

Analiza stanja sustava staza za vožnju na hrvatskim međunarodnim zračnim lukama

Jerinić, Kristina

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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:119:346751>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-26**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Kristina Jerinić

**ANALIZA STANJA SUSTAVA STAZA ZA
VOŽNJU NA HRVATSKIM
MEĐUNARODNIM ZRAČNIM LUKAMA**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2016.

Zagreb, 20. travnja 2016.

Zavod: **Zavod za aeronautiku**
Predmet: **Aerodromi**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 3595

Pristupnik: **Kristina Jerinić (0135231714)**
Studij: **Aeronautika**
Smjer: **Kontrola leta**

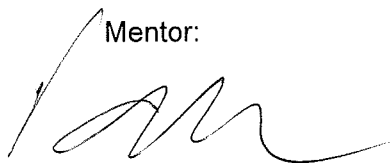
Zadatak: **Analiza stanja sustava staza za vožnju na hrvatskim međunarodnim zračnim lukama**

Opis zadatka:

Opisati značaj staza za vožnju kao elementa manevarske površine. Analizirati sustave staza za vožnju na hrvatskim međunarodnim zračnim lukama brojem, tipovima i lokacijama i utvrditi promete potrebe. Preporučiti dinamiku razvoja sustava staza za vožnju na hrvatskim međunarodnim zračnim lukama.

Zadatak uručen pristupniku: 4. ožujka 2016.

Mentor:



prof. dr. sc. Stanislav Pavlin

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**ANALIZA STANJA SUSTAVA STAZA ZA VOŽNJU NA
HRVATSKIM MEĐUNARODNIM ZRAČNIM LUKAMA**

**CROATIAN INTERNATIONAL AIRPORTS TAXIWAY SYSTEM
ANALYSIS**

Mentor: prof. dr. sc. Stanislav Pavlin

Student: Kristina Jerinić, 0135231714

Zagreb, 2016.

SAŽETAK

Staze za vožnju su, uz uzletno-sletnu stazu, bitan čimbenik manevarske površine. U ovisnosti o fizičkim karakteristikama uzletno-sletne staze, utvrđuje se referentni kod aerodroma koji prema ICAO¹-u određuje uvjete koji moraju biti zadovoljeni za sigurno i efikasno odvijanje zračnog prometa. Jedan od uvjeta su i fizičke karakteristike manevarske površine. U ovom radu su analizirane širine te položaji staza za vožnju na hrvatskim zračnim lukama. Uz prikazivanje stanja, dane su i preporuke kako unaprijediti sustav staza za vožnju, a time i uzletno-sletne staze te zračne luke.

Ključne riječi: zračna luka, manevarske površine, vozne staze, propisani minimalni zahtjevi ICAO-a

SUMMARY

Taxiways are, along with runways, an important part of manouvering area. Every airport, depending on the physical characteristic of the runway they have, has its reference code which, by the ICAO, determines minimum conditions which have to be satisfied for safe and efficient air traffic. One of the conditions are physical characteristics of the manouvering area because it is limiting in choosing which aircraft can use it and which ones can not. Width and positions of taxiways on Croatian airports are analysed in this paper. In addition to showing the real characteristics, there are also recommendations on how to improve the taxiway system, system of runways and the airport.

Key words: airport, manouvering area, taxiways, prescribed minimum requirements of ICAO

¹ Svjetska organizacija civilnog zrakoplovstva (International Civil Aviation Organization)

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Klasifikacija zračne luke.....	3
3. Manevarska površina	6
3.1. Vrste staza za vožnju	6
3.2. Položaji staza za vožnju	7
3.3. Brze izlazne staze za vožnju	9
4. Fizičke karakteristike staza za vožnju.....	12
4.1. Širine staza za vožnju	12
4.1.1. Širina staze za vožnju u krivinama, na spojevima i raskrižjima	13
4.1.2. Ramena staze za vožnju	14
4.1.3. Osnovna staza staze za vožnju	15
4.2. Nagibi staza za vožnju.....	16
4.3. Vidljivost duž staze za vožnju	16
4.4. Nosivost i površina staza za vožnju	17
4.5. Udaljenosti od staze za vožnju	18
4.6. Kapacitet staza za vožnju.....	19
5. Analiza stanja staza za vožnju hrvatskih zračnih luka	22
5.1. Zračna luka „Franjo Tuđman“	22
5.1.1. Broj, lokacije i konfiguracija staza za vožnju Zračne luke „Franjo Tuđman“	23
5.1.2. Širine staza za vožnju Zračne luke „Franjo Tuđman“	24
5.1.3. Površina i nosivost staza za vožnju Zračne luke „Franjo Tuđman“	25
5.2. Zračna luka Osijek.....	25
5.2.1. Broj, lokacije i konfiguracija staza za vožnju Zračne luke Osijek.....	26
5.2.2. Širine staza za vožnju Zračne luke Osijek	27
5.2.3. Površina i nosivost staza za vožnju Zračne luke Osijek	27
5.3. Zračna luka Rijeka	27
5.3.1. Broj, lokacije i konfiguracija staza za vožnju Zračne luke Rijeka	27
5.3.2. Širine staza za vožnju Zračne luke Rijeka	29
5.3.3. Površina i nosivost staza za vožnju Zračne luke Rijeka	29

5.4.	Zračna luka Pula.....	29
5.4.1.	Broj, lokacije i konfiguracija staza za vožnju Zračne luke Pula.....	29
5.4.2.	Širine voznih staza Zračne luke Pula	30
5.4.3.	Površina i nosivost staza za vožnju Zračne luke Pula	30
5.5.	Zračna luka Zadar.....	31
5.5.1.	Broj, lokacije i konfiguracija staza za vožnju Zračne luke Zadar	31
5.5.2.	Širine voznih staza Zračne luke Zadar	33
5.5.3.	Površina i nosivost staza za vožnju Zračne luke Zadar	33
5.6.	Zračna luka Split.....	34
5.6.1.	Broj, lokacije i konfiguracija staza za vožnju Zračne luke Split.....	34
5.6.2.	Širine staza za vožnju Zračne luke Split	35
5.6.3.	Površina i nosivost staza za vožnju Zračne luke Split	35
5.7.	Zračna luka Dubrovnik	35
5.7.1.	Broj, lokacije i konfiguracija staza za vožnju Zračne luke Dubrovnik.....	36
5.7.2.	Širine staza za vožnju Zračne luke Dubrovnik	38
5.7.3.	Površina i nosivost staza za vožnju Zračne luke Dubrovnik	38
6.	Preporuke za unaprjeđenje sustava staza za vožnju na hrvatskim zračnim lukama	39
6.1.	Širine staza za vožnju	39
6.2.	Položaji staza za vožnju	40
6.3.	Brze izlazne staze za vožnju	44
6.4.	Usporedba zahtjeva ICAO-a i Pravilnika o aerodromima	44
7.	Zaključak.....	46
	Literatura	47
	Popis tablica	49
	Popis slika	50

1. Uvod

Zrakoplovstvo se počelo razvijati početkom 20. stoljeća. Do danas je doživjelo veliki razvoj i modernizaciju te porast, kako u broju letova, tako i u samoj veličini zrakoplova. Najvažniji dijelovi zračnih luka su za slijetanje i polijetanje zrakoplova, a to je manevarska površina, odnosno uzletno-sletne staze i staze za vožnju. U ovom završnom radu će se analizirati staze za vožnju u hrvatskim zračnim lukama kroz sljedeća poglavlja:

1. Uvod
2. Klasifikacija zračne luke
3. Manevarska površina
4. Fizičke karakteristike staza za vožnju
5. Analiza stanja staza za vožnju hrvatskih zračnih luka
6. Preporuke za unaprjeđenje sustava staza za vožnju na hrvatskim zračnim lukama
7. Zaključak

U prvom poglavlju dan je uvod u temu te podjela završnog rada. Ukratko je objašnjeno svako poglavlje.

U drugom poglavlju će se govoriti o dijelovima te o klasifikaciji zračne luke. S obzirom na duljinu uzletno-sletne staze i na karakteristike aviona koji koriste manevarsku površinu, svaka zračna luka ima referentni kod. Također, navedeni su uvjeti u kojima se taj kod dodjeljuje.

U trećem poglavlju je objašnjena manevarska površina s naglaskom na staze za vožnju. Opisane su vrste staza za vožnju, njihovi položaji izračun za idealnu poziciju u odnosu na uzletno-sletnu stazu. Kao posebna vrsta su obrađene brzo izlazne vozne staze za koje je prikazana i konstrukcija.

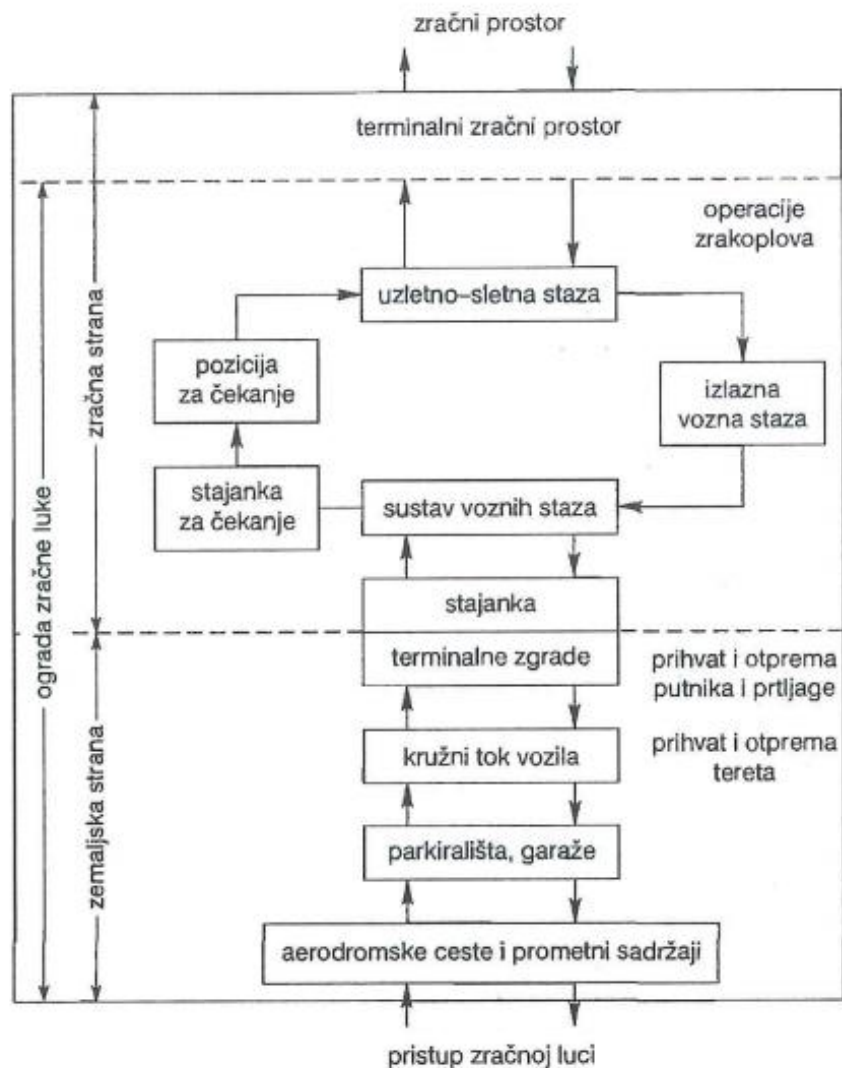
ICAO propisuje minimalne zahtjeve pri izgradnji manevarske površine, pa tako i staza za vožnju, te će oni biti obrađeni u četvrtom dijelu ovoga rada. Zahtjevi podrazumijevaju širine, dodatne površine, kao što su ramena i osnovne staze staza za vožnju, nagibe, vidljivost duž staze te potrebne udaljenosti od manevarskih površina do ostalih objekata ili prepreka. Na kraju je obrađen kapacitet staza za vožnju.

Peto poglavlje obrađuje stanja staza za vožnju na hrvatskim zračnim lukama. O svakoj od 7 obrađenih zračnih luka su dane općenite informacije te kratka povijest. Za svaku zračnu luku je kratko analizirana uzletno-sletna staza te pripadajući referentni kod. Analizirane su lokacije i konfiguracije staza za vožnju te njihove širine u usporedbi s minimalnim zahtjevima ICAO-a. Na kraju su dani podaci o nosivosti uzletno-sletnih staza kako bi se usporedili s podacima o nosivosti staza za vožnju.

Na kraju rada, u šestom poglavlju, će biti date preporuke kako bi se hrvatske zračne luke učinile učinkovitijima i pogodnijima za povećanje kapaciteta. Poglavlje je podijeljeno na tri glavne smjernice, a to su širine i lokacije staza za vožnju te izgradnja brzo izlaznih staza za vožnju.

2. Klasifikacija zračne luke

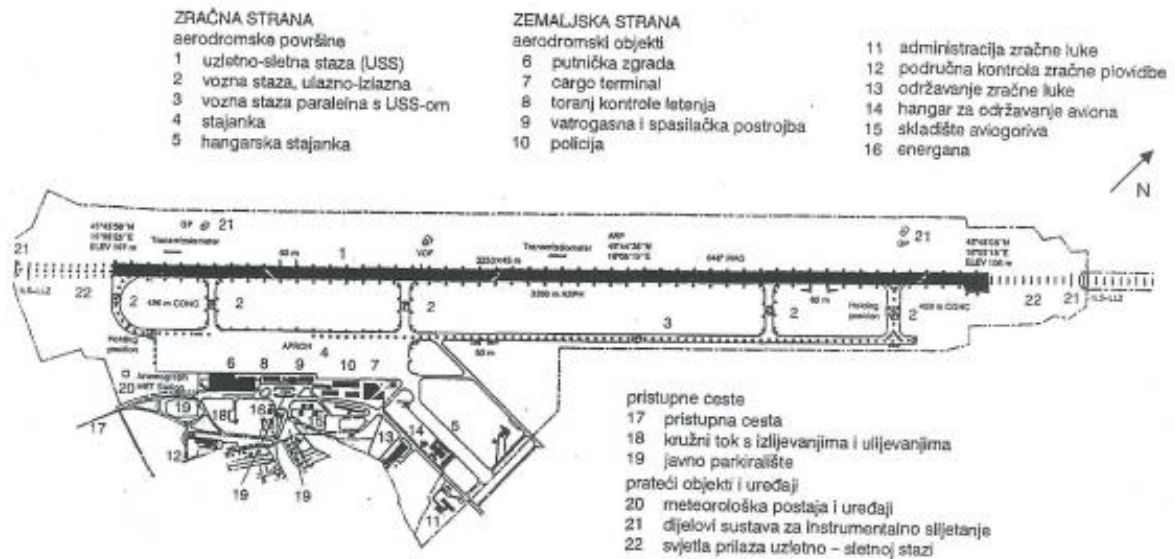
Zračna luka je aerodrom za javni zračni promet. Svaka zračna luka je podijeljena na zračnu, koja služi kretanju zrakoplova, i zemaljsku stranu, koja obuhvaća objekte za putnike i robu (slika 1). Osnovni dijelovi zračne luke su uzletno-sletna staza sa stazama za vožnju, stajanka, putnička zgrada i zgrada robnog prometa te prometnice i parkirališta (slika 2).



Slika 1: Podjela zračne luke

Izvor: [1]

Postoji mnogo podjela zračnih luka prema različitim kriterijima, no najbitnije su prema namjeni i prema vrsti prometa. Prema namjeni, zračne luke se dijele na domaće i međunarodne.



Slika 2: Dijelovi zračne luke

Izvor: [1]

S ciljem standardizacije svih područja zračnog prometa, pa tako i planiranja zračnih luka, postoji organizacija koja je propisala smjernice i odredbe za gradnju zračne luke. To je ICAO. S obzirom da je FAA² usmjerena na američko zrakoplovstvo, u ovom radu će se uzimati u obzir standardi i preporuke ICAO-a. Svi standardi su sadržani u Annex-u 14³ ICAO-a.

U svrhu standardizacije uvedene su alfanumeričke oznake, referentni kodovi zračnih luka prema fizičkim karakteristikama uzletno-sletne staze i prema veličini aviona (tablica 1). Kodovi se sastoje od jednog broja i jednog slova. Brojevi su od 1 do 4, a slova od A do E.

Tablica 1: Referentni kod aerodroma

Kodni element 1		Kodni element 2		
kodni broj	referentna duljina staze za avion (m)	kodno slovo	raspon krila (m)	vanjska širina glavnog podvozja (m)
1	$d < 800$	A	$r < 15$	$\check{s} < 4,5$
2	$800 \leq d < 1200$	B	$15 \leq r < 24$	$4,5 \leq \check{s} < 6$
3	$1200 \leq d < 1800$	C	$24 \leq r < 36$	$6 \leq \check{s} < 9$
4	$d \geq 1800$	D	$36 \leq r < 52$	$9 \leq \check{s} < 14$
		E	$52 \leq r < 65$	$9 \leq \check{s} < 14$
		F	$65 \leq r < 80$	$14 \leq \check{s} < 16$

Izvor: [1]

² Federal Aviation Administration

³ Annex 14: Aerodromes – Aerodrome design and operations

Uvjet za određivanje referentnog koda zračne luke je referentna duljina uzletno-sletne staze. Kodovi se dodijeljuju prema karakteristikama pri standardnoj atmosferi: potpuno suh zrak, 0 m nadmorske visine, atmosferski tlak na razini mora koji iznosi 1 013,25 hPa, gustoća zraka $1,2250 \text{ kg/m}^3$, horizontalna uzletno-sletna staza, temperatura zraka koja iznosi $+15^\circ\text{C}$ te standardna promjena temperature s visinom -0.0065°C po svakom metru visine od razine mora prema gore.

Prema instrumentalnoj opremljenosti uzletno-sletne staze se, po ICAO-u, dijele na neinstrumentalne i instrumentalne, koje su još podijeljene na staze za neprecizni prilaz te precizni prilaz kategorija I, II, IIIA, IIIB i IIIC (tablica 2).

Tablica 2: Minimalni kriteriji visine odluke i vidljivosti pri određivanju preciznog prilaza

Kategorija	Visina odluke (m)	Vidljivost uzduž uzletno-sletne staze (m)	Horizontalna vidljivost (m)
I	≥ 60	≥ 550	≥ 800
II	≥ 30	≥ 300	-
IIIA	< 30 ili 0	≥ 175	-
IIIB	< 15 ili 0	≥ 50	-
IIIC	0	0	-

Izvor: [1]

3. Manevarska površina

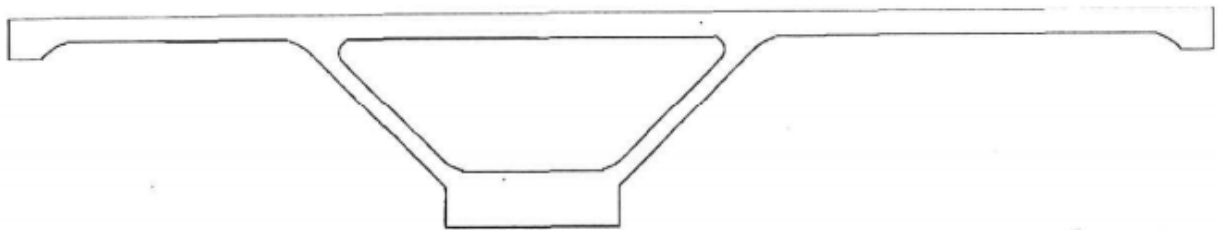
Manevarska površina je dio zračne luke ili aerodroma koji se koriste za polijetanje, slijetanje i vožnju zrakoplova na zemlji. Pojam isključuje stajanku iako se zrakoplovi po njoj kreću. Zbog toga se manevarskom površinom mogu nazvati uzletno-sletna staza, ili sustav istih ukoliko ih ima više od jedne, te sustav staza za vožnju.

Staze za vožnju omogućavaju zrakoplovu kretanje od parkirnog mjesta na stajanci ili hangara do uzletno-sletne staze na kojoj će početi svoj let ili od uzletno-sletne staze do mjesta na stajanci ili hangara (slika 3). Sustav voznih staza je planiran tako da osigura brzo i, prije svega, sigurno kretanje zrakoplova do svog odredišta.

Rute i položaji staza za vožnju se biraju tako da osiguraju najkraće zadržavanje aviona na uzletno-sletnoj stazi i najkraći put do stajanke. Raspored staza za vožnju duž uzletno-sletne staze se planira tako da zrakoplov sa staze može izaći na više mjesta što omogućuje brz izlaz s uzletno-sletne staze čim nakon slijetanja dovoljno uspori.

3.1. Vrste staza za vožnju

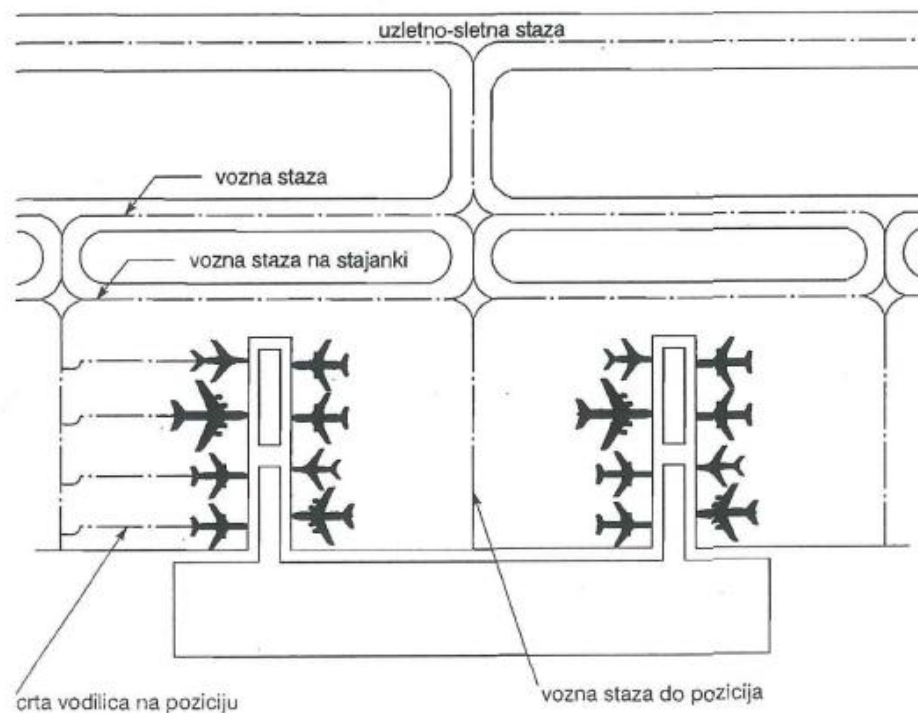
Postoji nekoliko vrsta staza za vožnju koje se razlikuju po funkciji, pa, prema tome, i fizičkim karakteristikama. U prometnome smislu se dijele na staze za vožnju koje povezuju stajanku i uzletno-sletnu stazu te staze za vožnju na stajanci.



Slika 3: Prikaz jednostavnog sustava staza za vožnju koje povezuju stajanku s uzletno-sletnom stazom

Izvor: [1]

Uz najjednostavniju podjelu na ulazne, izlazne, ulazno-izlazne i brzo izlazne, razlikuju se i staze za vožnju paralelne s uzletno-sletnom stazom, dvije paralelne po kojima promet ide u suprotnim smjerovima kako bi se povećao kapacitet staza i protok prometa. Od staza za vožnju na stajanki, razlikuju se staze za vožnju na stajanci za prolazak zrakoplova preko nje te staze za vožnju do parkirališne pozicije (slika 4).



Slika 4: Pojedine vrste staza za vožnju

Izvor: [1]

3.2. Položaji staza za vožnju

Položaji staza za vožnju općenito ovise o količini prometa koji ih koristi, veličini aviona, operacijama koje se odvijaju i samoj fizičkoj mogućnosti pozicioniranja staza. Također, u obzir se uzimaju brzine slijetanja, točka dodira uzletno-sletne staze pri slijetanju, brzina usporavanja, broj izlaza te brzine izlaska aviona s uzletno-sletne staze.

Matematički izračunata udaljenost od početka USS-e do izlaza je dana formulom⁴:

$$D = D_{td} + D_e$$

gdje je D udaljenost od početka uzletno-sletne staze do prvog izlaza, D_{td} udaljenost od početka USS-e do točke gdje avion napravi kontakt sa stazom i D_e udaljenost od točke kontakta do izlaza.

Udaljenost od točke gdje avion podvozjem dotakne USS-u do izlaza ovisi o brzini i brzini usporavanja te je određena formulom⁵:

$$D_e = \frac{V_{td}^2 - V_e^2}{2 \cdot a}$$

⁴ Izvor: [2]

⁵ Izvor: [2]

gdje je V_{td}^2 brzina aviona pri kontaktu s USS-om, V_e^2 izlazna brzina aviona s USS-e i a usporavanje aviona duž uzletno-sletne staze.

U tablici 3 su dani izračunati prosječni podaci o položaju izlaznih staza za vožnju, kao i brzine izlaza kod brzih izlaznih i standardnih staza za vožnju. Svi podaci su računati za standardne uvjete atmosfere⁶.

Tablica 3: Brzine pri slijetanju aviona i udaljenosti do prvog mogućeg izlaza s uzletno-sletne staze

tip aviona		brzina pri dodiru s USS-om [kt]	udaljenost do izlaza	
			pri brzini 60 mph (52,14 kt = 96,56 km/h)	pri brzini 15 mph (13,03 kt = 24,14 km/h)
mali s propelerom	jednomotorni	60	2 400 ft (731.52 m)	1 800 ft (548,64 m)
	dvomotorni	95	2 800 ft (853.44 m)	3 500 ft (1 066,8 m)
veliki turbomlazni	dvomotorni uskog trupa	130	4 800 ft (1 463,04 m)	5 600 ft (1 706,88 m)
	tromotorni uskog trupa			
turbomlazni (heavy)	četveromotorni uskog trupa	140	6 400 ft (1 950,72 m)	7 100 ft (2164,08 m)
	tromotorni širokog trupa			
	četveromotorni širokog trupa			

Izvor: [2]

Za uzletno-sletne staze koje su duge do 7 000 ft (2 133.6 m) i prihvaćaju avione kategorija C, D i E, preporuča se da je sjecište uzdužnica izlaznih staza za vožnju i uzletno-sletne staze 3 000 ft (914.4 m) od početnog praga USS-e u smjeru slijetanja i 2 000 ft (609.6 m) prije kraja USS-e. Za uzletno-sletne staze koje su dulje od 7 000 ft (2 133.6 m), razmaci između izlaznih staza za vožnju bi trebali iznositi 1 500 ft (457.2 m). Ukoliko zračna luka ima većinu prometa kategorija A i B, preporuča se prva izlazna staza za vožnju na udaljenosti od 1 500 ft (457.2 m) do 2 000 ft (609.6 m) nakon početka USS-e⁷. Ono što se pokušava predvidjeti pri planiranju manevarskih površina je promet, tj. performanse aviona koji se očekuju.

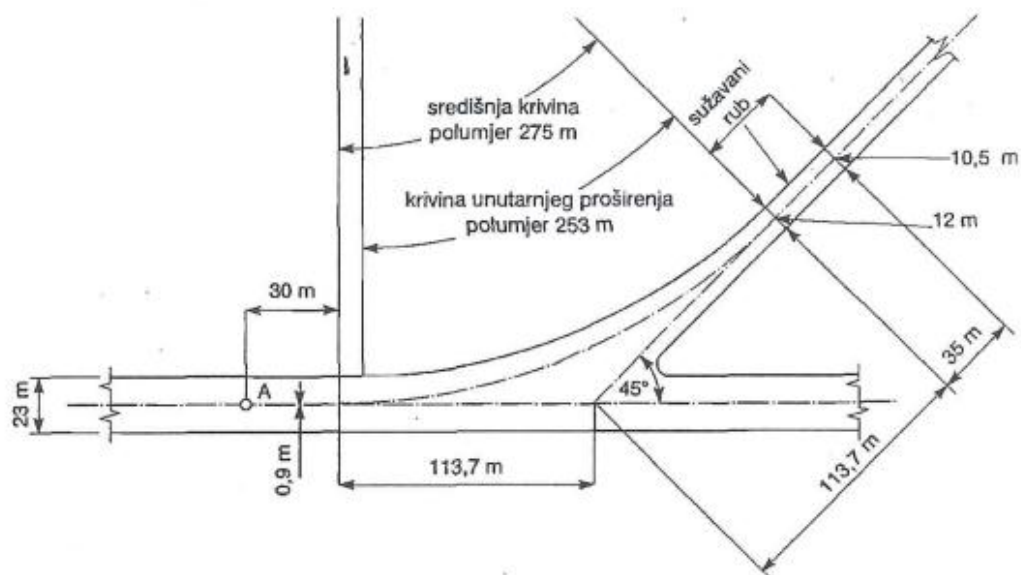
⁶ ISA SL (eng. International Standard Atmosphere Sea Level)

⁷ Izvor: [2]

Pri planiranju i gradnji izlaznih staza za vožnju, u obzir se mora uzeti stanje uzletno-sletne staze, zahtjevi pri mokroj i suhoj površini, prevladavajući vjetrovi, mogući naleti vjetra, itd. Standardna odstupanja u vremenu koje je potrebno da se postigne brzina za sigurno izlaženje s uzletno-sletne staze su 2 do 3 sekunde. Zbog toga se izlazne staze za vožnju rade, prema izlaznoj brzini, 2 do 3 sekunde dalje od idealno proračunate pozicije. Ovako će avion, u najgorem slučaju izgubiti 4 do 6 sekundi na izlaženje, dok bi u protivnom prošao izlaznu stazu za vožnju i morao voziti do iduće ili se okretati na uzletno-sletnoj stazi i vraćati do izlaza.

3.3. Brze izlazne staze za vožnju

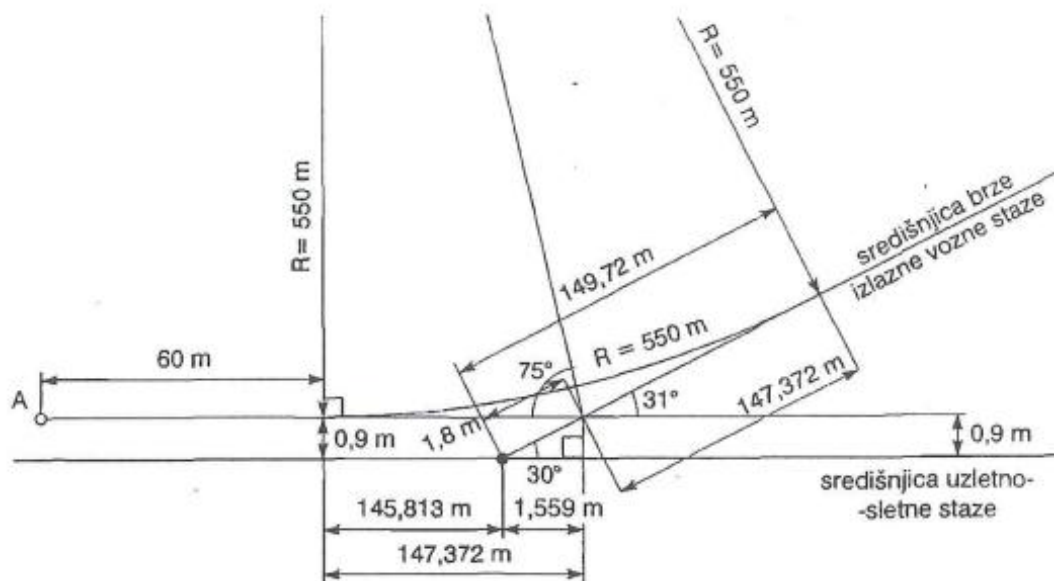
S obzirom da su najbitnije za kapacitet uzletno-sletne staze, posebno će se obraditi izlazne staze za vožnju. Njihova zadaća je smanjiti vrijeme zauzetosti uzletno-sletne staze⁸ avionima koji slijeću. Izlazne staze za vožnju se mogu napraviti pod pravim kutem u odnosu na uzletno-sletnu stazu, no efikasnije ih je graditi pod manjim kutom tako da avioni mogu s većom brzinom napustiti uzletno-sletnu stazu. Time se smanjuje vrijeme koje avion provede na uzletno-sletnoj stazi te se ona brže oslobađa za ostali promet. Brze izlazne staze za vožnju su one koje su odnosu na uzletno-sletnu stazu pod kutem od 30° ili manje (slike 5 i 6).



Slika 5: Konstruiranje brze izlazne vozne staze kodnog broja 1 i 2

Izvor: [1]

⁸ eng. Runway Occupancy Time (ROT)



Slika 6: Konstruiranje brze izlazne vozne staze kodnog broja 3 i 4

Izvor: [1]

FAA je testirala brzine i radijuse izlaza za mokre i suhe uvjete na tlu te posebno za civilne, a posebno za vojne avione. Neki od rezultata istraživanja⁹ su sljedeći:

- transportni i vojni avioni mogu napustiti USS-u pri brzinama od 60 do 65 mph (96,5 km/h do 104,6 km/h) pod mokrim i suhim uvjetima
- najutjecajniji faktor skretanja je brzina, a ne kut skretanja ni udobnost putnika
- poželjno je imati malo veću širinu staze za vožnju na početku izlaza s USS-e i ulaska na stazu za vožnju koja će se kasnije suziti na određenu zahtjevanu širinu
- poželjan je manji kut ulaska na stazu za vožnju jer se smanjuje zaokret, vidljivost je veća te je potrebna manja koncentracija pilota
- udoban zaokret će se ostvariti odnosom radijusa zaokreta i brzine, koji je prikazan sljedećom formulom¹⁰, ukoliko je koeficijent trenja jednak 0,13

$$R_2 = \frac{V^2}{15 \cdot f}$$

gdje je V brzina izražena u nautičkim miljama po satu, a f koeficijent trenja

- veći radijus zaokreta mora prethoditi radijusu R_2 kako bi prijelaz iz ravnog kretanja u zaokret bio što blaži

⁹ Izvor: [2], 395. str.

¹⁰ Izvor: [2]

ICAO je propisao minimalne radijuse zaokreta te pripadajuće brzine izlaska za brze izlazne staze za vožnju. Svi podaci su dani u tablici 4. Preporučaju se kutovi zaokreta između 25° i 45°, a optimalan iznosi 30°.

Tablica 4: Optimalni radijus zaokreta i brzina izlaza aviona s uzletno-sletne staze

	kodni broj			
	1	2	3	4
radijus zaokreta	275 m	275 m	550 m	550 m
brzina	64 km/h	64 km/h	93 km/h	93 km/h

Izvor: [1]

4. Fizičke karakteristike staza za vožnju

Iz sigurnosnih razloga, ICAO je propisao minimalne uvjete koje manevarska površina mora zadovoljiti u skladu s referentnim kodom zračne luke.

4.1. Širine staza za vožnju

Svaka zračna luka ima referentni kod prema uzletno-sletnoj stazi i stazama za vožnju. Kod se dodjeljuje prema duljini i širini uzletno-sletne staze. Prema kodnom slovu se određuju i ostale manevarske površine, tj. staze za vožnju. S obzirom da su brzine na stazama za vožnju manje nego na uzletno-sletnoj stazi, zahtjevi širina i nagiba su manji nego kod uzletno-sletnih staza.

Od vanjskog ruba glavnog podvozja do ruba površine staze za vožnju mora postojati određena sigurnosna udaljenost (tablica 5).

Tablica 5: Minimalne propisane udaljenosti od vanjskog ruba glavnog podvozja do ruba površine staze za vožnju

Kodno slovo	Udaljenost (U_1)
A	1,5 m
B	2,25 m
C	3 m ako je udaljenost od nosnog do glavnog podvozja aviona manja od 18 m 4,5 m ako je udaljenost od nosnog do glavnog podvozja aviona jednaka ili veća od 18 m
D	4,5 m
E	4,5 m
F	4,5 m

Izvor: [1]

Sama širina staze za vožnju se računa s obzirom na sigurnosnu udaljenost i maksimalnu širinu podvozja za određeno kodno slovo uzletno-sletne staze prema formuli¹¹:

$$W = W_{mg} + 2 \cdot SM$$

gdje je W širina vozne staze, W_{mg} širina glavnog podvozja aviona, a SM sigurnosni dodatak širini staze za vožnju. Izračuni za pojedina kodna slova su dana u tablici 6. Sve prikazane širine se odnose na ravne dijelove staze za vožnju.

¹¹ Izvor: [2]

Tablica 6: Minimalne propisane širine staza za vožnju

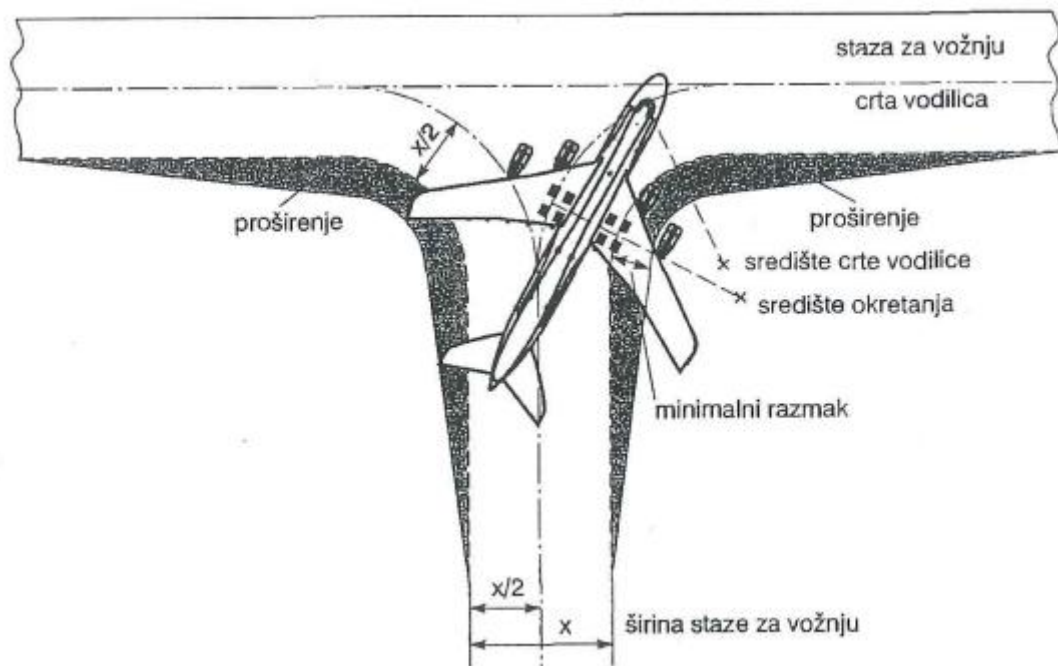
Kodno slovo	Širina vozne staze
A	7,5 m
B	10,5 m
C	15 m ako je udaljenost od nosnog do glavnog podvozja aviona manja od 18 m 18 m ako je udaljenost od nosnog do glavnog podvozja aviona jednaka ili veća od 18 m
D	18 m ako je udaljenost između vanjskih rubova glavnog podvozja manja od 9 m 23 m ako je udaljenost između vanjskih rubova glavnog podvozja jednaka ili veća od 9 m
E	23 m
F	25 m

Izvor: [1]

4.1.1. Širina staze za vožnju u krivinama, na spojevima i raskrižjima

Preporuča se da je promjena pravca kretanja aviona što manja. Sve krivine i zaokreti u istima bi trebali biti u skladu s manevarskim mogućnostima aviona koji se kreću po stazama za vožnju. U tablici 5 su propisane minimalne udaljenosti vanjskog ruba podvozja i ruba staze za vožnju koje vrijede i u krivinama.

ICAO u Annex-u 14 ne propisuje minimalne radijuse proširenja (fileta) nego ih podrazumijeva pod dodatnu širinu staze za vožnju, ali zahtjeva da se naprave analize pri skretanju kako bi se osigurala dovoljna sigurnosna udaljenost između ruba staze za vožnju i podvozja aviona pri zaokretu (slika 7). Postoji određeni idealni izračun proširenja staza za vožnju pri zaokretu. Postoje grafička i matematička metoda određivanja puta kojim će se kretati glavno podvozje kada je poznat put nosnog podvozja.



Slika 7: Oblikovanje proširenja na spoju dviju staza za vožnju

Izvor: [1]

Kada nosni kotač aviona prati središnjicu staze za vožnju, metoda se naziva „nosni kotač na središnjici“. Druga moguća metoda podrazumijeva smještanje pilotske kabine aviona direktno iznad središnjice staze za vožnju. Ona se naziva „kokpit iznad središnjice“. Treća i posljednja metoda podrazumijeva da se nosni kotač ne kreće po središnjici staze za vožnju nego van njenog radijusa. Metoda se naziva „procjenjeni zaokret“.

Kada avion započne zaokret s nosnim podvozjem te prati određenu krivulju, kao što je središnjica staze za vožnju, centar glavnog podvozja ne prati istu liniju zbog udaljenosti između dvaju podvozja. Udaljenost između linije koju prati nosno podvozje i centra glavnog podvozja se naziva „track-in“. S obzirom da se može izračunati ta udaljenost za pojedine zaokrete i avione, na širinu staze za vožnju se dodaje sigurnosni pojas od vanjskog ruba glavnog podvozja prema centru zakrivljenosti i rubu staze za vožnju.

4.1.2. Ramena staze za vožnju

Ramena staze za vožnju imaju jednaku funkciju kao i ramena uzletno-sletne staze. To su područja, tj. proširenja simetrična u odnosu na središnjicu staze za vožnju s manjom nosivošću od same staze za vožnju koja osiguravaju izbjegavanje oštećenja zrakoplova u slučaju izlijetanja sa staze. Također, taj je dio očišćen od svih slobodnih predmeta pa se ujedno sprječava usisavanje istih u mlazne motore.

Ramena nisu obavezna, ali se preporučaju za staze za vožnju kodnih slova C, D, E i F. Širina ramena te ukupna širina ramena sa stazom za vožnju su prikazana u tablici 7.

Tablica 7: Širina ramena staze za vožnju

Kodno slovo	Ukupna širina ramena	Ukupna širina ramena sa stazom za vožnju
C	10 m ako je udaljenost od nosnog do glavnog podvozja aviona manja od 18 m 7 m ako je udaljenost od nosnog do glavnog podvozja aviona jednaka ili veća od 18 m	25 m
D	20 m ako je udaljenost između vanjskih rubova glavnog podvozja manja od 9 m 15 m ako je udaljenost između vanjskih rubova glavnog podvozja jednaka ili veća od 9 m	38 m
E	21 m	44 m
F	35 m	60 m

Izvor: [1]

4.1.3. Osnovna staza staze za vožnju

Osnovna staza je površina određenih dimenzija koja okružuje stazu za vožnju radi što manjeg oštećenja zrakoplova u slučaju da skrene sa staze za vožnju. U ovom prostoru su zabranjeni bilo kakvi objekti, instalacije ili oprema, osim onih koje se koriste u zračnoj plovidbi. Dimenzije su dane u tablici 8.

Tablica 8: Osnovna staza staze za vožnju i uređeni pojas osnovne staze staze za vožnju

Kodno slovo	Širina osnovne staze staze za vožnju	Širina uređenog pojasa osnovne staze staze za vožnju
A	32,5 m	22 m
B	43 m	25 m
C	52 m	25 m
D	81 m	38 m
E	95 m	44 m
F	115 m	60 m

Izvor: [1]

Površina osnovne staze mora biti u jednakoj ravnini kao i ramena staze za vožnju ukoliko postoje. U protivnom, osnovna staza mora biti poravnata sa samom stazom za vožnju ukoliko je to moguće.

4.2. Nagibi staza za vožnju

Uzdužni nagib vozne staze može utjecati na duljinu vidljivosti. Poprečni nagib staze ima funkciju odvodnje vode na površini staze za vožnju. Maksimalne vrijednosti nagiba staza za vožnju su izraženi u tablici 9.

Tablica 9: Maksimalne dopuštene vrijednosti nagiba staza za vožnju

Kodno slovo	Uzdužni nagib staze za vožnju	Poprečni nagib staze za vožnju
A	3 %	2 %
B	3 %	2 %
C	1,5 %	1,5 %
D	1,5 %	1,5 %
E	1,5 %	1,5 %
F	1,5 %	1,5 %

Izvor: [1]

Maksimalan poprečni nagib kojeg smije imati osnovna staza je izražen u tablici 10. Unatoč prikazanim podacima, preporuča se da poprečni nagib u bilo kojem smjeru ne prelazi 5%.

Tablica 10: Maksimalni dopušteni poprečni nagibi osnovne staze vozne staze

Kodno slovo	Poprečni nagib prema gore	Poprečni nagib prema dolje
A	3 %	5 %
B	3 %	5 %
C	2,5 %	5 %
D	2,5 %	5 %
E	2,5 %	5 %
F	2,5 %	5 %

Izvor: [1]

4.3. Vidljivost duž staze za vožnju

ICAO zahtjeva da određeni uvjeti vidljivosti budu zadovoljeni pri planiranju i gradnji vozničkih staza. Kod uzdužnog nagiba, još je jedan kriterij koji ograničava površinu staze za vožnju. Propisane su zone vidljivosti duž vozne staze i one glase:

- za kodno slovo A, moraju se vidjeti svi objekti na visini 1,5 m iznad površine u duljini od najmanje 150 m duž vozne staze
- za kodno slovo B, moraju se vidjeti svi objekti na visini 2 m iznad površine u duljini od najmanje 200 m duž vozne staze

- za kodna slova C, D, E i F, moraju se vidjeti svi objekti na visini 3 m iznad površine u duljini od najmanje 300 duž vozne staze

4.4. Nosivost i površina staza za vožnju

Staze za vožnju, s obzirom da se zrakoplovi na njoj kreću manjim brzinama od onih na uzletno-sletnoj stazi, mora imati nosivost minimalno jednaku onoj koji ima pripadajuća uzletno-sletna staza. Opterećenje staza za vožnju dolazi od težine zrakoplova koja se preko podvozja prenosi na površinu. Opterećenje nije ravnomjerno raspoređeno po cijeloj površini dodira, nego je najveće u sredini, a smanjuje se prema rubovima površine, tj. gume na podvozju. Ipak, za potrebe računanja nosivosti, uzima se da je opterećenje ravnomjerno raspoređeno¹².

Danas se najviše koriste avioni sa sustavom podvozja oblika tricikl koji imaju jedno nosno podvozje i određeni broj glavnih podvozja. Težina aviona je, u ovom slučaju, prebačena na glavna podvozja koji nose oko 90% opterećenja.

Za određivanje nosivosti, moraju se definirati ACN¹³ i PCN¹⁴ brojevi. Klasifikacijski broj kolnika mora biti jednak ili veći od klasifikacijskog broja zrakoplova koji se kreće kolnikom. Klasifikacijski kod kolnika se označava s 5 znakova. Prvi je broj i on označava opterećenje nosivosti. Sljedeće oznake su slova. Prva može biti ili slovo R ili F ovisno je li podloga kruta ili fleksibilna. U drugoj se mogu pojaviti slova A do D koja označavaju jačinu podtla, od visoke nosivosti označene slovom A do vrlo niske nosivosti označene slovom D. Četvrta oznaka definira maksimalni tlak u gumama. Slovo W označava da nema ograničenja tlaka, X da je maksimalni tlak 1,75 MPa, Y 1,25 MPa te Z 0,5 MPa. Zadnja oznaka pokazuje na koji se način odredila klasifikacijska oznaka. Slovo T označava tehničku procjenu, a slovo U praktično testiranje¹⁵.

Svaki PCN već ima sigurnosnu vrijednost od 10%, pa zrakoplovi s ACN-om 10% većim od propisanog PCN-a još uvijek mogu koristiti određenu manevarsku površinu. Ukoliko je taj

¹² izvor: [3]

¹³ broj klasifikacije zrakoplova (eng. Aircraft Classification Number) – broj koji izražava relativno djelovanje zrakoplova na kolnik

¹⁴ broj klasifikacije kolnika (eng. Pavement Classification Number) – broj koji označava nosivost kolnika za neograničen broj operacija

¹⁵ Izvor: [2]

postotak veći, i iznosi 15%, broj operacija se mora smanjiti na 3 000, a u slučaju većih postotaka, 25%-50%, broj mogućih operacija je 300 i koriste se u izvanrednim situacijama¹⁶.

4.5. Udaljenosti od staze za vožnju

Kako bi se zadovoljila sigurnost kod kretanja zrakoplova, postoje propisane udaljenosti od centra uzletno-sletne staze, pa tako i od centra staze za vožnju do ostalih manevarskih površina i ostalih objekata. Sve udaljenosti koje je propisao ICAO ovise o rasponu krila aviona i širini glavnog podvozja. Kako bi se avioni mogli sigurno kretati, propisane su minimalne udaljenosti prikazane u tablicama 11 i 12.

Tablica 11: Propisane minimalne udaljenosti između središnjica staza za vožnju i središnjica uzletno-sletnih staza

Kodno slovo	Udaljenost između središnjice vozne staze i središnjice uzletno-sletne staze							
	Instrumentalna USS				Neinstrumentalna USS			
	Kodni broj				Kodni broj			
	1	2	3	4	1	2	3	4
A	82,5 m	82,5 m	-	-	37,5 m	47,5 m	-	-
B	87 m	87 m	-	-	42 m	52 m	-	-
C	-	-	168 m	-	-	-	93 m	-
D	-	-	176 m	176 m	-	-	101 m	101 m
E	-	-	-	182,5 m	-	-	-	107,5 m
F	-	-	-	190 m	-	-	-	115 m

Izvor: [1]

Tablica 12: Propisane minimalne udaljenosti od središnjice staze za vožnju

Kodno slovo	Udaljenost središnjica dviju vozničkih staza	Udaljenost od središnjice vozne staze do objekta	Udaljenost od središnjice vozne staze do pozicije i objekta	Udaljenost od ruba aviona do drugih objekata (C ₁)
A	23,75 m	16,5 m	12 m	3 m
B	33,5 m	21,5 m	16,5 m	3 m
C	44 m	26 m	24,5 m	4,5 m
D	66,5 m	40,5 m	36 m	7,5 m
E	80 m	47,5 m	42,5 m	7,5 m
F	97,5 m	57,5 m	50,5 m	7,5 m

Izvor: [1]

Udaljenosti između dviju staza za vožnju se mogu računati i po sljedećoj formuli¹⁷:

$$S_{TT} = WS + 2U_1 + C_1$$

¹⁶ Izvor: [2]

¹⁷ Izvor: [2]

gdje je S_{TT} minimalna udaljenost između dviju staza za vožnju, WS raspon krila najzahtjevnijeg aviona, U_1 udaljenost između vanjskog ruba kotača glavnog podvozja aviona i ruba staze za vožnju te C_1 minimalna udaljenost od ruba aviona do drugih objekata ili zrakoplova.

Udaljenosti između staze za vožnju i objekta se računaju po formuli¹⁸:

$$S_{TO} = 0,5 \cdot WS + U_1 + C_2$$

gdje je S_{TO} minimalna udaljenost između staze za vožnju i objekta, a C_2 potreban razmak između vrha krila aviona i objekta.

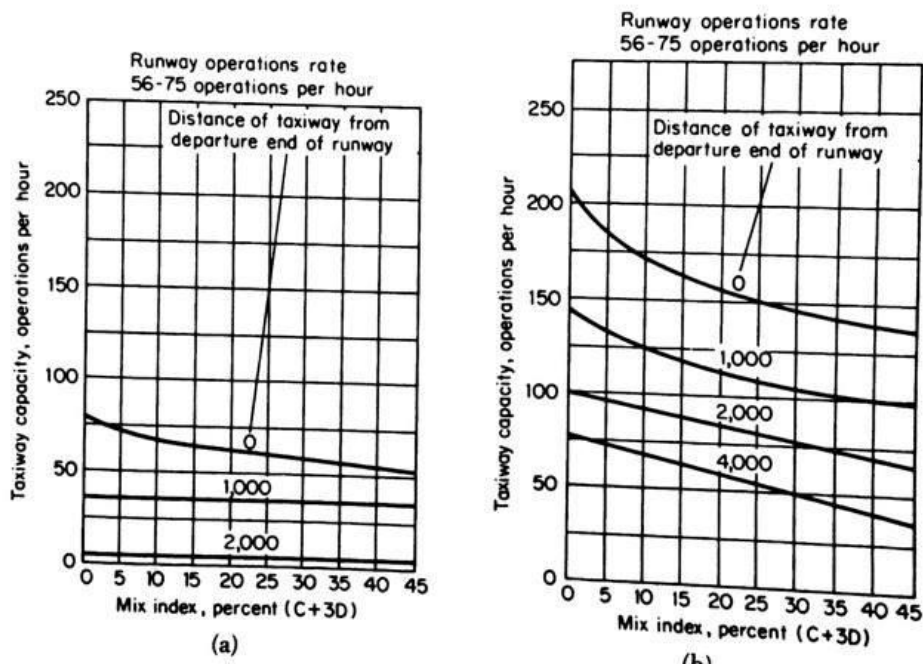
Razmak potreban između vrha krila i objekta (C_2) iznosi 4,5 m za klasu A, 5,25 m za klasu B, 7,5 m za klasu C te 12 m za klase D i E.

4.6. Kapacitet staza za vožnju

S obzirom da je uzletno-sletna staza u slijetanju zauzeta sve dok ju avion ne napusti, broj i lokacije voznih staza duž uzletno-sletne staze su najbitniji čimbenici kapaciteta uzletno-sletnih staza. Na većini većih zračnih luka, staze za vožnju su postavljene pod pravim kutom u odnosu na uzletno-sletnu stazu. Ovakva konfiguracija zahtjeva vrlo male brzine aviona pa se gubi dodatno vrijeme na kočenje i sami izlazak aviona s uzletno-sletne staze.

Kapacitet same staze za vožnju ovisi o operacijama koje se obavljaju na aktivnoj uzletno-sletnoj stazi, avionima koji je koriste, broju operacija na uzletno-sletnoj stazi i udaljenosti staze za vožnju od početka uzletno-sletne staze. Konkretno, za aktivnu uzletno-sletnu stazu koja ima oko 60 operacija u satu, kapacitet staze za vožnju koja ju siječe je prikazana na slici 8.

¹⁸ Izvor: [2]



Slika 8: Kapacitet staze za vožnju s obzirom na uzletno-sletnu stazu

Izvor: [2]

O brzini izlaza ovisi vrijeme zauzetosti uzletno-sletne staze. Slijetanje se općenito dijeli u 4 faze: vrijeme provedeno u letu od praga uzletno-sletne staze do doticaja glavnog podvozja sa stazom, vrijeme od doticaja glavnog podvozja sa stazom do doticaja nosnog kotača s podlogom, vrijeme od potpunog doticaja sa stazom i početka kočenja do usporavanja do izlazne brzine te vrijeme da zrakolov napravi zaokret i izađe s uzletno-sletne staze. Pretpostavlja se da je brzina u prvoj fazi 5 do 8 čvrova manja od brzine iznad praga USS-e te da je usporavanje u zraku oko $2,5 \text{ ft/s}^2$. Vrijeme druge faze je 3 sekunde, a vrijeme treće ovisi o izlaznim brzinama. Vrijeme zaokreta iznosi do 10 sekundi. Ukupno vrijeme zauzeća uzletno-sletne staze se može izračunati prema sljedećoj formuli¹⁹:

$$R_i = \frac{V_{ot} - V_{td}}{2 \cdot a_1} + 3 + \frac{V_{td} - V_e}{2 \cdot a_2} + t$$

gdje je R_i vrijeme zauzeća uzletno-sletne staze (s), V_{ot} brzina iznad praga staze (ft/s), V_{td} brzina pri dodiru glavnog podvozja s USS-om (ft/s), V_e brzina izlaza aviona s USS-e (ft/s), t vrijeme skretanja nakon što je postignuta brzina izlaza (s), a_1 prosječno usporavanje u zraku (ft/s^2) i a_2 prosječno usporavanje na zemlji (ft/s^2).

¹⁹ Izvor: [2]

Prosječno vrijeme zauzeća uzletno-sletne staze s brzim izlaznim stazama za vožnju, gdje su brzine oko 60 mph (52,13 kt = 96,56 km/h), je od 35 do 45 sekundi. Za standardne izlaze, gdje su brzine oko 15 mph (13,03 kt = 24,14 km/h), vrijeme izlaza je od 45 do 60 sekundi.

5. Analiza stanja staza za vožnju hrvatskih zračnih luka

Od ukupno 9 civilnih zračnih luka, u Hrvatskoj ih je sedam za konvencionalne avione. One će se obrađivati u daljnjem tekstu jer su najbitnije za hrvatski zračni promet. To uključuje Zračnu luku „Franjo Tuđman“ u Zagrebu, Zračnu luku Osijek, Zračnu luku Rijeka, Zračnu luku Pula, Zračnu luku Zadar, Zračnu luku Split te Zračnu luku Dubrovnik.

5.1. Zračna luka „Franjo Tuđman“

Iako je Zagreb imao i ranije aerodrome na različitim lokacijama, Zračna luka „Franjo Tuđman“ je službeno otvorena 1959. godine na lokaciji Pleso pod imenom „Zrakoplovna luka Zagreb“. Kasnije, 20. travnja 1962. godine, zračna luka Zagreb započinje s punim radom²⁰.

Zračna luka se nalazi 10 km jugoistočno od središta grada Zagreba, na području grada Velike Gorice. Zračna luka je dio mješovitog aerodroma, civilno-vojnog, koji se sastoji od zračne luke i zrakoplovne baze Hrvatskog ratnog zrakoplovstva te je središte hrvatskog zrakoplovstva. Zračna luka je domicilna nacionalnom zračnom prijevozniku Croatia Airlines te centru Zapovjedništva Hrvatskog ratnog zrakoplovstva i protuzračne obrane smještenom u vojarni „Pukovnik Marko Živković“.

U početku, zračna luka na lokaciji Pleso je imala uzletno-sletnu stazu duljine prvo 1 800 m pa 2 500 m. Ona se tijekom godina produljivala i obnavljala te je konačna duljina USS-e 3 252 m. Uz promjene duljine uzletno-sletne staze, nadograđivale su se i staze za vožnju. Putnički terminal se proširivao više puta, a trenutno je u izgradnji novi, moderni terminal s aviomostovima na novoj lokaciji sjeveroistočno od sadašnjeg na udaljenosti oko 2 kilometra.

Na aerodromskom kompleksu 1966. godine, uz četiri ulazno-izlazne, postojala je samo jedna paralelna staza za vožnju koja je služila uzletno-sletnoj stazi duljine 2 852 m i spajala ju sa stajankom veličine 60 000 m². Danas zračna luka broji osam staza za vožnju, od čega je 5 ulazno-izlaznih, 1 paralelna i 2 manje staze za vožnju, koje spajaju uzletno-sletnu stazu sa stajankom ispred putničkog terminala.

Zračna luka danas ima uzletno-sletnu stazu duljine 3252 m, širine 45 m. S ovim značajkama pripada referentnom kodu 4E. Staze za vožnju zračne luke „Franjo Tuđman“ su definirane slovima A do F te T i R. Staze za vožnju A, B, C, D i E služe civilnom zrakoplovstvu i

²⁰ Izvor: [6]

spajaju uzletno-sletnu stazu smjera 05-23²¹ sa stazom za vožnju F koja je paralelna uzletno-sletnoj stazi. Staze za vožnju T i R služe vojnom zrakoplovstvu te se neće posebno analizirati (slika 9).

5.1.1. Broj, lokacije i konfiguracija staza za vožnju Zračne luke „Franjo Tuđman“

Staza za vožnju A se nalazi na pragu uzletno-sletne staze 05. Pruža se direktno od stajanke do uzletno-sletne staze i najčešće se koristi za ulazak aviona na uzletno-sletnu stazu. Iduća je staza za vožnju B udaljena 352 metra od početka uzletno-sletne staze 05. S te staze za vožnju, duljina za zalet aviona iznosi 2 900 metara. Staza za vožnju C je na udaljenosti 1 102 metra od praga uzletno-sletne staze 05. Ukoliko se polijeće sa spoja USS-e i staze za vožnju C, raspoloživa duljina za zalet je 2 150 metara. Staza za vožnju D je od praga 05 udaljena 2 450 metara. Posljednja staza za vožnju u smjeru od praga 05 je E koja je udaljena 2 900 m.

U praksi se za polijetanje u smjeru 05, kao ulazne staze za vožnju koriste staze za vožnju A, B i eventualno C za manje avione. Za polijetanje u smjeru 23 se kao ulazne koriste staze za vožnju E i D te eventualno C za manje avione. U smjeru uzletno-sletne staze 23, prva staza za vožnju je E koja je od praga staze udaljena 352 metra i ostavlja 2 900 metara za zalet pri polijetanju. Sljedeća koja se može koristiti za dolazak na poziciju za polijetanje je staza za vožnju D koja je od praga staze 23 udaljena 802 metra i omogućuje zalet duljine 2 450 metara.

²¹ Točan smjer uzletno-sletne staze s jedne strane je 224°, a s druge 044°.

je zabranjena za avione kodnog slova D, E i F te za avione kodnog slova C čije je glavno podvozje šire od 18 metara²³.

Šire od propisanih minimalnih zahtjeva su staze za vožnju A, B i E²⁴. Gradnja staza za vožnju širih od zahtjevanih minimalnih vrijednosti pridonosi sigurnosti vožnje. S obzirom na to da je staza za vožnju A dijelom u krivini, višak u širini njene konstrukcije je prednost pri upravljanju avionom.

Staza za vožnju F je specifična zbog svog položaja paralelno s uzletno-sletnom stazom. Njena je širina manja od propisanog minimalnog zahtjeva u skladu s propisima koji su vrijedili za vrijeme njene izgradnje. Na njoj postoje ramena širine 3,75 m sa svake strane. Ramena za ovaj klasifikacijski kod zračne luke bi, sa širinom same staze za vožnju, trebala iznositi 44 metra. Staza za vožnju F s ukupnom širinom 30 metara ne udovoljava minimalnim zahtjevima. Također, staza za vožnju F je od staze C do staze B zabranjena za promet aviona čiji je raspon krila veći od 61 metra²⁵.

5.1.3. Površina i nosivost staza za vožnju Zračne luke „Franjo Tuđman“

Kolnik uzletno-sletne staze je redom beton u prvih 496 metara od praga 05, asfalt u idućih 2262 metara te ponovno beton u zadnjih 494 metara. Nosivost uzletno-sletne staze se mijenja duž iste, u skladu s promjenom kolnika, te iznosi 68/R/B/W/T 390 metara od praga 05. Nakon toga slijedi 54/R/A/W/T 106 metara, pa 54/F/A/W/T 2262 metara te završava s 54/R/A/W/T na zadnjih 494 metara.

Kolnik staza za vožnju A, B, E i F je od betona, dok su staze za vožnju C i D izgrađene od asfalta. Staza za vožnju A ima PCN 68/R/B/W/T, staze B, E i F 54/R/A/W/T, staza C 54/F/A/W/T te PCN staze D iznosi 35/F/A/W/T²⁶.

5.2. Zračna luka Osijek

Zračna luka Osijek je smještena 20 km od grada Osijeka, na lokaciji Klisa. Izgrađena u svrhu robnog prometa i prijevoza tereta te putničkog prometa s obzirom da je jedina zračna luka u tom dijelu Hrvatske.

²³ Nije u skladu s Dodatkom 14 ni s Pravilnikom o aerodromima.

²⁴ Staze za vožnju B i E su građene za potrebe vojnog zrakoplovstva.

²⁵ Raspon krila aviona je ograničen zbog povećanja stajanke s obzirom da se taj dio staze za vožnju F nalazi na stajanci.

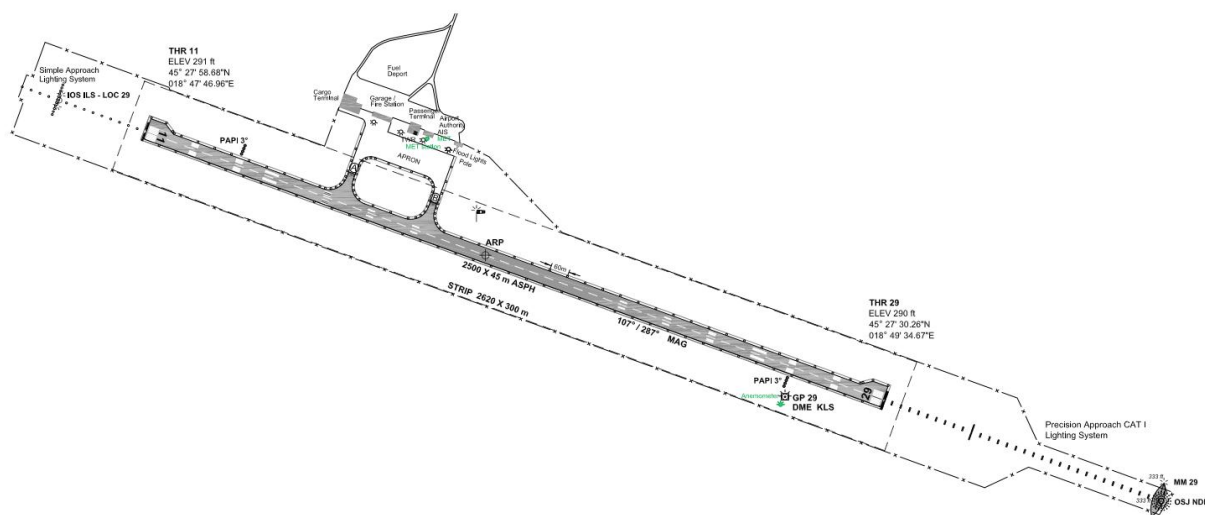
²⁶ Izvor: [28]

Zračna luka ima jednu uzletno-sletnu stazu smjera 11-29²⁷. Staza je duljine 2 500 metara i širine 45 metara. S ovim karakteristikama pripada ICAO referentnom kodu 4D²⁸. Ovu uzletno-sletnu stazu opslužuju samo dvije staze za vožnju A i B (slika 10).

5.2.1. Broj, lokacije i konfiguracija staza za vožnju Zračne luke Osijek

Ni jedna od postojećih staza za vožnju ne spaja stajanku s jednim od krajeva uzletno-sletne staze, nego su obje locirane na krajevima stajanke okomitog tipa što predstavlja obavezu vožnje po uzletno-sletnoj stazi do praga gdje se može započeti zalet za polijetanje. Također, pri slijetanju u smjeru staze 11, duljina do zadnjeg izlaza je samo 1 000 m što kod većih aviona nije dovoljno pa se moraju okretati i voziti po uzletno-sletnoj stazi do stajanke.

Gledajući od praga uzletno-sletne staze smjera 11, staza za vožnju A se nalazi na udaljenosti od 700 m, dok je staza za vožnju B samo 300 metara dalje, na udaljenosti 1 000 metara od praga uzletno-sletne staze. Raspoloživa TORA²⁹ ovisi o mjestu ulaska na uzletno-sletnu stazu. Iznosi 1 800 m od staze za vožnju A i 1 500 m od staze za vožnju B za smjer 11. Za smjer 29, iznosi 700 m kod ulaza sa staze za vožnju A i 1 000 m kod ulaza sa staze za vožnju B. Cijela raspoloživa udaljenost za zalet za polijetanje u smjeru 29 iznosi 2500 m od praga staze.



Slika 10: Tlocrt Zračne luke Osijek

Izvor: [29]

²⁷ Stvarni smjer uzletno-sletne staze je s jedne strane 111°, a s druge 291°.

²⁸ Zračna luka bi mogla imati referentni kod 4E, no širine staza za vožnju s ramenima ne zadovoljavaju minimalne potrebne širine u Pravilniku o aerodromima.

²⁹ Take Off Run Available – raspoloživa duljina za zalet zrakoplova na zemlji kod polijetanja

5.2.2. Širine staza za vožnju Zračne luke Osijek

Prema referentnom kodu 4D, minimalne potrebne širine voznih staza su 18 m ako je udaljenost između vanjskih rubova glavnog podvozja manja od 9 m ili 23 m ako je udaljenost između vanjskih rubova glavnog podvozja jednaka ili veća od 9 m.

Objekti staze za vožnju ove zračne luke su širine 23 metra³⁰ što odgovara većoj zahtjevanoj vrijednosti. Uz zadovoljenu ovu osnovnu širinu, obje staze za vožnju imaju ramena širine 7,5 metara. Time je ukupna širina staza za vožnju 38 m što odgovara domaćim propisanim zahtjevima, Pravilniku o aerodromima, za kodno slovo D.

5.2.3. Površina i nosivost staza za vožnju Zračne luke Osijek

Kolnik uzletno-sletne staze je asfaltni. Nosivost je u cijeloj duljini 82/F/B/W/T. Objekti staze za vožnju imaju asfaltirani kolnik. Nosivost staza za vožnju A i B je 91/F/B/W/T³¹.

5.3. Zračna luka Rijeka

Zračna luka Rijeka se nalazi na otoku Krku, jedan kilometar udaljena od Omišlja. Od grada je udaljena 17 km zračnom linijom i 25 km cestom. Zračna luka je otvorena za promet 2. svibnja 1970. godine te služi civilnom zračnom prometu. Uz prihvat i otpremu zrakoplova, putnika i robe, registrirana je i za školovanje letačkog osoblja³².

Staze za vožnju, kojih je samo dvije, povezuju 2 500 metara dugu uzletno-sletnu stazu s betonskom stajankom kojoj je maksimalan kapacitet 5 aviona. Uzletno-sletna staza je orijentirana u pravcu 14-32³³. Prema opremljenosti i karakteristikama uzletno-sletne staze, zračna luka ima referentni kod 4E³⁴ (slika 11).

5.3.1. Broj, lokacije i konfiguracija staza za vožnju Zračne luke Rijeka

Zračna luka Rijeka je u pogledu položaja i konfiguracije voznih staza slična Zračnoj luci Osijek. Ima samo dvije staze za vožnju koje ne vode do pragova uzletno-sletne staze, nego ju povezuju na dva mjesta.

Gledajući iz smjera uzletno-sletne staze 14, prva staza za vožnju je A udaljena 700 m od praga uzletno-sletne staze, ostavljajući 1 800 metara za zalet aviona. Staza za vožnju B je

³⁰ Izvor: [28]

³¹ Izvor: [28]

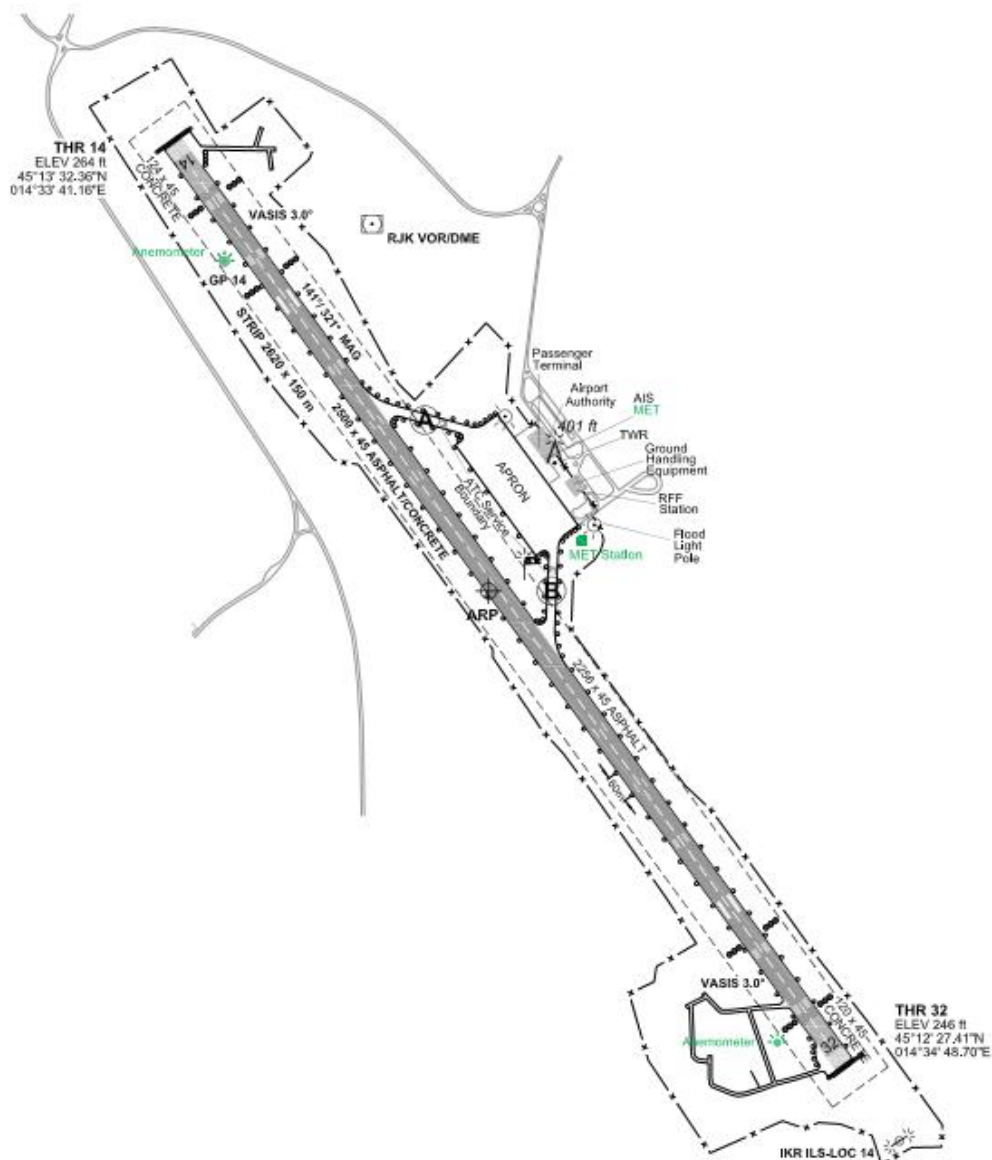
³² Izvor: [10]

³³ Stvarni smjerovi uzletno-sletne staze su 143° i 323°.

³⁴ Izvor: [12]

od tog praga udaljena 1 400 metara, ostavljajući 1 100 metara za zalet. Iz smjera uzletno-sletne staze 32, prva staza za vožnju je B udaljena 1 100 metara, a sljedeća je A udaljena 1 800 metara. Međusobna udaljenost između dviju staza za vožnju je 700 metara.

Kao i kod Zračne luke Osijek, ovakav raspored ograničava kapacitet u polijetanju i slijetanju. Kod polijetanja avion mora ući na uzletno-sletnu stazu te voziti u suprotnom smjeru do mjesta s kojeg može početi zalet. Kod slijetanja, ukoliko prođe zadnju voznu stazu predviđenu za izlaz, avion mora dovoljno usporiti, okrenuti se na uzletno-sletnoj stazi ili okretnici te se vratiti do izlaza. Zbog ovakvog rasporeda, zračna luka ima mali satni kapacitet.



Slika 11: Tlocrt Zračne luke Rijeka

Izvor: [29]

5.3.2. Širine staza za vožnju Zračne luke Rijeka

S obzirom na referentni kod zračne luke, zahtjevane minimalne širine staza za vožnju su 23 metra. Obje staze za vožnju, A i B, ove zračne luke su široke 20 metara³⁵. Također ni jedna nema ramena pa su ovo konačne širine koje mogu biti korištene.

5.3.3. Površina i nosivost staza za vožnju Zračne luke Rijeka

Uz pretpostavku da je kolnik asfaltiran³⁶, nosivost uzletno-sletne staze je 76/F/B/W/T. Nosivost betonskih staza za vožnju je 45/R/A/X/T³⁷.

5.4. Zračna luka Pula

Zračna luka Pula je otvorena 1954. godine u službi Jugoslavenske narodne armije kao vojni aerodrom. Civilno zrakoplovstvo je dobilo pravo prometovanja 1. svibnja 1967. godine. Krajem 1980.-ih godina je uslijedila obnova i izgradnja nove pristanišne zgrade s ciljem povećanja kapaciteta na istodoban prihvat i otpremu 10 aviona. S početkom rata, promet zračne luke prestaje te se počinje oporavljati tek 1999. godine³⁸.

Zračna luka služi gradu Puli od čijeg je centra udaljena 6 km te Sloveniji i Italiji kao alternativna zračna luka. Ima jednu uzletno-sletnu stazu smjera 09-27³⁹, duljine 2 946 metara i širine 45 metara. Referentni kod je 4E⁴⁰. Manevarske površine, uz uzletno-sletnu stazu, čini još 8 staza za vožnju, od slova A do H (slika 12).

5.4.1. Broj, lokacije i konfiguracija staza za vožnju Zračne luke Pula

Od stajanke se pružaju tri staze za vožnju F, G i H te se one spajaju sa stazom za vožnju A koja se pruža paralelno s uzletno-sletnom stazom. Na nju se nadovezuju staze B, C, D i E koje ju spajaju sa samom uzletno-sletnom stazom.

Na samom pragu uzletno-sletne staze 09 je smještena staza za vožnju B koja omogućava duljinu zaleta 2 946 metara. Sljedeća staza za vožnju od koje može započeti zalet za polijetanje je C koja je od praga udaljena 1 254 metra te ostavlja TORA-u duljine 1 692 metra. Staze za vožnju D i E se ne koriste za polijetanje u ovom smjeru.

³⁵ Izvor: [28]

³⁶ U AIP-u Zračne luke Rijeka nije navedena površina uzletno-sletne staze, no slovo F u klasifikacijskom broju u većini slučajeva označava asfalt.

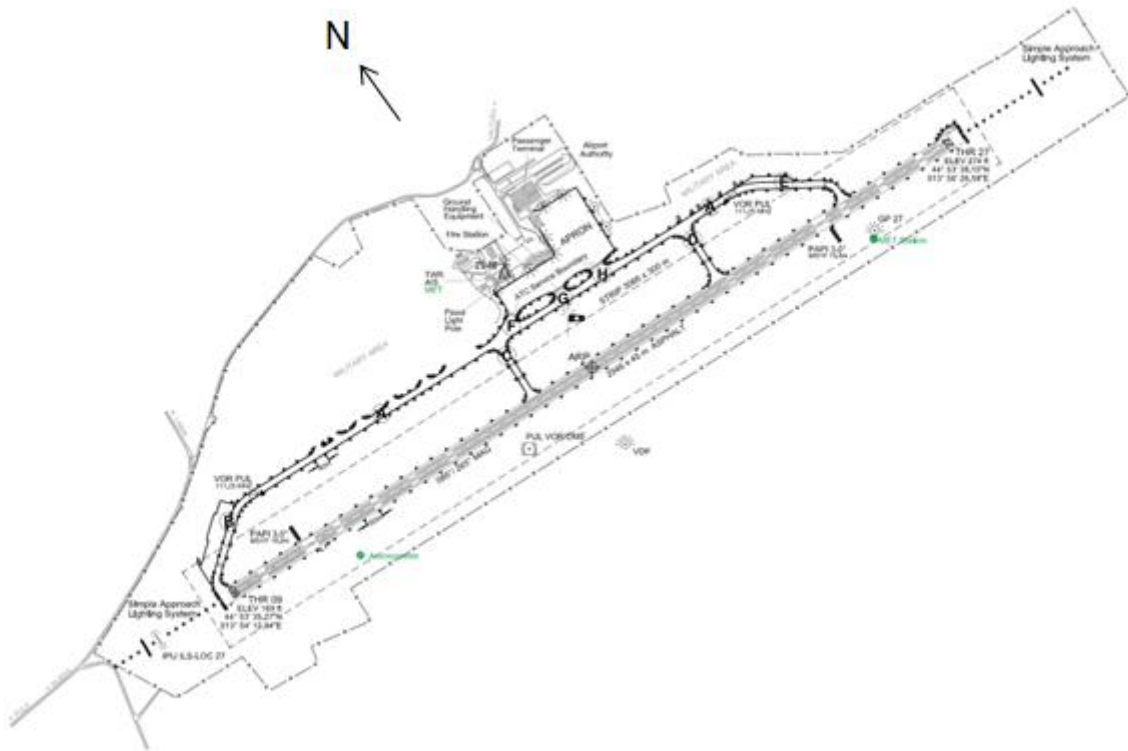
³⁷ Izvor: [28]

³⁸ Izvor: [15]

³⁹ Stvarni smjer uzletno-sletne staze je 088° i 268°.

⁴⁰ Izvor: [12]

S druge strane, od praga uzletno-sletne staze 27 prva staza za vožnju je E udaljena 455 metara, ostavljajući duljinu od 2 491 metra za zalet aviona. Sljedeća je D na udaljenosti 954 metra od praga te dozvoljava zalet na tlu od 1 992 metra. Staze za vožnju B i C se ne koriste za polijetanje u smjeru praga uzletno-sletne staze 27.



Slika 12: Tlocrt Zračne luke Pula

Izvor: [29]

5.4.2. Širine voznih staza Zračne luke Pula

Prema referentnom kodu, sve staze za vožnju bi trebale biti širine 23 metra. Također, preporučena su ramena širine 10,5 metara sa svake strane staze za vožnju tako da ukupna širina vozne staze i ramena bude 44 metra.

Svih 8 staza za vožnju zadovoljavaju minimalne zahtjeve širine te su sve jednako široke, a širina im iznosi 23 metra⁴¹. Ni jedna od 8 staza za vožnju nema ramena.

5.4.3. Površina i nosivost staza za vožnju Zračne luke Pula

Uzletno-sletna staza je od asfalta s PCN-om koji iznosi 71/R/A/W/T. Svih osam voznih staza imaju jednak PCN iznosa 71/F/A/W/T te asfaltni kolnik⁴².

⁴¹ Izvor: [28]

⁴² Izvor: [28]

5.5. Zračna luka Zadar

Zračna luka Zadar je mješoviti aerodrom, za civilni promet otvoren 1968. godine. Nalazi se u blizini Zemunika Donjeg, 7 km istočno od Zadra. Zračna luka služi civilnom zrakoplovstvu, a na vojnom dijelu je smještena 93. zrakoplovna baza Zadar s kojom dijeli dvije uzletno-sletne staze.

S obzirom da je pravac uzletno-sletne staze okomit na buru, Zračna luka Zadar ima drugu, vjetrovnu, bursku uzletno-sletnu stazu. Na području su smještene i civilne i vojne jedinice te jedina u Hrvatskoj ima dvije uzletno-sletne staze gotovo okomite jedna na drugu. Stoga se zračna luka Zadar naziva najvećim zrakoplovnim centrom u Hrvatskoj. Uz standardni promet, bavi se prihvatom, otpremom i održavanjem vatrogasnih zrakoplova te izobrazbom profesionalnih pilota. U sklopu zračne luke je djelovala i Lufthansina škola letenja, no danas je baza zrakoplovne kompanije Ryanair⁴³.

S obzirom da je zračna luka bila oštećena u Domovinskom ratu, obnovljena je proširena te je izgrađen VIP terminal. Zračna luka je bila jedna od rijetkih u svijetu čiju je stazu za vožnju prelazila cesta javnog prometa. Cesta je zatvorena 2010. godine.

Zračna luka Zadar ima dvije uzletno-sletne staze smjerova 14-32⁴⁴ i 04-22⁴⁵. Staza 14-32 se naziva vojnom, dok se staza 04-22 naziva civilnom. Vojna uzletno-sletna staza je duljine 2 500 metara i širine 45 metara. Druga je duljine 2 000 metara i širine također 45 metara. Zbog ovih dimenzija referentni kod zračne luke je 4E⁴⁶. Navedene dvije uzletno-sletne staze opslužuje ukupno 10 staza za vožnju. Staze za vožnju A, B, C, D, E, F i H koriste vojni avioni, dok vozne staze G, K i L služe za vožnju pretežno civilnih aviona (slika 13).

5.5.1. Broj, lokacije i konfiguracija staza za vožnju Zračne luke Zadar

Od stajanke vojne baze pruža se staza za vožnju H na obje strane stajanke, paralelno s uzletno-sletnom stazom 14-23. Od nje se pružaju vozne staze od slova A do F od kojih su sve, osim staze F, okomite i na stazu za vožnju H, a time i na uzletno-sletnu stazu. Staza za vožnju H se pruža i uz rub same stajanke, no staze za vožnju B, C, D i E spajaju stajanku direktno s uzletno-sletnom stazom.

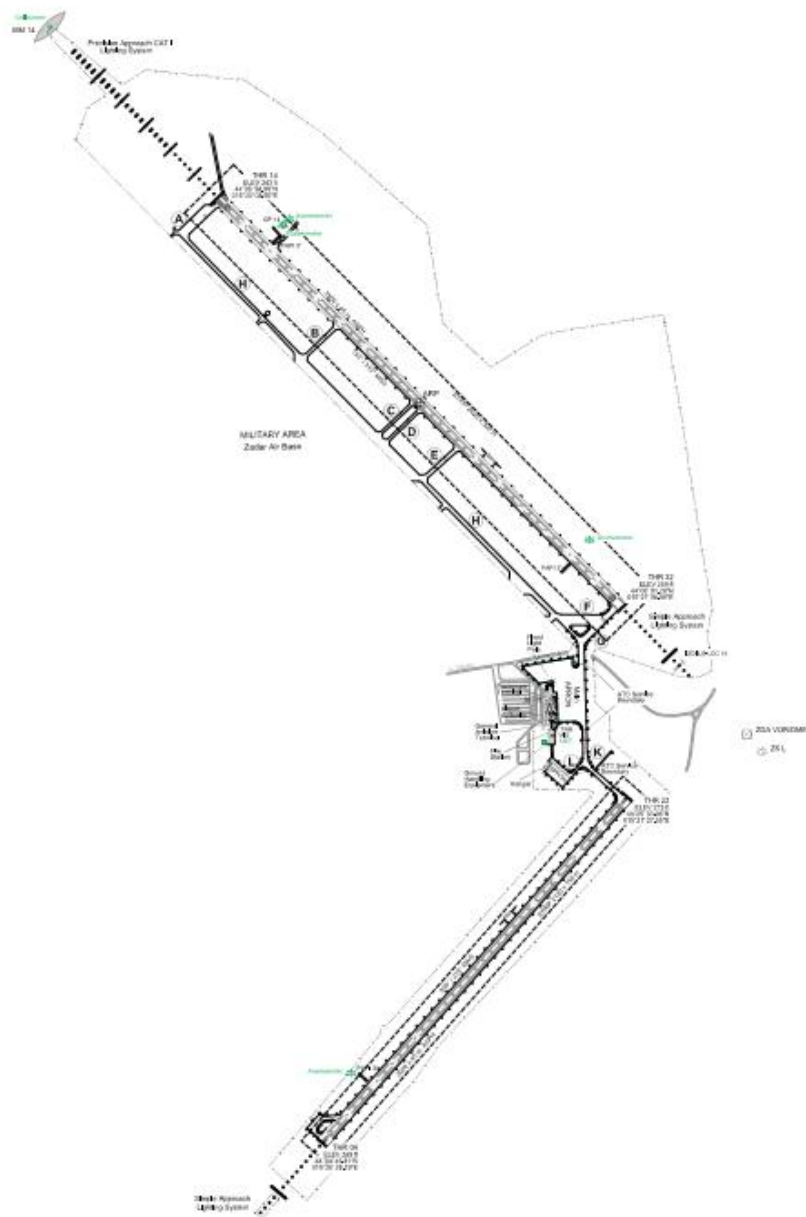
⁴³ Izvor: [17]

⁴⁴ Stvarni smjer uzletno-sletne staze je 135° u jednom i 315° u drugom smjeru.

⁴⁵ Točan smjer uzletno-sletne staze se pruža u smjerovima 041° i 221°.

⁴⁶ Izvor: [18]

Staza za vožnju A vodi avion od staze za vožnju H do praga staze 14. Sljedeća je B, dok su C i D prilično blizu jedna drugoj te su smještene oko sredine uzletno-sletne staze. Nedaleko je staza za vožnju E, a na pragu staze 32 je staza za vožnju F koja pod određenim kutom spaja uzletno-sletnu stazu sa stazom za vožnju H. Također, na prag uzletno-sletne staze 32 i na stazu za vožnju F se nadovezuje staza za vožnju G koja spaja stazu 14-32 s glavnom civilnom stajankom. S druge strane te stajanke je staza za vožnju K koja spaja glavnu stajanku s uzletno-sletnom stazom 04-22 na pragu 22. Na nju se nadovezuje staza za vožnju L koja spaja stazu za vožnju K sa stajankom generalne avijacije.



Slika 13: Tlocrt Zračne luke Zadar

Izvor: [29]

5.5.2. Širine voznih staza Zračne luke Zadar

Prema referentnom kodu zračne luke 4E, minimalne potrebne širine voznih staza su 23 metra. Također preporučena su ramena koja bi, zajedno sa širinom staze za vožnju, imala širinu 44 metra. Od svih postojećih 10 staza za vožnju, samo dvije zadovoljavaju ove propisane zahtjeve⁴⁷.

Staza za vožnju A koja vodi avione do praga staze 14 za polijetanje je širine 22 metra. Središnje staze za vožnju B i E su jednake širine koja iznosi 18 metara, a C i D su široke 10 metara. Najšira staza za vožnju u cijelom kompleksu je staza F na rubu staze 32. Ona je široka 45 metara. Staza za vožnju H, paralelna s uzletno-sletnom stazom 14-32, je širine 15 metara⁴⁸. S obzirom na njenu širinu, civilni avioni kao stazu za vožnju koriste isključivo uzletno-sletnu stazu 14-32.

Staza za vožnju G, koja se može koristiti za vojne svrhe, ali i za dolazak civilnih aviona do uzletno-sletne staze 14-32, je široka 27 metara. Staza K ima širinu 18 metara, dok je staza L široka 10,5 metara.

5.5.3. Površina i nosivost staza za vožnju Zračne luke Zadar

Uzletno-sletna staza 04-22 je izgrađena od asfalta s PCN-om 33/F/B/W/T, a staza 14-32 je izgrađena od asfalta s PCN-om 44/F/B/W/T. Staza za vožnju A je od betona i ima PCN 42/R/B/W/T, staza B od betona s PCN-om 44/R/B/W/T, staze C i D od asfalta s PCN-om 22/F/B/Y/T, staza E od betona s PCN-om 20/R/B/W/T, staza F od betona s PCN-om 36/R/B/W/T. Staza za vožnju G je specifična jer je izgrađena i od betona i od asfalta. PCN na betonskom dijelu je 31/R/B/W/T, a na asfaltiranom 39/F/B/W/T. Staza za vožnju H je od betona s PCN-om 26/R/B/W/T, staza K od asfalta s PCN-om 36/F/B/W/T te staza L od asfalta s PCN-om 15/B/Y/T⁴⁹.

⁴⁷ Izvor: [28]

⁴⁸ Iako su širine staza za vožnju premale prema ICAO standardima, dovoljne su za vojne zrakoplove koji ih koriste.

⁴⁹ Izvor: [28]

5.6. Zračna luka Split

Zračna luka opslužuje grad Split, a smještena je 25 km od grada Splita i 6 km od grada Trogira, na predjelu Resnik. Zračna luka Split je otvorena je 25. studenog 1966. godine, a zatvorena 1991. godine zbog rata te ponovno otvorena 1992. godine⁵⁰.

Za vrijeme rata u Bosni i Hercegovini, zračna luka je prihvaćala i NATO-ve i UN-ve transportne avione. Nakon 1995. godine, promet civilnih zrakoplova je počeo rasti te je 2007. godine prešao rekord postignut 1987. godine. Dodatna pozicija za avion na stajanci je izgrađena 2007. godine. Stajanka je proširena 2009. godine.

Nakon Zračne luke „Franjo Tuđman“, druga je najprometnija zračna luka u Hrvatskoj. Ima jednu uzletno-sletnu stazu koja se pruža u smjeru 05-23⁵¹. Staza je duljine 2 550 metara, a širine 45 metara i ima referentni kod 4E⁵². Avioni do uzletno-sletne staze dolaze preko dvije kose staze za vožnju od krajeva stajanke (slika 14).

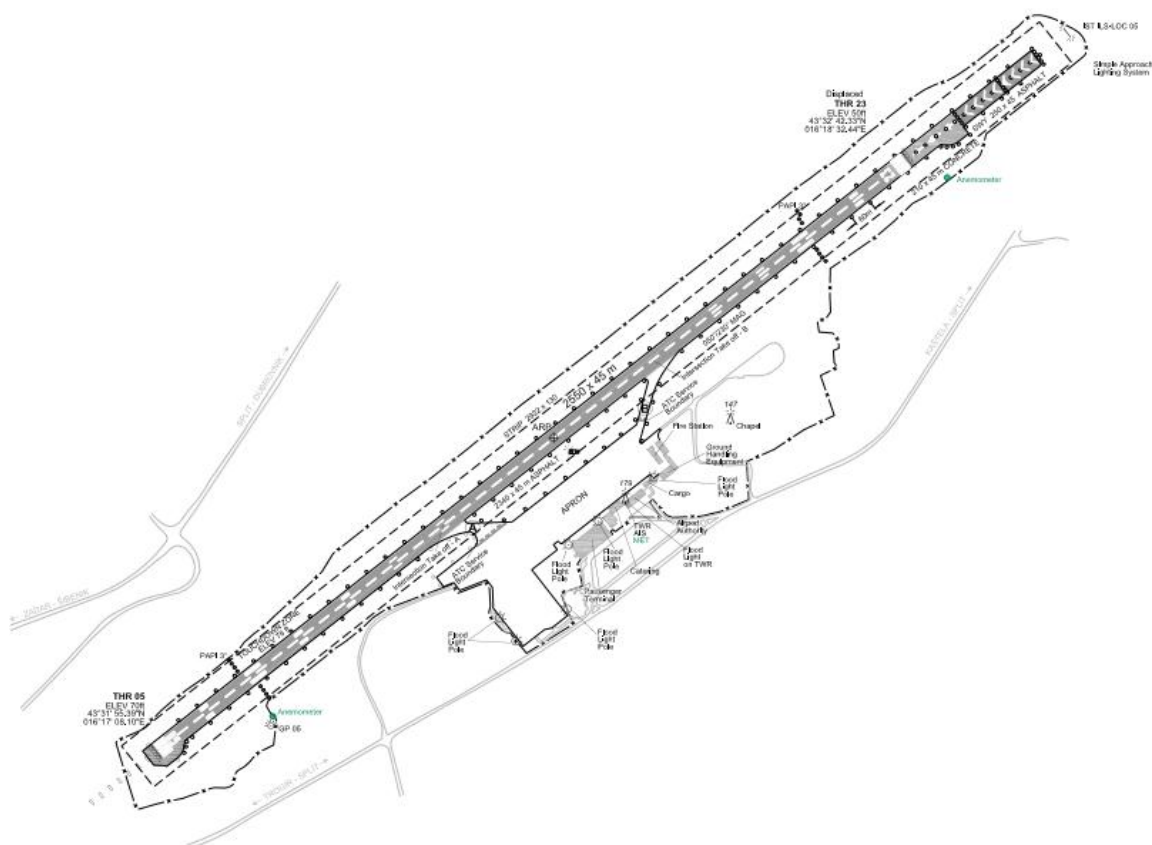
5.6.1. Broj, lokacije i konfiguracija staza za vožnju Zračne luke Split

Obje staze za vožnju, A i B, spajaju stajanku s približno sredinom uzletno-sletne staze. Ukoliko avion polijeće u smjeru staze 05, do praga će doći preko vozne staze A koja je od tog praga udaljena 915 m. Avion s te pozicije može poletjeti ukoliko mu je 1 632 metara dovoljno za zalet na tlu ili može voziti po uzletno-sletnoj stazi do okretnice gdje će raspoloživa duljina za zalet na tlu biti 2 550 metara. Ista je situacija s druge strane, no za polijetanje iz smjera 23 je potrebna staza za vožnju B koja je od praga staze udaljena 970 metara, ostavljajući time 1 580 metara za zalet aviona.

⁵⁰ Izvor: [20]

⁵¹ Stvarni smjer uzletno-sletne staze je 052° i 232°.

⁵² Izvor: [23]



Slika 14: Tlocrt Zračne luke Split

Izvor: [29]

5.6.2. Širine staza za vožnju Zračne luke Split

Širine staza za vožnju bi trebale biti najmanje 23 metra te su za kategoriju E preporučena ramena tako da ukupna širina vozne staze s ramenima bude 44 metra. Staza za vožnju A je široka 20 metara, dok je staza B uža i širina iznosi 18 metara. Ni jedna staza za vožnju nema pridružena ramena⁵³.

5.6.3. Površina i nosivost staza za vožnju Zračne luke Split

Uzletno-sletna staza u Splitu je i od betona i od asfalta, a PCN duž cijele iznosi 49/R/B/W/T. Obje staze za vožnju su napravljene s istim kolnikom, kombinacijom asfalta i betona, a PCN im iznosi 49/R/B/W/T.

5.7. Zračna luka Dubrovnik

Zračna luka Dubrovnik je izgrađena 1960. godine lokaciji pored mjesta Čilipi, 22 km od Dubrovnika. Značajno je oštećena tijekom Domovinskog rata te otvorena 1992. godine. Nakon rata je obnavljana, a putnički terminal je rekonstruiran i nadograđen.

⁵³ Izvor: [28]

Zračna luka Dubrovnik je treća najprometnija zračna luka u Republici Hrvatskoj. U skladu s time, putnički terminal se proširuje i drugi je po veličini nakon zagrebačke zračne luke. Uz terminal je planirana i izgradnja gospodarske zone te hotela za privlačenje putnika i podizanje prometa. Također, ova zračna luka je prva u Hrvatskoj koja je putnicima omogućila direktan prijelaz iz putničke zgrade do aviona kroz aviomostove. Taj je sustav dovršen 2015. godine s izgradnjom novog putničkog terminala.

Prvotna uzletno-sletna staza je bila dugačka 2 600 metara. Produljenje je dovršeno 1972. godine te je konačna duljina 3 300 metara. Uz prvu izgradnju zračne luke, bile su izgrađene dvije staze za vožnju, W1 i B. Ubrzo nakon, 1972. godine, staza za vožnju W je produljena, a izgrađena je staza za vožnju A. Dvije nove staze za vožnju, I i E, su izgrađene 1979. godine u smjeru istoka⁵⁴.

Uzletno-sletna staza je duljine 3 300 metara i širine 45 metara i pruža se smjeru 12-30⁵⁵. Referentni kod za ovu zračnu luku je 4E⁵⁶. Uzletno-sletna staza je sa stajankom povezana preko 7 staza za vožnju (slika 15).

5.7.1. Broj, lokacije i konfiguracija staza za vožnju Zračne luke Dubrovnik

Iz smjera 12 uzletno-sletne staze, prva staza za vožnju je A koja avion vodi direktno do praga staze koji je pomaknut 150 metara od početka betonske staze. Staza za vožnju A je ulazno-izlazna, a vezana je na stazu za vožnju W koja se pruža paralelno s uzletno-sletnom stazom od ruba stajanke prema sjeverozapadu. Od nje se izdvaja i staza za vožnju B koja je od praga udaljena 1 030 metara i ostavlja 2 270 metara prostora za zalet aviona iako svojim položajem u odnosu na uzletno-sletnu stazu pokazuje da se može koristiti za izlazak aviona nakon slijetanja iz suprotnog smjera. Staza za vožnju C stajanku spaja direktno s uzletno-sletnom stazom. Smještena je 1 500 metara od praga staze 12 i daje mogućnost zaleta od 1 800 metara. Svojim položajem odgovara avionima koji slijeću u tom smjeru. Zadnja staza za vožnju od koje je moguće polijetanje u smjeru 12 je D koja također direktno spaja stajanku s uzletno-sletnom stazom. Od praga je udaljena 1 950 metara pa je raspoloživa duljina za zalet 1 350 metara.

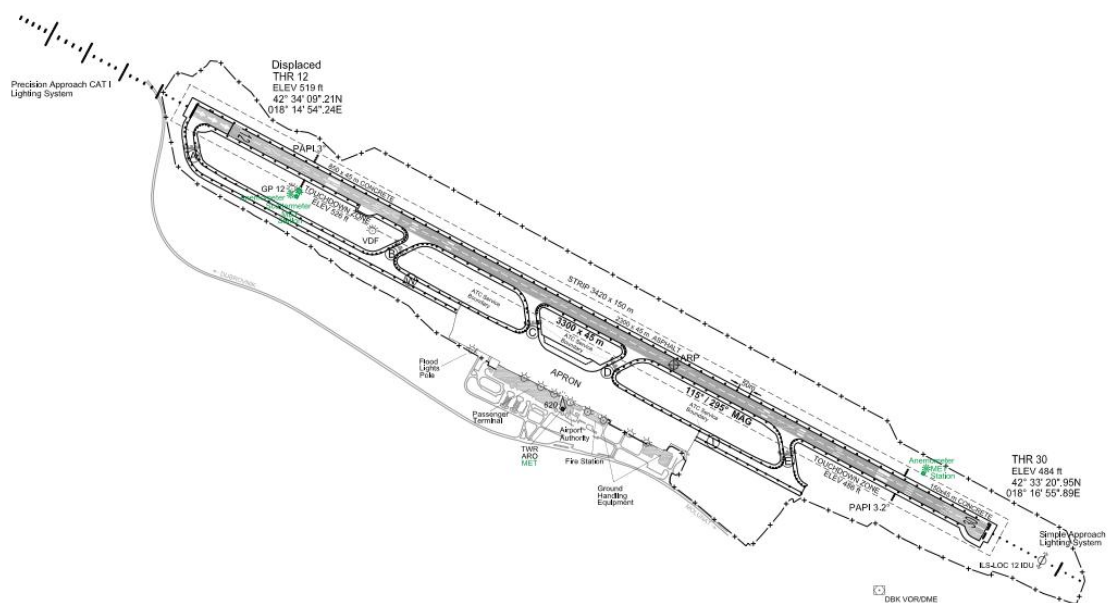
⁵⁴ Izvor: [26]

⁵⁵ Stvarni smjer uzletno-sletne staze je 118° i 298°.

⁵⁶ Izvor: [27]

Iz suprotnog praga, prva staza za vožnju je E koja je od praga 30 udaljena 900 metara. Avion u polijetanju se može ili odrulati do praga uzletno-sletne staze te okrenuti ili iskoristiti duljinu za zalet koja iznosi 2 400 metara od staze za vožnju E. Sljedeća je staza za vožnju D, od praga udaljena 1 520 metara ostavljajući 1 780 metara za zalet aviona na tlu. Zadnja staza od koje se izvode polijetanja je C koja je od praga 30 udaljena 1 960 metara, dozvoljava zalet unutar preostalih 1 340 metara.

Prema kutevima pod kojima su staze za vožnju postavljene u odnosu na uzletno-sletnu stazu se može pretpostaviti koja je njihova funkcija. Staze A i B su predviđene za polijetanje u smjeru 12, dok je staza C za slijetanje aviona u istom smjeru. Toj funkciji može poslužiti i vozna staza E koja prednost daje velikim avionima kojima je potrebna velika duljna slijetanja. Staze za vožnju B i D su pogodne za izlazak aviona koji su sletjeli na stazu smjera 30. Jedina staza za vožnju pogodna za ulazak na uzletno-sletnu stazu 30 zbog polijetanja je E.



Slika 15: Tlocrt Zračne luke Dubrovnik

Izvor: [29]

5.7.2. Širine staza za vožnju Zračne luke Dubrovnik

Prema ICAO propisima, minimalne širine staza za vožnju bi trebale biti 23 metra. Za kodno slovo E, preporučaju se i ramena širine 10,5 metara sa svake strane staze za vožnju. Tri staze za vožnju zadovoljavaju ove zahtjeve, dok su četiri preuske⁵⁷.

Staze za vožnju A, B i E su širine 27 metara. Ostale staze za vožnju, C, D, I i W, imaju širinu 22,5 metara. Staza za vožnju W, iako je preuska, ima ramena šira od preporučenih minimalnih vrijednosti te ona iznose 13 metara sa svake strane. Ovako ukupna širina staze za vožnju i ramena, koja bi trebala biti 44 metra, iznosi 48,5 metara.

5.7.3. Površina i nosivost staza za vožnju Zračne luke Dubrovnik

Uzletno-sletna staza je, od praga 12 od betona 850 metara, zatim od asfalta 2300 metara te ponovno od betona 150 m. Uz promjenu kolnika se mijenja i PCN te iznosi redom 60/R/A/W/U, 63/F/A/X/U te 64/R/B/W/U. Staze za vožnju A i W su od betona s PCN-om 60/R/A/W/U. Staza B je od betona s PCN-om 60/R/A/W/T. Staza C je također od betona s PCN-om 64/R/B/W/U. Staza za vožnju D je od betona, a E od asfalta, no obje imaju PCN 63/F/A/X/U. Staza za vožnju I je od asfalta s PCN-om 63/F/A/X/T⁵⁸.

⁵⁷ Izvor: [28]

⁵⁸ Izvor: [28]

6. Preporuke za unaprjeđenje sustava staza za vožnju na hrvatskim zračnim lukama

S obzirom na stalno povećanje prometa i veće zahtjeve kapaciteta, potrebna je stalna modernizacija i unaprjeđenje zračnih luka, time i manevarskih površina kao najbitnijih čimbenika za slijetanje i polijetanje aviona. Hrvatske zračne luke su izgrađene još u prošlom stoljeću te time postoji još prostora za obnovu.

Problem staza za vožnju na zračnim lukama u Hrvatskoj je i u nedovoljnim širinama i u položajima staza za vožnju u odnosu na uzletno-sletnu stazu. Oba čimbenika smanjuju kapacitet zračnih luka jer avioni ili ne bi smjeli voziti po preuskim stazama za vožnju ili predugo zadržavaju uzletno-sletnu stazu okupiranom. Također, ni jedna zračna luka u Hrvatskoj nema brze izlazne staze za vožnju.

6.1. Širine staza za vožnju

Osijek i Pula su jedine zračne luke u Hrvatskoj koje imaju zadovoljene minimalne potrebne širine za svoj referentni kod zračne luke. Obje trebaju imati staze za vožnju minimalne širine 23 metra, dok je kod zračne luke Osijek, uz kodno slovo D, dozvoljeno imati staze za vožnju široke 18 metara, ovisno o udaljenosti od nosnog do glavnog podvozja aviona. I Zračna luka Osijek i Zračna luka Pula imaju sve staze za vožnju široke 23 metra. Također, staze za vožnju Zračne luke Osijek imaju ramena ukupne širine 15 metara. S obzirom da su širine staza za vožnju ovih dviju zračnih luka zadovoljene, moguća je samo nadogradnja ramena iako ona nisu obavezna prema ICAO-u.

Zračne luke Zagreb, Zadar i Dubrovnik, s redom 8, 10 i 7 staza za vožnju, imaju pojedine staze šire od minimalnih zahtjeva, pojedine jednake tim zahtjevima, no postoje i one manje od propisanih zahtjeva. Dovoljno je da postoji jedna ulazno-izlazna staza za vožnju koja zadovoljava uvjetima s obzirom na referentni kod zračne luke pa proširenja ostalih nisu obavezna. Ukoliko bi sve poštivale minimalne zahtjeve, u Zračnoj luci Zagreb, proširenje bi trebale dobiti tri staze za vožnju, a u Zadru i Dubrovniku po dvije. Kod svake od ovih zračnih luka je preporučena izgradnja ramena staza za vožnju, no ima ih, iako su preuska, samo staza za vožnju F u Zagrebu. S obzirom da su širine staza za vožnju različite, mogu se naći staze za vožnju koje će odgovarati određenom prometu, iako to nije po ICAO

propisima⁵⁹. Također, veći avioni ne mogu koristiti manje staze za vožnju čime se smanjuje kapacitet uzletno-sletne staze. Primjer je Zračna luka Zagreb⁶⁰ u kojoj avioni s rasponom krila većim od 61 metra ne smiju koristiti stazu za vožnju F od spoja sa stazom za vožnju B do spoja sa stazom za vožnju C, a avioni klase D, E i F te avioni klase C s podvozjem širim od 18 metara ne smiju koristiti stazu za vožnju D^{61,62}.

Analiza stanja pokazuje da su Zračne luke Rijeka i Split one kod kojih su sve postojeće staze za vožnju uže od propisanih minimalnih zahtjeva. Sve bi trebale biti široke 23 metra, dok su tri od ukupno četiri široke 20 metara, a četvrta je široka samo 18 metara. Kod ovih zračnih luka nema alternativnih izbora izlaza i ulaza na uzletno-sletnu stazu. Stoga bi proširenje staza za vožnju, uz nadogradnju preporučenih ramena, trebalo biti prioritet koji će se ostvariti u što bližoj budućnosti.

6.2. Položaji staza za vožnju

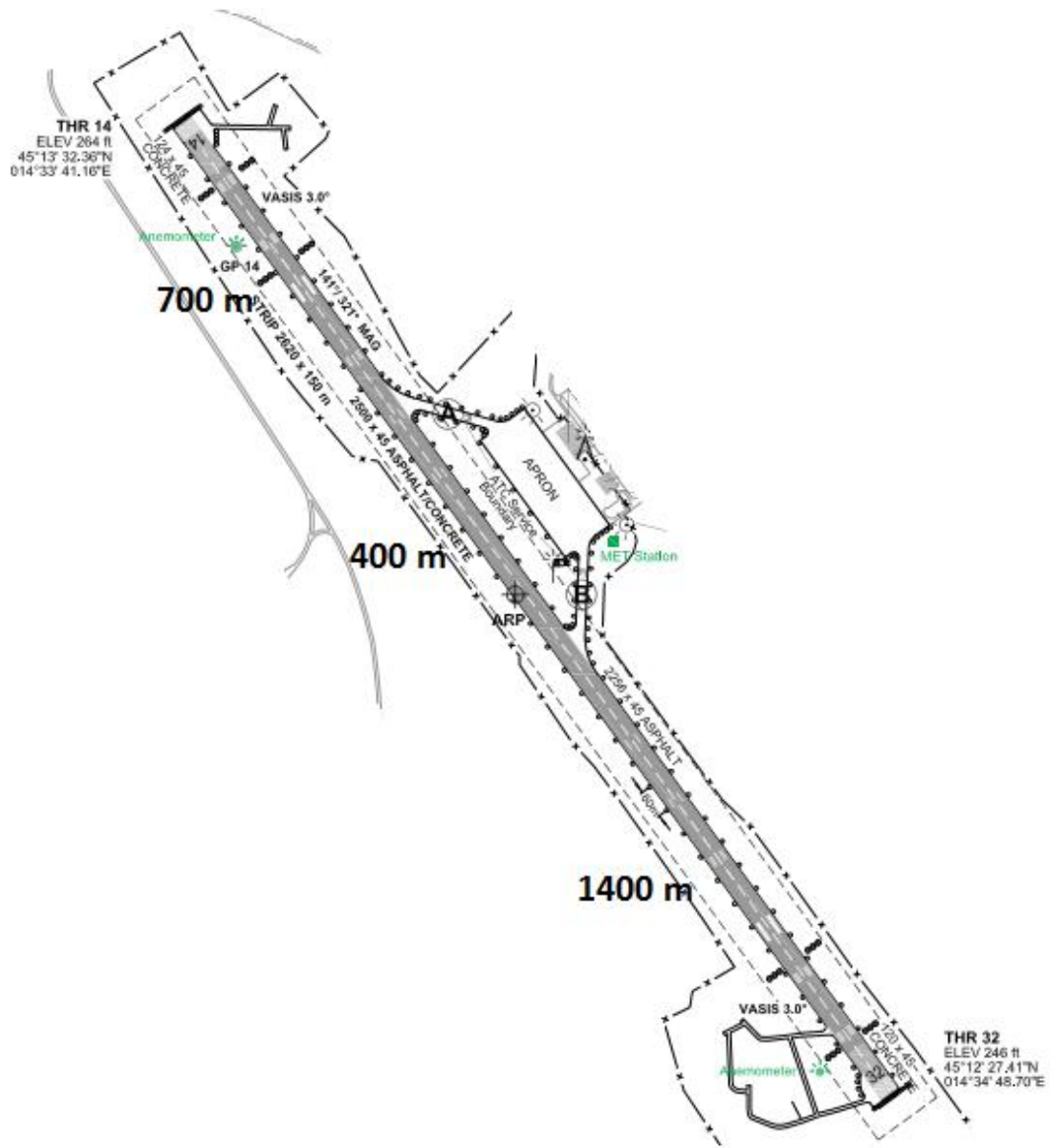
Sve uzletno-sletne staze u zračnim lukama Hrvatske, osim uzletno-sletne staze 04-22 u Zadru, su dulje od 2 133.6 m (7 000 ft). Prema tome, kako je spomenuto u poglavlju 4, međusobni razmaci između voznih staza bi trebali iznositi oko 457.2 m (1 500 ft). Stvarne udaljenosti između staza za vožnju su prikazane na slikama 16 , 17, 18, 19, 20 i 21.

⁵⁹ Udaljenost od vanjskog ruba glavnog podvozja do ruba staze za vožnju, za klasu E, mora biti 4.5 metara sa svake strane. Iako je staza za vožnju F u zagrebačkoj zračnoj luci preuska prema ICAO standardima, može prihvatiti avione s širinom podvozja do 13.5 metara (ne računajući ramena staze za vožnju). Primjer je Boeing 747 (B747) koji ima širinu podvozja 11 metara.

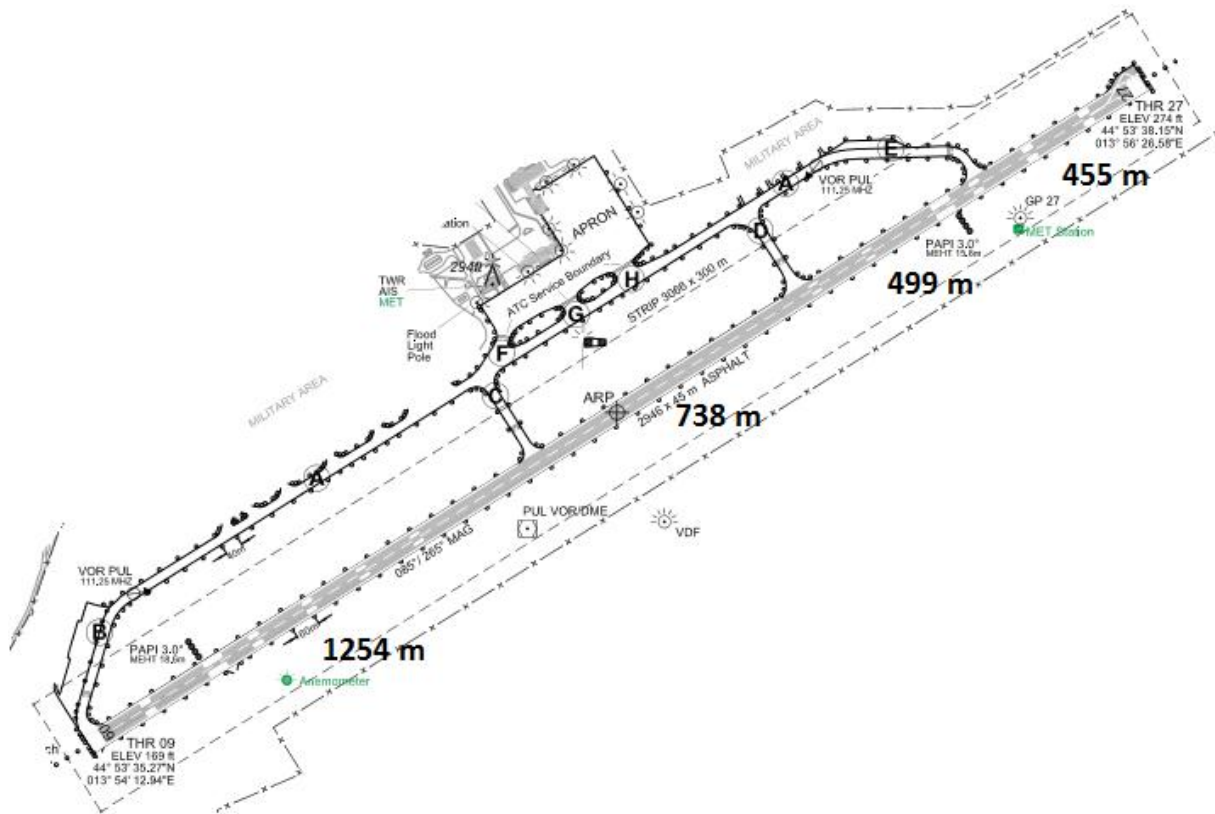
⁶⁰ Izvor: [28]

⁶¹ Nije poznato zašto je ovo ograničenje navedeno u AIP-u Zračne luke Zagreb s obzirom da je maksimalna širina podvozja za klasu E 13.99 metara. Širina podvozja od 18 metara prelazi i ograničenja klase F, najvećeg referentnog slova koje zračna luka može imati.

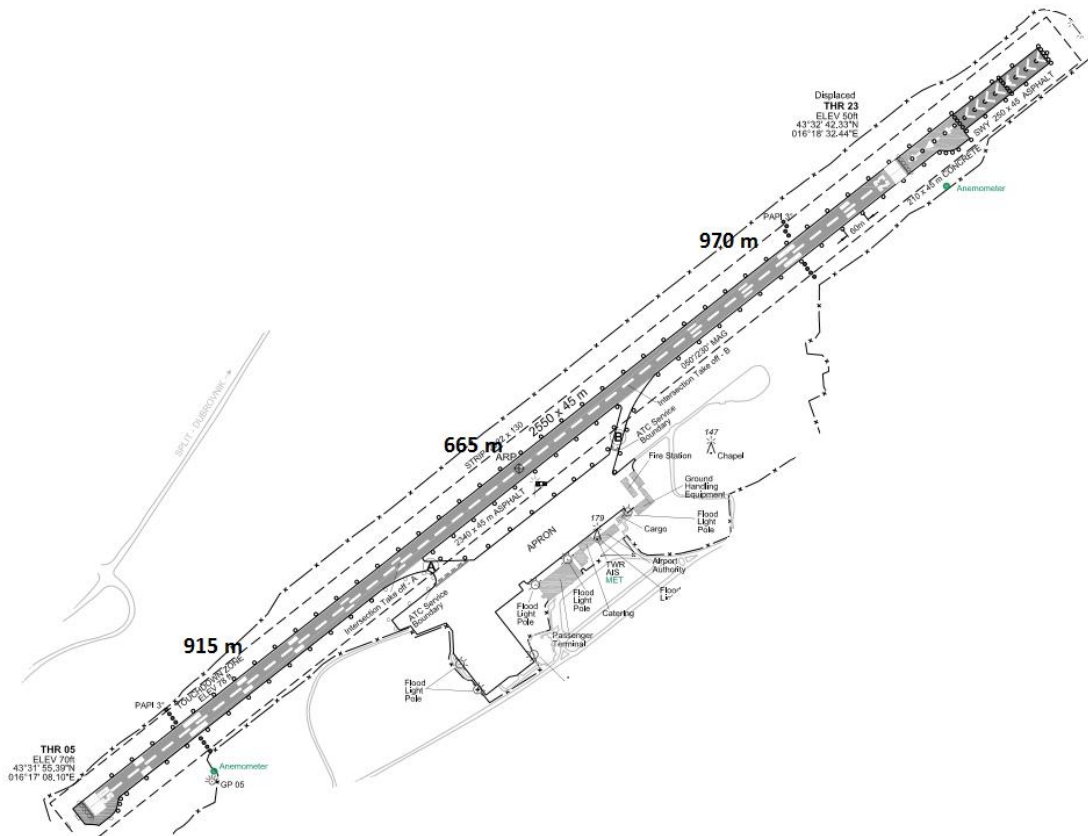
⁶² Vjerojatno jer nema ramena koja su prema Pravilniku o aerodromima obavezna za staze kodnih slova C, D, E i F.



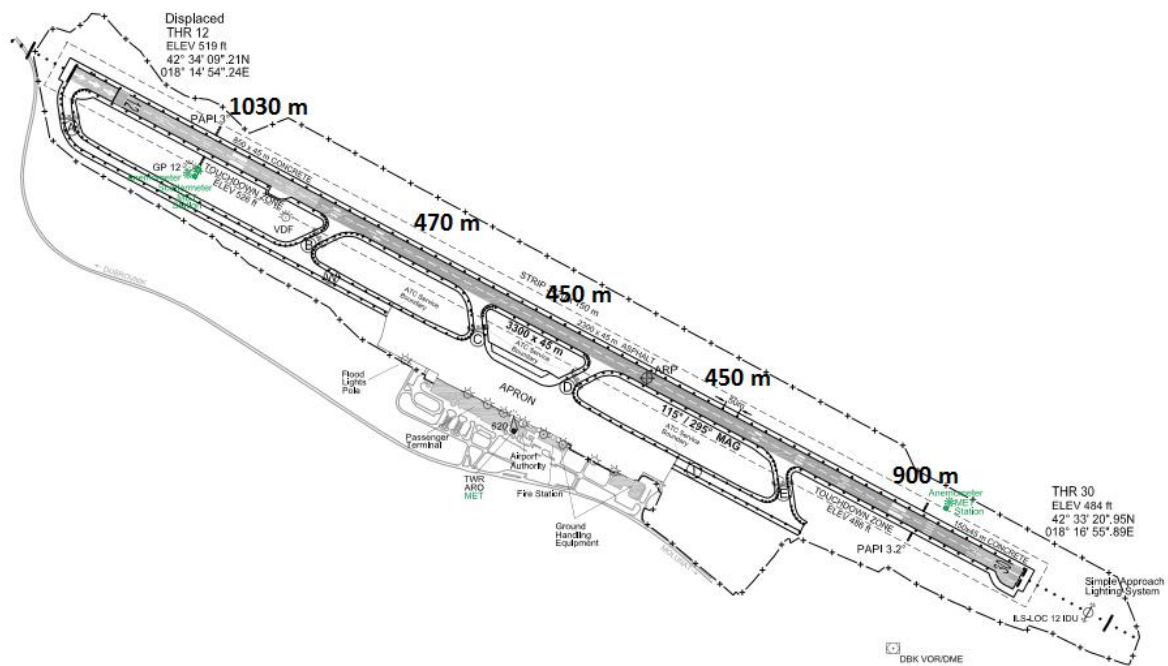
Slika 18: Razmještaj voznih staza i njihova međusobna udaljenosti na Zračnoj luci Rijeka



Slika 19: Razmještaj vozni staza i njihova međusobna udaljenosti na Zračnoj luci Pula



Slika 20: Razmještaj vozni staza i njihova međusobna udaljenosti na Zračnoj luci Split



Slika 21: Razmještaj vozniha staza i njihova međusobna udaljenosti na Zračnoj luci Dubrovnik

6.3. Brze izlazne staze za vožnju

Ni jedna zračna luka u Hrvatskoj nema izgrađene brze izlazne vozne staze. S obzirom da su oneporučljive za promet preko 10 aviona u satu, izgradnja nije potrebna na hrvatskim zračnim lukama. Vjerojatno bi bila potrebna na Zračnoj luci Split u ljetnim mjesecima kad poraste količina prometa.

6.4. Usporedba zahtjeva ICAO-a i Pravilnika o aerodromima

Prethodna analiza je napravljena prema objavljenim referentnim kodovima te zahtjevanim minimalnim širinama koje je propisao ICAO. U nastavku su uspoređene kategorije aerodroma (tablica 13). Uspoređene su kategorije koje su objavljene na službenim stranicama zračnih luka, kategorije koje bi aerodromi trebali imati prema ICAO-u te kategorije koje bi bile dodijeljene prema Pravilniku o aerodromima. Ramena staza za vožnju su prema ICAO-u preporučena za kodna slova C, D, E i F. Prema Pravilniku o aerodromima ona su obavezna⁶³.

⁶³ Izvor: [31]

Tablica 13: Usporedba objavljenih referentnih kodova, referentnih kodova prema ICAO-u te referentnih kodova prema Pravilniku o aerodromima

Zračna luka	Širine voznih staza (m) (Širine s ramenima)	Objavljeni referentni kod	Referentni kod prema ICAO-u	Pravilnik o aerodromima
Zagreb	A: 26 B: 37 C: 23 D: 23 E: 37 F: 22,5 (30)	4E	4E	4B
Osijek	A: 23 (38) B: 23 (38)	4D	4E	4D
Rijeka	A: 20 B: 20	4E	4D	4B
Pula	A, B, C, D, E, F, G, H: 23	4E	4E	4B
Zadar	A: 22 B: 18 C: 10 D: 10 E: 18 F: 45 H: 15 G: 27 K: 18 L: 10,5	4E	USS 14-32: 4E USS 04-22: 3D	USS 14-32: 4B USS 04-22: 3B
Split	A: 20 B: 18	4E	4D	4B
Dubrovnik	A: 27 B: 27 C: 22,5 D: 22,5 E: 27 I: 22,5 W: 22,5 (48,5)	4E	4E	4B

S obzirom da ni jedna zračna luka, osim Osijeka, nema ramena na ulazno-izlaznoj stazi za vožnju, svima je dodijeljeno kodno slovo B prema nacionalnom propisu, Pravilniku o aerodromima. Prema samim širinama staza za vožnju, pojedine zračne luke bi mogle imati veći referentni kod jer su širine pojedinih staza za vožnju veće od zahtjevanih širina staza za vožnju s pripadajućim ramenima. Ta je klasifikacija predočena u tablici 14.

7. Zaključak

Zračne luke u Hrvatskoj izgrađene 1960.-ih godina za tadašnji promet, u obzir nije uzet moguć razvoj zrakoplovstva i potrebe za povećanjem kapaciteta kroz dulji period vremena. Nije poznato zašto se nisu poštivali minimalni zahtjevi ICAO-a, no posljedice su vidljive na današnjem stanju staza za vožnju.

Iz navedenog, zaključuje se kako su širine staza za vožnju u slučaju hrvatskih zračnih luka dijelom nedostatne za manevriranje aviona. Ukoliko su staze uže od onog što je ICAO propisao kao minimalne zahtjeve, one mogu postati ograničavajuće za promet koji dolazi u tu zračnu luku. U hrvatskim zračnim lukama postoji problem nezadovoljavanja minimalnih propisa te su određene staze za vožnju zabranjene za promet većih aviona koji bi, da su minimalni uvjeti zadovoljeni, mogao prometovati tim stazama.

Dok zračne luke za civilni promet u Zagrebu i Dubrovniku imaju veći broj staza za vožnju razmještenih po cijeloj duljini uzletno-sletne staze, civilna uzletno-sletna staza u Zadru te uzletno-sletne staze u Splitu, Rijeci i Osijeku imaju po jednu i dvije te tri staze za vožnju. Uzimajući u obzir da su Zračna luka Zadar i Split izrazitog turističkog značaja i da imaju veliku okupiranost tijekom ljetnih mjeseci, na njima bi se trebale dogoditi promjene kroz nadogradnju staza za vožnju.

Literatura

- [1] Pavlin, S: Aerodromi 1, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.
- [2] Horonjeff, R., McKelvey, F. X.: Planning and Design of Airports, Fourth edition, McGraw-Hill Inc., 1994.
- [3] Aerodrome Standards, Aerodrome Design and Operations: Physical characteristics, Cooperative Development of Operational Safety and Continuing Airworthiness, COSCAP – South Asia, 1999.
- [4] Wikipedija: Zračna luka „Franjo Tuđman“, https://hr.wikipedia.org/wiki/Zra%C4%8Dna_luka_%E2%80%9EFranjo_Tu%C4%91man%E2%80%9D, 5.7.2016.
- [5] Wikipedia: Zagreb Airport, https://en.wikipedia.org/wiki/Zagreb_Airport, 5.7.2016.
- [6] Međunarodna Zračna luka Zagreb: Povijest i razvoj kroz vrijeme, <http://www.zagreb-airport.hr/o-nama/povijest-i-razvoj-kroz-vrijeme>, 5.7.2016.
- [7] Wikipedia: Osijek Airport, https://en.wikipedia.org/wiki/Osijek_Airport, 5.7.2016.
- [8] Wikipedija: Zračna luka Osijek, https://hr.wikipedia.org/wiki/Zra%C4%8Dna_luka_Osijek, 5.7.2016.
- [9] Zračna luka Osijek: O nama, <http://www.osijek-airport.hr/o-nama/>, 5.7.2016.
- [10] Wikipedija: Zračna luka Rijeka, https://hr.wikipedia.org/wiki/Zra%C4%8Dna_luka_Rijeka, 5.7.2016.
- [11] Wikipedia: Rijeka Airport, https://en.wikipedia.org/wiki/Rijeka_Airport, 5.7.2016.
- [12] Zračna luka Rijeka: Tehničke informacije, <http://www.rijeka-airport.hr/info.asp>, 5.7.2016.
- [13] Wikipedija: Zračna luka Pula, https://hr.wikipedia.org/wiki/Zra%C4%8Dna_luka_Pula, 5.7.2016.
- [14] Wikipedia: Pula Airport, https://en.wikipedia.org/wiki/Pula_Airport, 5.7.2016.
- [15] Pula Airport: Razvoj zračne luke, <http://www.airport-pula.hr/>, 5.7.2016.
- [16] Wikipedija: Zračna luka Zadar, https://hr.wikipedia.org/wiki/Zra%C4%8Dna_luka_Zadar, 5.7.2016.
- [17] Wikipedia: Zadar Airport, https://en.wikipedia.org/wiki/Zadar_Airport, 5.7.2016.
- [18] Zadar Airport: Opći podaci, <http://www.zadar-airport.hr/opci-podaci>, 5.7.2016.
- [19] Zadar Airport: Manevarska površina, <http://www.zadar-airport.hr/manevarska-povrsina>, 5.7.2016.

- [20] Wikipedija: Zračna luka Split, https://hr.wikipedia.org/wiki/Zra%C4%8Dna_luka_Split, 5.7.2016.
- [21] Wikipedia: Split Airport, https://en.wikipedia.org/wiki/Split_Airport, 5.7.2016.
- [22] Zračna luka Split: Tehničke informacije, http://www.split-airport.hr/index.php?option=com_content&view=article&id=182&Itemid=173&lang=hr, 5.7.2016.
- [23] Zračna luka Split: Opće informacije, http://www.split-airport.hr/index.php?option=com_content&view=article&id=187&Itemid=178&lang=hr, 5.7.2016.
- [24] Wikipedija: Zračna luka Dubrovnik, https://hr.wikipedia.org/wiki/Zra%C4%8Dna_luka_Dubrovnik, 5.7.2016.
- [25] Wikipedia: Dubrovnik Airport, https://en.wikipedia.org/wiki/Dubrovnik_Airport, 5.7.2016.
- [26] Zračna luka Dubrovnik: Povijest Zračne luke Dubrovnik, <http://www.airport-dubrovnik.hr/index.php/hr/2014-10-27-10-40-47/2014-10-27-10-41-37>, 5.7.2016.
- [27] Zračna luka Dubrovnik: Tehnički podaci, <http://www.airport-dubrovnik.hr/index.php/hr/2014-10-27-10-40-47/tehnicki-podaci>, 5.7.2016.
- [28] EUROCONTROL: AIP, <http://www.eurocontrol.int/>, 5.7.2016.
- [29] EUROCONTROL: Aerodrome Chart, <http://www.eurocontrol.int/>, 5.7.2016.
- [30] Pavlin, S., Rapan M., Mehmedi, I.: Compliance of Croatian, Macedonian and Slovenian airport manouvering areas with International recommended practices
- [31] CCAA: Nacionalni propisi: Pravilnik o Aerodromima 2014., http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_05_58_1096.html, 22.8.2016.

Popis tablica

Tablica 1: Referentni kod aerodroma	4
Tablica 2: Minimalni kriteriji visine odluke i vidljivosti pri određivanju preciznog prilaza	5
Tablica 3: Brzine pri slijetanju aviona i udaljenosti do prvog mogućeg izlaza s uzletno-sletne staze.....	8
Tablica 4: Optimalni radijus zaokreta i brzina izlaza aviona s uzletno-sletne staze.....	11
Tablica 5: Minimalne propisane udaljenosti od vanjskog ruba glavnog podvozja do ruba površine staze za vožnju.....	12
Tablica 6: Minimalne propisane širine staza za vožnju	13
Tablica 7: Širina ramena staze za vožnju	15
Tablica 8: Osnovna staza staze za vožnju i uređeni pojas osnovne staze staze za vožnju.....	15
Tablica 9: Maksimalne dopuštene vrijednosti nagiba staza za vožnju.....	16
Tablica 10: Maksimalni dopušteni poprečni nagibi osnovne staze vozne staze	16
Tablica 11: Propisane minimalne udaljenosti između središnjica staza za vožnju i središnjica uzletno-sletnih staza	18
Tablica 12: Propisane minimalne udaljenosti od središnjice staze za vožnju	18
Tablica 13: Usporedba objavljenih referentnih kodova, referentnih kodova prema ICAO-u te referentnih kodova prema Pravilniku o aerodromima	45

Popis slika

Slika 1: Podjela zračne luke	3
Slika 2: Dijelovi zračne luke	4
Slika 3: Prikaz jednostavnog sustava staza za vožnju koje povezuju stajanku s uzletno-sletnom stazom	6
Slika 4: Pojedine vrste staza za vožnju	7
Slika 5: Konstruiranje brze izlazne vozne staze kodnog broja 1 i 2	9
Slika 6: Konstruiranje brze izlazne vozne staze kodnog broja 3 i 4	10
Slika 7: Oblikovanje proširenja na spoju dviju staza za vožnju	14
Slika 8: Kapacitet staze za vožnju s obzirom na uzletno-sletnu stazu.....	20
Slika 9: Tlocrt Zračne luke „Franjo Tuđman“ s prikazom staza za vožnju	24
Slika 10: Tlocrt Zračne luke Osijek.....	26
Slika 11: Tlocrt Zračne luke Rijeka	28
Slika 12: Tlocrt Zračne luke Pula.....	30
Slika 13: Tlocrt Zračne luke Zadar	32
Slika 14: Tlocrt Zračne luke Split.....	35
Slika 15: Tlocrt Zračne luke Dubrovnik.....	37
Slika 16: Razmještaj vozničkih staza i njihova međusobna udaljenosti na Zračnoj luci „Franjo Tuđman“	41
Slika 17: Razmještaj vozničkih staza i njihova međusobna udaljenosti na Zračnoj luci Osijek	41
Slika 18: Razmještaj vozničkih staza i njihova međusobna udaljenosti na Zračnoj luci Rijeka	42
Slika 19: Razmještaj vozničkih staza i njihova međusobna udaljenosti na Zračnoj luci Pula	43
Slika 20: Razmještaj vozničkih staza i njihova međusobna udaljenosti na Zračnoj luci Split	43
Slika 21: Razmještaj vozničkih staza i njihova međusobna udaljenosti na Zračnoj luci Dubrovnik	44

METAPODACI

Naslov rada: Analiza stanja sustava staza za vožnju na hrvatskim međunarodnim zračnim lukama

Autor: Kristina Jerinić

Mentor: prof. dr. sc. Stanislav Pavlin

Naslov na drugom jeziku (engleski):

Croatian international airports taxiway system analysis

Povjerenstvo za obranu:

- doc. dr. sc. Biljana Juričić predsjednik
- prof. dr. sc. Stanislav Pavlin mentor
- doc. dr. sc. Ružica Škurla Babić član
- doc. dr. sc. Andrija Vidović zamjena

Ustanova koja je dodjelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Zavod: Zavod za aeronautiku

Vrsta studija: Prediplomski

Naziv studijskog programa: Aeronautika

Datum obrane završnog rada: 30. kolovoz 2016.



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ završni rad

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

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ završnog rada

pod naslovom **Analiza stanja sustava staza za vožnju na hrvatskim međunarodnim zračnim lukama**

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

Student/ica:

U Zagrebu, 23.8.2016

Kristina Jerinić
(potpis)