terena,
4. Drugi zaokret
5. Letenje niz vjetar
6. Dva zaokreta i
7. Završno prilaženje

Ilustracija jednog školskog kruga prikazan je slici 16.



Slika 16. Školski krug

Izvor: ECOS razrada manevara u VFR letenju. Zagreb, revizija 1, 2017

5.4. Elementi rada u pilatožnoj zoni

Rad u pilatožnoj zoni služi za uvježbavanje pilotskih i letačkih postupaka²⁰.
Elementi rada u zoni su:

- a. zaokreti s 20 i 30 ° nagiba

²⁰ ECOS razrada manevara u VFR letenju. Zagreb, revizija 1, 2017.

- b. oštri zaokreti 45° – 60° nagiba
- c. let na minimalnoj brzini
- d. prevlačenje s i bez gasa
- e. klizanje
- f. imitacija otkaza motora

Posebna pažnja je na:

- a. Održavanju aviona u granicama odobrene zone,
- b. Pridržavanju odobrene visine,
- c. Praćenju kretanja aviona u susjednim zonama i
- d. Pridržavanju elementa za uvođenje u manevre.

5.5. Letenje po ruti

Let po ruti odvija se u bližem području aerodroma unutar zadanih visina i nekoliko orijentira²¹. Priprema rute kod školske obuke odvija se kroz nekoliko faza:

- 1. Navigacijska priprema karte,
- 2. Proučavanje podataka o aerodromima na ruti,
- 3. Provjera meteorološke situacije,
- 4. Ispunjavanje plana leta,
- 5. Priprema aviona.

GIS aplikacije se često koriste pri letenju od planiranja do samog letanja.

²¹ Hrvatsko ratno zrakoplovstvo i protuzračna obrana. Pilotska škola

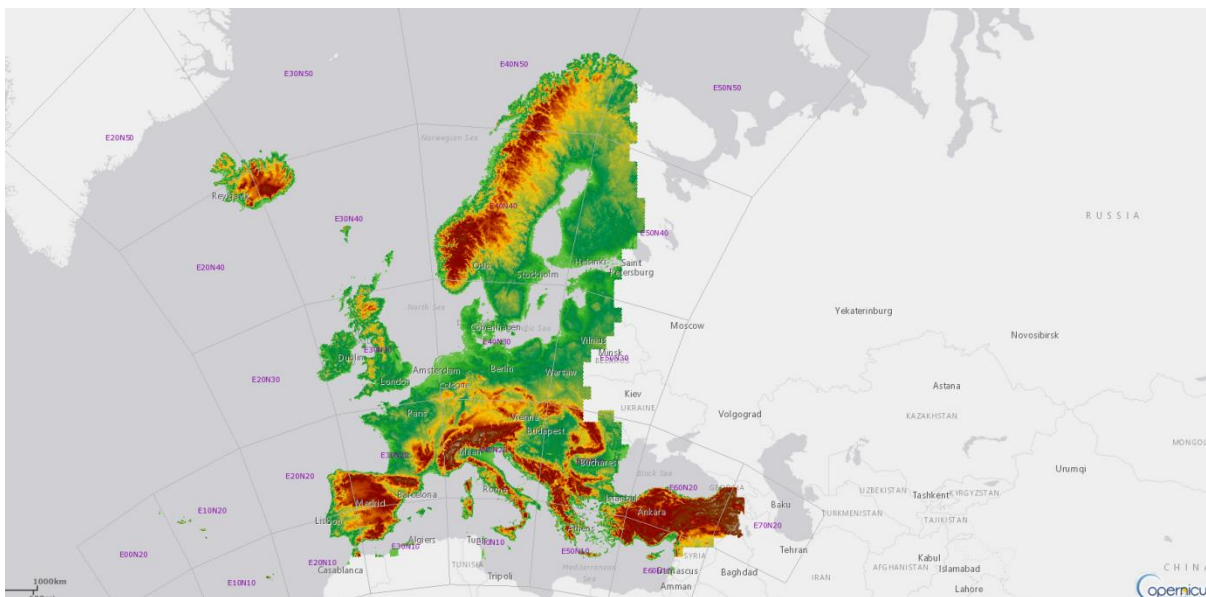
6. STUDIJA SLUČAJA

Za ovaj rad odabrana studija slučaja je Aerodrom Lučko i vježbe koje se izvode u nastavi na Fakultetu prometnih znanosti Zagreb u sklopu *dokumenta Postupci i razrada elementa programa letačkog osposobljavanja na avionu C-172 u VFR uvjetima*.

Ulazni podaci za obradu su gore navedeni dokument za osposobljavanje, interni dokumenti Aerodroma Lučko, objavljeni podaci o aerodromu i objavljeni podaci o preprekama. Dodatno za analizu prepreka koristit će se i digitalni model visina (u daljnjem tekstu DEM) *EU-DEM* od Europske agencije za okoliš (engl. European Environment Agency).

EU-DEM je digitalni model koji obuhvaća područje Europe i izrađen je u sklopu *Copernicus* programa. Ovakav model je 3D rasterski skup podataka s visinama snimljenim u rezoluciji 1 sekunde ili oko 30 m. EU-DEM je hibridni model dobiven iz ponderiranog prosjeka *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model* (ASTER GDEM) i *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) podataka. Položajni datum je ETRS89 (odgovara WGS84), a visinski datum je EVRS2000 koji koristi geoid Europski gravimetrijski model (engl. - EGG08). Podaci o EU-DEM objavljeni su u travnju 2016. Dostupan je na web stranici Europske agencije za okoliš ili Europske komisije. Globalna vertikalna točnost modela je ± 7 m ²². Preuzimanje EUDEM-a moguće je putem *Copernicus* servisa. Na tom servisu podaci su podijeljeni u rastere koji pokrivaju područje veličine 100x100 km, tj. u dvanaest regija kao što je prikazano na slici 17. Format preuzimanja podataka je 32-bitni GeoTIFF format.

²² Europska komisija. Preuzeto sa: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/elevation/eu-dem> [Pristupljeno: srpanj 2021]



Slika 17. Regije EU-DEM modela

Izvor: Europska komisija. Preuzeto sa: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/elevation/eu-dem> [Pristupljeno: srpanj 2021]

6.1. Objavljeni podaci o aerodromu Lučko

Osnovni podaci

Osnovni podaci o Aerodromu Lučko dani su u poglavlju ovog rada 4.

Referentni kod aerodroma

Referentni kod aerodroma čine dva elementa, broj i slovo, koji su utemeljeni na potrebnoj referentnoj duljini USS-e za mjerodavni zrakoplov i raspon krila mjerodavnog zrakoplova. Prema obavljenim podacima duljine USS-e, referentni kod Aerodroma Lučko je 2C.

Operativna površina aerodroma

U poglavlju 5.1. napisane su operativne površine Aerodroma Lučko.

Prema Zborniku zrakoplovnih informacija, operativnu površinu Aerodroma Lučko čine dvije USS-e duljine 850 m i širine 30 m, šest staza za vožnju, svaka širine 23 m te dvije stajanke.

WGS84 koordinate, ortometrijske visine pragova i referentne točke aerodroma preuzete iz VFR priručnika prikazane su u tablici 3.

Obje USS-e su neinstrumentalne i imaju samo vizualni prilaz.

Tablica 3. WGS84 koordinate i ortometrijske visine pragova i referentne točke aerodroma

Oznaka točke	WGS84		Nadmorska visina [ft]	Nadmorska visina [m]
	Φ	λ		
10L	45°46'04.43"N	015°50'39.30"E	403	122.83
28R	45°45'58.07"N	015°51'17.58"E	400	121.92
10R	45°46'02.54"N	015°50'38.66"E	403	122.83
28L	45°45'56.18"N	015°51'16.94"E	401	122.22
ARP	45°46'00.41"N	015°50'55.31"E	405	123.46

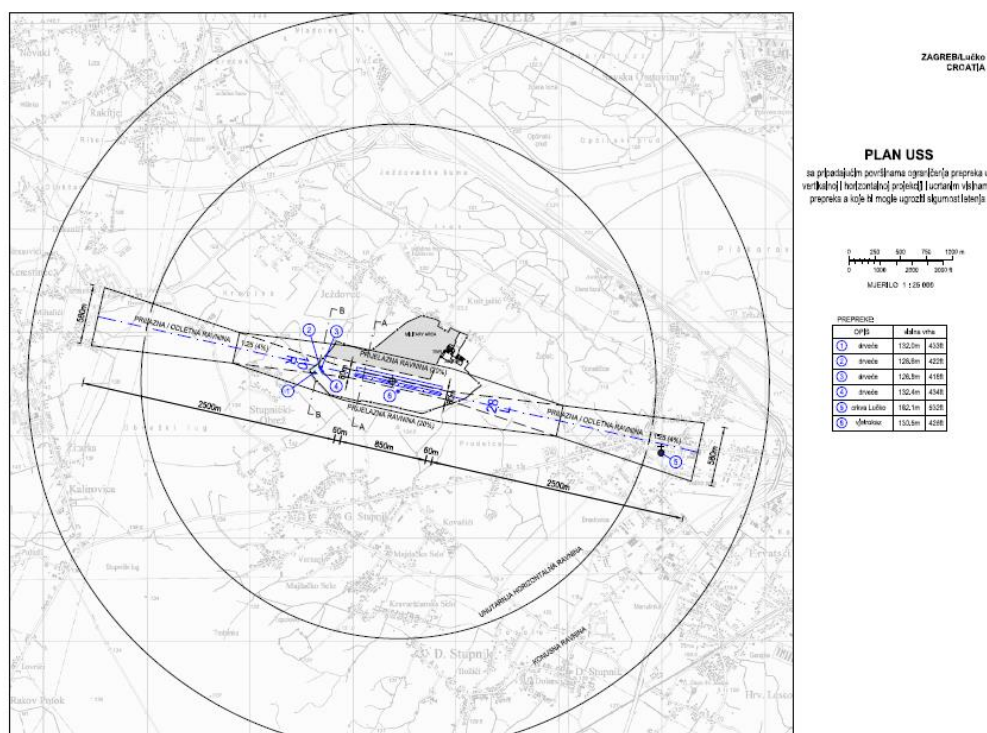
Izvor: VFR priručnik Republike Hrvatske

6.2. Prepreke na aerodromu Lučko

Podaci o preprekama u površinama s ograničenjem prepreka prikazani su u dokumentu *Naputak o korištenju aerodroma* u grafičkom dijelu *Plan USS-a* i *Aerodromskom priručniku* iz 2011. U ovom radu napravljena je i analiza prepreka za kartu aerodromskih prepreka ICAO tip A, a za tu analizu korišteni su EU-DEM i objavljeni podaci o aerodromu.

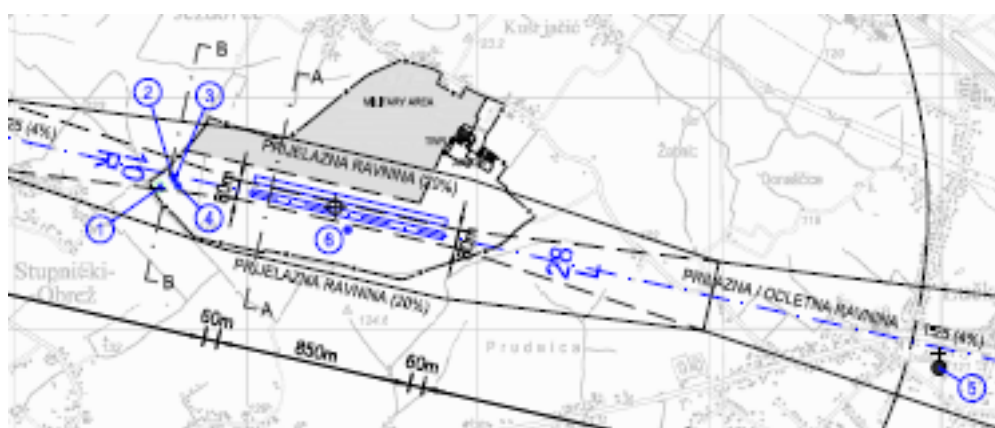
6.2.1. Objavljeni podaci o preprekama

U dokumentu *Aerodromski priručnik* iz 2011. objavljene su prepreke u površinama s ograničenjem prepreka, ukupno njih šest. Na slikama 18, 19 i 20 prikazane su površine s ograničenjem prepreka i prepreke unutar tih površina.



Slika 18. Površine s ograničenjem prepreka i pripadajuće prepreke
Izvor: Aerodromski priručnik iz 2011.

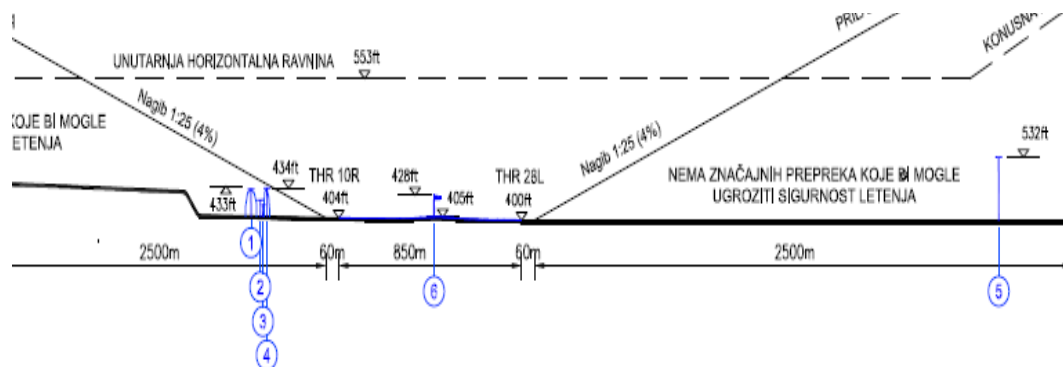
Slika 18. prikazuje granice definiranih površina s ograničenjem prepreka za Aerodrom Lučko i prepreke koje se nalaze unutar tih granica. Osim grafičkog prikaza lokacije prepreka, na ovoj slici je prikazana i tablica koja sadrži popis prepreka, njihove koordinate, visinu i vrstu prepreke. Na slici 19 prikazana je uvećana lokacija prepreka u okolini Aerodroma Lučko.



Slika 19. Prepreke označene plavom bojom u prilaznim, doletnim i prijelaznim površinama

Izvor: Aerodromski priručnik iz 2011.

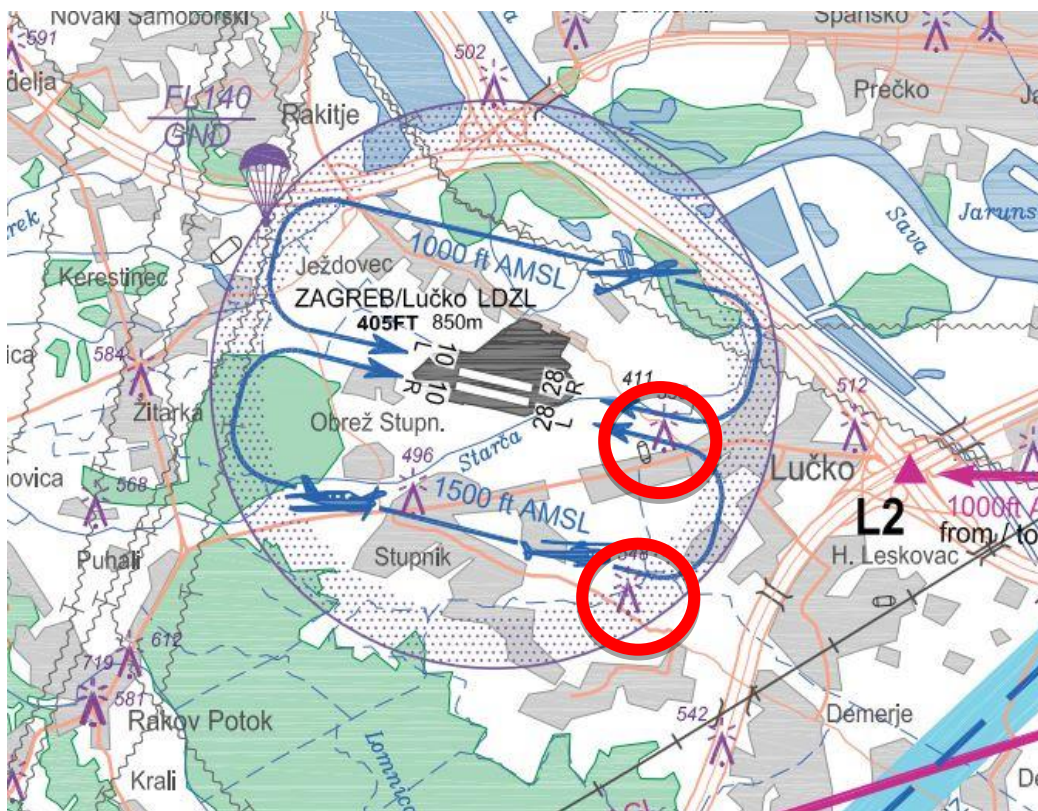
Na slici 20 je uzdužni profil USS-e, površina s ograničena prepreka i prepreka koje su prikazane na prethodnim slikama.



Slika 20. Uzdužni presjek sjeverne USS-e s prikazom prepreka

Izvor: Naputak o korištenju aerodroma

Dodatne dvije prepreke su obavljene na VFR karti u VFR priručniku koje su prikazane na slici 21. Ove dvije prepreke su osvjetljene te se nalaze uz sami rub školskih krugova koje se izvode na aerodromu.



Slika 21. Obavljene prepreke u VFR priručniku

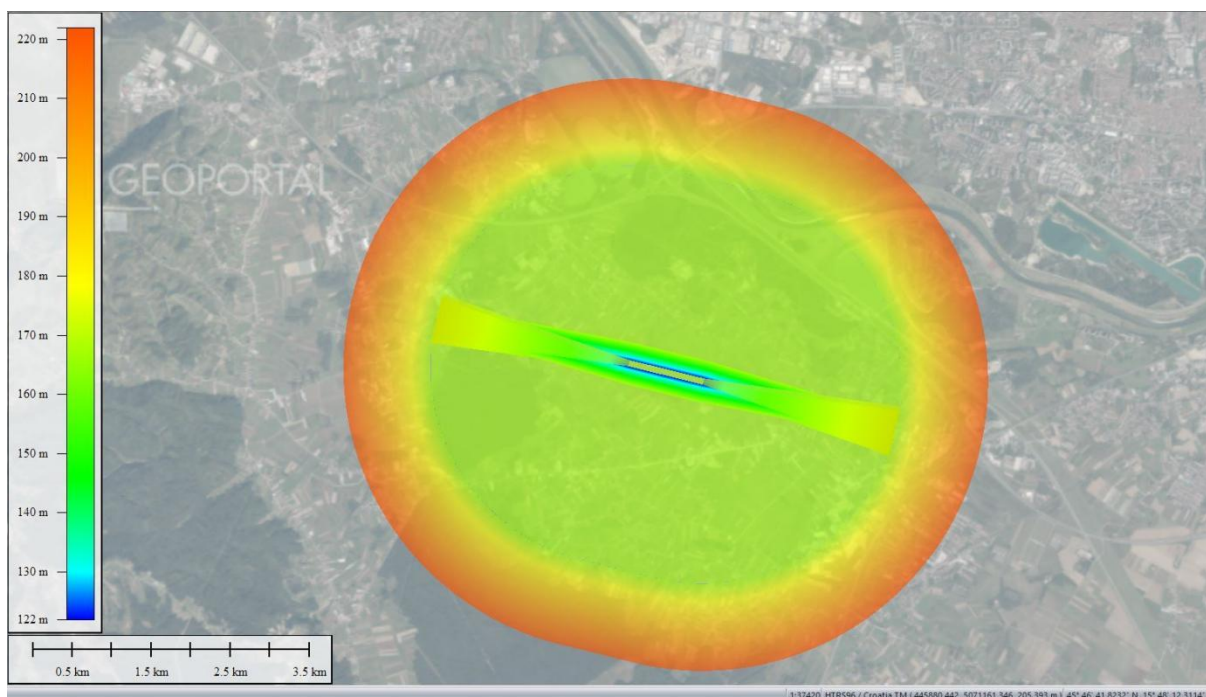
Izvor: VFR priručnik Republike Hrvatske

6.2.2. Površine s ograničenjem prepreka

Prema poglavlju 3.2. površine ograničenja prepreka koje trebaju biti uspostavljene za sve USS-e su:

- stožasta površina,
- unutarnja horizontalna površina,
- prilazne površine
- odletne i
- prijelazne površine.

Iz objavljenih podataka vidljivo je da je analiza površina s ograničenjem prepreka napravljena samo isključivo za sjevernu USS-u. U sklopu ovog rada izrađena je analiza za obje USS-e, a koja je pokazala da nema prisutnosti prepreka za obje USS-e. Izrađena analiza prikaza je na slici 22. Granice površine s ograničenjem prepreka konstruirane su prema zahtjevima iz Pravilnika o aerodromima i objavljenim podacima o aerodromu koji su bitni prilikom konstruiranja.



Slika 22. Analiza površina s ograničenjem prepreka Aerodroma Lučko

Izvor: Izradio autor prema dostupnim podacima

6.2.3. Aerodromska karta prepreka ICAO tip A

Kao što je navedeno u poglavlju 3.1. svaki operator aerodroma mora izraditi aerodromsku kartu prepreka ICAO tip A za postupak ishođenja Svjedodžbe. Za ovaj rad službena Aerodromska karta prepreka ICAO tip A nije bila dostupna, već je napravljena analiza prema objavljenim podacima u VFR priručniku, Naputku o korištenju aerodroma Lučko i digitalnom modelu EU-DEM.

Ova karta sadrži detaljne informacije o preprekama na područjima uzletnih putanja na aerodromima. Ona je prikazana u tlocrtu i presjeku. Takva informacija o preprekama daje podatke koji operatoru omogućavaju da postupa u skladu s operativnim ograničenjima ICAO Dodatak 6, dijela I i II, poglavlja 5²³.

Područje putanje polijetanja se sastoji od četverokutnog područja na površini Zemlje koje leži neposredno ispod, a simetrično iznad područja putanje polijetanja. To područje ima sljedeće karakteristike²⁴:

- započinje na kraju područja koje je objavljeno pogodnim za polijetanje (odnosno na kraju uzletno-sletne staze ili čistine, kako je primjereno);
- njegova širina na mjestu izvora je 180 m (600 ft) i ta širina se povećava po stopi od 0.25D do najviše 1 800 m (6 000 m), gdje je D udaljenost od točke izvora;
- proteže se do točke nakon koje prepreke ne postoje, ili na udaljenosti od 10.0 km (5,4 nm), ovisno o tome što je manje.

Na slici 23 prikazane su konstruirane granice putanje polijetanje za obje USS-e.

²³ VFR Priručnik. Preuzeto sa: <https://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/AIS%20produkti/eAIP/2021-07-15-AIRAC/html/eAIP/LD-GEN-3.2-hr-HR.html> [Pristupljeno: kolovoz 2021]

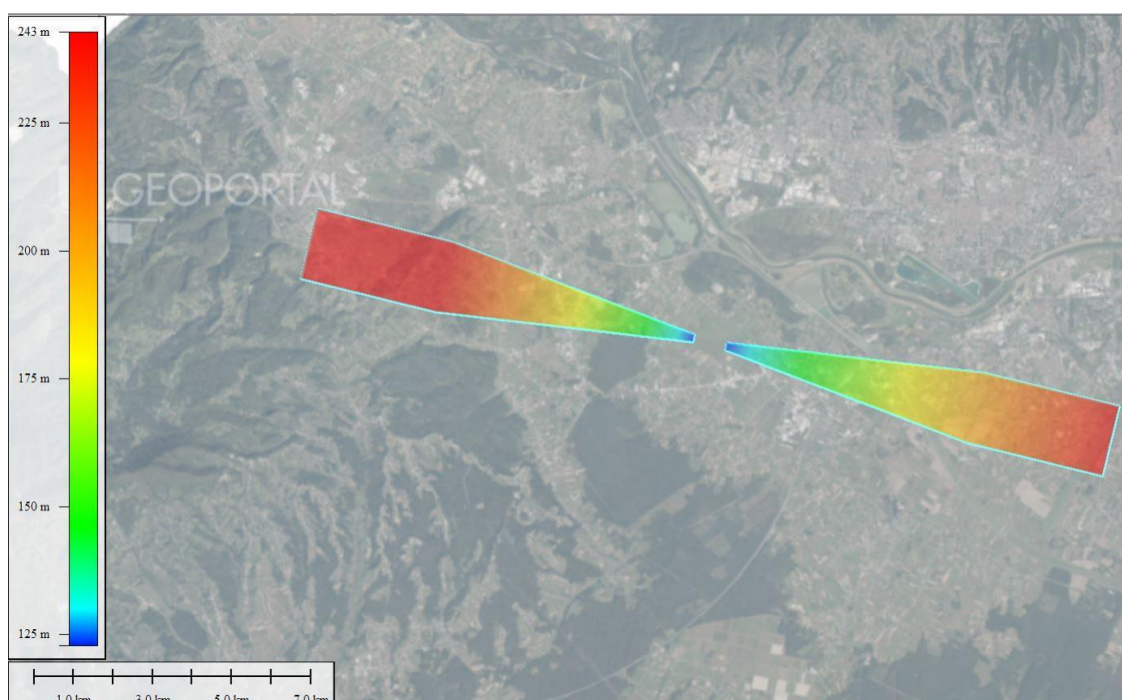
²⁴ Međunarodna organizacija civilnog zrakoplovstva. Dodatak 4 Zrakoplovne karte. Izdanje: 11. Kanada 2009.



Slika 23. Granica područja putanje polijetanja sjeverne i južne USS-e Aerodromske karte prepreka ICAO tip A

Izvor: Izradio autor prema dostupnim podacima

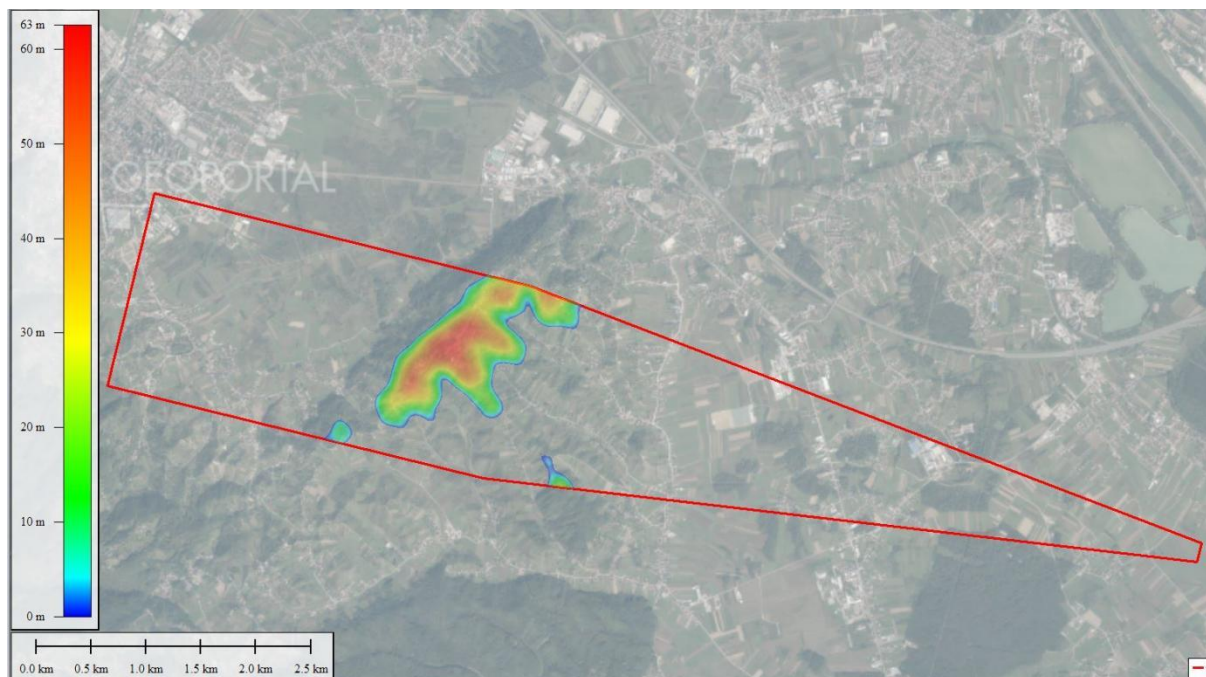
Na slici 24 prikazan je prirast visina za područje putanje polijetanje konstruirano prema zahtjevima za kartu prepreka ICAO tip A.



Slika 24. Visina područja putanje polijetanje južne USS-e

Izvor: Izradio autor prema dostupnim podacima

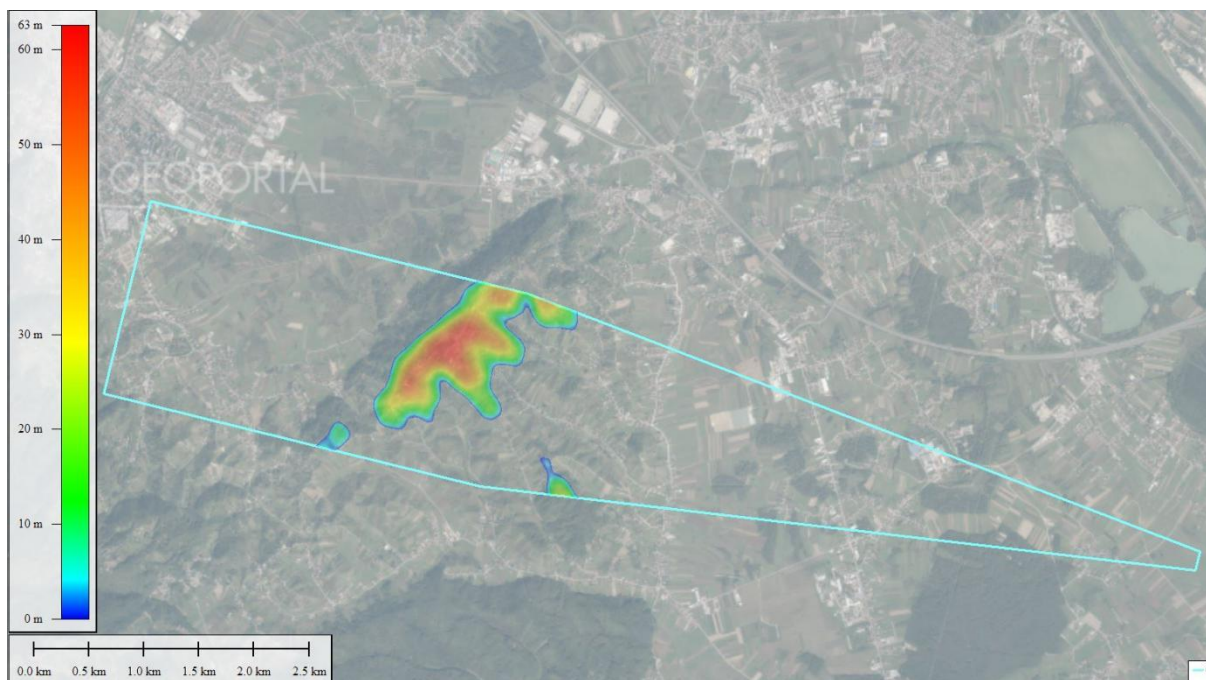
Analiza područja putanje polijetanje i EU-DEM-a napravljena je za sjevernu i južnu USS-u uz pomoć programa Global Mapper. Rezultati analize su prikazani u slikama 26 i 27.



Slika 25. Analiza prepreka za područje putanje polijetanje sjeverne USS-e

Izvor: Izvor: Izradio autor prema dostupnim podacima

Iz analize za sjevernu USS-u proizlazi da postoje tri područja s preprekama koja su prikazana na slici 25. Ta tri područja prikazana su skalom boje od plave najniže visine do crvene najviše visine koja nadvisuje područje putanje polijetanja sjeverne USS-e. Ova područja nalaze se na oko 6 km od kraja USS-e. Najviše nadvišenje područja putanje polijetanja dobiveno ovom analizom je 63 m. Osim područja nadvišenja crvenom bojom prikazana je granica područja putanje polijetanja sjeverne USS-e.



Slika 26. Analiza prepreka za područje putanje polijetanje južne USS-e

Izvor: Izradio autor prema dostupnim podacima

Slika 26. prikazuje analizu prepreka za područje putanje polijetanja južne USS-e. Ovo područje identično je području za sjevernu USS-u, odnosno analiza je pokazala da postoje tri područja s preprekama. Ta tri područja prikazana su skalom boje od plave najniže visine do crvene najviše visine koja nadvisuje područje putanje polijetanja južne USS-e. Ova područja nalaze se na oko 6 km od kraja USS-e. Najviše nadvišenje područja putanje polijetanja dobiveno ovom analizom je također 63 m. Osim područja nadvišenja *cyan* bojom prikazana je granica područja putanje polijetanja južne USS-u.

6.3. Analiza operacija školske pilotaže uz pomoć GIS programa

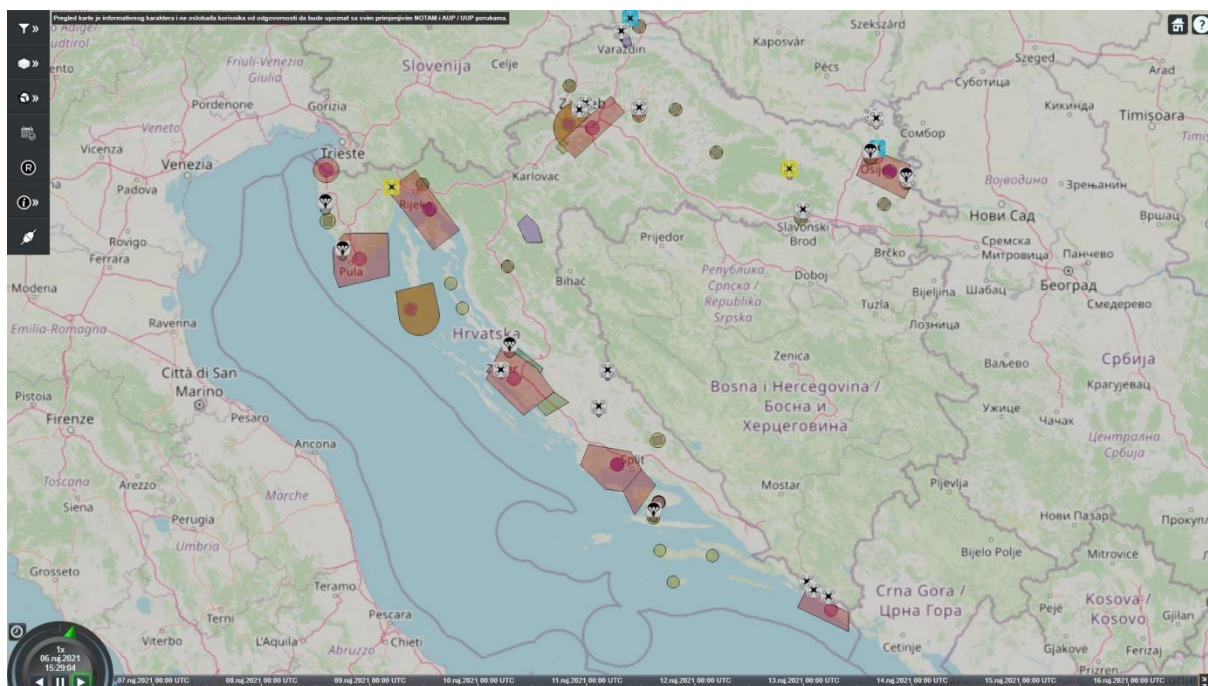
Na Aerodromu Lučko operacije letenja su kompleksan proces, a razlog tome je heterogenost dozvoljenih operacija. U prethodnom poglavlju navedeno da je da na tom aerodromu leti se s motornim zrakoplovima, jedrilicama, modelarima, bespilotnim zrakoplovima i vojska s helikopterima, te se obavlja obuka pilota i padobranski skokovi. Obveza svakog pilota je da bude upoznat sa svim važećim podacima NOTAM-ima prije leta, Pravilnikom o letenju zrakoplova i prometom koji se odvija na

aerodromu. Tim više što zračni prostor oko Aerodroma Lučko se mijenja.

Zračni prostor u radnom vremenu kontrole leta CRT Lučko je kontrolirani zračni prostor klase D i tada se letenje obavlja prema pravilima za tu klasu. Odnosno kada je ta klasa aktivna, aerodromska kontrola Lučko daje odobrenje, uputu i informaciju pilotu za njegove namjeravane manevre. Izvan rada vremena te kontrole aktivna je Zona aerodromskog prometa i nalazi se u klasi zračnog prostora G. Tada se letovi obavljaju prema Pravilniku o letenju zrakoplova. S obzirom na to da je raznovrsnost prometa na tom području izražena, GIS aplikacija bi mogla uvelike pomoći pri koordinaciji letenja na tom području, ali i analizi operacija koje se odvijaju na tom području.

Jedno od takvih rješenja je i portal Jedinica za upravljanje zračnim prostorom (engl. Airspace Management Cell – AMC). Ta WEB platforma sadrži i GIS aplikaciju jer povezuje prostorne i neprostorne podatke na različitim podlogama i kartama, a sadržaj je promjenjiv u vremenu. AMC jedinica je civilno-vojna fokusna točka, nadležna za dnevno upravljanje zračnim prostorom pod nadležnošću Republike Hrvatske, a ustrojena je u pružatelju usluga u zračnoj plovidbi – Hrvatskoj kontroli zračne plovidbe d.o.o. (HKZP). Ovaj Portal zamišljen je kao alat za objavu informacija o rezervacijama struktura u zračnom prostoru krajnjim korisnicima, ali i kao alat koji će omogućiti svim registriranim korisnicima da zračni prostor upotrebljavaju za namjeravane operacije, kao i za komunikaciju s Jedinicom za upravljanje zračnim prostorom²⁵. Dio WEB platforme AMC portala prikazana je na slici 27.

²⁵ WEB portal Jedinice za upravljanje zračnom plovidbom. Preuzeto sa: <https://amc.crocontrol.hr/> [Pristupljeno: kolovoz 2021]



Slika 27. AMC portal s pregledom rezervacija
 Izvor: <https://amc.crocontrol.hr/> [Pristupljeno: rujan 2021.]

Piloti na daljinu (pilot bespilotnog zrakoplova) AMC portal koriste kao alat za rezervaciju zračnog prostora, kako bi bili sigurni da se druge letjelice, ali i zrakoplovi neće se naći u prostoru u kojem se obavlja let s bespilotnim zrakoplovima.

S obzirom na to da je AMC portal zamišljen samo za registrirane korisnike tj. pilote i za jedinicu koja upravlja zračnim prostorom, za analizu operacija i prepreke pokazat će se korištenje Global Mapper programa.

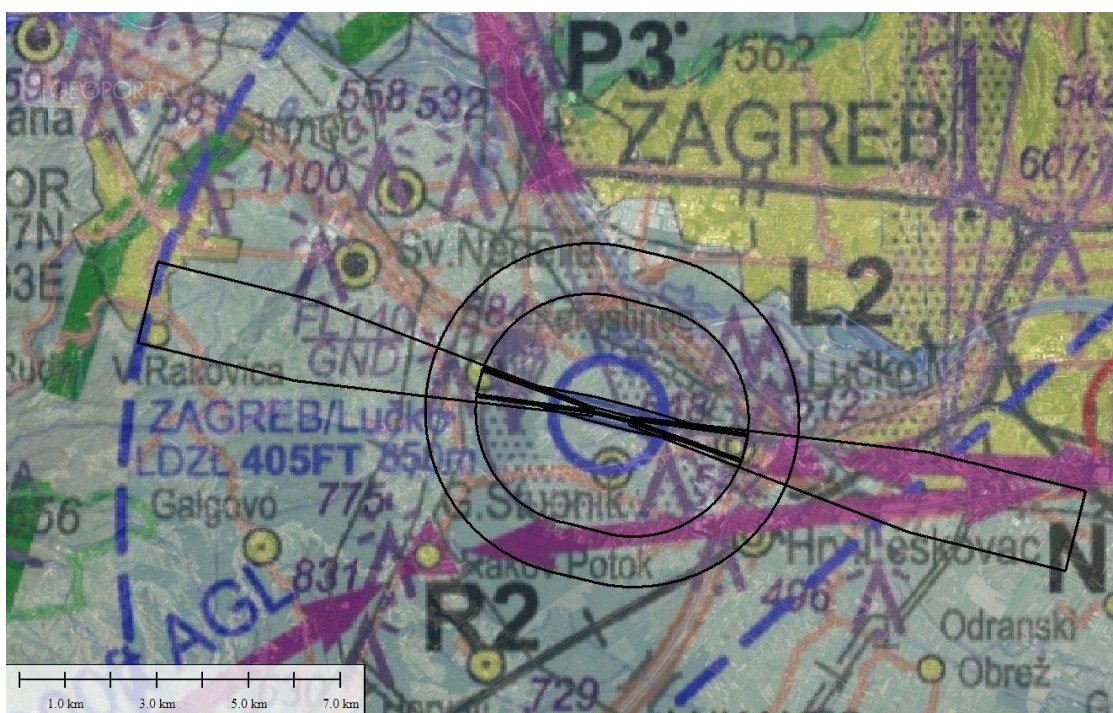
GIS programi, kako je prije navedeno, su alati koji podržavaju razne formate podataka te se ti podaci mogu objedinjavati. Navedeni podaci mogu biti geopozicionirani ili se mogu povezati s postojećim prostornim podacima. Za ovaj rad u GIS aplikaciju Global Mapper uvezeni su sljedeći dostupni podaci:

- Aerodromska karta Aerodroma Lučko,
- Digitalna ortofoto karta mjerila 1:5000,
- VFR karta,
- Pilotažne zone Aerodroma Lučko iz VFR priručnika,
- Karta aerodromskih prepreka ICAO tip A (konstruirana u prethodnom

poglavlju),

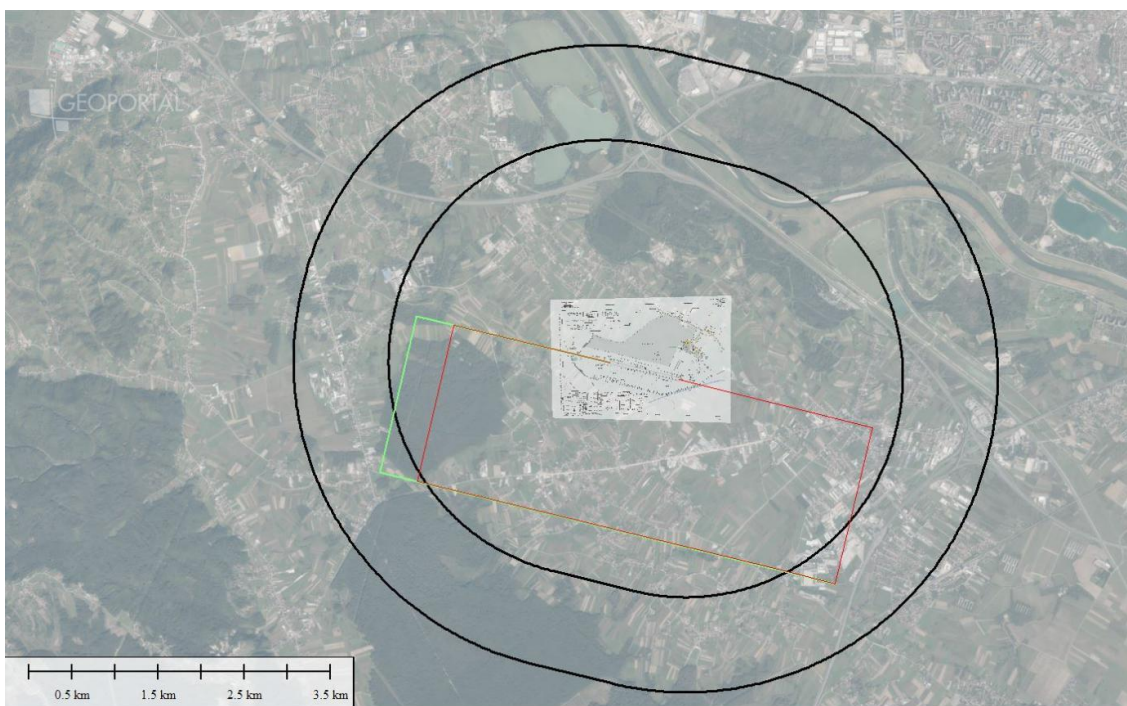
- Površine s ograničenjem prepreka (iz Aerodromskog priručnika),
- Elementi letenja iz dokumenta Postupci i razrada elementa program praktičnog školovanja na avionu u vizualnom letenju i to:
 - o Polijetanje,
 - o Slijetanje
 - o Školski krug.
- Prepreke iz VFR priručnika.

Na slikama 28 i 29 prikazani su objedinjeni podaci kao što su: VFR karta, aerodromska karta Lučko, zona školskog kruga, površine s ograničenjem prepreka i područje putanje polijetanja iz aerodromske karte prepreka ICAO tip A. Dodatna prednost korištenja ovog programa je što se mogu analizirati prepreke za pojedine faze leta ili prepreke koje su prisutne u površinama s ograničenjem prepreka.



Slika 28. Korištenje DOF-a, VFR karte, Pilotažne zone aerodroma Lučko, Površine s ograničenjem prepreka i AOC granice područja putanje polijetanja

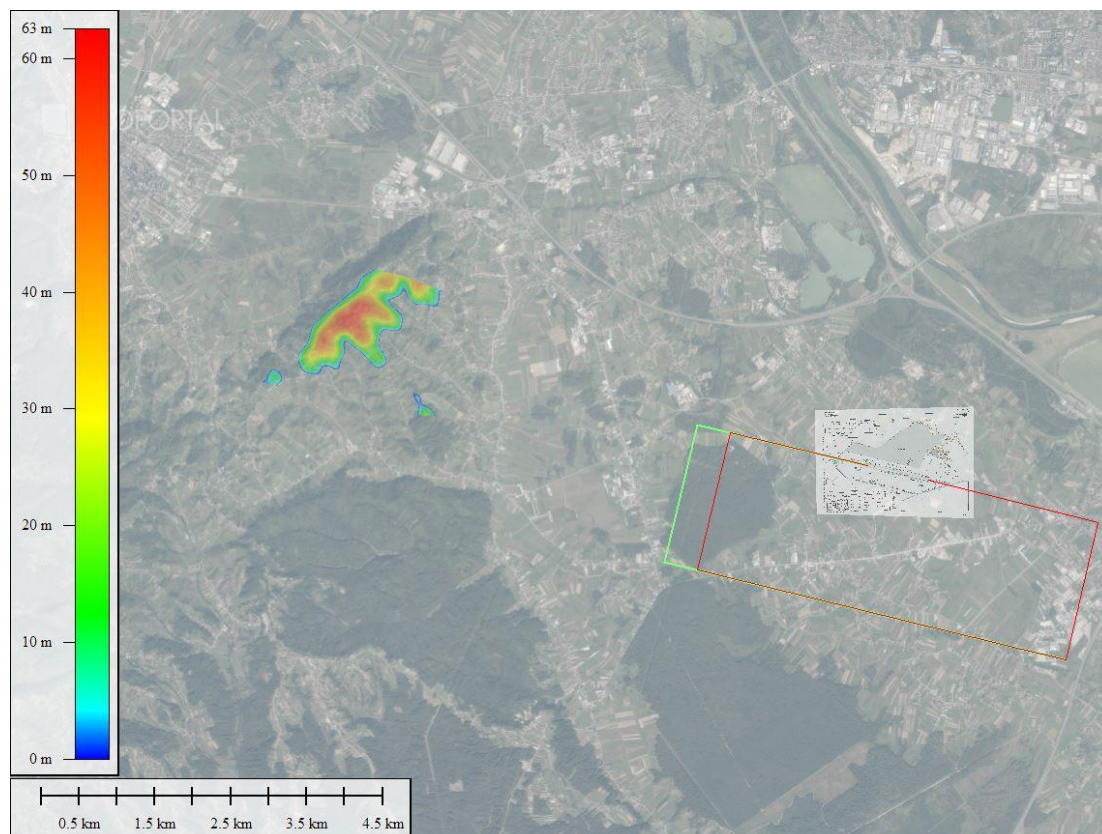
Izvor: Izradio autor prema dostupnim podacima



Slika 29. Aerodromska karta, Školski krug crvenom i zelenom bojom, unutarnja horizontalna i stožasta površina

Izvor: Izradio autor prema dostupnim podacima

Na slici 30. prikazana su područja prisutnosti prepreka u aerodromskim kartama prepreka ICAO tipa A i lokacija školskih krugova (zeleni i crveni kvadrat). Ovakav način analiziranja operacija kod školskih aerodroma najviše instruktoru može pridonijeti u povećanju sigurnosti obavljanja namjeravanih letova. Ako se koriste podaci iz objavljene karte prepreka, podaci o površini ograničenja prepreka i element leta školskog kruga, prije samog leta instruktor može provjeriti hoće li biti prepreka u toj operaciji te odlučiti da li je ta operacija sigurna ili će trebati mijenjati određeni element leta s obzirom na to što će biti pokazano analizom. Instruktor, korištenjem podataka iz karte prepreka, podataka o površini ograničenja prepreka te elemenata leta školskog kruga, prije polijetanja može provjeriti hoće li morati mijenjati element operacije.



Slika 30. primjer analiziranja operacija zrakoplova za namjeravani školski krug i prepreke koje se nalaze u karti prepreka ICAO tip A
Izvor: Izradio autor prema dostupnim podacima

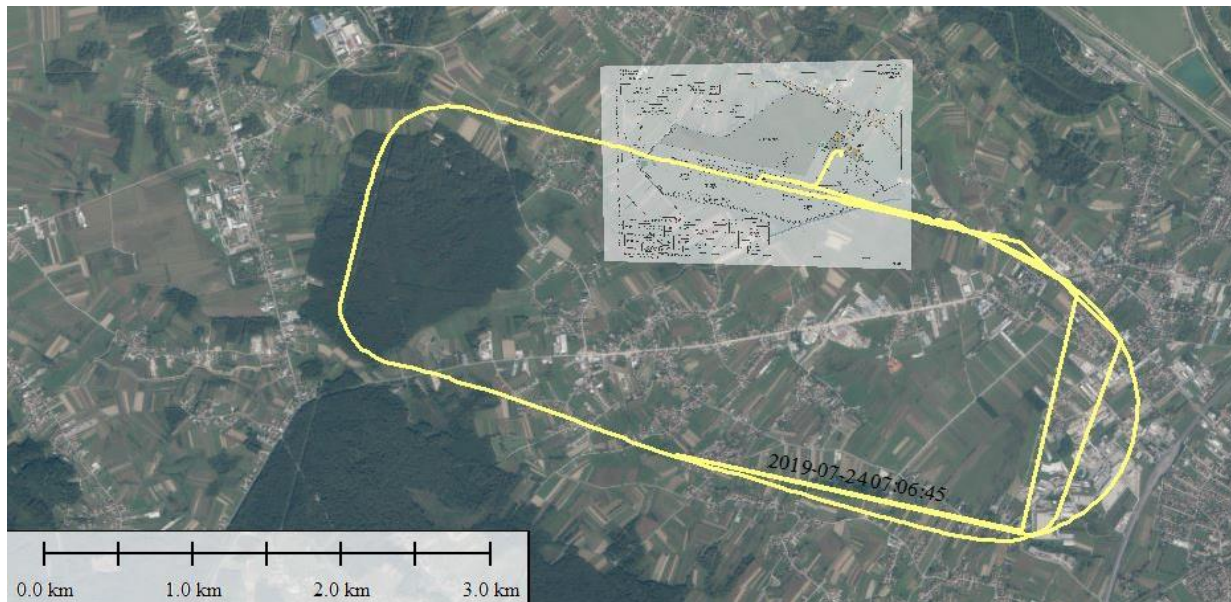
6.4. Model procjene odvijanja letnih procedura

U prethodnom poglavlju prikazane su prednosti korištenja GIS aplikacije pri analizi operacije letnih procedura. U ovom poglavlju bit će prikazan model procjene odvijanja letnih procedura pri školovanju pilota uz pomoć GIS aplikacije Global Mapper. Podaci koji su se koristili u ovom poglavlju su iz dokumenta Postupci i razrada elemenata program letačkog osoblja na avionu C-172 u VFR uvjetima, prepreke koje su objavljene u VFR priručniku, površine s ograničenjem prepreka, analiza napravljena za aerodromske karte prepreka te GNSS trajektorije dobivene iz zrakoplova prilikom obuke.

Dostavljene GNSS trajektorije su nastale tijekom obuke pilota pri čemu su, uz pomoć GNSS prijemnika, zapisane u obliku gpx. GPX format podatka je standardni format razmjene GNSS podataka, koji sadrži zapise o lokaciji među-točaka (engl. Waypoint), nadmorskoj visini i sl. Ovako zapisana trajektorija ima metarsku točnost.

7.4.1. Školski krug

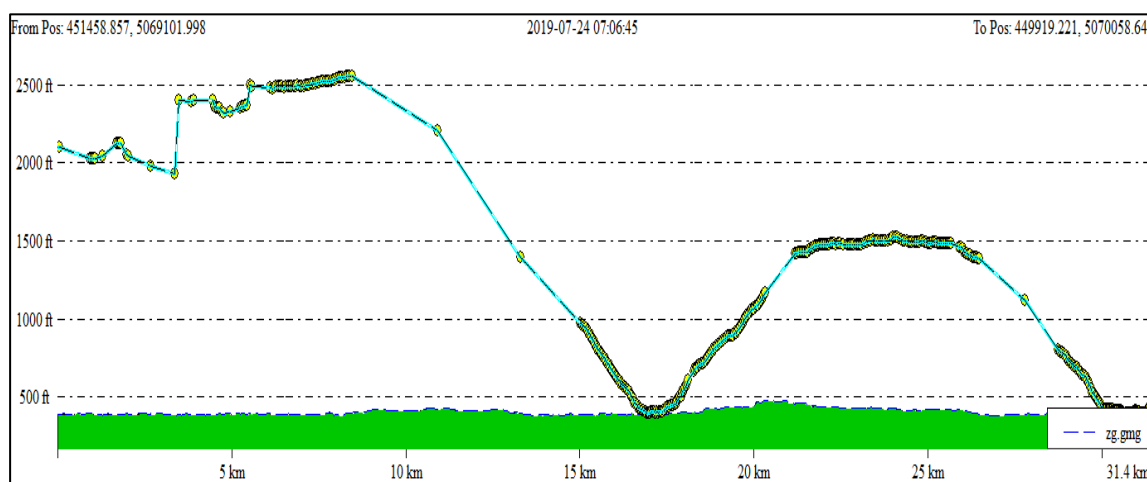
Elementi školskog kruga objašnjeni su u poglavlju 5.3. U ovom poglavlju analizirani su letovi instruktora i studenta. Prvi promatrani slučaj je prilikom obavljanja leta instruktora. Njegov let izvršen je 2019. te je prikazana na slici 31.



Slika 31. Školski krug instruktora obavljen 2019. na aerodromu Lučko

Izvor: Izradio autor prema dostupnim podacima

Prema poglavlju 6.3. visina koja je trebala biti je 1000 ft iznad terena. Analiza EU-DEM modela i putanje instruktora prikazane je na slici 32. Iz tog profila uočljivo je da od 15 km pa 31 km instruktor letio na visini oko 1000 ft iznad terena te odgovara zadanim zahtjevima, a prvi dio leta od 0 do 15 km je letio na visini između 1000 ft i 2000 ft što je znatno više od zadanog.

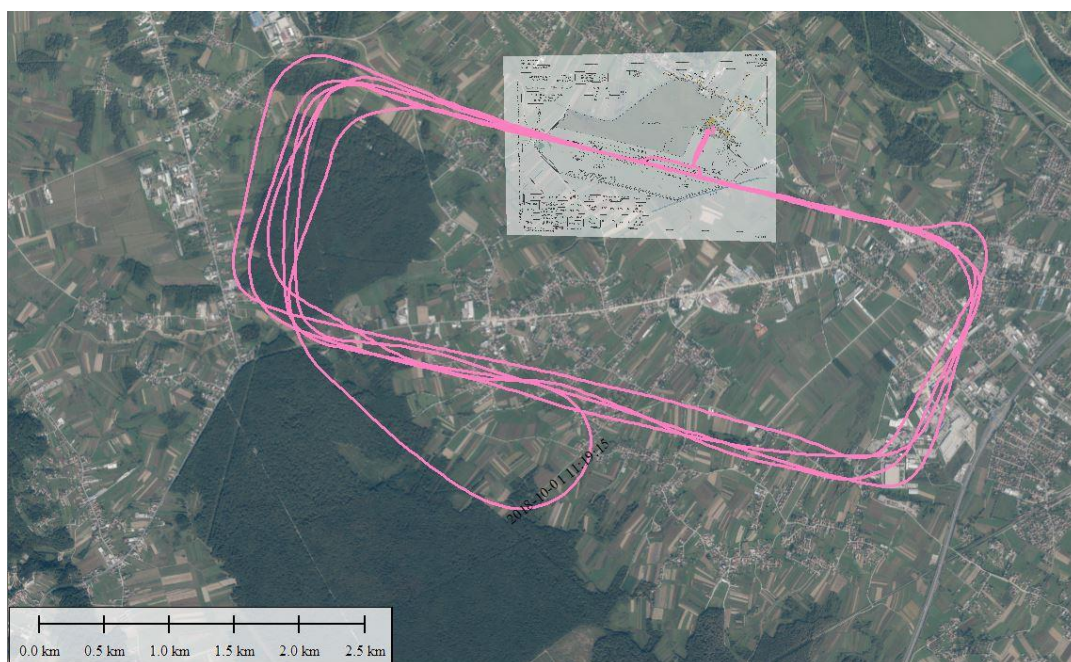


Slika 32. Profil putanje školskog kruga instruktora

Izvor: Izradio autor prema dostupnim podacima

S obzirom na to da instruktor tijekom vježbe i polaganja ispita subjektivno procjenjuje odvijanje operacija, uz pomoć GIS alata, instruktor bi si mogao pomoći da što bolje procijeni promatrani element. Pogrešna visina leta instruktora sigurno bi i kod subjektivne metode bila jasan pokazatelj da nije zadovoljen zadani kriterij u pogledu visine, ali ovom metodologijom bi se arhivirao da taj kriterij nije zadovoljen.

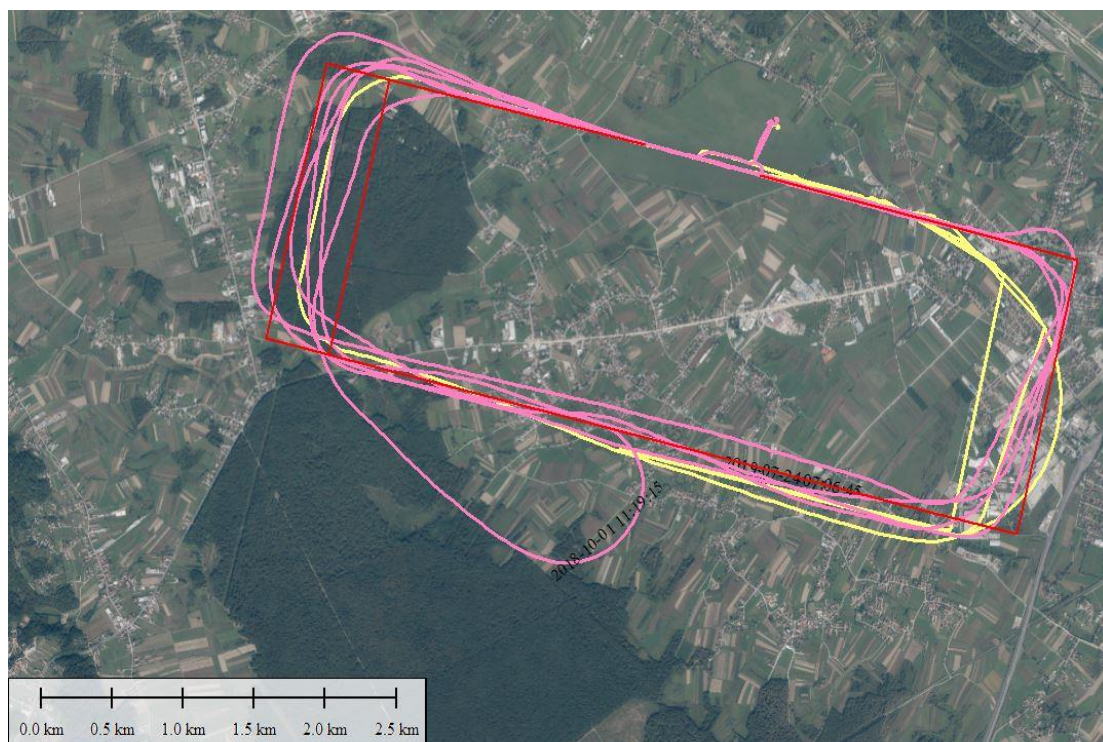
Na drugom odabranom slučaju analizirane su GNSS trajektorije po kojima je student letio. Snimljene trajektorije leta studenta u njegovim lateralnim granicama prikazane su na slici 33.



Slika 33. Školski krug kojeg je student odletio

Izvor: Izradio autor prema dostupnim podacima

Kako bi se procijenile lateralne putanje kojima je student odletio, na sljedećoj slici žutom bojom je prikazana trajektorija od instruktora, roza bojom od studenta i idealna ili teorijska putanja crvenom bojom (konstruirana prema uputama instruktora).

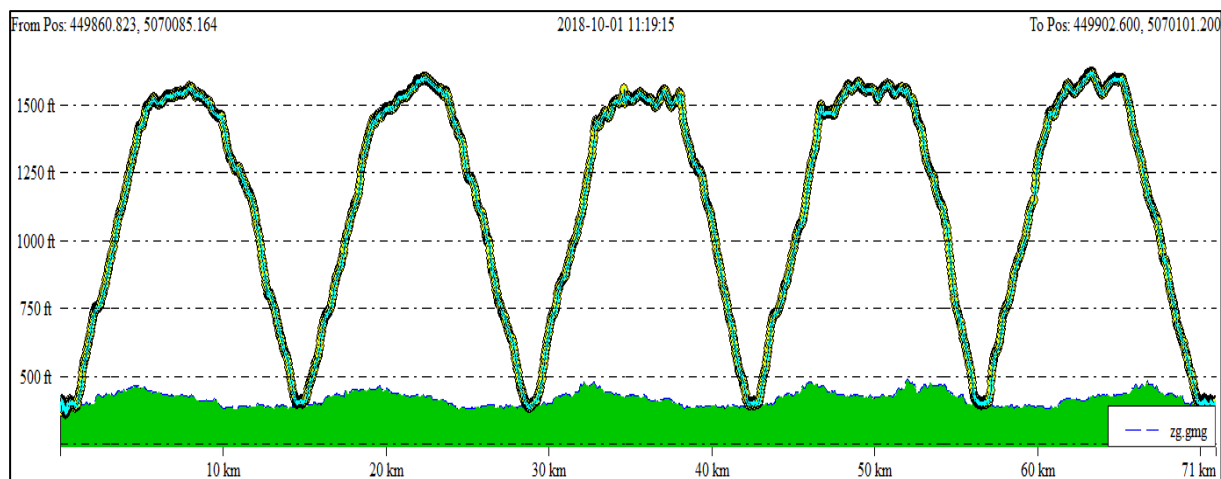


Slika 34. Putanja odleta studenta (roza boja) i instruktora (žuta boja) te idealni školski krug (crvena boja)

Izvor: Izradio autor prema dostupnim podacima

Iz slike 34 vidljivo je da se studentova putanja većim dijelom poklapa s putanjom od instruktora i idealnom putanjom leta. Ovakvim načinom instruktor može procijeniti je li uspješnost leta bila zadovoljena ili korigirati dijelove u kojima je student odstupao od idealne putanje.

Drugi dio koji je provjeravan je visina leta. Visina leta školskog kruga je predefinirani dio. Da bi se potvrdila uspješnost, dodatno je provjerena i visina leta te je ta analiza prikazana na slici 35.

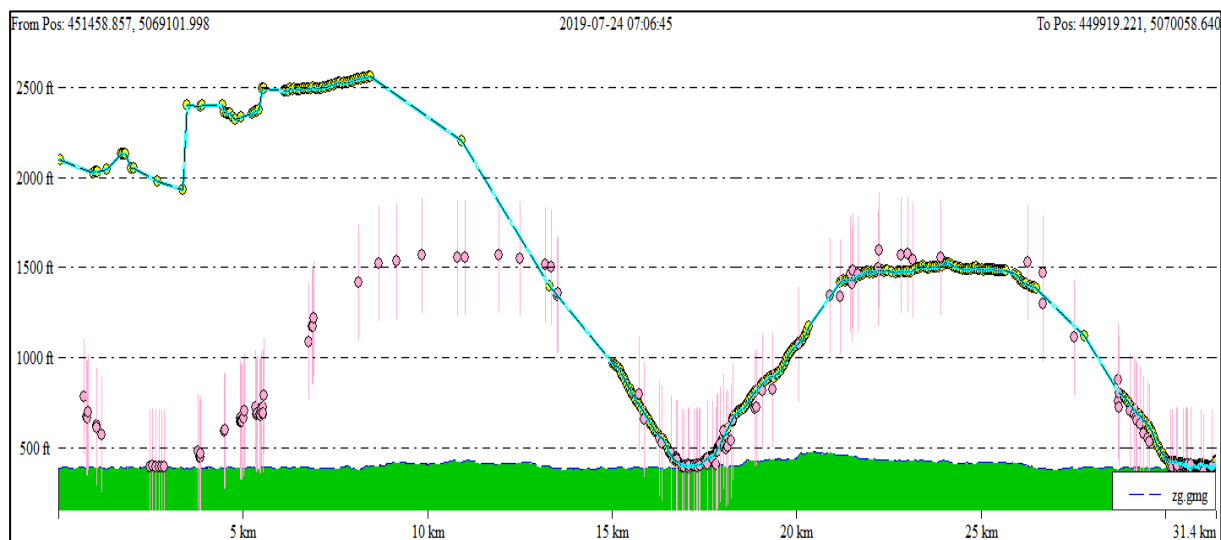


Slika 35. Profil školskog kruga kojeg je odletio student

Izvor: Izradio autor prema dostupnim podacima

Na slici 35 prikazana je analiza i profil školskog kruga prema kojem je student letio. Prema toj slici student je odletio ukupno pet letova i svih pet letova su bili oko 1000 ft iznad terena, kako je i zadano za tu vježbu.

Uspješnost odvijanja leta studenta tj. njegova vještina da leti 100 ft iznad terena, kompariran je njegov let s letom instruktora. Ta usporedba je pokazala da je student od 15 km pratio dobrim dijelom jednaku visinu kao i instruktor, uz minimalna odstupanja. Komparacija studenta i instruktora prikazana je na slici 36, s roza točkama prikazan je let studenta, a cyan linijom instruktorov let.



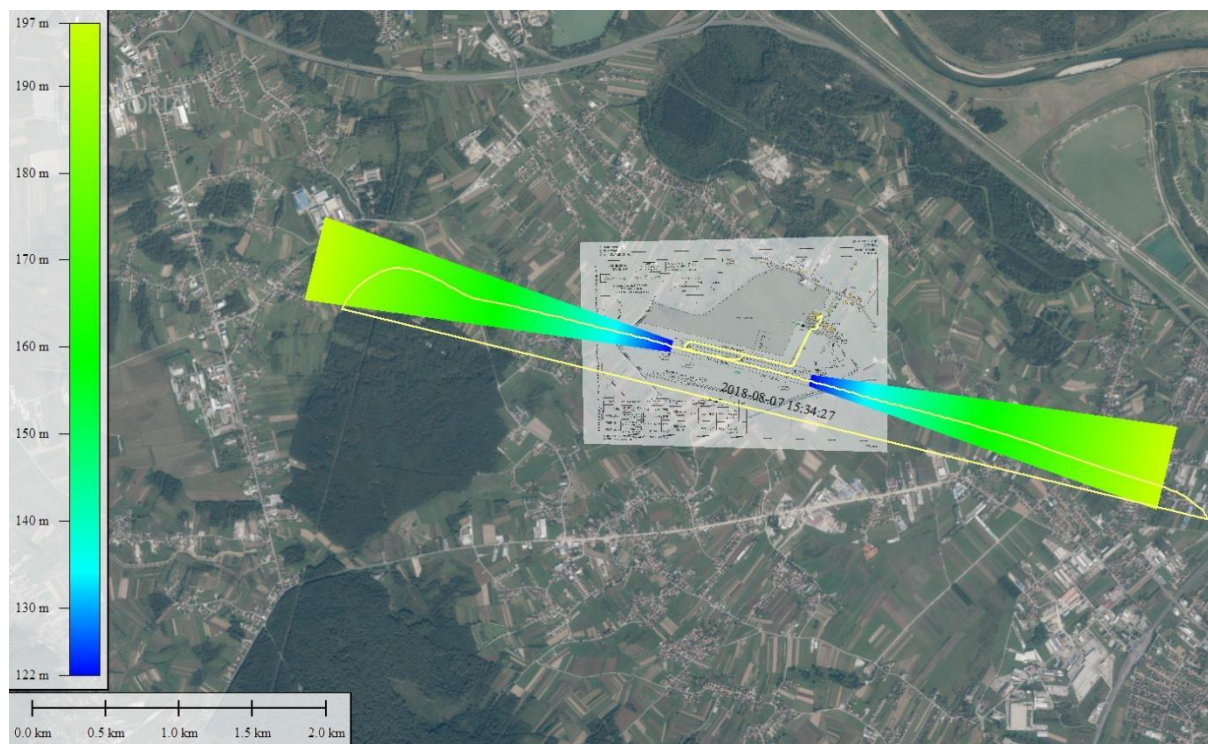
Slika 36. Kombinacija profila leta instruktora i studenta

Izvor: Izradio autor prema dostupnim podacima

7.4.2. Slijetanje i polijetanje

Elementi slijetanja i polijetanja objašnjeni su u poglavljima 5.1 i 5.2. U ovom poglavlju analizirani su letovi studenta te je dodatno uključena i površina s ograničenjem prepreka prilazne i odletne površine.

Prvo što je procijenjeno je lateralna putanja koju je student odletio. Na slici 37 žutom bojom je prikazan trajektoriji od leta, a od plave do žute boje prikazana je prilazna i odletna površina (s lijeve strane dodana je skala boja koja je povezana s visinama). Iz ovog trajektorija može se zaključiti da je student poletio u smjeru 190° i malo prije je izašao iz odletne površine da bi se zaokrenuo u desno i odmah sletio u smjer 010° . Iz ove analize student tijekom polijetanja i slijetanja nije izašao izvan granice površine za polijetanje i slijetanje.



Slika 37. Element polijetanja i slijetanja s površinom s ograničenjem prepreka odletnom i prilaznom površinom

Izvor: Izradio autor prema dostupnim podacima

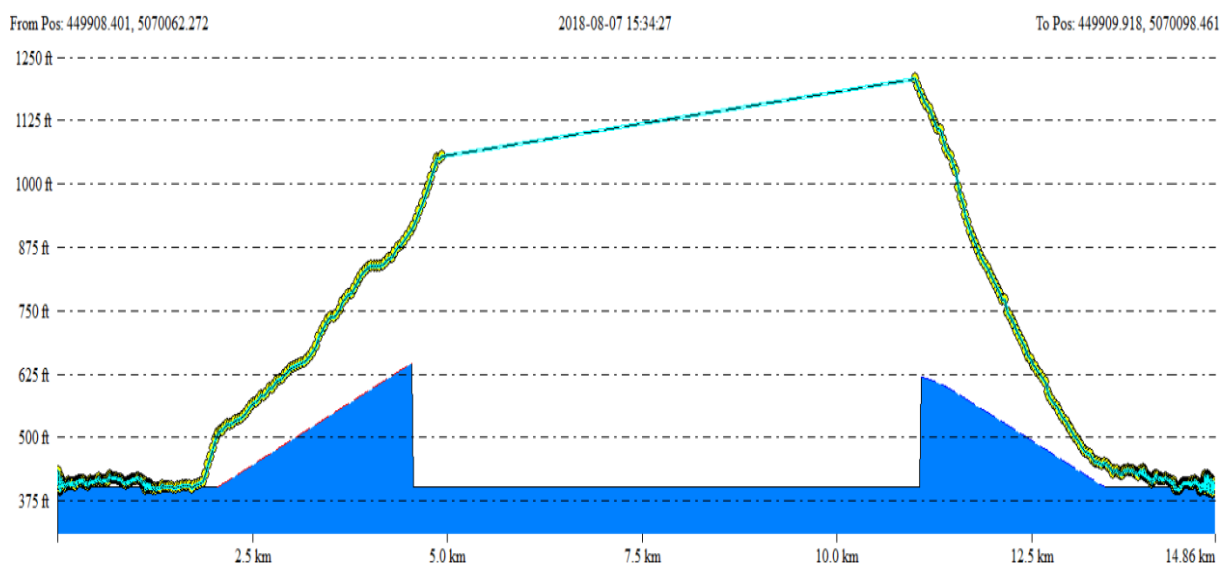
Kako bi se osiguralo da su obje operacije provedene prema gore navedenom nalogu treba provjeriti još:

- Za polijetanje se provjerava da li je zrakoplov na siguran način odvojio od

zemlje i nadvisio prepreke u neposrednoj blizini aerodroma,

- slijetanje podrazumijeva da se sa zrakoplovom uđe u pravac staze na visini minimalno 500 ft iznad terena.
- Pri standardnom slijetanju kut prilaženja je približno 3° .

Na slici 38 prikazan je profil polijetanja i slijetanja s terenom i prilaznom i odletnom površinom.



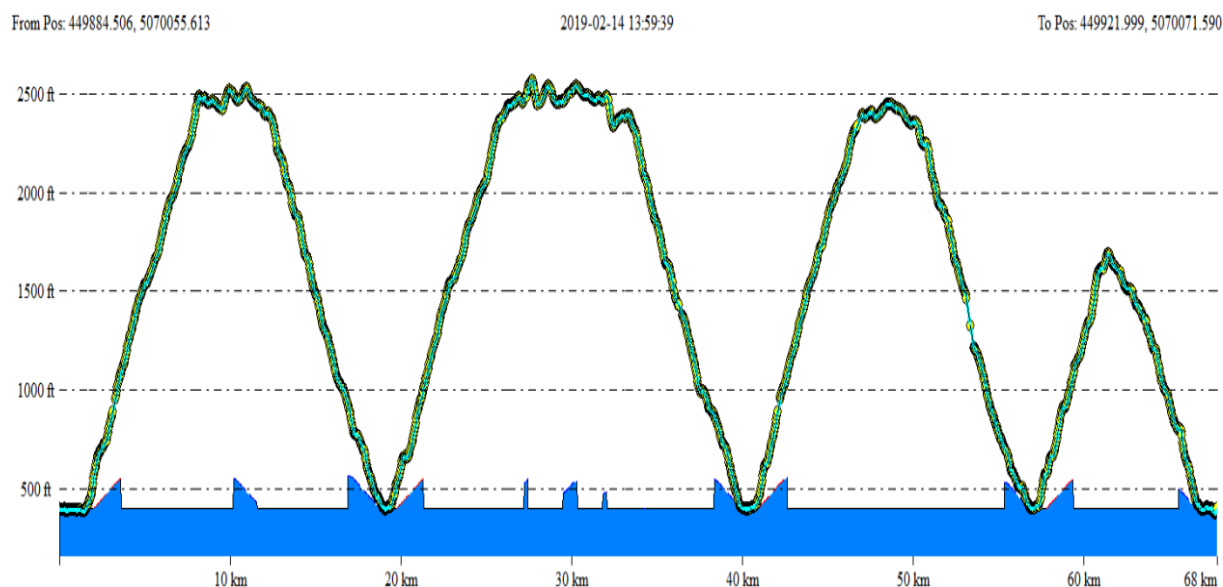
Slika 38. Profil polijetanja i slijetanja studenta

Izvor: Izradio autor prema dostupnim podacima

Lijeva strana profila pokazuje manevar polijetanje, a desna manevar slijetanje. Pri polijetanju vidljivo je da student znatno više iznad odletne površine poletio te je time zadovoljio da su sve prepreke nadvišene. Odnosno analiza koja je napravljena u poglavlju 6.2. je pokazala da za Aerodrom Lučko nije ni bilo prepreka unutar odletne površine.

Iz analize slijetanja također može se zaključiti da je student letio iznad prilazne površine. Slijetanje započinje na visini oko 1140 ft te je time zadovoljen kriteriji da prilaz započinje 500 ft iznad terena (teren je na oko 400 ft). Kut prilazne površine za Aerodrom Lučko je 4° , a standardni kut prilaženja je 3° , kod ove analize kut prilaženja je puno strmiji jer nadvisuje prilaznu površinu. S obzirom na to, instruktor u ovim situacijama također ima priliku procjenjivati je li student let zadovoljavajući ili će ga trebati korigirati.

Kako bi se provjerila točnost odvijanja vježbi polijetanja i slijetanja, na sljedećem profilu na slici 39 prikazana su četiri uzastopna polijetanja i slijetanja koje je student obavio.



Slika 39. Profil četiri uzastopna polijetanja i slijetanja koje je student obavio

Izvor: Izradio autor prema dostupnim podacima

Na ovom profilu može se zaključiti da su prva dva polijetanja i slijetanja slična jer imaju identičan kut, ali i visine polijetanja i slijetanja. Na preostala dva, student je visinu leta smanjivao. S obzirom na to da za ovaj rad nije dobivena detaljna uputa koju je instruktor dao studentu, može se zaključiti da je ovim načinom moguće pratiti koliko dobro student ponavlja radnje slijetanja i polijetanja, ali isto tako je li slijedio instruktorove upute (npr. smanjivanje visine).

Iz svih gore navedenih analiza može se dati zaključak da se upotreba GIS programa svakako može koristiti i u modelu procijene odvijanja operacija te pri tome analizirati jesu li te operacije bile u koliziji s preprekama ili situacijama koje će imati utjecaj na sigurnost operacija.

7. ZAKLJUČAK

Kroz ovaj rad objašnjena je problematika prepreka i operacija kod školskih aerodroma uz pomoć GIS alata. Problem svih aerodroma, pa tako i školskih, je dokumentiranje stanja prepreka tj. identificiranje i dokumentiranje prepreka. Prepreke se objavljuju u dokumentima kao što su aerodromski priručnik, karte aerodromskih prepreka tipa A i B, navigacijskim kartama i elektronskim kartama. Prema dosadašnjim saznanjima nitko još u svijetu nije u cijelosti izradio elektronsku kartu. Razlog tome je zasigurno i program koji bi se koristio za prikazivanje elektronskih podataka o preprekama. Jedan od programskih rješenja mogao bi biti GIS alat jer uz pomoć njega može se povezati veliki broj podataka o preprekama i aerodromu.

Obzirom na prethodno navedeno, s naglaskom na dokumente koji se odnose na prepreke, u ovom radu je objašnjeno kako različite vrste dokumenta objediniti u jednu cjelinu koristeći GIS program. Za ovaj rad odabran je GIS program, Global Mapper. Uz pomoć njega objašnjena je prednost korištenja GIS-a na primjerima objedinjavanja podataka VFR karte, pilotažne zone, površine s ograničenjem prepreka, aerodromske karte prepreka ICAO tip A itd. Takav način objedinjavanja ima prednost prilikom analiziranja operacija u neposrednoj blizini aerodroma, ali i kod metodologije praćenja operacija zrakoplova.

Dosadašnja metodologija praćenja operacija zrakoplova prilikom školovanja pilota je bila subjektivna metoda instruktora. Takva metoda zasigurno ovisi o vještinama koje instruktor mora imati, pa shodno tome i procjena je li student prilikom izvođenja vježbi zadovoljio sve zadane elemente. Subjektivnost pojedinca može uvelike biti podložna pogreškama, pa se u ovom radu nastojala umanjiti instruktorova subjektivnost analiziranjem GNSS trajektorija kod operacija na Aerodromu Lučko. U radu su analizirana tri osnovna elementa koja student ili polaznik škole izvodi tijekom školovanja i to su: školski krug, polijetanje i slijetanje. Kod školskog kruga, analizirano je li je let obavljen u zadanim granicama odnosno odstupa li od teorijskih granica školskog leta te je li visina 1000 ft iznad terena. Iz provedene analize moglo se zaključiti u kojoj je mjeri student uspješno odradio vježbu. Odstupanja, koja su dobivena tom analizom, pokazala su da je student imao minimalno lateralno i visinsko odstupanje.

Kod drugog slučaja student je morao polijetati i slijetati tako da nadvisi sve prepreke te da bude unutar granica odletne i prilazne površine.

Za promatrani slučaj analiza je pokazala da je student nadvisio sve prepreke, tijekom čega se nalazio gotovo u sredini zadane odletne i prilazne površine. Prema navedenom može se zaključiti i za ovu vježbu da je student zadovoljio zadane parametre.

Ovakvom metodologijom praćenja studenta, instruktoru se olakšava proces evaluacije. Odnosno instruktorova subjektivnost se smanjuje te je ocjena znatno objektivnija. Da se ova teza u potpunosti može potvrditi, trebalo bi je dodatno analizirati uz pomoć instruktora izvedene vježbe, te na taj način doći do rezultata koji bi razvili objektivnu metodologiju evaluacije studenta pri školovanju pilota.

Osim toga GIS program omogućava da kontinuirano prati studentov let te unapređuje buduće letove jer instruktoru može olakšati da studentu ukaže na eventualne greške koje su se dogodile u letenju. Daljnja važnost upotrebe GIS alata kod školskih aerodroma je da se njim provede analiza prisutnosti prepreka u promatranom području, na primjer unutarnjoj horizontalnoj površini.

S obzirom na prethodno navedeno, za Aerodrom Lučko bila bi preporuka je da se kroz GIS program prate sve operacije leta zrakoplova jer se tako u jednom sustavu mogu objediniti svi podaci. Budućnost zračnog prometa je fleksibilna upotreba strukture zračnog prometa jer se osim zrakoplova pojavljuju i druge letjelice zbog čega je važno da se u svakom trenutku zna dolazi li do konflikta zrakoplova bilo s preprekama ili ostalim zrakoplovima.

POPIS LITERATURE

- [1] Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo. Preuzeto sa: <https://www.ccaa.hr/aerodromi-certificirani-sukladno-nacionalnom-zakonodavstvu-07379> [Pristupljeno:: 7. srpnja 2021.]
- [2] Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo. Preuzeto sa: <https://www.ccaa.hr/aerodromi-certificirani-sukladno-eu-zakonodavstvu-53398> [Pristupljeno:: 7. srpnja 2021.]
- [3] Republika Hrvatska. Zakon o zračnom prometu. Izdanje: 69/09, 84/11, 54/13, 127/13 i 92/14. Zagreb: Narodne novine 2014.
- [4] Republika Hrvatska, Pravilnik o gradnji i postavljanju zrakoplovnih prepreka. Izdanje:100. Zagreb; Narodne novine:2019.
- [5] Službene stranice Aerokluba Zagreb. Preuzeto sa: <http://aeroklub-zagreb.hr/aerodrom-lucko/> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
- [6] Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo. Uputa za ishođenje odobrenje za uporabu aerodroma
- [7] Europska komisija, EU Uredba 139/2014
- [8] Pavlin S. Aerodromi I. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti;2006
- [9] Hrvatska kontrola zračne plovidbe. Preuzeto sa: <https://www.crocontrol.hr/usluge/upravljanje-zrakoplovnim-informacijama/> [Prestupljeno: srpanj 2021.]
- [10] Zbornik zrakoplovnih informacija – eAIP. Preuzeto sa; <https://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/AIS%20produkti/eAIP/start.html> [Pristupljeno: srpanj 2021]
- [11] Bertelme N. GIS Tehnologie, Geoinformationssysteme, Landinformationssysteme und ihre Grundlagen. Springer – Verlag Berlin Heidelberg GmbH, Springer, 1988
- [12] Službena stranica ESRI programa. Preuzeto sa: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/history-of-gis> [Pristupljeno: travnja 2021.]
- [13] Longley i dr.: Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications, 2nd Edition, Libera Università Internazionale Degli Studi Sociali; 2015
- [14] M. Baučić, Predavanja Geografski informacijski sustav 2014.

- [15] WEB enciklopedija slobodnog sadržaja. Preuzeto sa: https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Mapper [Pristupljeno: lipanj 2021.]
- [16] Službena stranica programa Global Mapper. Preuzeto sa: <https://www.blumablegeo.com/global-mapper/> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
- [17] Pavlin S, Rapan M, Božičević A. ; Smjernice mogućeg razvoja Zračnog pristaništa Lučko. Znanstveni skup Prometna problematika grada Zagreba. 2006, 267-272
- [18] Lazić H. Postupci i razrada elementa program praktičnog školovanja na avionu u vizualnom letenju. Zagreb: Fakultet Prometnih Znanosti, 1999.
- [19] Vidović A. Elementi stabilnosti i upravljivosti zrakoplova. Predavanje iz kolegija Performanse leta 2020.
- [20] ECOS razrada manevara u VFR letenju. Zagreb, revizija 1, 2017.
- [21] Hrvatsko ratno zrakoplovstvo i protuzračna obrana. Pilotska škola
- [22] Europska komisija. Preuzeto sa: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/elevation/eu-dem> [Pristupljeno: srpanj 2021]
- [23] VFR Priručnik. Preuzeto sa: <https://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/AIS%20produkti/eAIP/2021-07-15-AIRAC/html/eAIP/LD-GEN-3.2-hr-HR.html> [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [24] Međunarodna organizacija civilnog zrakoplovstva. Dodatak 4 Zrakoplovne karte. Izdanje: 11. Kanada 2009.
- [25] WEB portal Jedinice za upravljanje zračnom plovidbom. Preuzeto sa: <https://amc.crocontrol.hr/> [Pristupljeno: kolovoz 2021]

POPIS SLIKA

Slika 1. Primjer svjedodžbe aerodroma izdane od Hrvatske agencije za civilno zrakoplovstvo.....	6
Slika 2. Površine s ograničenjem prepreka	9
Slika 3. Primjer, Aerodromske karte prepreka ICAO tip A – USS-a 29 Zračne luke Dubrovnik	10
Slika 4. Primjer, Aerodromske karte prepreka ICAO tip B Zračne luke Ljubljana.....	11
Slika 5. Primjer površina s ograničenjem prepreka Zračne luke Split	12
Slika 6. Interpretacija značenja GIS programskog rješenja prema Longley i dr. 2005	15
Slika 7. Primjer prikaza različitih podataka za istu lokaciju pomoću Global Mapper programa	18
Slika 8. Plan leta bespilotnom letjelicom izrađen s programom Global Mapper-om.	19
Slika 9. Površine s ograničenjem prepreka Zračne luke Pula	20
Slika 10. Analiza terene u odnosu površina s ograničenjem prepreka	20
Slika 11. Lokacija Aerodroma Lučko	22
Slika 12. Lokacija stajanki na Aerodromu Lučko	24
Slika 13. Aerodromska karta Aerodroma Lučko na kojoj su prikazane operative površine	25
Slika 14. CTR aerodroma Lučko	26
Slika 15. Pilotажne zone aerodroma Lučko	28
Slika 16. Školski krug.....	32
Slika 17. Regije EU-DEM modela	35
Slika 18. Površine s ograničenjem prepreka i pripadajuće prepreke.....	37
Slika 19. Prepreke označene plavom bojom u prilaznim, doletnim i prijelaznim površinama	37
Slika 20. Uzdužni presjek sjeverne USS-e s prikazom prepreka	38
Slika 21. Obavljene prepreke u VFR priručniku	38
Slika 22. Analiza površina s ograničenjem prepreka Aerodroma Lučko	39
Slika 23. Granica područja putanje polijetanja sjeverne i južne USS-e Aerodromske karte prepreka ICAO tip A.....	41

Slika 24. Visina područja putanje polijetanje južne USS-e	41
Slika 25. Analiza prepreka za područje putanje polijetanje sjeverne USS-e	42
Slika 26. Analiza prepreka za područje putanje polijetanje južne USS-e	43
Slika 27. AMC portal s pregledom rezervacija	45
Slika 28. Korištenje DOF-a, VFR karte, Pilotažne zone aerodroma Lučko, Površine s ograničenjem prepreka i AOC granice područja putanje polijetanja	46
Slika 29. Aerodromska karta, Školski krug crvenom i zelenom bojom, unutarnja horizontalna i stožasta površina	47
Slika 30. primjer analiziranja operacija zrakoplova za namjeravani školski krug i prepreke koje se nalaze u karti prepreka ICAO tip A.....	48
Slika 31. Školski krug instruktora obavljen 2019. na aerodromu Lučko	49
Slika 32. Profil putanje školskog kruga instruktora.....	49
Slika 33. Školski krug kojeg je student odletio	50
Slika 34. Putanja odleta studenta (roza boja) i instruktora (žuta boja) te idealni školski krug (crvena boja)	51
Slika 35. Profil školskog kruga kojeg je odletio student.....	52
Slika 36. Kombinacija profila leta instruktora i studenta	52
Slika 37. Element polijetanja i slijetanja s površinom s ograničenjem prepreka odletnom i prilaznom površinom	53
Slika 38. Profil polijetanja i slijetanja studenta.....	54
Slika 39. Profil četiri uzastopna polijetanja i slijetanja koje je student obavio	55

POPIS TABLICA

Tablica 1. Osnovni podaci staza za vožnju Aerodroma Lučko.....	23
Tablica 2. Pilotažne zone za letenje zrakoplova, jedrilica i padobranska zona	27
Tablica 3. WGS84 koordinate i ortometrijske visine pragova i referentne točke aerodroma	36

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Gantogram izrade diplomskog rada	2
---	---

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad isključivo rezultat mogega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada pod naslovom *Primjena GIS alata u analizi prepreka kod školskih aerodroma*, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

U Zagrebu , 10. rujna 2021.

Student:

