Dizajn i modeliranje sektora zračnog prostora u Republici Hrvatskoj

Zubić, Luka

Master's thesis / Diplomski 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:119:631390

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Luka Zubić

DIZAJN I MODELIRANJE SEKTORA ZRAČNOG PROSTORA U REPUBLICI HRVATSKOJ

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

DIPLOMSKI RAD

DIZAJN I MODELIRANJE SEKTORA ZRAČNOG PROSTORA U REPUBLICI HRVATSKOJ

AIRSPACE MODELLING AND SECTOR DESIGN IN CROATIA

Mentor: doc. dr. sc. Tomislav Mihetec

Student: Luka Zubić

JMBAG: 0135218194

Zagreb, 2016.

SADRŽAJ:

1. Uvod 1

2. Dizajn sektora oblasne kontrole zračnog prometa 3

2.1. ENR Referentni scenarij 3

2.2. ENR Sigurnosni i izvedbeni kriteriji 6

2.3. ENR Pretpostavke, ograničenja i aktivatori 10

2.3.1. ENR Pretpostavke 12

2.3.2. ENR Ograničenja 14

2.3.3. ENR Aktivatori 14

2.3.3.1. Unapređenje ATM sustava 14

2.3.3.2. Unapređenje CNS sustava 15

2.3.3.3. Institucionalni procesi 16

2.4. Dizajniranje mreže ruta 17

2.4.1. Dizajniranje ruta 18

2.4.2. Metodologija razvoja strukture zračnog prostora 18

2.4.3. Održavanje razmaka ruta 25

2.5. Dizajniranje zračnog prostora slobodnog letenja 25

2.5.1. FRA koncept 25

2.5.2. FRA – AIP publikacija 33

2.6. Navigacijske specifikacije 34

2.6.1. Navigacijske specifikacijske opcije 35

2.6.2. Navigacijski funkcionalni zahtjevi 36

2.7. Postupci tijekom leta 37

2.8. Sektorizacija 38

2.8.1. Razvoj sektorizacije 39

2.8.2. Opća načela za razvoj sektora 40

2.8.3. Specifična načela za poboljšanje kapaciteta sektora 42

2.8.3.1. Organizacija prometnih tokova 42

2.8.3.2. Problematika konfliktnih točaka 44

2.8.3.3. Funkcije, veličina i oblik sektora 46

2.8.3.4. Sektorske grupe 50

2.8.4. Povećanje kapaciteta i učinkovitosti sektora ... 52
2.8.4.1. Povećanje propusnosti pojedinog sektora ... 52
2.8.4.2. Optimizacija korištenja mreže putem dinamičkog upravljanja sektorom ... 53
2.8.4.3. Povećanje broja sektora otvorenih u određenom trenutku ... 54
3. Dizajn završne kontrolirane oblasti ... 55
3.1. TMA Referentni scenarij ... 56
3.2. TMA Sigurnosni i izvedbeni kriteriji ... 57
3.3. TMA Pretpostavke, ograničenja i aktivatori ... 58
3.3.1. TMA Pretpostavke ... 59
3.3.2. TMA Ograničenja ... 60
3.3.3. TMA Aktivatori ... 60
3.3.4. Odabir TMA pretpostavki, ograničenja i aktivatora ... 61
3.3.4.1. Distribucija prometa tijekom vremena ... 62
3.3.4.2. Geografska distribucija prometa ... 63
3.3.5. Prostorna navigacija kao TMA aktivator ... 64
3.3.6. ATC sustav i potrebno razdvajanje ruta ... 65
3.4. Dolazne i odlazne rute ... 66
3.4.1. Zatvorene/otvorene standardne dolazne rute ... 68
3.4.2. Spajanje prometnih tokova ... 70
3.4.3. Operacije kontinuiranog spuštanja ... 71
3.4.4. Operacije kontinuiranog penjanja ... 73
3.4.5. Uspostavljanje ravnoteže između susjednih TMA područja ... 74
3.4.6. Smjernice TMA dizajniranja ... 75
3.4.7. Etapno dizajniranje TMA ruta ... 76
3.4.8. Terminalne rute ... 76
3.4.8.1. Odvojenost terminalnih ruta ... 77
3.4.8.2. Povezanost i kompatibilnost terminalnih ruta ... 79
3.4.8.3. Postupno spajanje terminalnih ruta ... 81
3.5. Holding područja ... 82
3.6. Navigacijske specifikacije ... 84
3.7. Strukture terminalnog zračnog prostora ... 86
3.7.1. Etapno dizajniranje TMA struktura i sektora ... 86

3.7.2. Smjernice dizajniranja TMA struktura 87
3.8. Sektori terminalnog zračnog prostora 92
3.8.1. Faktori koji utječu na kompleksnost utvrđivanja TMA sektora 92
3.8.2. Geografska i funkcionalna sektorizacija 94
3.8.3. Glavne smjernice TMA sektorizacije 96
4. Dizajn i organizacija sektora u Republici Hrvatskoj 102
4.1. Klasifikacija zračnog prostora u Republici Hrvatskoj 102
4.2. Operativna podjela zračnog prostora Republike Hrvatske 108
4.2.1. Horizontalna podjela zračnog prostora Republike Hrvatske 108
4.2.1.1. Kontrolirani zračni prostor Republike Hrvatske 108
4.2.1.2. Zračni prostor Republike Hrvatske u kojem je letenje posebno regulirano .. 111
4.2.1.3. Nekontrolirani zračni prostor Republike Hrvatske 113
4.2.2. Vertikalna podjela zračnog prostora Republike Hrvatske 114
4.2.3. Geografska podjela FIR-a Zagreb 114
4.3. Konfiguracije sektora zračnog prostora Republike Hrvatske 115
4.4. Nacionalni sudionici 123
4.5. Statistički podaci o ostvarenom VFR i IFR prometu Republike Hrvatske 124
5. Zaključak 132
Literatura 136
Popis kratica 139
Popis slika 145
Popis tablica 149
Popis grafikona 150

1. Uvod

Zračni promet svakim desetljećem bilježi značajne promjene bilo da se radi o broju prevezenih putnika, količini prevezenog tereta, broju zrakoplova koji se koriste u komercijalnu svrhu, ali i brojnim sigurnosnim komponentama koje su se mijenjale i prilagođavale strmoglavom rastu zračnog prometa. Od najranijih dana kada su ljudi počeli shvaćati da dolazi do potencijalnih konfliktnih situacija pa do danas, kontrola zračnog prometa razvijala se postupno te danas predstavlja jedan od ključnih segmenata sigurnosti zračnog prometa.

Zbog kontinuiranog rasta zračnog prometa u svijetu raste i broj zrakoplova koji prelijeću preko teritorija Republike Hrvatske, koja se nalazi na važnim sjecištima europskih koridora. Povećanjem broja zrakoplova i prometne potražnje povećava se zagušenost sektora zračnog prostora, čime se automatski smanjuju kapaciteti istog. Smanjenje kapaciteta osim što negativno utječe na poslovanje prijevoznika, otežava posao kontrolorima zračnog prometa. Pružanje usluga kontrole zračnog prometa temelji se na pružanju usluga u volumenima zračnog prostora – sektorima, kao primarnim operativnim komponentama strukture zračnog prostora. Zbog toga je njihov optimalan dizajn ključan za prihvatljivu razinu opterećenja kontrolora zračnog prometa i sigurnost zračnog prometa.

Ovaj diplomski rad sastoji se od tri strukturne cjeline. Prva cjelina, pod nazivom ***Dizajn sektora oblasne kontrole zračnog prometa***, podrazumijeva dizajniranje zračnog prostora između zračne luke polaska i luke konačne destinacije u koju zrakoplov slijeće (krstarenje odnosno prelet ili dio leta koji se odnosi na faze između odlaska i poniranja). U istom poglavlju bit će objašnjen referentni scenarij te sigurnosni i izvedbeni kriteriji koji se odnose na rutni dio zračnog prostora. Nadalje, bit će navedene osnovne pretpostavke, ograničenja i aktivatori koji uopće omogućuju i uvjetuju dizajniranje operativnih sektora oblasne kontrole zračnog prometa. Nakon toga bit će objašnjena problematika dizajniranja mreže ruta, dizajniranje zračnog prostora slobodnog letenja, navigacijske specifikacije, postupci tijekom leta te na posljetku, sektorizacija, odnosno njezina načela za razvoj i poboljšanje kapaciteta.

Druga cjelina, ***Dizajn završne kontrolirane oblasti***, podrazumijeva dizajniranje zračnog prostora u koji ulazi više zračnih putova, te u kojem se može nalaziti jedna ili više zračnih luka.

U istom poglavlju bit će objašnjen referentni scenarij terminalnog zračnog prostora te navedeni sigurnosni kriteriji i kriteriji performansi. Također će biti navedene i objašnjene osnovne pretpostavke, ograničenja i aktivatori koji se tiču terminalnog zračnog prostora. Nakon toga bit će pobliže objašnjene dolazne i odlazne rute u / iz terminalnog područja zračne luke, „holding“ područja, navigacijske specifikacije koje su bitne za ovaj zračni prostor, sama struktura terminalnog zračnog prostora te kao posljednji dio ove cjeline, sektorizacija terminalnog zračnog prostora s naglaskom na postojanost geografske i funkcionalne sektorizacije.

Treća cjelina, ***Dizajn i organizacija sektora u Republici Hrvatskoj***, opisuje specifičnosti strukture zračnog prostora u Republici Hrvatskoj. Klasifikacija zračnog prostora zavisi od države do države, a Republika Hrvatska ima definirane tri klase zračnog prostora koje će biti navedene i ukratko opisane. U istom poglavlju bit će objašnjena klasifikacija zračnog prostora te navedena operativna podjela zračnog prostora u Republici Hrvatskoj. Nakon toga će biti pobliže objašnjena sektorska konfiguracija Republike Hrvatske uz sve moguće konfiguracije koje mogu biti otvorene u određenom trenutku u zavisnosti od prometne potražnje. Poslije sektorskih konfiguracija bit će navedeni glavni hrvatski sudionici koji imaju važniju ulogu u upravljaju zračnim prometom. Na posljetku, bit će navedeni statistički podaci povezani s prometnim učincima zračnog prometa nad teritorijem Republike Hrvatske.

2. Dizajn sektora oblasne kontrole zračnog prometa

Usluge kontrole zračnog prometa (engl. *Air Traffic Control* – ATC) pružaju se u svrhu nesmetanog, redovitog i prije svega, sigurnog odvijanja zračnog prometa. U okviru ATC-a, osim pružanja usluga oblasne kontrole zračnog prometa (engl. *Area Control Service* – ACC) pružaju se i usluge aerodromske kontrole zračnog prometa (engl. *Aerodrome Control Service* – TWR) te usluge prilazne kontrole zračnog prometa (engl. *Approach Control Service* – APP). Usluge oblasne kontrole zračnog prometa pružaju se kontroliranim letovima u kontroliranom području (engl. *Control Area* – CTA). Kontrolirano područje se u svrhu obavljanja kontrole zračnog prometa dalje horizontalno i vertikalno dijeli na veći broj sektora [1].

Posao oblasnog kontrolora iznimno je psihički zahtjevan i zahtijeva maksimalnu koncentraciju kako bi odradio svoj posao na zadovoljavajućoj razini sigurnosti i performansi. Sa ciljem obavljanja tog posla, zračni prostor za koji su zaduženi pojedini kontrolori mora biti dimenzioniran na način kakav kontroloru omogućava efikasno izvršavanje svog zadatka. Zbog toga je zračni prostor podijeljen na sektore, odnosno manje volumene zračnog prostora gdje su dva kontrolora (jedan izvršni i jedan kontrolor planer) zadužena za sav promet koji prolazi kroz njihov sektor.

Da bi uopće pružanje navedene usluge bilo moguće, zbog kompleksnosti zračnog prometa potrebno je taj problem analizirati puno dublje. Potrebno je prvo uspostaviti referentni scenarij koji predstavlja prvi poduzeti korak prije razvoja novog dizajna zračnog prostora. Nakon referentnog scenarija kao prve cjeline ove strukturne jedinice, bit će obrađeni sigurnosni kriteriji i kriteriji performansi (druga cjelina), osnovne pretpostavke, ograničenja i aktivatori (treća cjelina), dizajniranje mreže ruta (četvrta cjelina), koncept zračnog prostora slobodnog letenja (peta cjelina), navigacijske specifikacije (šesta cjelina), postupci tijekom leta (sedma cjelina) te sektorizacija (osma cjelina).

2.1. ENR Referentni scenarij

Referentni scenarij u načelu predstavlja opis trenutnih struktura i operacija zračnog prostora te opisuje trenutačnu konfiguraciju ruta na kojima se pružaju usluge u zračnoj plovidbi, tzv. ATS rute (engl. *Air Traffic Services* – ATS) koje obuhvaćaju rute preleta (fra. En-

route – ENR) te pravila za standardno instrumentalno uzlijetanje/standardni dolazak (po instrumentima) (engl. *Standard Instrument Departure/Standard Instrument Arrival* – SID/STAR). Osim toga, referentni scenarij se odnosi i na rezervacije zračnog prostora (uključuju privremeno rezervirana područja (engl. *Temporary Reserved Area* – TRA), privremeno izdvojena područja (engl. *Temporary Segregated Area* – TSA), opasne zone (engl. *Danger Area* – D)), ATC sektorizaciju te na način kako se upravlja prometom unutar zračnog prostora i okolnog mu prostora.

Glavna svrha referentnog scenarija je postavljanje mjerila na temelju kojeg se novi i modificirani dizajni zračnog prostora mogu uspoređivati. Osim navedene glavne svrhe, ovaj scenarij učinkovito precizira ciljeve dizajniranja i osigurava rješavanje operativnih zahtjeva, s obzirom da je svrha referentnog scenarija unapređivanje postojećeg stanja te sprječavanje opetovanog ponavljanja slabosti na koje je taj scenarij ukazao. Unatoč tome što se proces donošenja referentnog scenarija ponekad smatra zamornom aktivnošću, jedna od njegovih dodatnih prednosti leži u pružanju mogućnosti otkrivanja i ispravljanja nedosljednosti povezanih s postojećim dizajnom zračnog prostora. Neke od tih nedosljednosti i negativnih stvari na koje referentni scenarij može ukazati su sljedeće:

1) objavljene ATS rute (koje nisu korištene);
2) nedostajuće konekcije;
3) nepotrebna ograničenja zračnog prostora;
4) zastarjele procedure;
5) pogrešne publikacije u zborniku zrakoplovnih informacija (engl. *Aeronautical Information Publication* – AIP);
6) ne optimalna upotreba rezerviranog zračnog prostora;
7) stvari koje dobro ili loše funkcioniraju [2].

Osim već navedenog scenarija, postoji i tzv. „pseudo“[1] trenutni referentni scenarij koji se razlikuje od prethodnog. Do njega dolazi kada primjerice prethodno validirane modifikacije bilo kojeg dijela zračnog prostora (rute, strukture ili sektorizacija) moraju biti implementirane u kratkom vremenskom roku, čak i prije nego li sam projekt koji se procjenjuje. U tom slučaju

[1] (grč. *Pseudos*) neistina, laž, varka, označava nešto lažno, netočno, pogrešno, nešto što sadrži u sebi varku [3].

cilj dizajniranja nije identifikacija postojećih slabosti, već međusobna usporedba novih operacija sa ciljem odabira obećavajućih elemenata za daljnju evaluaciju. Kada se govori o uspostavljanju ovakvog mjerila, onaj scenarij koji sadrži najviše potencijala bit će odabran kao referentni scenarij.

Kreiranje referentnog scenarija je uglavnom svojevrsna vježba na papiru koja je izrađena od širokog kruga izvora. Unatoč tome, detalji i kvaliteta informacija sadržanih u referentnom scenariju trebala bi biti takva da nekome tko uopće nije upućen i upoznat sa strukturom zračnog prostora i njezinim operativnim zadacima, omogući formiranje sveobuhvatne slike o zračnom prostoru. U idealnom slučaju, svi ti izvori bi se trebali koristiti kako bi se izgradila što je moguće kompletnija slika o trenutnim ili „pseudo“ trenutnim operacijama u zračnom prostoru. Stavke koje su neophodne u svakom izvještaju o referentnom scenariju su sljedeće:

1) trenutna prometna potražnja te vremenska i geografska distribucija prometa;
2) analize uzorka prometa i priroda samog prometa (npr. preleti, distribucija razina leta, različite performanse zrakoplova i sl.);
3) mreža ruta;
4) dimenzije zračnog prostora;
5) sektorizacija (terminalni zračni prostor, LOWER i UPPER ACC sektori, odnosno sektor nižih i viših razina leta te okolni zračni prostor);
6) upravljanje prometom, tj. koordinacija između ACC-a i završnih kontroliranih oblasti (engl. *Terminal Control Area* – TMA), susjedne ACC jedinice i sl.;
7) postojeća ograničenja (npr. ograničenja profila leta, ili rutne restrikcije i limiti);
8) upravljanje zračnim prostorom (engl. *Airspace Management* – ASM) koje podrazumijeva fleksibilno upravljanje zračnim prostorom (engl. *Flexible Use of Airspace* – FUA);
9) postojeći aktivatori sustava upravljanja zračnim prometom/usluga komunikacije, navigacije i nadzora (engl. *Air Traffic Management/Communication, Navigation, Surveillance* – ATM/CNS) [2].

Nakon što je referentni scenarij opisan, odnosno nakon što je napravljen, treba proći kroz kritički pregled odnosno kvalitativnu analizu, koja uključuje čitav niz stručnjaka koji procjenjuju trenutne operacije u zračnom prostoru. Sama svrha kritičkog pregleda je provjera cijelog sustava, odnosno detekcija problematičnih operativnih područja (engl. *hotspot*) prije nego li se odluči za konačnu soluciju scenarija. Nakon prepoznavanja određenih slabosti potrebno je usporediti više referentnih scenarija sa ciljem odabira onog najmanje problematičnog kako bi se na temelju njega postavila određena mjerila za usporedbu s konceptualnim dizajnom.

2.2. ENR Sigurnosni i izvedbeni kriteriji

Na temelju odabranog referentnog scenarija određuju se sigurnosni kriteriji i kriteriji performansi. Tu se prvenstveno misli na specificiranje minimalnih sigurnosnih zahtjeva i potrebnih performansi koje određeni zračni prostor nameće. Značaj ovih dvaju kriterija raste unazad nekoliko godina, a neki od razloga su legislativa Jedinstvenog europskog neba II (engl. *Single European Sky* – SES II), ali istodobno i uspostava obaveznih zahtjeva Međunarodne organizacije za civilno zrakoplovstvo (engl. *International Civil Aviation Organization* – ICAO) te europskih zahtjeva za svaku pojedinu zemlju, da odradi sigurnosnu procjenu prilikom promjene dizajna zračnog prostora.

Kada se govori o procjeni koja se tiče zračnog prostora, valja napomenuti postojanost kvalitativne i kvantitativne procjene koje treba provoditi kontinuirano zbog sigurnosnih razloga. Kvalitativna procjena počinje samom konceptualizacijom, a nastavlja se kroz fazu implementacije te predstavlja temelj za kvantitativnu analizu. Kvalitativna procjena se dobije na temelju prosudbe stručnjaka koji pri tom mora poštovati ICAO standarde, preporučene prakse i procedure kao osnovno mjerilo. Kontinuirana provedba kvalitativne procjene, osim što omogućava pružanje osnovnih konceptualnih rješenja, koristi se za kvalitetnu procjenu svih faza metodologije dizajniranja zračnog prostora.

Kvantitativna procjena se odnosi na „količinske“ rezultate u obliku brojeva, primjerice, porast kapaciteta za 30%. Zbog toga što kvantitativna procjena rezultira „opipljivim“, odnosno konkretnim ili materijalnim rezultatom u obliku određenog broja nekih jedinica ili postotaka,

stječe se vrlo često dojam da su rezultati te procjene precizniji i realniji od kvalitativne procjene, ali da to nije uistinu tako postoje određeni pokazatelji:

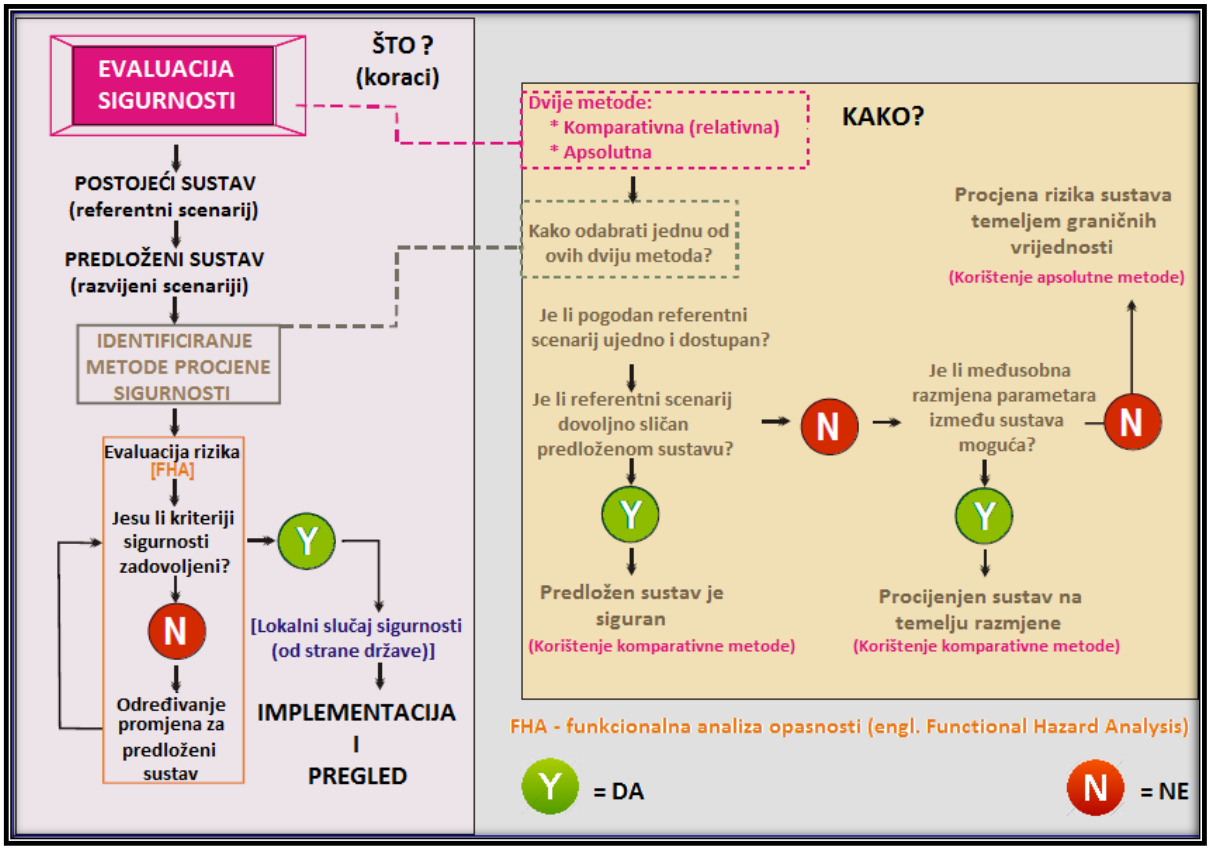
1) kvalitativna procjena napravljena na temelju stručne procjene ATC-a, predstavlja temeljni način zaštite ICAO Standarda i preporučenih praksi (engl. *Standards and Recommended Practices* – SARP) tijekom procesa dizajniranja, a ako se oslanja u potpunosti na rezultate kvantitativne procjene bez uzimanja u obzir kvalitativne, vrijednost kvantitativne procjene će vjerojatno biti manja;
2) zbog složene i vrlo promjenjive prirode zračnog prostora i operacija zračnog prometa, sigurnosni modeli kvantitativne procjene nastoje ograničiti broj operativnih elemenata na one koji imaju najveći učinak, što može dovesti do nepreciznih rezultata. Upravo zbog toga kvantitativna procjena treba biti uravnotežena s kvalitativnom jer postoje određeni uvjeti, međuovisnosti i složene interakcije za koje sama kvantitativna procjena ne može dati dovoljno precizne rezultate.

Sigurnost u zračnom prometu predstavlja najveću odgovornost za pružatelje usluga. Zbog toga sigurnost mora biti poboljšana ili u najmanju ruku zadržana na istoj onoj razini kakva je bila prije dizajniranja određenog zračnog prostora. Kada se žele napraviti određene modifikacije u ATM sustavu, ICAO Annex 11[2] i ATM Procedure za pružanje navigacijskih usluga (engl. *Procedures for Air Navigation Services-Air Traffic Management* – PANS-ATM) uključuju zahtjeve za procjenu sigurnosti, koji bi trebali biti poduzeti prilikom jedne takve kompleksne radnje.

Procjena sigurnosti podrazumijeva da ključni ljudi za dizajniranje zračnog prostora osiguraju i ukažu na sigurnost dizajniranog zračnog prostora. Shematski prikaz procjene, odnosno evaluacije sigurnosti prikazan je na slici 1. Procjena sigurnosti je poprilično složen zadatak koji uključuje čitavu lepezu pregleda sa ciljem evaluacije sigurnosti. Trenutno,

[2] Dodatak 11 – *Operativne usluge zračnog prometa*, predstavljaju različite usluge uspostavljene u svrhu prosljeđivanja letnih informacija, uzbunjivanja, savjetodavne usluge u zračnom prometu te usluge kontrole zračnog prometa (aerodromske, prilazne i oblasne kontrole) [4].

najčešće se koriste dvije metode za evaluaciju sigurnosti, a to su komparativna (ili relativna) te apsolutna metoda.

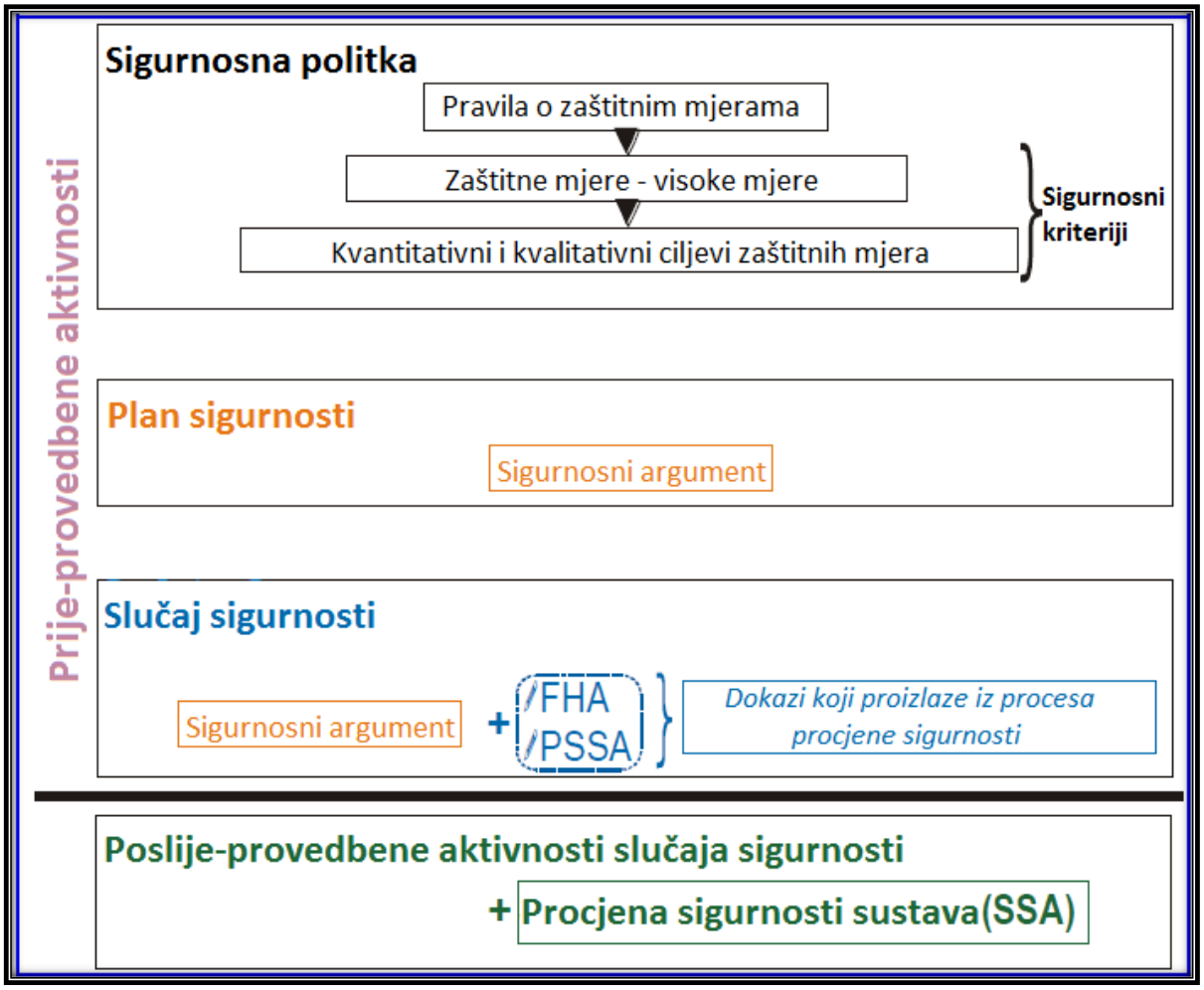


Slika 1*: Shematski prikaz procjene sigurnosti [2] (prilagodio autor).*

Dizajneri zračnog prostora su upoznati s komparativnom metodom zbog njene česte upotrebe. Kada se sigurnost procjenjuje upotrebom ove metode, sigurnost predloženog zračnog prostora uvijek se uspoređuje s trenutnim stanjem (referentnim scenarijem) kako bi se uspostavio porast odnosno pad sigurnosti. Treće moguće rješenje jest da je ono jednako kao i prije.

S druge strane, apsolutna metoda predstavlja nešto sasvim drugo te ona procjenjuje sigurnost u odnosu na neke granične vrijednosti koje su postavljene na takav način da one ne smiju ni zbog kakvog razloga biti prekoračene. Primjer takve „apsolutne“ granične vrijednosti može se pojaviti u obliku ciljane razine sigurnosti (engl. *Target Level of Safety* – TLS) koja zahtjeva da na milijardu sati leta nipošto ne smije doći do broja fatalnih nesreća većeg od broja 5, odnosno na milijardu sati leta, maksimalno se smiju dogoditi četiri fatalne nesreće.

Prilikom samog dizajniranja zračnog prostora postoji čitav niz prije-provedbenih aktivnosti, odnosno aktivnosti koje moraju biti poduzete prije samog procesa implementacije kako bi se isti uopće mogao provesti. Prije-provedbene aktivnosti uključuju razvoj slučaja sigurnosti, odnosno dokumenta koji u sebi mora sadržavati racionalni argument za dizajn zračnog prostora koji se temelji na funkcionalnoj analizi opasnosti (engl. Functional Hazard Assessment) FHA) te preliminarnoj procjeni sigurnosti sustava (engl. *Preliminary System Safety Assessment* – PSSA). Tek nakon implementacije, slučaj sigurnosti revidiran je kao i procjena sigurnosti sustava (engl. *System Safety Assessment* – SSA), a shema slijeda aktivnosti prikazana je na slici 2.



Slika 2: *Shematski prikaz slijeda aktivnosti implementacije sustava sigurnosti [2] (prilagodio autor).*

Izvedbeni kriteriji ili kriteriji performansi zapravo su svojevrsni orijentir pomoću kojeg se uspješnost dizajniranja zračnog prostora može mjeriti. Unatoč tome što se kriteriji sigurnosti mogu promatrati kao „prva mjera“ uspješnosti, nije dovoljno da zračni prostor bude

smatran samo sigurnim, već se od njega očekuje da rezultira zadovoljavajućim performansama iz aspekta kapaciteta, okoliša i drugih relevantnih čimbenika. Baš kao i sigurnosni kriteriji, izvedbeni kriteriji u uskoj su međupovezanosti sa ciljevima dizajniranja zračnog prostora. Izvedbeni kriteriji koji će biti odabrani postaju vidljivi kada se postavlja pitanje što je to što određuje uspješno dizajniran zračni prostor. Neki od primjera izvedbenih kriterija zračnog prostora gdje se odvijaju preleti su:

1) prosječno godišnje kašnjenje po letu za ACC, a koje se odnosi na upravljanje protokom zračnog prometa (engl. *Air Traffic Flow Management* – ATFM[3]) u zračnom prostoru gdje se odvijaju preleti, mora biti u skladu s referentnom vrijednošću koju je odredila Europska organizacija za sigurnost zračne plovidbe (engl. *European Organization for the Safety of Air Navigation* – EUROCONTROL[4]);
2) skraćena udaljenost i vrijeme putovanja te smanjenje emisija štetnih plinova može se demonstrirati na razini europske ATM mreže;
3) smanjenje radnog opterećenja kontrolora zračnog prometa;
4) povećanje kapaciteta sektora [2].

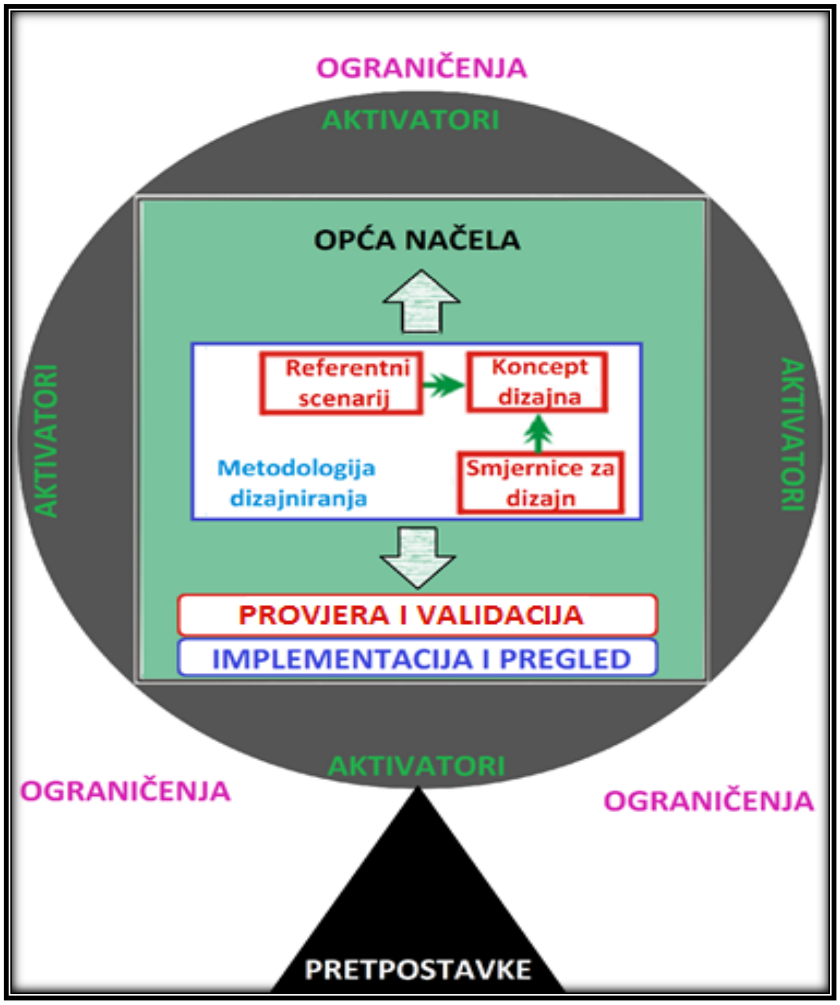
2.3. ENR Pretpostavke, ograničenja i aktivatori

Kriteriji performansi odnosno izvedbe ovakvog zračnog prostora zajedno s pretpostavkama, ograničenjima i aktivatorima, odnosno predmetima i ljudima koji nam uopće omogućuju pristup jednom ovakvom kompleksnom problemu, moraju se odrediti prije nego se konceptualno dizajnira zračni prostor ili prije nego li se poduzme bilo koja druga radnja u procesu. Shematski prikaz može se vidjeti na slici 3. Također, bitno je napomenuti da pretpostavke, ograničenja i aktivatori podupiru sve faze procesa projektiranja, te samim time

[3] ATFM ili upravljanje protokom i kapacitetom zračnog prometa (engl. *Air Traffic Flow and Capacity management* – ATFCM), predstavlja dinamično upravljanje sa ciljem osiguranja optimalnog protoka i kapaciteta zračnog prometa pa čak i u periodima kada potražnja premaši ili se predviđa da će premašiti dostupan kapacitet ATC sustava. ATFCM pomaže kontroli zračnog prometa u maksimiziranju efikasnog korištenja zračnog prostora i kapaciteta zračne luke uz što manje troškove [4].

[4] Međuvladina organizacija koja uključuje 41 državu članicu, sa sjedištem u Bruxellesu, a posvećena je izgradnji SES-a u suradnji sa svojim partnerima kako bi se učinkovitost ATM-a dovela na razinu 21. stoljeća i iznad njega. Zapošljava preko 1900 visokokvalificiranih profesionalaca sa ciljem rješavanja raznovrsnih ATM izazova [5].

ostaju konstantne tijekom čitavog procesa, osim ako je jedan od ciljeva faze validacije, odnosno provjere valjanosti, upravo testiranje istih.



Slika 3: *Shematski prikaz dizajniranja rutnog zračnog prostora [2] (prilagodio autor).*

Najviše pogodnosti iz dizajniranja zračnog prostora imaju korisnici i pružatelji usluga u zračnoj plovidbi (engl. *Air Navigation Service Provider* – ANSP). Osnovne pogodnosti za ANSP očitovale bi se kroz područja veće učinkovitosti, smanjenje radnog opterećenja samih kontrolora i povećani doprinos poboljšanju razine sigurnosti. Pogodnosti su usko povezane sa ciljevima izvedbe, a mogu se ostvariti ako se između ostalog poštuje i ova metodologija dizajniranja rutnog zračnog prostora odnosno zračnog prostora gdje se odvijaju preleti. Glavni ciljevi metodologije dizajna zračnog prostora su:

1) ponuditi rutne opcije koje su bliže ili identične putanji korisnika smanjenjem rutnih ekstenzija od dva kilometra godišnje;

2) omogućavanje multi-opcionalnog usmjeravanja;
3) pojednostaviti korištenje ATS-a (onih na ruti i u terminalnom području);
4) podržati daljnje širenje zračnog prostora slobodnog letenja (engl. *Free Route Airspace* – FRA);
5) osigurati učinkovitiju civilnu i vojnu koordinaciju;
6) osigurati učinkovitiji ATFCM [2].

2.3.1. ENR Pretpostavke

Od izuzetne je važnosti odrediti pretpostavke koje se primjenjuju pri utvrđivanju granica bilo kakvih struktura zračnog prostora. Sve takve pretpostavke, a posebice one koje se odnose na situacije koje bi se mogle dogoditi, ali se ne mogu predvidjeti sa sigurnošću, trebale bi također biti sastavni dio procjene sigurnosti. Taj sustav pokriva širok raspon područja što vrlo često može dovesti do situacije da sama osoba zadužena za dizajniranje zračnog prostora mora uzeti u obzir i čimbenike koji izlaze iz užeg kruga njegove ekspertize. Osim toga, pretpostavke koje se moraju uzeti u obzir su i one koje izlaze iz okvira samog ATM/CNS sustava kao što su određene vremenske pojave, stoga svi elementi ATM/CNS sustava bi trebali biti uzeti u obzir prilikom utvrđivanja pretpostavki. Popis slijedećih pretpostavki je relevantan, ali ne i konačan:

1) prometna potražnja – odnosi se na uzorak prometa koji se smatra reprezentativnim za korištenje zračnog prostora odnosno rutne mreže koja je predmet redizajniranja. Uzorak prometa se dobiva iz srednjoročne prognoze STATFOR-a[5];
2) pretpostavke vezane za flotu (za opći zračni promet – engl. *General Air Traffic* – GAT[6]) – odnose se na prevladavajuće zrakoplove i njihove sveukupne performanse, uključujući i navigacione sposobnosti zrakoplova za opći zračni promet;

[5] engl. *Statistics and Forecast Service* – služba za statistiku i prognozu koje su od iznimnog značaja za EUROCONTROL jer ga opslužuje statističkim podacima i prognozama vezanim za zračni promet u Europi, ali istodobno se bavi nadgledanjem i analiziranjem razvoja zračne transportne industrije [6].

[6] GAT obuhvaća sve letove koji se provode u skladu s pravilima i procedurama ICAO-a i/ili propisima i zakonima nacionalnog civilnog zrakoplovstva te može uključivati vojne letove za koje ICAO pravila i procedure u potpunosti zadovoljavaju njihove operativne zahtjeve [2].

3) vojne operacije – odnose se na letove koji spadaju u operativni zračni promet (engl. *Operational Air Traffic* – OAT[7]), veličinu i očekivanu popunjenost rezerviranog zračnog prostora i vojne zahtjeve;
4) korištenje ruta na temelju točnog vremenskog poznavanja zračnog prostora;
5) ATC alati – odnose se na ATC alate koji služe za detektiranje sukoba (MTCD[8] i taktička podrška), praćenje potpore (MONA[9]) i podržavanja koordinacije. To su elementi koji podržavaju pro aktivno planiranje sa ciljem postizanja ruta u kojima ne može doći do konfliktnih situacija tijekom značajnijeg vremenskog perioda, čime se povećava učinkovitost i kapacitet određenog sektora;
6) komunikacija – odnosi se na razinu implementacije podatkovne veze i dostupnost adekvatnih frekvencija kako bi se lakše ostvarila potrebna sektorizacija;
7) navigacija – odnosi se na poboljšanje mreže sa aspekta navigacije, odnosno utvrđene navigacijske pretpostavke, trebale bi odgovarati operativnim zahtjevima zračnog prostora;
8) nadzor – odnosi se na pretpostavke koje upućuju na način rada S ELS[10], ADS-B[11] i WAM[12] nadzornih tehnologija;

[7] OAT obuhvaća sve letove koji nisu u skladu s odredbama za GAT i čija su pravila i procedure određene od strane odgovarajućeg državnog tijela te može obuhvaćati civilne letove kao što su testni letovi koji zahtijevaju određene devijacije od ICAO-ovih pravila kako bi se zadovoljili njihovi operativni zahtjevi.

[8] engl. *Medium – Term Conflict Detection* (MTCD) je integrirani sustav raznih alata za procesuiranje podataka s leta dizajniran na način da upozorava kontrolora o potencijalnoj konfliktnoj situaciji između letova koji spadaju u njegovo područje odgovornosti u vremenskom okviru koji se proteže i do 20 minuta unaprijed [7].

[9] engl. *Monitoring Aids* (MONA) je EUROCONTROL-ov dokument čija je svrha pomoć kontroloru prilikom rutinskog praćenja stanja u prometu, upozoravajući kontrolora kada zrakoplov odstupa od svoje planirane rute ili razmaka te tako podsjeća kontrolora na radnje koje mora napraviti [8].

[10] engl. *Mode S Elementary Surveillance* (S ELS) je osnovna nadzorna tehnologija čije su osnovne funkcije automatsko izvješćivanje o identitetu zrakoplova, o mogućnostima primopredajnika, o statusu leta i slično [9].

[11] engl. *Automatic Dependent Surveillance-Broadcast* (ADS-B) je tehnologija koja je u prvom planu dizajnirana kako bi olakšala posao kontrolu zračnog prometa. Na tlu povećava sigurnost i kapacitet zračne luke, a u zraku poboljšava prometnu svijest pilota [10]. Ova tehnologija je i sastavni dio buduće metodologije dizajniranja zračnog prostora SAD-a koja predlaže prelazak sustava kontrole zračnog prometa sa zemaljskog sustava na satelitski sustav do 2025. godine.

[12] engl. *Wide Area Multilateration* (WAM) je tehnologija budućih generacija sustava zračnog prometa koja će kontrolorima omogućivati praćenje zrakoplova koji lete preko planinskih područja koja ne pokrivaju radari. Omogućuje nadzor preko mreže koja se sastoji od mreže malih senzora koji su raspoređeni na udaljenim područjima. Uređaji nisu uopće skupi u odnosu na ogromne svote novaca koje se koriste prilikom instalacija radara, a puno su povoljniji za instalaciju na aerodromima koji se nalaze na velikim visinama ili čak na vrhovima planinskih područja [11].

9) standardna pravila i procedure – odnose se na primjenjivost standarda, pravila i procedura koje čine pravni okvir za provedbu predloženih rješenja zračnog prostora i poboljšanja istog. Pravila i postupci se odnose na skup pravila Europske unije, EUROCONTROL-ove specifikacije te ATM procese [2].

2.3.2. ENR Ograničenja

Ograničenja zapravo predstavljaju čistu suprotnost navedenim pretpostavkama u smislu da ukazuju na nedostatak određenih elemenata ATM/CNS sustava ili ograničenja koja su proizašla iz vanjskih čimbenika, kao što je primjerice nedostatak potpore za institucionalne aranžmane. Može se reći da ograničenja predstavljaju negativan utjecaj na operativne ATC zahtjeve. U najboljem slučaju, moguće je ublažiti ograničenja koristeći aktivatore, a najgori scenarij je zapravo prihvaćanje određenih ograničenja jer jednostavno nema boljih alternativnih rješenja.

2.3.3. ENR Aktivatori

Aktivatori se odnose na bilo koji aspekt ATM/CNS sustava, a mogu se koristiti sa svrhom ublažavanja identificiranih ograničenja ili kao bilo koji faktor koji se može koristiti u svrhu omogućavanja ATC operacija u dizajniranom zračnom prostoru. Aktivatori se mogu svrstati u tri osnovne grupe :

1) unapređenje ATM-a;
2) unapređenje CNS-a;
3) institucionalni procesi.

2.3.3.1. Unapređenje ATM sustava

Za što bolje korištenje zračnog prostora potrebno je obratiti pažnju na neke ključne stvari kao što je implementacija koncepta fleksibilnog upravljanja zračnim prostorom poznatog pod nazivom FUA koncept[13] i njegova nadogradnja s više pro aktivne koordinacije

[13] Koncept je osnovan 1996. godine, a osnovni principi na kojima se temelji kažu da se zračni prostor više ne bi trebao imenovati kao vojni ili civilni, nego bi se trebao razmatrati kao kontinuum kojim bi se fleksibilno upravljalo na dnevnoj razini. Ovaj koncept omogućuje maksimalnu zajedničku upotrebu zračnog prostora kroz pojačano

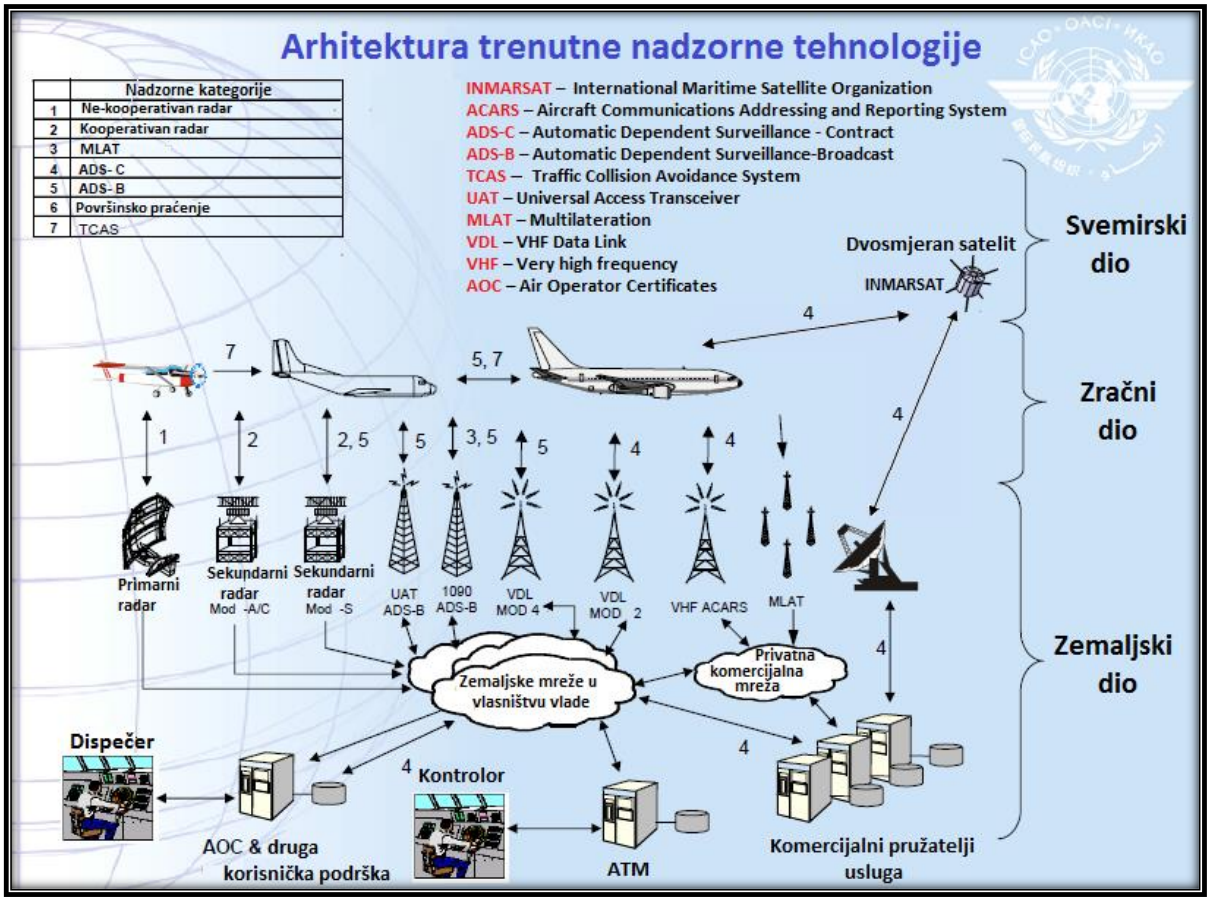
između nacionalnih Jedinica za upravljanje zračnim prostorom (engl. *Airspace Management Cell* – AMC), Pozicija za upravljanje protokom (engl. *Flow Management Position* – FMP) i mrežnog nadzornog centra (engl. *Network Manager Operating Centre* – NMOC). Pozicija za upravljanje protokom je isto tako jedna vrsta jedinice koja je kreirana u samom ATM centru kako bi omogućila koordinacijske mjere upravljanja protokom zračnog prometa nad područjem odgovornosti tog ATM centra. Ovo su neki primjeri aktivatora koji pripadaju ASM području:

1) repozitorij podataka o zračnom prostoru (engl. *Airspace Data Repository* – ADR) – paket koji sadrži podatke vezane za let i sam zračni prostor koji omogućuje pregled i analizu preciznih informacija za sve tri razine na kojima se temelji FUA koncept;
2) plan uporabe zračnog prostora (engl. *Airspace Use Plan* – AUP) – publikacija kojom AMC jedinice obavještavaju o alokaciji zračnog prostora jednom dnevno;
3) ažurirani plan uporabe zračnog prostora (engl. *Updated Airspace Use Plan* – UUP) – objavljuje se u slučaju promjena u alokaciji zračnog prostora koja je definirana trenutačno valjanim AUP-om;
4) elektronska ASM poruka (engl. *Electronic ASM Information* – eAMI) – sadrži sve alokacije zračnog prostora [2].

2.3.3.2. Unapređenje CNS sustava

Komunikacijsko-navigacijsko-nadzorni (CNS) aktivatori se mogu podijeliti u dvije osnovne skupine: zemaljske i zračne. Unatoč njihovim različitim ulogama, jasno je da i jedni i drugi moraju biti integrirani ukoliko se želi ostvariti *„benefit“* od konfiguracije zračnog prostora. Međuovisnost tih aktivatora bilo da je riječ o tehničkim, operativnim ili socio-ekonomskim, ključ je funkcionalnog zračnog prostora, a shematski prikaz trenutne nadzorne tehnologije prikazan je na slici 4, iz koje se vrlo jednostavno može zaključiti kako je sinkroniziran rad aktivatora danas nužan za normalno odvijanje zračnog prometa.

civilno/vojno koordiniranje, a temelji se na tri razine (strateško, pred-taktičko i taktičko upravljanje zračnom prometom) [12].



Slika 4: *Shematski prikaz međuovisnosti aktivatora [13] (prilagodio autor).*

2.3.3.3. Institucionalni procesi

Institucionalni aktivatori uključuju materijale koji služe kao smjernice za pristup jednom tako složenom procesu kao što je dizajniranje zračnog prostora, određene norme i pravila. Pojedina dizajnerska rješenja zračnog prostora mogu zahtijevati slijedeće aktivatore:

1) nacionalni/međunarodni ugovori koji opisuju prekograničnu sektorizaciju ili neke druge prekogranične aktivnosti;
2) prijedlozi za izmjene i dopune raznih ICAO-ovih dokumenata;
3) specifikacije EUROCONTROL-a;
4) procedure za razne ATM procese;
5) ATS postupci za zračni prostor u kojem se apliciraju prostorna navigacija (engl. *Area Navigation* – RNAV) i zahtijevana navigacijska sposobnost (engl. *Required Navigation Performance* – RNP) koja služi kao iskaz o navigacijskoj sposobnosti, koja je neophodna za operacije u određenom zračnom prostoru;

6) sporazumi (engl. *Letter of Agreement* – LoA) koji definiraju operativne i tehničke aspekte prekograničnih procesa;
7) proces državnog odobrenja za RNAV ili RNP operacije [2].

2.4. Dizajniranje mreže ruta

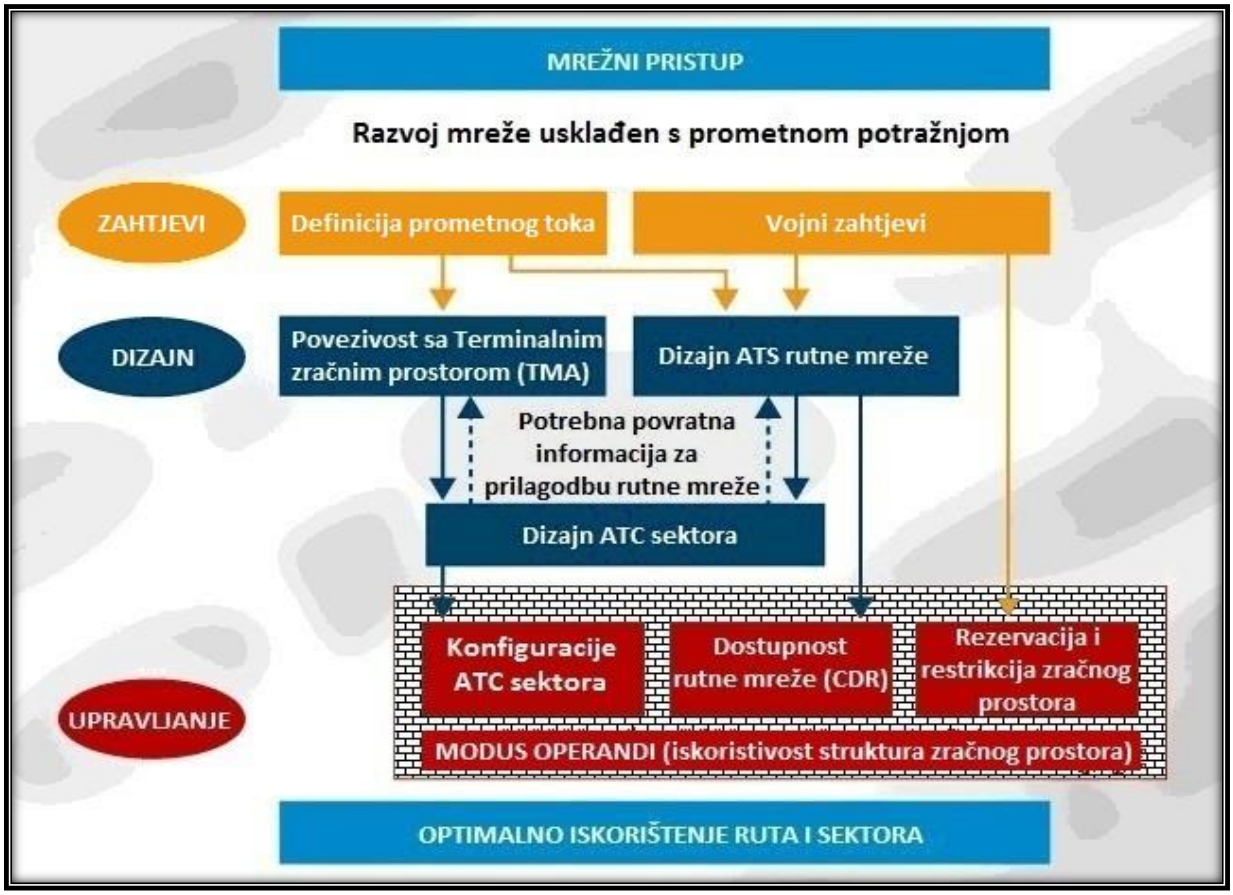
Cilj dizajniranja zračnog prostora je osigurati učinkovitu, fleksibilnu i dinamičku strukturu zračnog prostora i to na način multi-opcionalnog rutiranja i mogućnosti korištenja zračnog prostora slobodnih ruta. Veliku ulogu u dizajniranju zračnog prostora igraju ATC sektori, koji moraju zadovoljiti zahtjeve buduće potražnje u zračnom prometu u pogledu kapaciteta i učinkovitosti leta [14].

Veliku pažnju treba posvetiti vojnim zahtjevima koji trebaju biti zaštićeni i kojima treba biti zajamčena mogućnost korištenja zračnog prostora u bilo kojem trenutku, kada god je to potrebno. Zbog toga će se vojne potrebe svakako uzeti u obzir prilikom dizajniranja zračnog prostora kako bi se mogle provesti potrebne vježbe i operacije. Kako bi se optimizirala učinkovitost misija, rezervirani zračni prostor rezerviran za vojne aktivnosti idealno bi se trebao nalaziti u blizini odgovarajućih vojnih baza. Kombinacijom prilagođenog dizajniranja zračnog prostora (u smislu vojnih potreba) i ostalih procedura trebalo bi se osigurati zadovoljavanje vojnih potreba i zahtjeva i to posebice za:

1) slobodu za rad u svim vremenskim uvjetima u svim područjima europskog zračnog prostora;
2) posebna rukovanja, osobito za prioritetne letove i vremenski kritične misije, ali i za vojne zrakoplove koji nisu u potpunosti opremljeni prema civilnim standardima;
3) mogućnost upravljanja nekontroliranih letova s vidljivošću (engl. *Visual Flight Rules* – VFR);
4) privremeno rezerviran zračni prostor (TRA i TSA) smješten što je bliže moguće, na odgovarajući operativni aerodrom;
5) restrikcije zračnog prostora za aktivnosti koje nisu vezane za let;
6) dinamičniji sustav alokacije zračnog prostora s poboljšanom primjenom fleksibilnog upravljanja zračnim prostorom [15].

2.4.1. Dizajniranje ruta

Kako bi se razvila optimalna struktura zračnog prostora Europe, kolaborativno donošenje odluka (engl. *Collaborative Decision-Making* – CDM) mora se procesuirati od općih pa do posebnih zahtjeva europskog ATM mrežnog pristupa. Hijerarhijski počinje od identifikacije poznatih problema i prognoze prometne potražnje, kako bi se formulirale rute glavnih prometnih tokova, uzimajući u obzir sve civilne i vojne zahtjeve. Hijerarhijski proces optimizacije strukture europskog zračnog prostora prikazan je na slici 5.



Slika 5: *Proces optimizacije struktura europskog zračnog prostora [14] (prilagodio autor).*

2.4.2. Metodologija razvoja strukture zračnog prostora

Mreža ATS ruta trebala bi formirati temelje za određivanje organizacije zračnog prostora i potrebnih usluga i objekata u zračnom prometu. Mreža ATS ruta bi biti uspostavljena na način da se omogući upravljanje većine letova duž ili što je moguće bliže direktnoj ruti od točke polaska do odredišne točke. Struktura europskih ATS ruta trebala bi biti postavljena duž širokih poravnanja, povezujući polazne aerodrome s odredišnim na

operativno održiv način. Restrukturiranje mreže ATS ruta trebalo bi biti izvršeno na evolucijski način. Dok se cijeli dogovoreni dijelovi zračnog prostora rekonstruiraju kao primjerice glavni prometni pravci u Europi, implementacija ne bi trebala kasniti zbog čekanja da se planirane rekonstrukcije dodatnih dijelova zračnog prostora završe. U slučaju da pojedine države ne mogu prihvatiti prijedloge rekonstruiranja, morat će prezentirati neko alternativno rješenje.

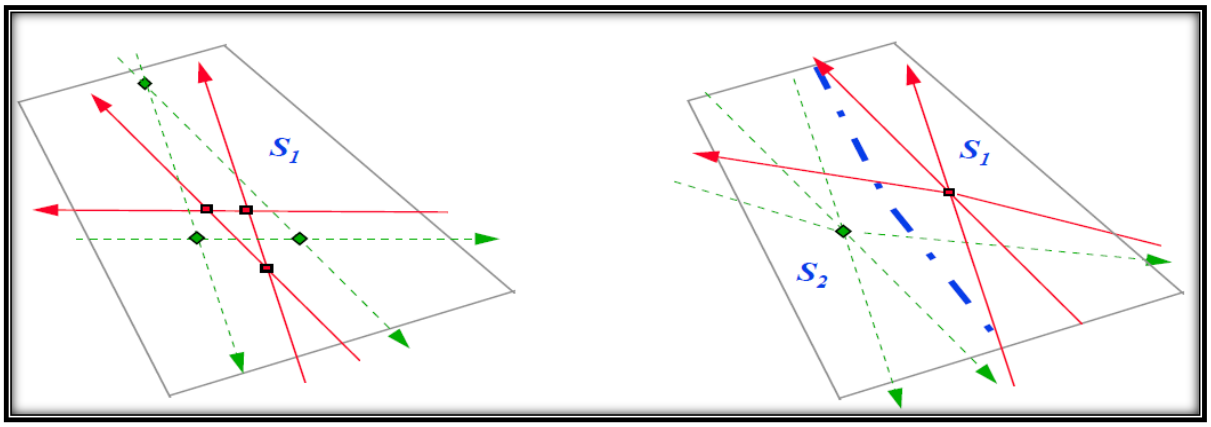
Razvoj struktura zračnog prostora je samo po sebi internacionalno pitanje zbog prirode samog zračnog prometa. Glavne promjene zračnog prostora i strukture ATS ruta koje utječu na njihovu osnovnu mrežu, trebale bi biti napravljene uz prethodnu koordinaciju i razmjenu informacija između najvećeg mogućeg broja zainteresiranih strana.

Između mrežne strukture i sektorizacije postoji blizak dvosmjerni odnos. Prema tome, od faze planiranja pa nadalje, potrebno je osigurati da sektorizacijska shema, uključujući i moguću delegaciju ATS-a, bude izvediva i održiva u odnosu na planiranu mrežu. Pojednostavljeno, definiranje ruta i njihovo konačno usklađivanje krucijalno je za učinkovitost sektorizacije. Taj postupak trebao bi biti validiran kroz simulacije.

Ekstenzija FUA koncepta je također nužna karika ako se želi postići efikasnija struktura zračnog prostora. Suprotno trenutnoj praksi koja je okarakterizirana izravnim usmjeravanjem plovidbe unutar jednog sektora, teži se omogućavanju kontroli zračne plovidbe da koristi izravne rute unutar većih zračnih prostora, odnosno grupe sektora. Automatizirana ponovna obrada planova leta olakšala bi daljnju primjenu ovog koncepta.

Arhitektura mreže također je bitna. Definicija glavnih prometnih tokova treba uključivati unutar-europske rute (engl. Intra european route network) koje su preopterećene i segmente koji se trebaju integrirati u ukupnu strukturu u ranoj fazi planiranja. Arhitektura mreže generalno bi se trebala razvijati od središnjeg područja prema periferiji. Nastojanja da se eliminiraju određena prometna uska grla trebaju uključivati duboke analize čimbenika koji dovode do zagušenja. U tom smislu, treba obratiti pažnju na uzročno-posljedične situacije, odnosno da se ne pogorša stanje određenog zračnog prostora pokušavanjem da se drugi zračni prostor poboljša. U kontekstu kompleksnih višestrukih križanja spominje se “Roundabout”, u doslovnom prijevodu kružni tok, a podrazumijeva grupiranje jednosmjernih ruta koje se nalaze na istoj razini leta (neparnim i parnim), na dva različita područja. Proces

odvajanja jednog sektora od drugog dovodi do dva zasebna sektora čime se smanjuje radno opterećenje kontrolora oblasne kontrole leta (slika 6). Sektorom se smatra operativna komponenta zračnog prostora na temelju koje se može procijeniti kapacitet ATM sustava, a kontrola zračnog prometa se temelji upravo na njima. Sektorizacijom, odnosno podjelom zračnog prostora na manja upravljiva područja (sektore), uvelike bi narastao kapacitet kontrolora zračnog prometa. U uvjetima velikog broja križanja, promjene razina leta (engl. *Flight Level* – FL) su puno češće pa je potrebna i kontrola prometa iz drugog smjera.



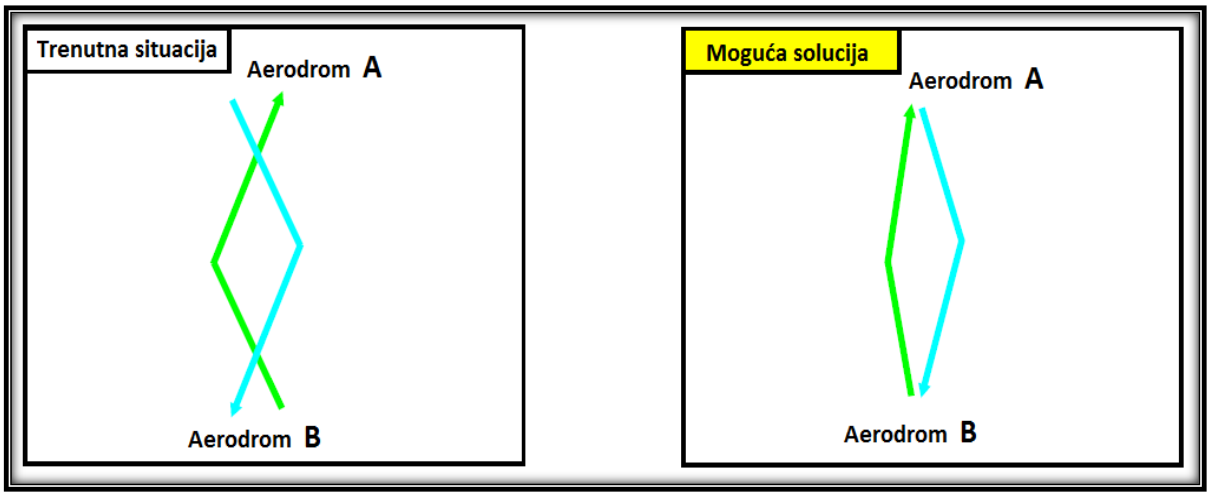
Slika 6: *Shematski prikaz sektorizacije jednog sektora u dva manja [2].*

Iz prethodne slike može se zaključiti kako je zračni prostor koji se sastoji od samo jednog sektora puno kompleksniji za obraditi zbog toga što ima veliki broj križanja, a samim time i veći broj konfliktnih točaka koje mogu ovaj sektor učiniti prekapacitiranim. S druge strane, zračni prostor koji se sastoji od dva manja sektora ima manji broj konfliktnih točaka, veći broj kontrolora zračnog prostora i samim time povećani kapacitet.

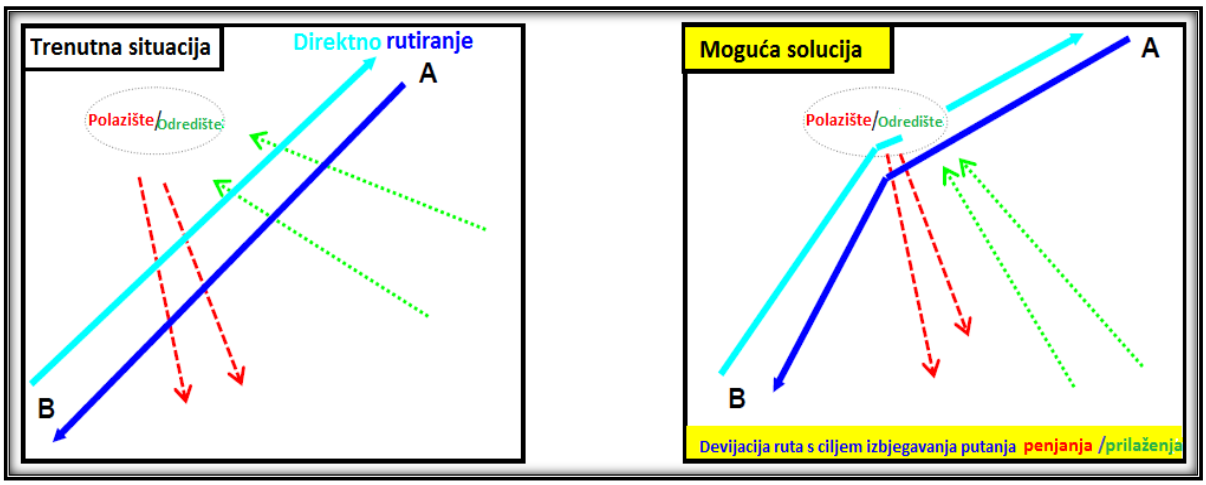
Broj ATS ruta treba svesti na minimum, ali bi isti trebao biti u skladu s potražnjom prometa. Iako je prihvaćeno da veliki broj ATS ruta može poboljšati rutni kapacitet, također vrijedi da veliki broj graničnih prijelaza, odnosno mjesta križanja trajektorija (putanja) zrakoplova, osobito u uskim područjima, može smanjiti kapacitet sektora. Zbog toga dizajneri / planeri zračnog prostora trebaju optimizirati kapacitet uvođenjem što je više moguće novih ruta sa što manje graničnih prijelaza koji bi bili podalje od zagušenih područja. Osim toga, sve ATS rute koje su suvišne, trebaju biti izbrisane. Korištenje jednosmjernih ruta treba proširiti, naročito u područjima gdje je interakcija između prometa penjanja i spuštanja ograničavajući

faktor, a uz sve to, očekuje se i postizanje većeg kapaciteta sektora oblasne kontrole zračnog prometa (ACC-a) zbog poboljšane strukture prometa.

Planiranje treba osigurati da se prijelazi, odnosno mjesta prelaska preko putanja drugih zrakoplova, izbjegavaju koliko je god to moguće kada se radi o dualnim jednosmjernim rutama koje se koriste u suprotnim prometnim tokovima (slika 7). Prijelazna područja također ne smiju biti u konfliktu s putanjama penjanja ili spuštanja (prilaženja) zrakoplova kod većih zračnih luka. Određenom devijacijom ruta mogu se izbjeći moguće konfliktne točke te na taj način smanjiti kompleksnost zračnog prostora (slika 8).

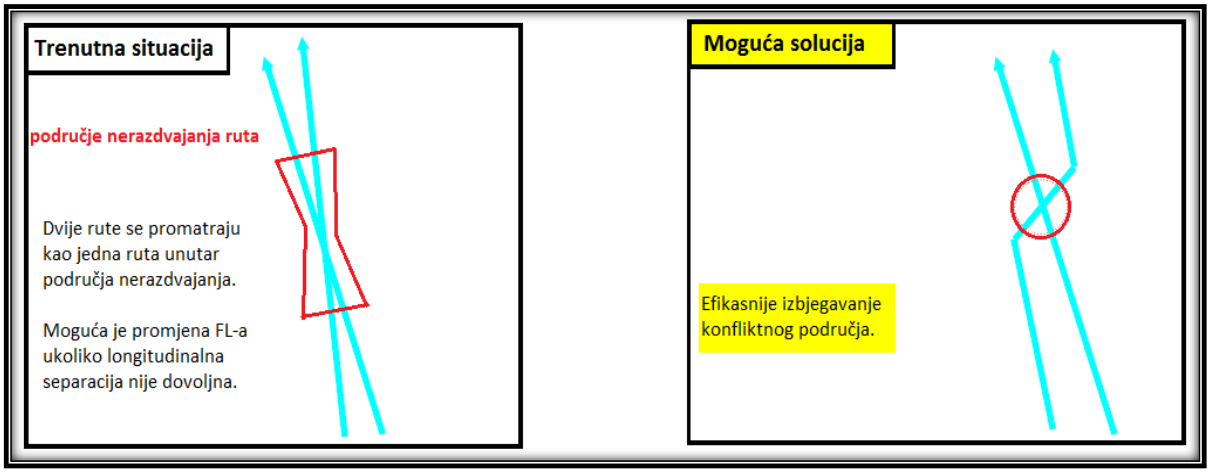


Slika 7: *Shematski prikaz prijelaza dualnih jednosmjernih ruta [2] (prilagodio autor).*



Slika 8: *Shematski prikaz mogućeg izbjegavanja putanja penjanja i prilaženja devijacijom ruta [2] (prilagodio autor).*

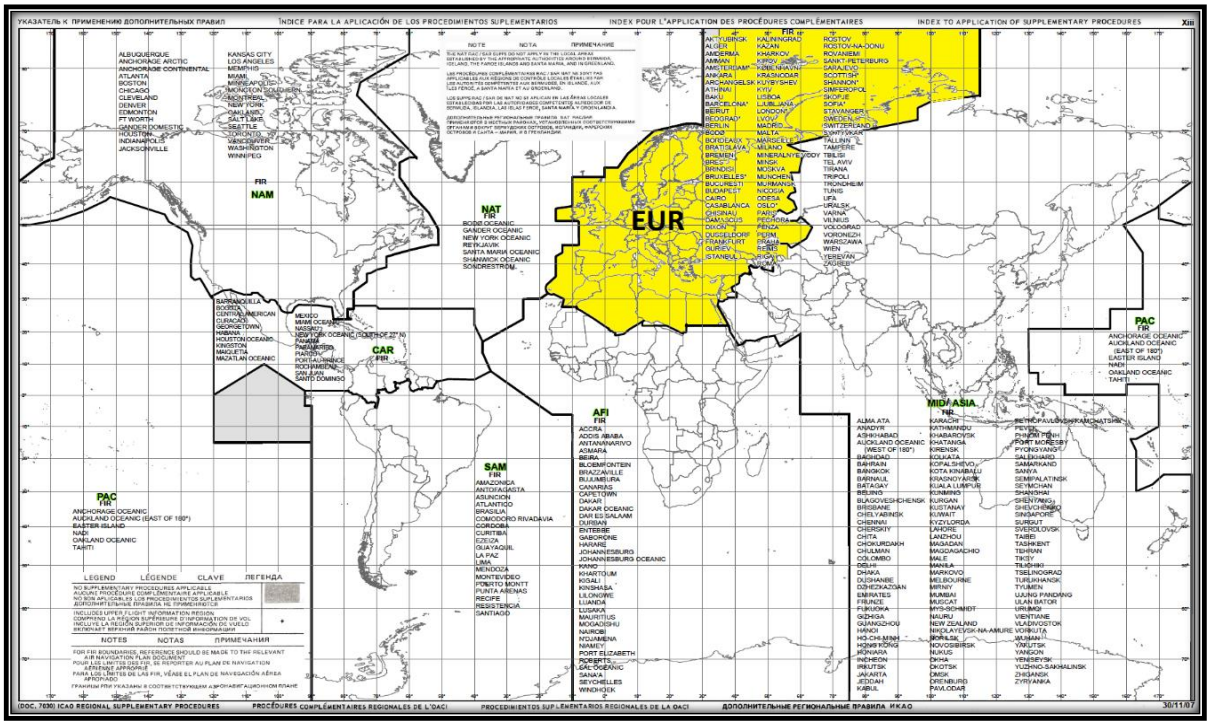
Također je izuzetno bitno smanjiti proširenja prijelaznih područja između ATS ruta, odnosno treba ih svesti na minimum i to na način da se sijeku pod pravim kutom (slika 9).



Slika 9: *Shematski prikaz smanjenja proširenja prijelaznih područja između ATS ruta [2] (prilagodio autor).*

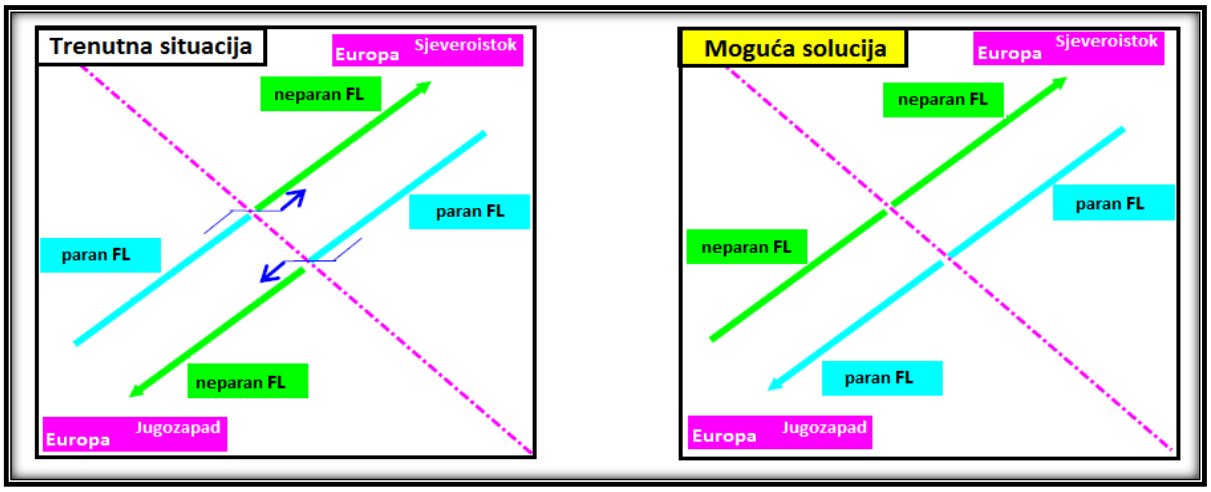
Područje, odnosno površina koja je omeđena crvenom linijom se naziva područje nerazdvajanja. Kao efikasnija verzija istog problema pokazala se solucija gdje se dvije rute sijeku pod pravim kutom i pritom se konflikti zaobilaze sa većom efikasnošću i vjerojatnošću, te nema potrebe za longitudinalnim razdvajanjem i pretjecanjem.

Trenutno koegzistiraju dvije različite primjene ICAO-ovih tablica za razine krstarenja u Europskoj (EUR) Regiji (EUR regija prikazana je na slici 10 i naznačena je žutom bojom).



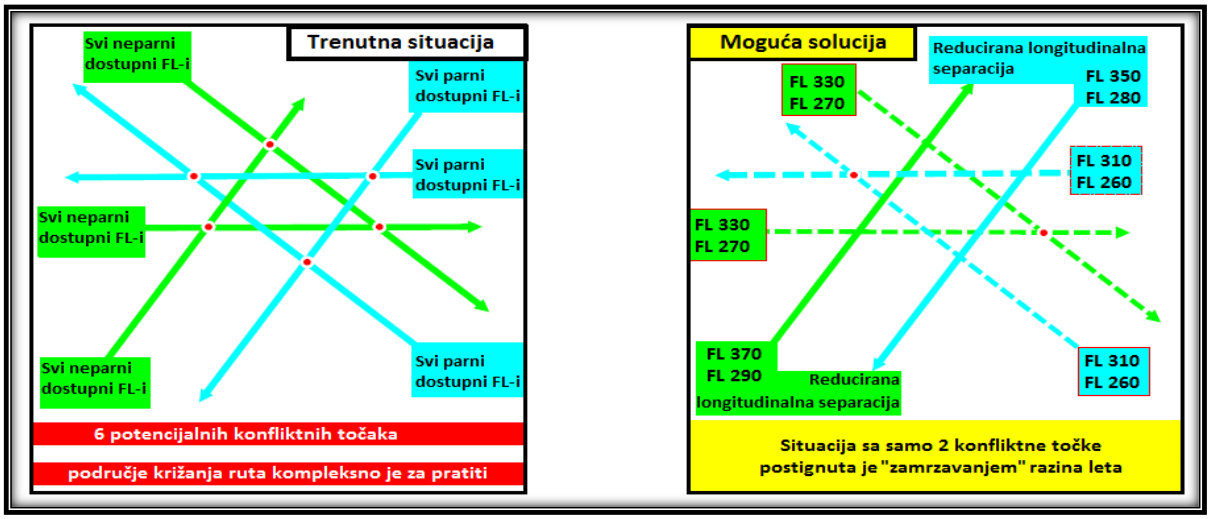
Slika 10: *EUR regija je jedna od osnovnih regionalnih navigacijskih područja koje je definirao ICAO, a u koju spada i Republika Hrvatska [16] (prilagodio autor).*

Dvije različite primjene ICAO-ovih tablica za razine krstarenja dovode do potrebe da zrakoplovi prelaze granice između dva područja primjene na način da promjene razinu leta. Ta shematska promjena je prikazana na slici 11. Treba razmotriti neka alternativna rješenja koja bi trebala dovesti do povećanja kapaciteta sustava, na način da se zaobiđe ova kruta segregacija ruta prema istoku i onih prema zapadu. Ova metoda kod koje nije potrebno prelaženje zrakoplova iz parnih razina u neparne i obrnuto, već se koristi u nekim jednosmjernim ATS rutama.



Slika 11: *Shematski prikaz metoda s potrebnim i nepotrebnim segregacijama ATS ruta [2] (prilagodio autor).*

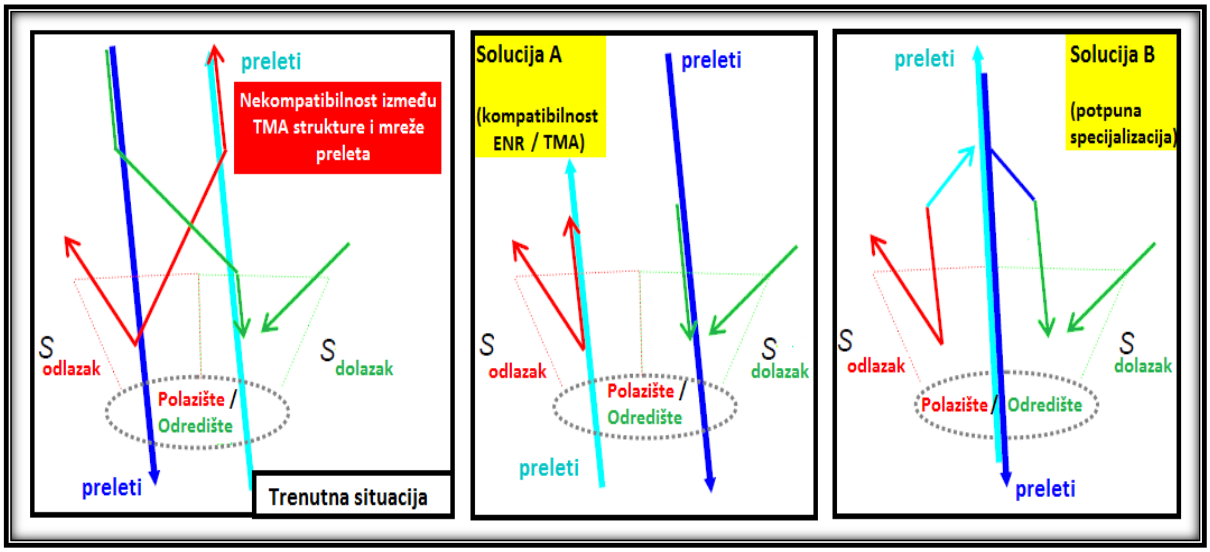
Također, treba prepoznati da će definicija alokacijske sheme danih razina leta imati izravan utjecaj na način na koji će glavni prijelazi (mjesta križanja ruta) morati biti organizirani. Shematski prikaz prikazan je na slici 12.



Slika 12: *Alokacijska shema utjecaja glavnih prijelaza na organizaciju ATS ruta [2] (prilagodio autor).*

Ono što je na prvi pogled uočljivo jest da je desni prikaz puno poželjniji zbog samo dvije moguće konfliktne točke. Takozvanim „zamrzavanjem“ razina leta postiže se veći kapacitet određenog sektora, a samim time se i olakšava posao oblasnog kontrolora. Zamrzavanje se kompenzira smanjenim longitudinalnim razdvajanjem. Na lijevoj strani prikaza uočljivo je čak 6 konfliktnih točaka za taj isti sektor zbog toga što nema zamrzavanja razina leta, već su sve parne i neparne razine na raspolaganju što čini nadgledanje zračnog prostora otežanim.

Promet u Europi je uglavnom kratko – srednjih relacija gdje se gotovo 50% faze jednog prosječnog leta odnosi na faze penjanja i prilaženja. U tu svrhu bi se određena specifična usmjeravanja i/ili dodjeljivanje određene razine leta za pojedine kratke relacije između parova gradova mogla ustvrditi. Od samog početka mrežnog planiranja potrebno je konzistentno integrirati glavne tranzicijske odnosno prijelazne rute u cijeloj strukturi i osigurati kompatibilnost TMA mrežnih sučelja (kvalitetan primjer takve integracije prikazan je pod solucijom „A“ na slici 13). Takva integracija vrijedi za glavna polazno/odredišna područja.



Slika 13: *Shematski prikaz kompatibilnosti TMA mreže i mreže preleta [2] (prilagodio autor).*

Na temelju usporedbe trenutne situacije i solucije „A“ može se zaključiti kako trenutna nekompatibilnost između TMA strukture i mreže preleta predstavlja problem zbog prijelaza odnosno križanja odlaznih/dolaznih ruta sa rutama preleta iz suprotnih smjerova. Primjer kompatibilne TMA strukture i mreže preleta upravo je solucija „A“ kod koje nema prijelaza koji čine upravljanje tog zračnog prostora kompliciranijim.

Sustave fiksnih ruta temeljene na RNAV-u bi trebalo, ukoliko je to potrebno, primijeniti na zračnim lukama visoke gustoće prometa, kako bi se specijalizirale rute dolaska i odlaska. Takav sustav specijaliziranih ruta bi trebao biti dizajniran kako bi se omogućila sustavna separacija dolaznog, odlaznog i preletnog prometa, čineći taj zračni prostor znatno funkcionalnijim. Isti je prikazan na slici 13 kao solucija „B“. Kako bi se postiglo optimalno korištenje zračnog prostora i kapaciteta aerodroma, sustav ruta bi trebao biti dizajniran gdje god je to moguće, a da se pri tome vodi briga o mogućim performansama određenih zrakoplova, odnosno onih zrakoplova koji su najčešći u tom zračnom prostoru.

2.4.3. Održavanje razmaka ruta

Prilikom dizajniranja ATS ruta, postoji vrlo jaka veza između razdvajanja dva zrakoplova i navigacionih specifikacija. Posljedično tome, ICAO je definirao u svojim dokumentima određene zahtjeve za razdvajanje ruta. U slučaju razdvajanja ruta ispod propisanih specifikacija koje je propisao ICAO, bit će potrebni dodatni sigurnosni postupci. Minimalna vertikalna udaljenost zrakoplova je 300 m ispod razine leta 210 i nominalno 600 m iznad te razine leta, a minimalna horizontalna udaljenost je pet nautičkih milja (9 260 m). Osim toga, zrakoplovi koji lete na istoj putanji leta i na istoj razini leta mogu se vremenski odvajati (3, 5, 10 ili 15 minuta).

2.5. Dizajniranje zračnog prostora slobodnog letenja

Zračni prostor slobodnog letenja je određeni zračni prostor unutar kojeg korisnici mogu slobodno planirati rutu između definirane ulazne i izlazne točke, uz mogućnost rutiranja preko među-točaka (objavljenih ili neobjavljenih) bez obzira na mrežu ATS ruta, ali ovisno o raspoloživosti zračnog prostora. Unutar tog zračnog prostora, letovi i dalje podliježu kontroli zračnog prometa.

2.5.1. FRA koncept

Sama bit FRA koncepta je stvoriti okvirni plan koji omogućuje harmoniziranu implementaciju operacija slobodnog letenja u Europi kad god država/ANSP ili grupa država/grupa ANSP-ova ili funkcionalni blok zračnog prostora (engl. *Functional Airspace Block*

– FAB) odluči nastaviti s takvom implementacijom. Koncept operacija slobodnog letenja čini osnovu za zajedničko razumijevanje svih ATM partnera uključenih u implementaciju tih operacija. Koncept prostora slobodnog letenja obuhvaća različite scenarije operacija slobodnog letenja odnosno slobodnih ruta koji moraju:

1) ispunjavati sigurnosne ciljeve;
2) biti kompatibilni s postojećim operacijama;
3) biti održivi kroz daljnji razvoj;
4) biti sposobni povezivati se sa susjednim zračnim prostorom;
5) biti sposobni za razmjenu u drugim regijama [2].

Aktivatori koji su krucijalni za FRA koncept su slijedeći:

1) odgovarajući sustav za podršku čija je svrha generalno poboljšanje u pogledu planiranja plana leta i ATFCM-a;
2) procedure koje imaju za cilj, gdje god je to moguće, poboljšanje samih postupaka u okviru slobodnih ruta;
3) prilagodbe strukturama zračnog prostora;
4) prilagodbe ASM procedura;
5) izmjene plana leta koje mogu biti potrebne kako bi bilo moguće ostvariti maksimalnu korist od operacija slobodnog letenja [2].

Operacije koje se odvijaju u prostoru slobodnog letenja se u načelu klasificiraju kao zračni prostor klase C uz određene dogovorne iznimke kao što je primjerice razina leta iznad FL 460 unutar NOTA područja, odnosno područja iznad sjevernog Atlantika (engl. *Northern Oceanic Transition Area*). Shema orijentacije razina leta (engl. *Flight Level Orientation Scheme* – FLOS) koja se primjenjuje pri FRA operacijama propisat će se kroz relevantne publikacije usluga zrakoplovnog informiranja (engl. *Aeronautical Information Service* – AIS[14]).

Iako je cilj implementirati FRA operacije na trajnoj osnovi, pojedina ograničenja implementacije u definiranim razdobljima mogu pojednostaviti cjelokupan proces

[14] Usluga uspostavljena u određenom području pokrivenosti koja služi za prosljeđivanje zrakoplovnih informacija i podataka neophodnih za sigurnost, redovitost i učinkovitost zračne plovidbe [4].

implementacije, koliko god da ograničenja općenito predstavljaju nešto negativno. U kompleksnom zračnom prostoru, kompletna implementacija FRA operacija potencijalno bi mogla imati negativan učinak na kapacitet. U takvom zračnom prostoru ANSP se može odlučiti za implementaciju FRA operacija na čisto strukturnoj osnovi, primjerice ograničavanjem dostupnih ulaznih/izlaznih točaka za određene prometne tokove, što može rezultirati boljom predvidljivošću i smanjenjem potencijalnih konflikata.

Kada se govori o organizaciji zračnog prostora u kojem je letenje slobodno, mora se dobro pripaziti na organizaciju tog zračnog prostora. Generalno govoreći, FRA je sastavni dio cjelokupne ATM mreže povezujući zračni prostor vertikalno i lateralno. Operacije koje se odvijaju u takvom zračnom prostoru su primjenjive nad bilo kojim zračnim prostorom unutar okvira mreže europskog zračnog prostora, gdje god je omogućena provedba takvog zračnog prostora. Kada se fokus FRA operacija prebaci isključivo u vertikalu, ne postoji neka specifična preporuka za minimalne razine leta, već bi vertikalni limiti FRA operacija trebali biti objavljeni u nacionalnim AIS publikacijama. Određivanje donje granice FRA operacija ne bi smjelo negativno utjecati na susjedna područja u kojima FRA operacije još nisu implementirane. Sa ciljem usklađivanja cjelokupne strukture europskog zračnog prostora ove dvije preporuke koje su vezane uz vertikalne limite bi se trebale pomno razmotriti:

1) niži vertikalni limiti moraju biti koordinirani na razini europske mreže kako bi se osigurala međusobna povezanost sa susjednim zračnim prostorom, a to može varirati u različitim područjima ili različitim vremenima unutar određenog prostora gdje se odvijaju FRA operacije;
2) minimalna razina mora biti što je moguće niža, uzimajući u obzir kompleksnost zračnog prostora i potražnje zračnog prometa [2].

Iz horizontalnog kuta gledanja, limiti FRA operacija bi se trebali temeljiti na operativnim zahtjevima, a ne nužno na području letnih informacija/gornjem području letnih informacija (engl. *Flight Information Region/ Upper Flight Information Region* – FIR/UIR) ili ATS jedinicama. Ulazne/izlazne točke u/iz FRA operacija moraju biti objavljene u nacionalnim AIS publikacijama. Potrebno je obratiti pažnju na slučajeve gdje FIR/UIR granice mogu dovesti do toga da direktne rute prolaze kroz susjedan zračni prostor. U takvim se slučajevima moraju

osigurati svi operativni zahtjevi potrebni za provođenje FRA operacija u skladu sa susjednim ATC jedinicama/državama. Ako su takve situacije neizbježne mora se osigurati odgovarajuća publikacija ulaznih/izlaznih točaka. Publikacija ulaznih/izlaznih točaka na zajedničkim FIR/UIR granicama nije nužna iz operativne perspektive. Kako bi se osigurala međupovezanost cjelokupne strukture europskog zračnog prostora, ulazne/izlazne točke u susjedan FRA moraju osigurati međupovezanost s mrežom fiksnih ATS ruta.

Vertikalna povezanost FRA operacija i osnovne mreže fiksnih ATS ruta mora uzeti u obzir razne profile penjanja i spuštanja. Interkonektivnost između FRA operacija i osnovne mreže fiksnih ATS ruta mora biti osigurana putem objavljivanja niza među-točaka koje odražavaju tipične profile penjanja/spuštanja. Te točke moraju biti donesene kroz nacionalne AIS publikacije s jasnom naznakom prirode tih točaka, jesu li one ulazne, izlazne ili ulazno-izlazne.

Kako bi se maksimizirala učinkovitost FRA operacija i osigurao siguran i učinkovit let, treba oprezno postupati. Gdje god će mreža fiksnih ruta ostati u pogonu ispod područja FRA operacija, morat će biti pročišćena i koordinirana na mrežnoj razini uzimajući u obzir potrebe FRA operacija koje se odvijaju iznad nje.

Kada se govori o pristupu terminalnom zračnom prostoru, u budućnosti će biti potrebna poboljšanja TMA strukture, uključujući i definiranje dodatnih pravila za SID/STAR rute kako bi se povećala fleksibilnost. O tome će više riječi biti u trećem poglavlju.

Održavanje mreže fiksnih ATS ruta unutar područja FRA operacija zahtjeva objavu u AIS publikacijama, a što se tiče objave mreže europskih ATS ruta u nepredviđenim situacijama, nema nekih sveobuhvatnih potreba koje bi pokrivale nešto takvo.

Kada se govori o rezervacijama zračnog prostora unutar područja FRA operacija, one se odnose na zračni prostor definiranih dimenzija isključivo za potrebu određenih korisnika, uključujući privremeno rezervirana područja (TRA), privremeno izdvojena područje (TSA), opasne zone (D), ograničene ili uvjetno zabranjene zone (engl. *Restricted Area* – R), zabranjene zone (engl. *Prohibited Area* – P) ili bilo koja specijalno aktivirana područja. To su posebno dizajnirani zračni prostori unutar kojeg se mogu odvijati civilne i vojne operacije. Rezervacije

zračnog prostora su permanentne (kao što su i P zone) dok su drugi zračni prostori aktivni za određen vremenski period i na različitim razinama, primjerice TSA područje. Aktivne rezervacije zračnog prostora moraju se zaobilaziti, ovisno o stupnju koordinacije (uključujući vojno/civilno koordiniranje) i statusu aktivnosti tog područja. Postoji i mogućnost rekonfiguracije rezervacija zračnog prostora kako bi se zadovoljile neke druge potrebe. U područjima gdje koordinacijske procedure (uključujući vojno/civilno koordiniranje) i uvjeti zračnog prostora dozvoljavaju, korisnicima će biti dozvoljeno letenje kroz rezervirana zračna područja. U nekim slučajevima taktička preusmjeravanja će se morati poduzeti ukoliko zračni prostor nije dostupan za prijelaz. Očekivana maksimalna dodatna duljina za taktičko preusmjeravanje plovidbe mora se propisati kroz nacionalne AIS publikacije. U drugim slučajevima, kada takav zračni prostor nije dostupan za prijelaz, 5LNC[15] će biti definiran kako bi se olakšalo planiranje leta izvan područja rezerviranih zračnih prostora i kako bi se osigurala dovoljna separacija od tog prostora. Donošenje 5LNC-ova također mora biti propisano kroz nacionalne AIS publikacije. Generalno, cjelokupna standardizacija separacije od rezerviranih zračnih prostora bit će potrebna, a to se posebice odnosi na prekogranične operacije.

Značajan dokument koji će se morati pomno razmotriti unutar FRA operacija, odnosno njegova uloga, primjena i primjenjivost, je dokument o dostupnosti ruta (engl. *Route Availability Document* – RAD). Strateška organizacija prometnih tokova koji su predmet razmatranja RAD-a zahtijevat će potpuni pregled.

Kao što je ranije spomenuto, sektorizacija dijeli zračni prostor na manje zračne prostore koji su upravljivi, a ti prostori nazivaju se sektorima. Trenutna sektorizacijska shema trebala bi se rekonstruirati kako bi se bolje prilagodila prometnim tokovima unutar područja FRA operacija i kako bi bila u skladu s osnovnom mrežom fiksnih ruta. Sektori unutar područja FRA operacija bi trebali biti:

1) slobodni od FIR/UIR ili državnih granica;

[15] Jedinstveni izgovorljivi kod, odnosno kriptonim sa pet slova (engl. *unique five-letter pronounceable "name-code"*) kojeg je definirao ICAO ICARD (engl. ICAO *International Codes and Routes Designators*), odnosno sustav koji je zadužen za međunarodno određivanje kodova i određivanja ruta, a u svrhu lakšeg rada rutnih planera. 5LNC se mora dodijeliti kada je potrebno definirati određenu značajnu točku koja nije pokrivena radio-navigacijskim sredstvima, a koristi se za svrhe ATC-a [17].

2) sposobni da se re-konfiguriraju kako bi zadovoljili prometnu potražnju [2].

Kriteriji dizajniranja sektora bi u najmanju ruku trebali uzeti u obzir slijedeće stvari:

1) orijentaciju i principe prometnih tokova;
2) minimiziranje kratkih prijelaza kroz sektore;
3) minimiziranje sektora i ponovnog ulaska letova u ACC;
4) položaj rezerviranih zračnih prostora;
5) koherentnost sa susjednim sektorima fiksnih ruta i veza ruta sa SID/STAR;
6) civilne/vojne aspekte koordinacije [2].

Sektori se moraju uskladiti u najvećoj mogućoj mjeri tako da je broj leta s kratkim tranzitom (prijelazom kroz određeni sektor) što manji. Ako to nije moguće, Mrežni upravitelj mora izostaviti taj sektor iz prometa. U budućnosti morat će se istražiti načini za veću fleksibilnost u određivanju većeg broja elementarnih sektora i njihovu konfiguraciju. Sektori će morati biti dizajnirani tako da se smanje kratki prijelazi kroz njih i da se izbjegnu ponovni ulasci letova u sektore/ACC. Operativno dizajnirani, prekogranični sektori mogu biti potrebni tamo gdje je FRA implementiran u susjednim područjima. Lokalne Pozicije upravljanja protokom (FMP) će morati preuzeti više aktivnu ulogu prilikom odabira optimalne konfiguracije sektora.

U područjima gdje je ATS delegacija na snazi i gdje se operativne granice ne podudaraju s FIR/UIR granicama, može se dogoditi da je jedna ATC jedinica implementirala zračni prostor slobodnog letenja, a susjedna nije. U tom slučaju operativne granice FRA operacija moraju se objaviti u nacionalnim AIS publikacijama obiju država.

Upravljanje zračnim prometom (ASM) za FRA operacije će se razlikovati od konvencionalnog ASM-a kod mreže fiksnih ruta, gdje operatori zrakoplova (engl. *Aircraft Operator* – AO) više neće imati informacije o tome koje su rute slobodne, ali će morati znati koji je zračni prostor dostupan/nedostupan. Za vrijeme prijelaza određenog zrakoplova kroz područje FRA operacija, korisnici zračnog prometa će morati znati aktivnosti svih relevantnih rezerviranih zračnih prostora, kako bi mogli planirati let na način da izbjegnu te prostore. Jedinice kontrole zračnog prometa, odgovarajuće vojne vlasti, korisnici zračnog prometa i

mrežni upravitelj (engl. *Network Manager* – NM), trebat će dijeliti ažurirane informacije u vezi aktivacije rezerviranih zračnih prostora.

Prilikom podnošenja plana leta korisnici zračnog prostora će trebati znati najnovije dostupne informacije o planiranoj aktivnosti rezerviranog zračnog prostora. U pred-taktičkoj fazi, planirano aktiviranje svih rezerviranih zračnih prostora mora biti dostupno svim zainteresiranim stranama. Za potrebe FRA operacija, elektronska ASM poruka (eAMI) mora biti nadopunjena sličnim publikacijama koje proglašavaju dostupnost/nedostupnost zračnog prostora prije dana operacija i mora biti po potrebi ažurirana u taktičkoj fazi. U taktičkoj fazi, izmjene planirane aktivacije morat će se dostaviti mrežnom operativnom centru (engl. *Network Manager Operations Centre* – NMOC) čim se pojave, te se moraju podijeliti među svim relevantnim ATM sudionicima. Pojačana razmjena i dijeljenje ASM podataka će biti potrebno na razini mreže kako bi se osiguralo da rezervacije zračnog prostora budu prijeđene ili izbjegnute ovisno o lokalnim procedurama i da li se aktivnost odvija u zračnom prostoru ili ne. Upravljanje operativnim zračnim prometom (OAT) odnosno preletima, morat će imati slične koristi kao i kod provođenja FRA operacija. Nema identificirane potrebe za održavanjem struktura ruta u operativnom zračnom prostoru unutar zračnog prostora gdje se odvijaju operacije slobodnog kretanja.

Pisma sporazuma (LoA) moraju se prilagoditi u odnosu na specifičnosti FRA operacija s obzirom na prijenosne točke, fleksibilne promjene sektorizacije, veze s mrežom fiksnih ruta, visokim fluktuacijama u prometnim tokovima, mogućnost ulaska/izlaska iz zračnog prostora u nasumičnim točkama i slično. Automatska razmjena podataka o letu između jedinica ACC-a će se morati proširiti i na moguću razmjenu između nasumičnih točaka zbog toga što trenutna procedura prijenosa odnosno razmjene podataka propisana u postojećim pismima sporazuma više nije primjenjiva za FRA koncept, stoga se trebaju definirati novi odgovarajući postupci.

Unutar FRA operacija procedure za planiranje leta moraju biti razumljive, jednostavne za korištenje i usklađene s postupcima vezanim uz mrežu fiksnih ruta. Načela su navedena za OAT i GAT promet, te se prvenstveno baziraju na GAT, ali će se posebno spomenuti OAT tamo gdje je to potrebno. Osim u području FRA operacija gdje je objavljeno da će biti dana taktička preusmjeravanja, odgovornost pada na osobu koja ispunjava plan leta na način da krstari onim

dijelom FRA područja koji zaobilazi aktivni rezervirani zračni prostor. Kontrola zračnog prometa, operator zrakoplova i mrežni operativni centar bi trebali imati iste informacije o namjeravanom profilu i ruti leta, s obzirom na početni plan leta i sve eventualne naknadne izmjene. Razvoj odgovarajućih alata će ukazati na status budućih aktivnosti rezerviranih zračnih prostora svim korisnicima zračnog prostora. Unutar područja FRA operacija neće biti ograničenja na području korištenja direktnih rutiranja (engl. *Direct Routing* – DCT), osim onih koje je preporučio ICAO. Promjene sustava planiranja leta za korisnika zračnog prostora mogu biti potrebne kako bi svi korisnici zračnog prostora u potpunosti iskoristili povlastice koje im omogućuje područje FRA operacija.

Integrirani sustav početne obrade plana leta (engl. *Integrated Initial Flight Plan Processing System* – IFPS) će se mijenjati kako bi se omogućilo procesuiranje i provjera plana leta u kontekstu promjenjivih nižih razina FRA operacija u raznim dijelovima europskog zračnog prostora. Isto tako, IFPS će omogućiti odgovarajuću obradu plana leta i provjeru za prijelaz iz područja FRA operacija u zračni prostor fiksnih ruta kad god će se FRA operacije provoditi u ograničenim vremenskim razdobljima, primjerice samo noću.

Korištenje objavljenih ulaznih točaka s pripadajućim izlaznim točkama bi moglo biti potrebno u nekim slučajevima kako bi se olakšalo planiranje letenja u području FRA operacija. To posebno vrijedi u slučajevima gdje su dozvoljene jedino limitirane kombinacije ulaznih/izlaznih točaka unutar područja FRA operacija. Slično tome, određeni broj DCT-a neće biti dopušten za korištenje korisnicima zračnog prostora.

Planovi leta (IFPS i GAT) su međusobno povezani, odnosno IFPS je dizajniran baš kako bi omogućio racionalizaciju i procesiranje IFR GAT plana leta. Trajni plan leta (engl. *Repetitive Flight Plan* – RPL) koji se odnosi na seriju redovitih letova koji se često ponavljaju i imaju jednake bazične značajke, mogu biti također podneseni i za letove koji će prolaziti kroz područje FRA operacija, ali je moguće da neće imati punu korist od optimalnog odabira ruta koji proizlazi iz precizne informacije o dostupnosti zračnog prostora. Oni će i dalje biti provjeravani od strane IFPS-a prateći normalne procedure za predlaganje alternativnih ruta kad je to potrebno. Ograničenja pri podnošenju plana leta moraju se propisati za područja gdje su FRA operacije strukturalno ograničene, odnosno jedino su dozvoljene ograničene

kombinacije ulaznih/izlaznih točaka. Osim uobičajenih pravila valjanosti plana leta unutar IFPS-a, planirana ruta leta kroz područje FRA operacija smatrat će se nevažećom ako:

1) ne udovoljava objavljenim ulazno/izlaznim zahtjevima;
2) krši rezervirani zračni prostor;
3) ne održava minimalne propisane vrijednosti lateralnih i vertikalnih udaljenosti u odnosu na rezervirani zračni prostor;
4) nije usklađena s orijentacijskom shemom razina leta (FLOS) [2].

Upravljanje protokom i kapacitetom zračnog prometa (ATFCM) igra jako važnu ulogu u FRA konceptu, stoga se korisnici zračnog prostora moraju ponašati u skladu s normalnim ATFCM procedurama unutar, ali i izvan područja FRA operacija. Broj trenutno propisanih restrikcija u postojećim pismima sporazuma (LoA) provedenih od strane NOC-a u svrhu planiranja leta ili ATFCM potreba, više nisu primjenjivi u zračnom prostoru slobodnog letenja, te bi takve odredbe odnosno restrikcije trebale biti preispitane. Upravljanje područjem FRA operacija razlikuje se od upravljanja mreže fiksnih ruta. Zbog toga će biti potreban dodatni sustav podrške i nove procedure u određenim područjima, kao što su primjerice uzimanje u obzir sheme usmjeravanja izvan područja FRA operacija, očekivani porast RPL promjena, alati za ATFCM planiranje unutar područja FRA operacija, alati za ponovo usmjeravanje plovidbe i alati za izračunavanje i upravljanje prometnih opterećenja na lokalnoj i državnoj razini.

2.5.2. FRA – AIP publikacija

Zbornik zrakoplovnih informacija (AIP) je u zrakoplovstvu iznimno važan dokument. Zbornik zrakoplovnih informacija je zapravo publikacija koju izdaje nadležno državno tijelo, a sadrži zrakoplovne informacije trajnog značenja koje su vrlo bitne za zračnu plovidbu. Između velikog broja informacija koje se objavljuju u AIP-u, one se uglavnom mogu podijeliti u tri dijela (opće – GEN, En-route – ENR i aerodromi (engl. *Aerodrome* – AD). Svi općeniti pojmovi, kratice i terminologija općenito bit će objavljeni u GEN dijelu AIP-a, dok će se primjerice rezervacije zračnog prostora ili podaci vezani uz prekogranična područja (engl. *Cross-Border Area* – CBA) objaviti u ENR dijelu dokumenta.

Dio koji se odnosi na krstarenje, odnosno ENR dio AIP-a je sadržajno najbliži i najprimjenjiviji za ACC, a njegova struktura je sljedeća (glavna poglavlja):

1) ENR 0. (nije primjenjivo);
2) ENR 1. Opća pravila i procedure;
3) ENR 2. ATS zračni prostor;
4) ENR 3. ATS rute;
5) ENR 4. Radio-navigacijski sustavi/pomoćna sredstva;
6) ENR 5. Navigacijska upozorenja;
7) ENR 6. En-route grafikoni [18].

2.6. Navigacijske specifikacije

Kako ENR dizajn u sebi sadrži vrlo često prestrojavanja određenih ruta, održavanje senzorno-specifičnih ruta i procedura je vrlo nefleksibilno i skupo. Sa ciljem savladavanja ograničavajućih elemenata koji se manifestiraju kroz nefleksibilnost rutnih kompatibilnosti zbog trenutne navigacijske infrastrukture, alternativna navigacijska rješenja svakako bi trebala biti uzeta u obzir. Navigacija koja se temelji na performansama (engl. *Performance Based Navigation* – PBN) može predstavljati snažnog aktivatora ili jednu od navigacijskih pretpostavki, koja može poslužiti u svrhu odabira najbolje solucije dizajniranog zračnog prostora.

Koncept navigacija utemeljenih na performansama (PBN[16] koncept) specificira da izvedbeni zahtjevi RNAV[17] sustava zrakoplova budu točno definirani u smislu preciznosti, integriteta, dostupnosti, kontinuiteta i zahtijevane funkcionalnosti za određene operacije u točno definiranom konceptu zračnog prostora kada je isti podržan odgovarajućom navigacijskom infrastrukturom. U tom kontekstu, PBN koncept predstavlja pomak s navigacije temeljene na senzorima na navigaciju koja se temelji na performansama (PBN). Izvedbeni

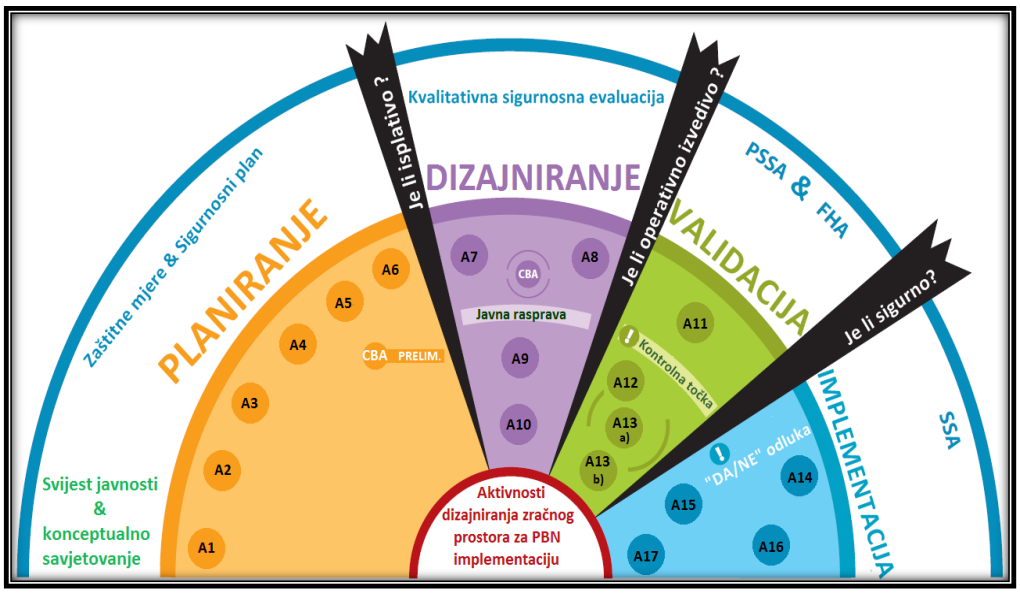
[16] Prostorna navigacija koja se temelji na izvedbenim zahtjevima zrakoplova koji lete uzduž ATS rute po procedurama za instrumentalni prilaz ili u za to predviđenom zračnom prostoru [19].

[17] Vrsta navigacije koja omogućuje operacije zrakoplova na bilo kojem željenom dijelu leta unutar područja kojeg pokriva stanica s navigacijskom opremom ili unutar granica pokrivenosti samostalnih navigacijskih sredstava ili kombinacija navedenih mogućnosti [19].

zahtjevi su identificirani u navigacijskim specifikacijama koje također određuju potrebne navigacijske senzore i opremu koja se može koristiti sa ciljem zadovoljavanja izvedbenih zahtjeva. Te specifikacije pružaju specifične implementacijske smjernice za države i operatere kako bi se olakšala globalna harmonizacija [19].

2.6.1. Navigacijske specifikacijske opcije

Navigacijske specifikacije predstavljaju zapravo skup zrakoplovnih zahtjeva i zahtjeva posade potrebnih za potporu PBN aktivnosti u okviru definiranog zračnog prostora. Zavisno o vrsti zračnog prostora te mogućnosti akomodiranja razmaka ruta, adekvatni navigacijski aktivatori se predlažu i usvajaju sa ciljem propisivanja izvedbi zrakoplovne navigacijske opreme i općenitih navigacijskih specifikacija. Nakon što se dođe do zaključka da je određeni set navigacijskih funkcionalnosti potreban sa ciljem omogućavanja konceptualizacije zračnog prostora i dostupnosti zrakoplovne flote, potrebno je pomno odabrati neophodne navigacijske specifikacije navedene u PBN priručniku. Nakon što je donesen PBN koncept zračnog prostora koji opisuje namjeravane operacije u određenom zračnom prostoru, potrebno je provesti PBN implementaciju koja se sastoji od velikog broja utvrđenih koraka koji moraju biti napravljeni prema točno određenom redoslijedu. Shematski prikaz aktivnosti dizajniranja zračnog prostora za PBN implementaciju prikazan je na slici 14.



Slika 14: *Shematski prikaz aktivnosti dizajniranja zračnog prostora za PBN implementaciju [2] (prilagodio autor).*

Na slici su jasno naznačene 4 glavne faze pri dizajniranju zračnog prostora za PBN implementaciju, a svaka od njih sadrži određeni broj aktivnosti koje moraju biti provedene, uglavnom iz sigurnosnih razloga. Glavne faze koje se odnose na PBN implementaciju su planiranje, dizajniranje, validacija i implementacija. Na slici 14 je prikazano 17 aktivnosti koje se moraju sprovesti zavisno o razvojnoj fazi, bilo da se radi o sub-regionalnoj/FAB ili lokalnoj razini. U Tablici 1 naveden je popis tih aktivnosti.

Tablica 1: *Popis aktivnosti po pojedinim fazama implementacije PBN-a*

Faza	Aktivnosti	
PLANIRANJE	A1	Dogovor oko operativnih zahtjeva
	A2	Stvaranje dizajnerskog tima zračnog prostora
	A3	Donošenje odluka o ciljevima, obujmu i vremenskom roku projekta
	A4	Analiza referentnog scenarija – prikupljanje podataka
	A5	Zaštitne mjere, sigurnosni plan te odabir sigurnosnih i izvedbenih kriterija
	A6	Dogovor oko aktivatora, ograničenja i ATM/CNS pretpostavki
DIZAJNIRANJE	A7	Dizajniranje zračnog prostora – rute i holding
	A8	Inicijalne proceduralne aktivnosti dizajniranja
	A9	Dizajniranje zračnog prostora – strukture i sektori
	A10	Potvrda odabranih navigacijskih specifikacija
VALIDACIJA	A11	Validacija koncepta zračnog prostora
	A12	Finaliziranje postupaka dizajniranja
	A13 a	Validacija procedura za let uz pomoć instrumenata (engl. Instrument Flight Procedure – IFP)
	A13 b	Inspekcija leta koja se odnosi na pomoćna navigacijska sredstva (engl. *Navigational Aid* – NAVAID)
IMPLEMENTACIJA	A14	Razmatranja o integraciji ATS sustava
	A15	Svijest i materijali za obuku
	A16	Implementacija
	A17	Post-implementacijski (poslije-provedbeni) pregled

Izvor: [2] (prilagodio autor).

2.6.2. Navigacijski funkcionalni zahtjevi

Obje specifikacije (RNAV i RNP) uključuju zahtjeve za određene navigacijske funkcionalnosti koje moraju biti uzete u obzir prilikom razvoja raznih prijedloga razvoja zračnog prostora. Neke od funkcionalnosti povezane s navigacijskim specifikacijama mogu utjecati ne samo na razdvajanje ruta i minimalne separacijske vrijednosti, već i na koncept zračnog prostora kao takvog. Prilikom predlaganja rješenja za dizajn zračnog prostora, treba uzeti u obzir sljedeći skup navigacijskih funkcionalnosti:

1) kontinuirana indikacija položaja zrakoplova u odnosu na onu koju pilot vidi na zaslonu;
2) prikaz udaljenosti i trajektorija prema aktivnoj među-točki;

3) prikaz horizontalne brzine zrakoplova u odnosu na zemlju ili vrijeme do aktivne među-točke;
4) pohrana navigacijskih podataka;
5) odgovarajuća indikacija kvara RNAV sustava [2].

Vrlo važan korak prema određivanju korisničkih zahtjeva i zahtjeva zračnog prostora, trebala bi predstavljati procjena sposobnosti zrakoplovne flote. Zbog toga je od izuzetne važnosti poznavanje karakteristika i razine opremljenosti flote koja operira u zračnom prostoru. Neke od karakteristika koje bi se svakako trebale uzeti u obzir su sljedeće:

1) zrakoplov opremljen globalnim navigacijskim satelitskim sustavima (engl. *Global Navigation Satellite System* – GNSS);
2) kvarovi GNSS-a mogli bi biti nadomješteni ili ublaženi drugim vidovima navigacije kao što su RNAV, koji se temelji na opremi za mjerenje udaljenosti (engl. *Distance Measuring Equipment* – DME), konvencionalna navigacija ili ATS nadzor;
3) odobren zrakoplov koji leti po pravilima za let uz pomoć instrumenata (engl. *Instrument Flight Rules* – IFR) te je opremljen višesmjernim radio-farom (engl. *Very High Frequency Omnidirectional Radio Range* – VOR) i DME-om integriranim u RNAV sustav;
4) široka lepeza potreba za zrakoplovnim inercijskim navigacijskim sustavima (engl. *Inertial Navigation System* – INS[18]) koji mogu pokriti eventualne praznine i nedostatke pomoćnih navigacijskih sredstava [2].

2.7. Postupci tijekom leta

Letne procedure, odnosno postupci tijekom leta su hijerarhijski gledano u samom proceduralnom vrhu, kada se govori o dizajniranju zračnog prostora. Sva prethodna poglavlja odnosno aktivnosti moraju biti sprovedene kako bi se uopće moglo diskutirati o letnim

[18] Trenutno ne postoji univerzalna i jasna definicija za pojam INS-a. U jednu ruku pojam INS-a se koristi za pojmove koji pokrivaju raznovrsne navigacijske senzore i sustave različitih dizajna, a u drugu ruku se koristi kako bi opisao specifične verzije upravo tih senzora i sustava. Termin se također mijenjao tijekom godina kako je tehnologija napredovala, ali ono što se može ustanoviti je da svi navigacijski sustavi rade na sličnim ili istim principima [20].

procedurama. Nekim logičkim redoslijedom one dolaze tek nakon spomenutog konceptualnog dizajna, njegove procjene, validacije i na posljetku, implementacije. U obilju EUROCONTROL-ovih i ICAO-ovih dokumenata koji obrađuju sve sigurnosne aspekte zračnog prometa, neki od njih su okvirnog, tj. općenitog karaktera, a neki seciraju određene aktivnosti do najtanjih detalja. Ranije spomenuti PANS dokument upravo specificira aktualne procedure i to više nego drugi dokumenti, čak više nego i SARP-ovi. Tako primjerice EUROCONTROL-ov *ERNIP Part 1* se više odnosi na konceptualno dizajniranje struktura zračnog prostora (rute, holding područja, ATC sektorizacija i ostalo), dok se ICAO-ov PANS-OPS više orijentira na završnu fazu procesa dizajniranja, osiguravajući da su zračne strukture slobodne od bilo kakvih prepreka prema točno utvrđenim kriterijima.

Područja zračnog prostora povezana s ENR kriterijima prostiru se preko vrlo velikih površina. U nekim regijama, količina prepreka koje treba uzeti u obzir je vrlo velika. Štoviše, kod prijelaznih točaka (mjesta križanja trajektorija), može se dogoditi da dođe do više ponuđenih solucija za nastavljanje leta što dodatno povećava kompleksnost zaštite za sva moguća rješenja. Upravo zbog toga su razvijene sljedeće dvije metode:

1) pojednostavljena metoda (standardna metoda);
2) rafinirana metoda[19] koja se može koristiti ukoliko je standardna previše ograničavajuća [21].

2.8. Sektorizacija

Mnoga ograničenja u europskom zračnom prostoru su uzrokovana ne baš optimalnom sektorizacijom i/ili neadekvatnim kapacitetima sektora. Postizanje optimalnog kapaciteta sektora je krucijalno, ukoliko se žele smanjiti kašnjenja i izbjeći sektorska preopterećenja. Brojne studije i analize provedene u Europi identificirale su blisku povezanost sektorizacije i konfiguracije mreže ruta. Ta povezanost mora se uzeti u obzir ukoliko se želi poboljšati europska ATM mreža. Kako bi se postigli optimalni kapacitet i učinkovitost leta, bitno je osigurati potpunu koherentnost svih elemenata strukture zračnog prostora, uključujući način na koji se koriste, posebice:

[19] (fra. *Raffine*) pročišćena, finije napravljena ili profinjena metoda [3].

1) mreža fiksnih ruta;
2) FRA područja;
3) terminalni zračni prostor;
4) ostale strukture zračnog prostora kao što je izdvojen zračni prostor;
5) ATC sektorizacija i sektorske konfiguracije;
6) povezani modus operandi [2].

2.8.1. Razvoj sektorizacije

Kontrola zračnog prometa zasniva se na strukturi sektora, dok sektorizacija dijeli zračni prostor na manja upravljiva područja, čija propusnost i kapaciteti mogu biti kvantificirani. Glavna ograničenja kapaciteta ATM-a su ograničenja zračnog prostora i radno opterećenje kontrolora zračnog prometa. Reorganizacijom postojećih sektora ili dodavanjem dodatnih, može se smanjiti broj ruta/točaka križanja (konflikata), a može se i smanjiti broj zrakoplova koji su na frekvenciji u bilo koje vrijeme (engl. *occupancy count*). Gore navedeno rezultira smanjenjem radnog opterećenja kontrolora zračnog prometa, a samim time omogućava povećanje produktivnosti sektora, istodobno zadržavajući uravnoteženu koordinaciju radnog opterećenja kontrolora. Konačni cilj ili glavna strateška smjernica sektorizacije je raspodjela zračnog prostora na manje sektore, sve dok se ne dostigne stanje kod kojeg je korist od daljnjeg seciranja zračnog prostora umanjenja drugim čimbenicima, a to se posebice odnosi na aktivnosti vezane uz koordinaciju. Ono što je vrlo bitno napomenuti jest da povećanje kapaciteta sektora nije proporcionalno broju dostupnih sektora. Osim toga, stvaranje dodatnih sektora ima i visoku financijsku cijenu, ali ne samo u pogledu broja kontrolora zračnog prometa, nego u smislu infrastrukture i razvoja softverskih rješenja.

Prilikom izvođenja velikog projekta reorganizacije zračnog prostora, definicija podupiruće sektorizacije trebala bi uključivati sljedeće:

1) određivanje maksimalnog broja operativnih sektora, uzimajući u obzir broj kontrolora zračnog prometa, dostupnost infrastrukture i mogućnosti ATM sustava;
2) definiranje optimalne sektorske konfiguracije prema poznatim varijacijama u prometnim tokovima (npr. jutro vs. večer ili radni dan vs. vikend);

3) definiranje granica individualnih operativnih ATC sektora (elementarnih sektora);
4) definiranje elementarnih sektorskih blokova sa ciljem omogućavanja modularne sektorizacije i sektorske konfiguracije;
5) ukoliko je potrebno (npr. za ACC s velikim brojem sektora), definirati broj sektorskih grupa (uzimajući u obzir validacije od strane kontrolora i broj smjena, operacije kolapsiranih sektora kada nije jak promet, upravljanje frekvencijama itd.) [4].

Sustav kontrole zračnog prometa mora biti prilagodljiv na privremene, ali i na permanentne promjene u volumenu zračnog prometa i njegovog sastava. Povećanje potražnje zračnom prometu obično rezultira povećanjem radnog opterećenja kontrolora zračnog prometa, te ukoliko su ta preopterećenja učestala, redistribucija odgovornosti postaje neophodna. Prema tome, zračni prostor bi se mogao podijeliti na sektore unutar kojih se usluge u zračnom prometu (ATS) pružaju s jedne ili više operativnih ATS pozicija. Prilikom razmatranja potreba podjele zračnog prostora na sektore, sljedeći faktori bi trebali biti uzeti u obzir:

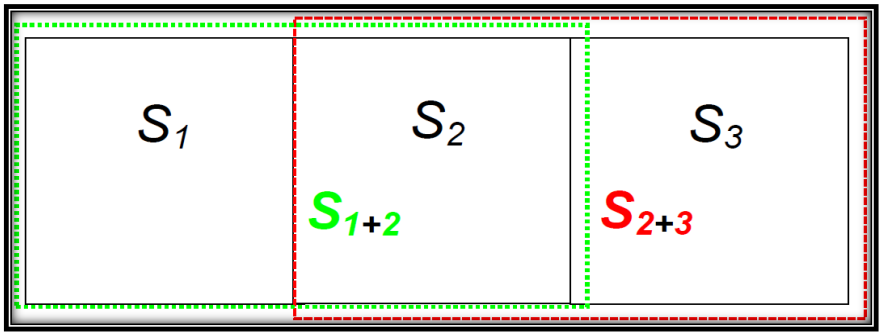
1) konfiguracija rutne mreže;
2) količina i kombinacija zračnog prometa;
3) geografska distribucija zračnog prometa;
4) kapacitet ATS osoblja [22].

2.8.2. Opća načela za razvoj sektora

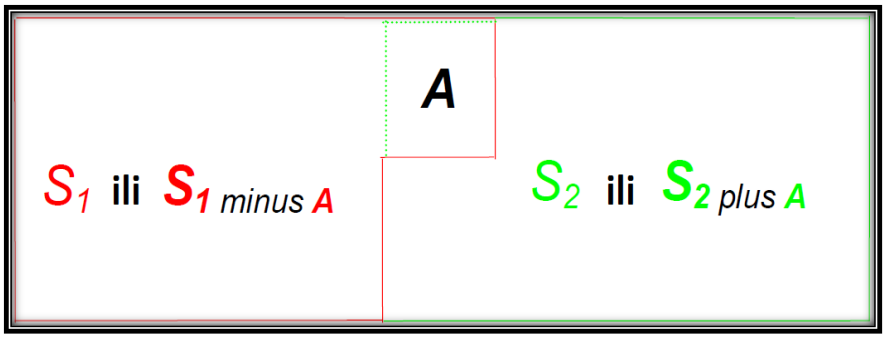
Pravila koja su krucijalna za razvoj sektorizacije i u zračnom prostoru krstarenja (En-route), ali i u terminalnom zračnom prostoru (TMA), mnogobrojna su. Određena pravila moraju se slijediti sa ciljem utvrđivanja, modifikacije i validacije sektorizacije navedenih dijelova zračnog prostora. Sektorizacija bi trebala biti:

1) utemeljena na operativnim zahtjevima;
2) planirana u koordinaciji sa susjednom ACC-om/FAB-om;
3) evaluirana na razini europske ATM mreže;

4) napravljena neovisna o FIR-u ili nacionalnim granicama;
5) operativno učinkovita, tj. mora se maksimizirati ATM kapacitet uz istovremeno prilagođavanje korisnikovim zahtjevima;
6) u skladu s razvojem mreže ruta;
7) u skladu s iskorištenjem zračnog prostora (dostupnost stalnih uvjetnih ATS ruta (engl. *Conditional Routes* – CDR)/scenariji rutiranja);
8) dovoljno fleksibilna da odgovori na različite prometne potražnje i privremene promjene u prometnim tokovima (jutarnji, večernji, tjedni i vikend promet). Primjerice, moguće su različite kombinacije blokova zračnog prostora i/ili sektora sa ciljem balansiranja različitih potražnji (slika 15) ili rekonfiguracija granica sektora kroz korištenje blokova zračnog prostora, sa ciljem prilagođavanja prevladavajućim prometnim tokovima (slika 16);
9) konstruirana da osigura operativni i proceduralni kontinuitet preko državnih granica;
10) dizajnirana na način da može udovoljiti vojnim i civilnim zahtjevima;
11) konfigurirana da osigura optimalno iskorištenje ATS mreže ruta (uravnoteženo opterećenje u sektorima);
12) konfigurirana da minimizira koordinacijsko radno opterećenje kontrolora zračnog prometa;
13) dizajnirana, tamo gdje je prikladno, na temelju specijaliziranosti zadatka i u skladu s prirodom prometa;
14) dizajnirana na način da su sektori viših razina uglavnom veći u odnosu na sektore nižih razina – sektori nižih razina su uobičajeno puno kompleksniji zbog prometa u razvoju;
15) dizajnirana prema sljedećim čimbenicima:
    a) prometnom volumenu/gustoći, uključujući najnovije podatke i prognoze;
    b) prometnoj kompleksnosti;
    c) prirodi prometa (promet u penjanju, spuštanju ili preletu);
    d) mogućnostima ATS sustava;
    e) interakciji sa susjednim zračnim prostorom [2].



Slika 15: *Shematski prikaz kombinacije više sektora [2].*



Slika 16: *Shematski prikaz rekonfiguracije granica sektora [2] (prilagodio autor).*

2.8.3. Specifična načela za unapređenje kapaciteta sektora

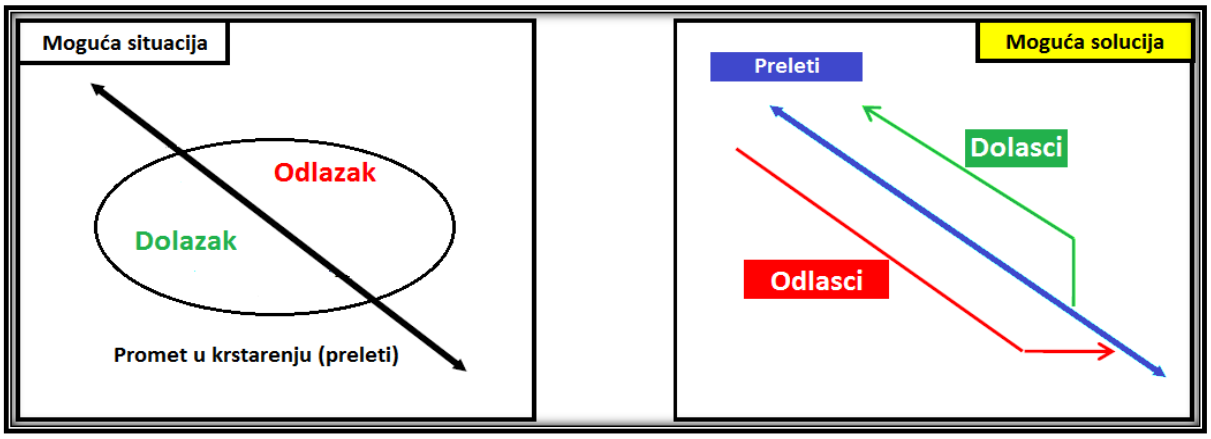
Povećanje produktivnosti sektora kroz smanjenje radnog opterećenja kontrolora zračnog prometa može se postići na puno načina, npr. smanjenjem kompleksnosti strukture zračnog prostora, što rezultira uravnoteženijom distribucijom prometa i uravnoteženijim radnim opterećenjem kontrolora zračnog prometa unutar različitih sektora. Pod specifičnim načelima za poboljšanje kapaciteta sektora podrazumijevaju se:

1) organizacija prometnih tokova;
2) problematika konfliktnih točaka;
3) funkcije, veličina i oblik sektora;
4) sektorske grupe.

2.8.3.1. Organizacija prometnih tokova

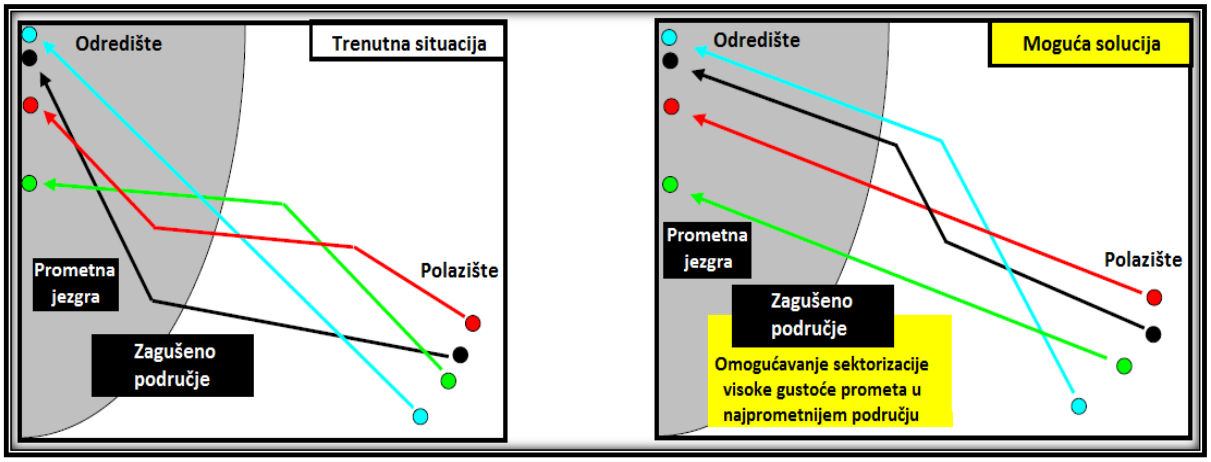
Kada se fokus unapređenja kapaciteta sektora prebaci isključivo u organizaciju prometnih tokova, svakako je bitno sljedeće:

1) broj ATS ruta kontroliranih od strane zaduženih kontrolora zračnog prometa za pojedini sektor, trebao bi biti što manji;
2) specijalizacija ruta (slika 17), tj. dvosmjerne rute/strateški preventivni proces miješanja dolaznih i odlaznih ruta (engl. *deconfliction*);



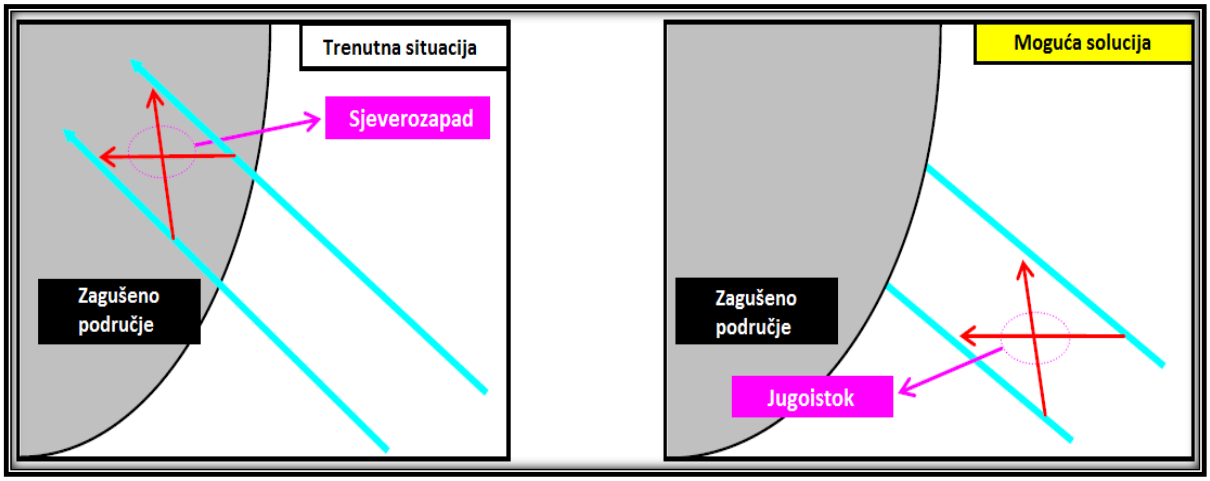
Slika 17: *Shematski prikaz specijaliziranih ruta [2] (prilagodio autor).*

3) strateški preventivni proces miješanja prometnih tokova (sprječavanje nepotrebnih križanja trajektorija koji je već prikazan na slici 17);
4) organizacija prometnih tokova (segregacija glavnih prometnih tokova) čime se postiže značajna razlika u križanju ruta, tj. izbjegavaju se potencijalne konfliktne točke u području najveće gustoće prometa (slika 18);



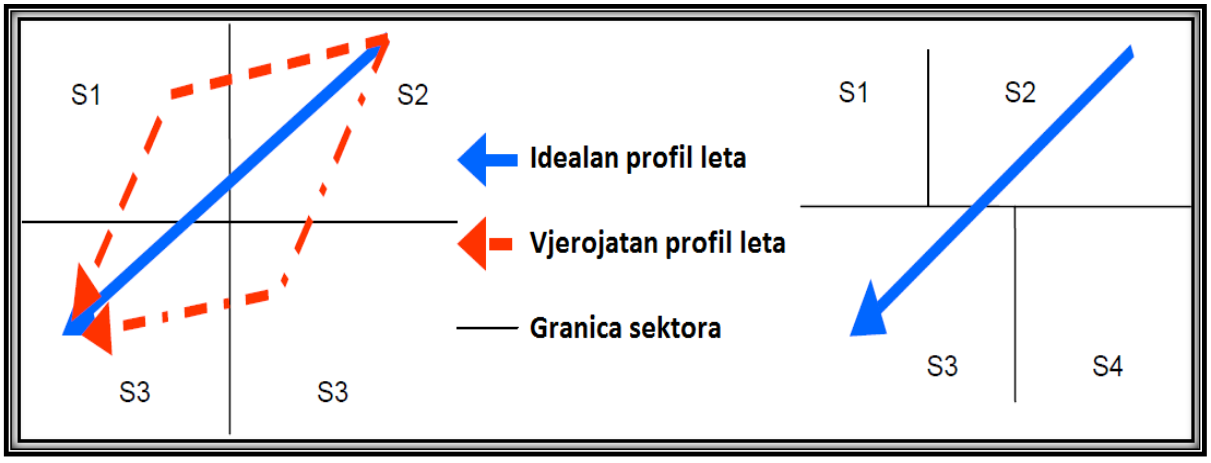
Slika 18: *Shematski prikaz segregacije glavnih prometnih tokova [2] (prilagodio autor).*

5) odgovarajuća re-lokacija točaka križanja gdje god je to moguće (slika 19);



Slika 19: *Shematski prikaz re-lokacije točaka križanja [2] (prilagodio autor).*

6) korištenje tzv. „balkona“ sa ciljem omogućavanja direktne koordinacije između susjednih sektora više i niže razine, uključujući prekogranična područja (slika 20).



Slika 20: *Shematski prikaz poboljšanja direktne koordinacije između susjednih sektora [2] (prilagodio autor).*

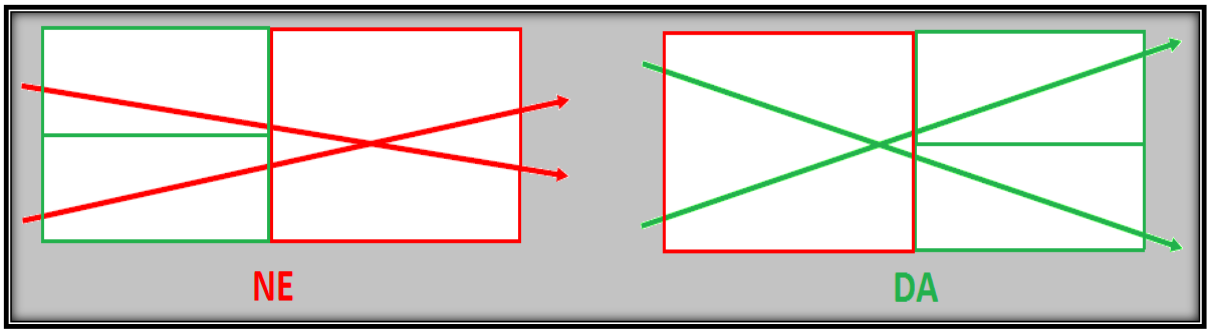
Lijevi dio slike predstavlja lateralan pogled na simplificirano granično područje između 4 sektora. Idealan profil spuštanja zrakoplova stvara nepotrebnu koordinaciju za sektor „S1“ koja bi mogla biti riješena uvođenjem određenih ograničenja koja se tiču razine sektora (isprekidana crvena linija). Međutim, stvaranjem spomenutog „balkona“, kao što je prikazano na desnoj strani slike, moguće je postići direktnu koordinaciju između sektora „S2“ i „S3“.

2.8.3.2. Problematika konfliktnih točaka

Velik problem prilikom dizajna en-route sektora zračnog prostora predstavljaju potencijalne konfliktne točke. Danas postoje sustavi koji kontrolore zračnog prometa

pravovremeno upozoravaju na potencijalne konflikte, ali unatoč tome, zračni prostor treba zahvaljujući pravilnoj sektorizaciji biti dizajniran tako da maksimalno olakšava posao kontroloru zračnog prometa. Izbjegavanje konfliktnih točaka postiže se sljedećim:

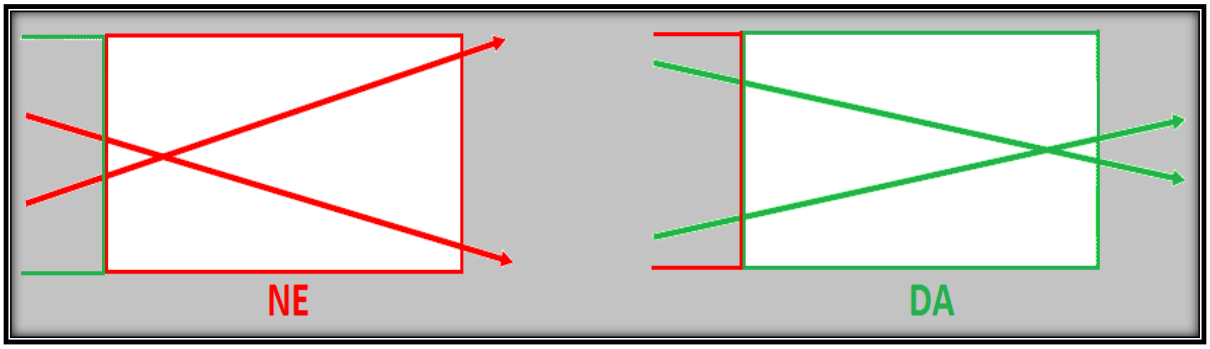
1) limitiranjem broja konfliktnih točaka u istom sektoru, uključujući glavne prometne tokove (postiže se dijeljenjem zračnog prostora na dva ili više sektora, a shematski prikaz smanjenja konfliktnih točaka već je pokazan na slici 6);
2) racionalizacija točaka križanja, gdje god je to moguće;
3) izbjegavanjem situacija u kojim različiti sektori „pune“ susjedni sektor s konvergirajućim prometom[20] koji zahtijeva separaciju (dva koordinacijska zadatka za primajući sektor). Takvim izbjegavanjem postiže se pravovremena separacija određenih prometnih tokova, što rezultira ukidanjem eventualne konfliktne točke dvaju ili više konvergirajućih prometnih tokova (slika 21);



Slika 21: *Shematski prikaz ispravnog i neispravnog „punjenja“ sektora konvergirajućim prometom [2] (prilagodio autor).*

4) izbjegavanjem situacija u kojim su konfliktne točke blizu granica sektora ulazećeg prometa jer to rezultira povećanim radnim opterećenjem kontrolora zračnog prometa zbog prekomjerne koordinacije i nedovoljnog vremena za reagiranje (slika 22).

[20] (lat. *convergere*) približavati se uzajamno, stjecati se (u istoj točki) [3], odnosno prometni pravci koji se međusobno približavaju i sijeku u određenoj točki u zračnom prostoru.



Slika 22: *Shematski prikaz ispravnog i neispravnog položaja konfliktne točke u odnosu na sektor ulazećeg prometa [2] (prilagodio autor).*

2.8.3.3. Funkcije, veličina i oblik sektora

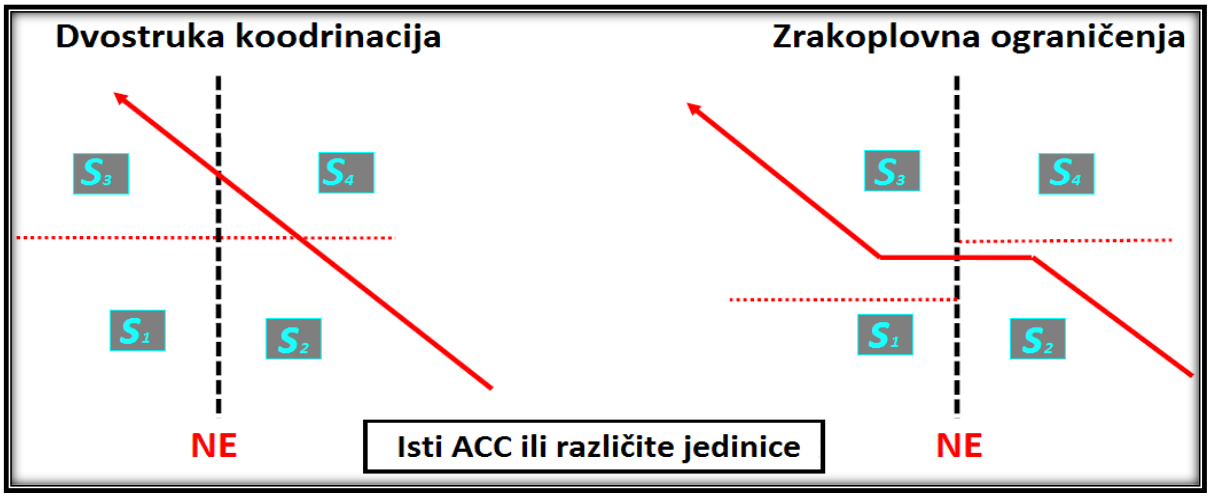
Sektori zračnog prostora ne bi smjeli biti preopterećeni, odnosno broj različitih funkcija (dolazak, odlazak ili preleti) koje odrađuje pojedini sektor mora biti sveden na minimum. Osim toga, procedure vezane uz alokaciju razina leta (engl. Flight Level Allocation Scheme - FLAS), trebale bi biti pomno proučene i optimalno primijenjene u sustav.

Veličina sektora je relativna, odnosno njegova veličina može varirati ovisno o trenutnoj potrebi. Mala gustoća i kompleksnost prometa dozvoljavaju veće sektore, ali ako je gustoća i kompleksnost povećana, manji sektori su neophodni. Dakle, porast gustoće i kompleksnosti pojedinog sektora obrnuto je proporcionalna sa njegovom potrebnom veličinom. Sektorske dimenzije morale bi:

1) biti dovoljno male kako bi udovoljile sektorskim funkcijama;
2) osigurati uravnoteženo radno opterećenje kontrolora zračnog prometa;
3) dozvoliti, koliko je to god moguće, samo jednu namjensku funkciju (dolazak, odlazak ili preleti);
4) omogućiti razumno tranzitno vrijeme i izvediva trenutačna opterećenja;
5) biti dovoljno velike kako bi se ostvarilo dovoljno vremena za pravilnu anticipaciju i rješavanje konflikata uz minimalnu koordinaciju;
6) omogućiti uspostavu holding područja uz minimalnu koordinaciju [2].

Prilikom sektorizacije, osim položaja i veličine sektora, svakako valja naglasiti značaj njegova oblika. Uzimajući u obzir navedeno, sektorizacija bi trebala:

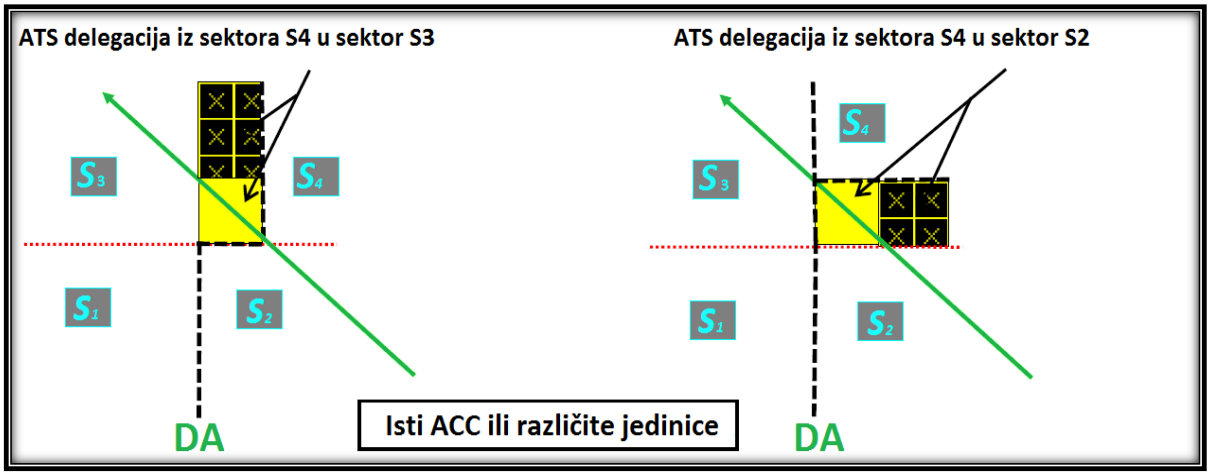
1) biti temeljena na operativnim zahtjevima, a ne na državnim granicama;
2) promicati ukupnu fleksibilnost sustava kombiniranjem ili dijeljenjem sektora (ukoliko je to potrebno);
3) reducirati koordinaciju/radno opterećenje i olakšati radarsku primopredaju (na slici 23 prikazane su dvije nepoželjne situacije, jedna u kojoj zrakoplov mora koordinirati, tj. razgovarati s tri sektora u vrlo kratkom periodu, što nije preporučljivo te dolazi do nepotrebne koordinacije, a druga je postojanost ograničenja vezanih uz manevriranje zrakoplova, što također predstavlja problem prilikom pružanja usluge u zračnoj plovidbi);



Slika 23: *Shematski prikaz nepoželjnih situacija zbog nepotrebne koordinacije i ograničenja [2] (prilagodio autor).*

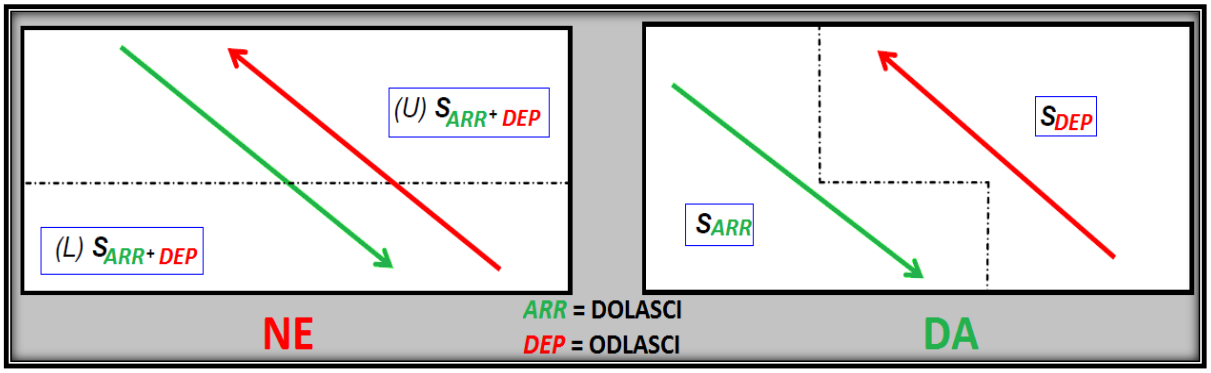
4) izbjegavati situacije u kojima je vrijeme prolaska kroz određeni sektor prekratko, bilo podešavanjem sektorskih granica ili ATS delegiranjem u dotičnom zračnom prostoru. Pod ATS delegacijom podrazumijeva se davanje određenog broja zrakoplova (od strane zaduženog kontrolora) drugom kontroloru da ih odrađuje u prostoru istog kontrolora prije nego li ti zrakoplovi uđu u njegov vlastiti sektor, čime se smanjuje nepotrebna koordinacija i komunikacija. Na slici 24 prikazana su dva slučaja ATS delegacije, jedan slučaj gdje je sektor S4 dao sektoru S3 da vodi određene zrakoplove (one koji će ući u sektor S3) kroz sektor 4, a drugi gdje je sektor S4 dao određene zrakoplove sektoru S2. Ti slučajevi su u danas vrlo česti, a njihov je značaj izuzetno velik

zbog toga što se time značajno olakšava posao kontrolorima zračnog prometa čije je radno opterećenje ionako vrlo veliko.



Slika 24: *Shematski prikaz ATS delegacija [2] (prilagodio autor).*

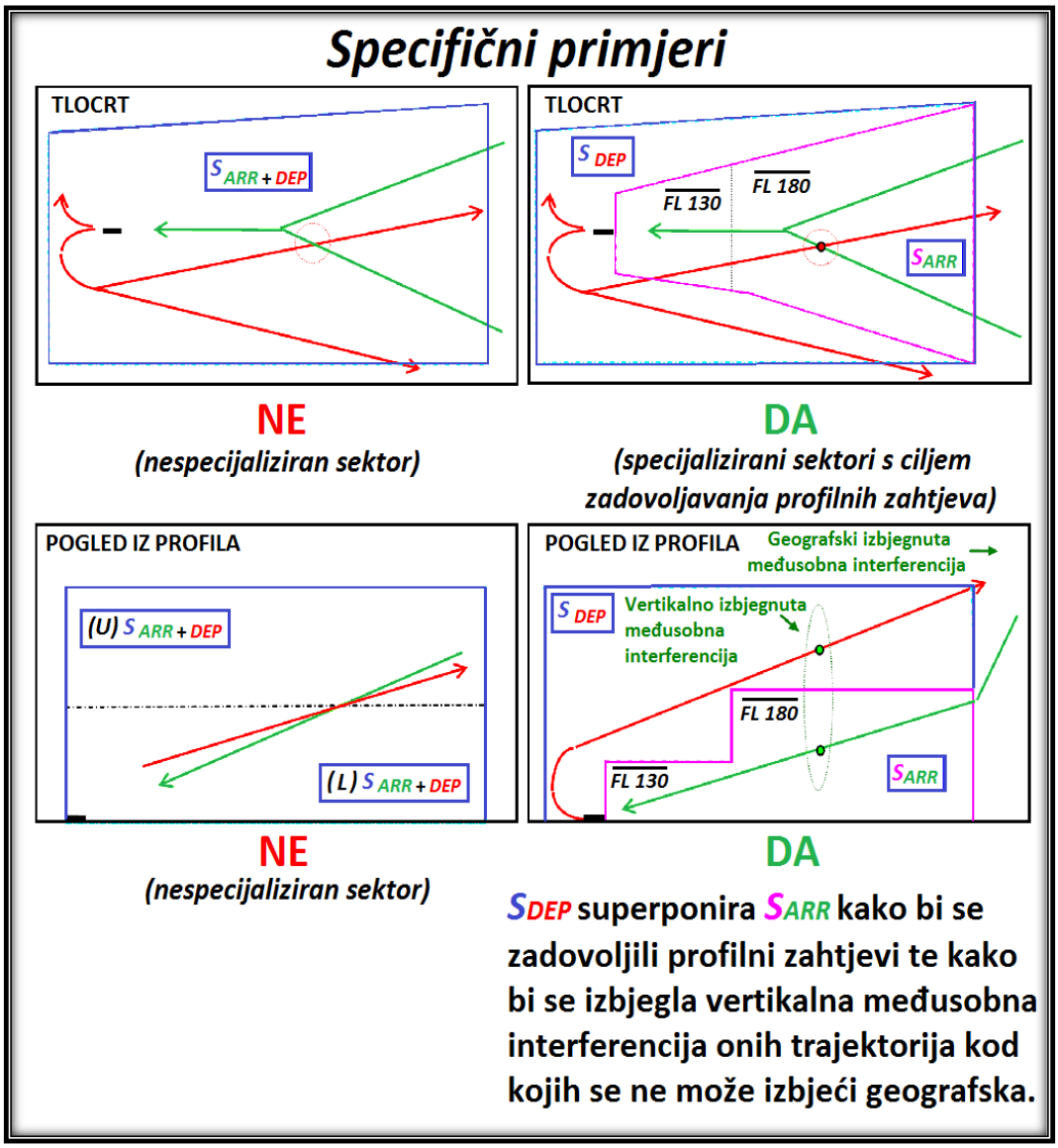
5) biti prilagođena, odnosno u skladu s glavnim prometnim tokovima (na slici 25 prikazano je funkcionalno razdvajanje dva toka, gdje su ispravnom sektorizacijom zasebno odvojeni sektor u kojem se odvijaju prilazni tokovi i sektor u kojem se odvijaju odlazni tokovi, a primjer loše sektorizacije predstavlja situacija kad su ti tokovi u istom sektoru, što povećava njegovu kompleksnost koja rezultira nepotrebnom koordinacijom);



Slika 25: *Shematski prikaz funkcionalnog razdvajanja tokova [2] (prilagodio autor).*

6) uzeti u obzir idealan profil i performanse zrakoplova;
7) promovirati cjelokupnu fleksibilnost sustava za zaštitu troškovno učinkovitih direktnih ruta;
8) definirati horizontalne raspodjele sektora ako dominiraju preleti;
9) definirati geografske raspodjele sektora ako dominira promet penjanja ili spuštanja;

10) imati različite podjele razina leta sa ciljem zadovoljavanja performansi zrakoplova i određenih prometnih zahtjeva. Primjerice „standardna“ podjela FL-a između gornjeg i donjeg zračnog prostora pokazala se kao svojevrsno ograničenje. Na slici 26 mogu se vidjeti specifični shematski prikazi razdvajanja tokova s upotrebom ograničenja razine leta na određenim točkama prilikom prilaza na zračnu luku ili odleta s nje.



Slika 26: *Shematski prikaz specifičnih razdvajanja dolaznih i odletnih tokova upotrebom ograničenja FL-a [2] (prilagodio autor).*

2.8.3.4. Sektorske grupe

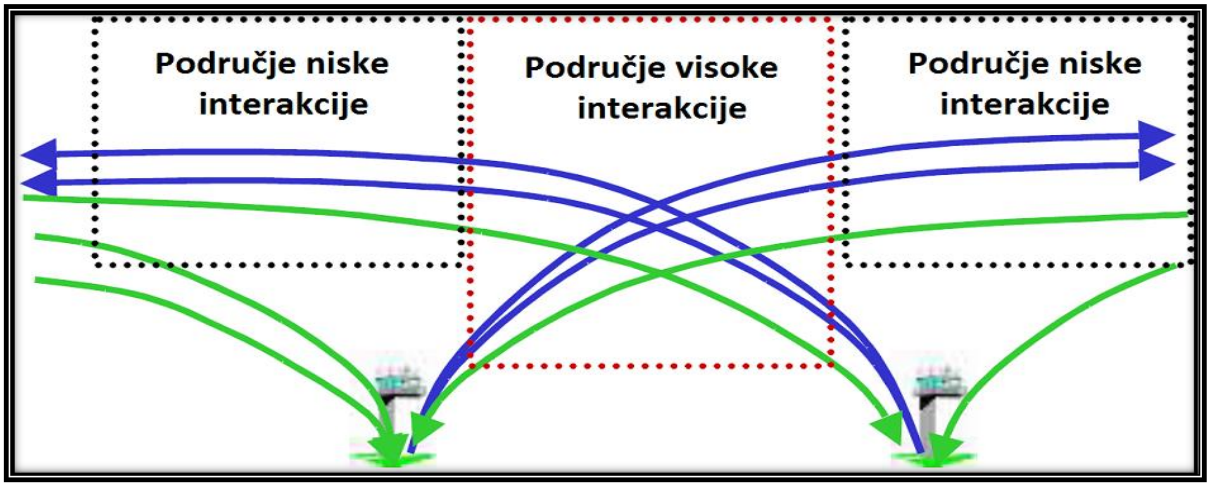
Pod sektorskom grupom podrazumijeva se grupa operativnih sektora koji su u snažnoj interakciji kroz kompleksnu i blisku koordinaciju, a mogu biti konfigurirani na različite i promjenjive načine.

Pojam područja slabe i jake interakcije može pomoći pri definiranju granica. Područja jake interakcije su vjerojatnija u zračnim prostorima gdje je ATC zadatak više zahtjevan zbog jednog ili više faktora, kao što su velika gustoća prometa, priroda prometa, broj konflikata ili točaka križanja te ograničenja zračnog prostora[21]. Područja slabe interakcije pojavljuju se u zračnom prostoru gdje je promet stabilan i gdje nema konflikata te gdje je zadaća ATC-a manje kompleksna.

Definicija sektorske grupe mora se temeljiti na optimalnoj mreži ruta i podupirućoj sektorizaciji, integrirajući direktne rute, višestruke opcije ruta i povezane alternative. Također, moraju se uzeti u obzir vojni operativni zahtjevi. Posebice je važno učinkovito povezivanje s terminalnim zračnim prostorom.

Sektorska grupa bi trebala sadržavati elementarne sektore s jakom/kompleksnom interakcijom, koja zahtijeva blisku koordinaciju između kontrolora. Kriteriji za definiranje sektorske grupe su kombinacija gustoće i prirode prometa (penjanje/spuštanje) te topologija ruta koja podrazumijeva križanje ruta ili bliske točke križanja. Unutar sektorske grupe je moguće nekoliko različitih konfiguracija sektora ovisno o prometnim tokovima. Slaba interakcija između grupe sektora, definirat će zone smanjene kompleksnosti, gdje je manje sukobljavanja tokova i manje prometa u razvoju. U područjima velike gustoće prometa i velike kompleksnosti, gdje nema očitih područja slabe interakcije, može se pojaviti potreba za umjetnim stvaranjem takvih zona kako bi se uravnotežili prometni tokovi unutar sektorske grupe. Na slici 27 može se vidjeti shematski prikaz sektora visoke i niske interakcije.

[21] engl. *airspace restriction,* podrazumijeva definirani volumen zračnog prostora unutar kojeg se mogu provoditi različite aktivnosti u određeno vrijeme, a koje su opasne po let ili zrakoplov (opasna zona - D); ili zračni prostor smješten iznad kopnenih područja ili teritorijalnih voda države unutar kojeg je letenje zrakoplova ograničeno u skladu s unaprijed određenim uvjetima (ograničena ili uvjetno zabranjena zona – R); ili zračni prostor smješten iznad kopnenih područja ili teritorijalnih voda države unutar kojeg je letenje zrakoplova zabranjeno (zabranjena zona – P) [23].



Slika 27: *Shematski prikaz sektora visoke i niske interakcije [2] (prilagodio autor).*

Specifični kriteriji za uspostavu sektorske grupe su sljedeći:

1) granice sektorske grupe trebaju se temeljiti na operativnim zahtjevima i ne moraju se podudarati okomito;
2) sektorska grupa trebala bi biti dizajnirana na način da se omogući dovoljna udaljenost za rješavanje konflikata u svim rutnim opcijama;
3) prometni profili trebali bi biti slične prirode, što je više moguće;
4) nije nužan zahtjev da jedna sektorska grupa obuhvati čitav odvojeni zračni prostor. Međutim, primarne rute i alternativne opcije, općenito bi trebale biti sadržane unutar iste sektorske grupe kako bi se kapitaliziralo na mogućem fleksibilnom preusmjeravanju;
5) sektorska grupa bi trebala biti konfigurirana tako da kontrolira promet dovoljno dugo vremena kako bi isti bio operativno praktičan;
6) sektorska grupa bi trebala biti konfigurirana tako da je moguća fleksibilna konfiguracija sektora;
7) konfliktne točke koje se nalaze jedna blizu druge, trebale bi biti u istoj sektorskoj grupi (idealno bi bilo da nisu u istom sektoru);
8) sektorska grupa bi trebala imati operativno izvediv (upravljiv) broj sektora, približno 4/6 sektora u zagušenim područjima i 6/8 sektora u drugim područjima;
9) slično prosječno vrijeme letenja unutar sektorske grupe ne bi trebalo biti preveliko da se uklopi u opće kriterije optimalnog broja sektora;

10) vertikalni limiti sektorske grupe će varirati ovisno o njihovoj lokaciji i tipu prometa sadržanog unutar te iste sektorske grupe.

2.8.4. Povećanje kapaciteta i učinkovitosti sektora

Povećanje kapaciteta mreže može se postići kroz sektorizaciju na tri načina:

1) povećanjem propusnosti pojedinog sektora;
2) optimizacijom korištenja mreže putem dinamičkog upravljanja sektorom;
3) povećanjem broja sektora otvorenih u određenom trenutku.

2.8.4.1. Povećanje propusnosti pojedinog sektora

Poboljšanje postojeće produktivnosti sektora može se postići povećanjem vrijednosti za praćenjem bez dodatnih promjena. Laički rečeno, poboljšanje produktivnosti određenog sektora može se povećati puštanjem većeg broja zrakoplova po satu u taj isti sektor i to bez primjene ATF(C)M pravila. Međutim, da bi to bilo izvedivo, određene stvari moraju funkcionirati na izuzetno visokoj razini. Za povećanje propusnosti sektora bitni su sljedeći aktivatori:

1) poboljšana civilno-vojna koordinacija[22] i potpuna FUA provedba;
2) poboljšano povjerenje kontrolora zračnog prometa u ATF(C)M kroz povećanje pouzdanosti;
3) smanjenje radnog opterećenja kontrolora zračnog prometa:
    a) smanjenjem kompleksnosti kroz razvoj struktura zračnog prostora[23] (dualizacija ruta, smanjenje broja konfliktnih točaka, uravnoteženo radno opterećenje);
    b) implementacijom postupaka najbolje prakse (smanjena koordinacija, povećana učinkovitost);

[22] engl. *civil-military coordination*, podrazumijeva koordinaciju civilnih i vojnih osoba/stranaka ovlaštenih za donošenje odluka i dogovaranje načina djelovanja [23].
[23] engl. *airspace structure*, podrazumijeva specifičan volumen zračnog prostora, dizajniran sa ciljem osiguranja sigurnih i optimalnih operacija zrakoplova [23].

c) poboljšanjem sustava za podršku (npr. automatizirana podrška za razmjenu koordinacijskih podataka, detekcija konflikata i sl.) [2].

Najbitnija stvar kod optimizacije kapaciteta sektora je uravnoteženo radno opterećenje kontrolora zračnog prometa koje ne smije biti narušeno. Restrukturiranje grupe zagušenih sektora sa ciljem povećanja njihove propusnosti je nužno u određenim područjima zračnog prostora, ali za to je potrebna reorganizacija i optimizacija čitave strukture zračnog prostora. Dovoljno inteligentnim pristupom može se postići veća propusnost sektora, a da se pritom ne povećava broj istih.

2.8.4.2. Optimizacija korištenja mreže putem dinamičkog upravljanja sektorom

Optimizacija raspoloživih kapaciteta kroz dinamično upravljanje sektorizacijom sa ciljem akomodacije različitih prometnih tokova, osigurat će dostupnost kapaciteta kad i gdje je to potrebno. Prometni tokovi mogu se promijeniti vrlo brzo, stoga fleksibilan i dinamičan ATM sustav te proaktivni menadžer toka (Pozicija za upravljanje protokom), predstavljaju osnovnu arhitekturu za dinamično upravljanje sektorizacijom. Neki od relevantnih aktivatora ove problematike su sljedeći:

1) poboljšana prometna predvidivost (ATFCM i unaprijeđeni sustav upravljanja protokom zračnog prometa (engl. *Enhanced Tactical Flow Management System* – ETFMS[24]));
2) sustav podrške za dinamičku sektorizaciju;
3) fleksibilno upravljanje konfiguracijom;
4) proaktivni menadžer protoka – Pozicija za upravljanje protokom;
5) poboljšani ASM i FUA [2].

Dinamična, fleksibilna sektorizacija je ključ za optimalno korištenje zračnog prostora. Dizajn dinamičke sektorizacije počinje sa stvaranjem elementarnih blokova zračnog prostora koji se mogu kombinirati i rekombinirati na razne načine sa ciljem primitka raznolikih

[24] Sustav koji sadrži podatke o letu 48 sati do operacije te se nadopunjuje podacima dobivenim od pružatelja usluga zračnog prometa i zrakoplovnih operatera svakih šest sati. Informiranost u stvarnom vremenu omogućava ETFMS-u ponovni izračun 4D letnih profila te bolje razumijevanje prometne potražnje [4].

prometnih tokova. Elementarni blok zračnog prostora može i ne mora biti isti volumen zračnog prostora jednog od operativnih ATC sektora. ACC-ovi koji učinkovito koriste dinamičku sektorizaciju obično definiraju veći broj elementarnih blokova, pružajući maksimalnu fleksibilnost u broju i konfiguraciji operativnih sektora. U većini slučajeva, geografske dimenzije su iste, ali velik broj vertikalnih dimenzija dijeli taj prostor, te tako omogućava prilagođenu podjelu FL-a operativnih sektora prema potražnji i uravnoteženom radnom opterećenju kontrolora zračnog prometa.

2.8.4.3. Povećanje broja sektora otvorenih u određenom trenutku

U Europi je gornji zračni prostor podijeljen na upravljačke jedinice, odnosno ACC centre koji dijele prostor u elementarne ili kolapsirane sektore, koji se kao što je ranije spomenuto, mogu kombinirati sa ciljem lakšeg upravljanja zračnim prometom. Elementarni sektor po definiciji predstavlja volumen zračnog prostora koji se ne može dijeliti na manje sektore, dok kolapsirani sektor predstavlja kombinaciju dvaju ili više sektora.

U određenom trenutku, kada nastupaju određena kašnjenja u vršnim satima, može doći do stvaranja dodatnog sektora (ukoliko je to potrebno) ako je određeni sektor ili sektorska grupa postala zagušena. Zbog toga je vrlo bitno imati dovoljan broj kontrolora kad god je to potrebno. Relevantni aktivatori za ovu problematiku su sljedeći:

1) operativno osoblje zaduženo za planiranje;
2) razvoj struktura zračnog prostora (simulacije, kompjutersko modeliranje);
3) dodatan broj kontrolora zračnog prometa;
4) infrastruktura (hardverski sustav i sl.);
5) mogućnosti sustava i podrška (softver);
6) dostupna frekvencija s potrebnom pokrivenošću i zaštitom [2].

3. Dizajn završne kontrolirane oblasti

Završna kontrolirana oblast (TMA) predstavlja zračni prostor u koji ulazi više zračnih putova (engl. *Airway* – AWY) te u kojem se nalazi jedna ili više zračnih luka. Oblik i veličinu TMA određuju parametri kao što su broj zračnih luka smještenih u toj oblasti, broj AWY-a koji ulaze u oblast, intenzitet prometa te broj i raspored radionavigacijskih sredstava. Na granicama TMA nalaze se radionavigacijska sredstva od kojih zrakoplovi počinju prilaženje prema sredstvima za završno prilaženje. Zračni prostor TMA vertikalno se proteže od visine najmanje 200 metara iznad zemlje do utvrđenog FL-a. Prema ICAO-u, donja granica TMA ne bi trebala biti niža od 200 metara od površine zemlje ili vode te se podudara s gornjom granicom kontrolirane zone zračne luke (engl. *Control Zone* – CTR) i prostora slobodnog letenja. Ako je donja granica ispod 900 metara visine u odnosu na srednju razinu mora (engl. *Mean Sea Level* – MSL), tada donja granica ovih područja treba biti jedan od FL-a za VFR letove. Gornja granica TMA definira se u slučajevima kada se iznad tih područja neće pružati ATC usluge ili kada se TMA nalazi ispod kontroliranog područja (CTA) [4].

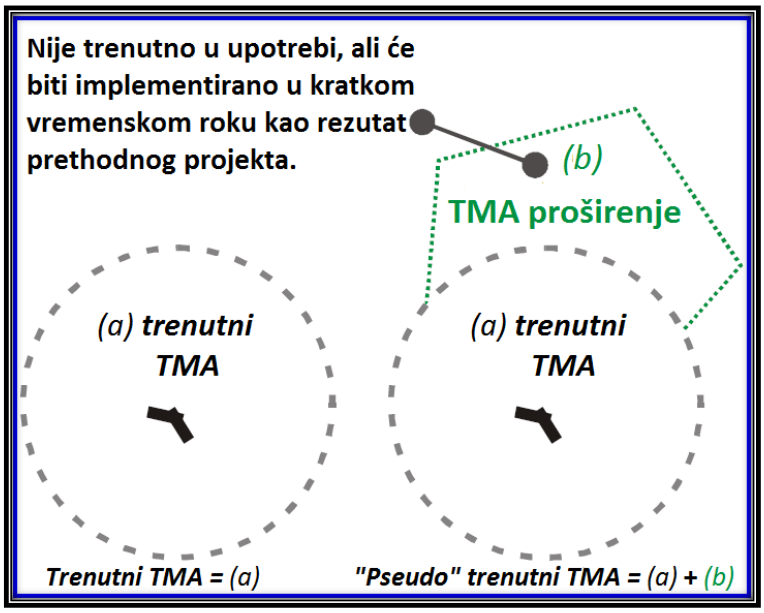
U TMA području broj zrakoplova koji može kontrolirati jedno operativno mjesto u prilaznoj kontroli zračnog prometa (APP) je značajno manji od broja kojeg može kontrolirati jedno operativno mjesto u oblasnoj kontroli zračnog prometa (ACC). Razlog tomu su puno veći broj ukrštenih trajektorija, blizina drugih zračnih luka, kompleksnije faze leta i brojni drugi razlozi koji dodatno kompliciraju pružanje ATC usluge u ovom zračnom prostoru. Prilikom dizajniranja TMA, neki osnovni koraci ostaju isti kao i kod metodologije dizajniranja ACC sektora. Tako prva cjelina ove strukturne jedinice također predstavlja referentni scenarij koji definira temelj za dizajniranje zračnog prostora TMA. Također obrađeni su sigurnosni kriteriji i kriteriji performansi (druga cjelina) te pretpostavke, ograničenja i aktivatori (treća cjelina) koji su relevantni za TMA područje. Nakon prethodno navedenoga, obrađene su dolazne i odlazne rute (četvrta cjelina), holding područja (peta cjelina), navigacijske specifikacije (šesta cjelina), strukture terminalnog zračnog prostora (sedma cjelina) te sektori terminalnog zračnog prostora (osma cjelina).

3.1. TMA Referentni scenarij

Kao što je spomenuto u prethodnoj cjelini, glavna svrha referentnog scenarija je postavljanje mjerila na temelju kojeg se novi i modificirani dizajni zračnog prostora mogu uspoređivati. Kao što referentni scenarij kod metodologije dizajniranja operativnih ACC sektora ukazuje na neke nedosljednosti trenutnog dizajna ENR zračnog prostora, tako i ovaj scenarij ukazuje na trenutne nedosljednosti terminalnog zračnog prostora. Neke od njih su sljedeće:

1) objavljeni SID-ovi/STAR-ovi (koji nisu korišteni);
2) zastarjele procedure instrumentalnog prilaza;
3) pogrešne publikacije u AIP-u;
4) odbačena navigacijska pomagala [2].

Osim „pseudo“ trenutnog referentnog scenarija za ENR zračni prostor, postoji i „pseudo“ trenutni referentni scenarij za TMA zračni prostor. Na slici 28 može se vidjeti shematski prikaz usporedbe trenutnog terminalnog područja i „pseudo“ trenutnog terminalnog područja, kod kojeg su prisutne određene promjene u dimenzijama tog zračnog prostora koje još nisu, a trebale bi biti u vrlo kratkom vremenskom roku implementirane u sustav. Te promjene mogu se odnositi na rute, holding područja, strukture ili sektorizaciju.



Slika 28: *Shematski prikaz usporedbe trenutnog i „pseudo“ trenutnog TMA [2] (prilagodio autor).*

Kao i kod kreiranja referentnog scenarija za ENR zračni prostor, za uspostavu i donošenje referentnog scenarija za TMA, potreban je širok krug izvora kako bi se izgradila što je moguće kompletnija slika o trenutnim ili „pseudo“ trenutnim operacijama u zračnom prostoru. U tablici 2 prikazane su određene stavke koje su potrebne u priopćenju referentnog scenarija.

Tablica 2: *Popis stavaka potrebnih u priopćenju referentnog scenarija za TMA zračni prostor*

Informacija	Kako steći/dobiti tu informaciju
Prevladavajuća uzletno-sletna staza u upotrebi na aerodromu unutar postojećeg TMA prostora	Statističke analize postojećih podataka tijekom zadnjih nekoliko godina
Trenutna prometna potražnja i njegova geografska i vremenska distribucija	Prometni uzorci mogu se dobiti od Središnje jedinice za upravljanje protokom (engl. *EUROCONTROL Central Flow Management Unit* – CFMU) i/ili lokalnog ATC centra
Analize prometnih uzoraka (IFR/VFR mix, mix flote, mix zrakoplovnih performansi i sl.)	Prometni uzorci dobiveni od CFMU i/ili lokalnog ATC centra
Rute (IFR i VFR), instrumentalne prilazne procedure i holding uzorci/područja	AIP i prometni uzorak
Uzorci radarskog vektoriranja (engl. *Radar Vectoring* – RV)	Operativni kontrolori zračnog prometa
Dimenzije zračnog prostora	AIP i operativni kontrolori zračnog prometa
Sektorizacija (TMA, susjedni TMA i niži ACC sektori)	Operativni kontrolori zračnog prometa i stručnjaci za ATC sustav
Upravljanje prometom, tj. koordiniranje sporazumima između sektora	Lokalne ATC instrukcije te pisma sporazuma (LoA)
Postojeća ograničenja, primjerice terenska ograničenja	PANS-OPS stručnjaci/ekološki stručnjaci te kreatori politike
Postojeća ATM/CNS ograničenja, primjerice 5 DME uređaja u jednom TMA	Operativni kontrolori zračnog prometa i inženjeri

Izvor: [2].

Kao i u ENR referentnom scenariju, TMA referentni scenarij podliježe kritičkom pregledu koji uključuje čitav niz stručnjaka koji procjenjuju trenutne operacije u TMA zračnom prostoru. Kritički pregled je nužan zbog toga što se prepoznavanjem određenih slabosti u strukturama zračnog prostora koji se dizajnira, iste nastoje eliminirati. Nakon usporedbe više TMA referentnih scenarija, odabire se onaj koji ima najmanje problematičnih točaka sa ciljem što boljeg konceptualnog rješenja.

3.2. TMA Sigurnosni i izvedbeni kriteriji

Na temelju odabranog TMA referentnog scenarija određuju se sigurnosni i izvedbeni kriteriji na čijim temeljima počiva cjelokupni dizajn TMA zračnog prostora. Ovi kriteriji su krucijalni u procesu dizajniranja, zato što pružaju mjerila na temelju kojih sigurnost i

performanse određenog projekta (dijela zračnog prostora) mogu biti procijenjene kao zadovoljavajuće ili ne. U konceptualnom dizajnu ovi kriteriji predstavljaju prvi korak prema potpuno kompatibilnom TMA zračnom prostoru. Na slici 29 može se vidjeti shematski prikaz konceptualnog dizajniranja TMA zračnog prostora po koracima (plava strelica sugerira o kojem koraku je trenutno riječ).



Slika 29: *Shematski prikaz konceptualnog dizajniranja TMA zračnog prostora [2] (prilagodio autor).*

Kada se govori o procjeni koja se tiče TMA zračnog prostora, također valja napomenuti postojanost kvalitativne i kvantitativne procjene, koje treba provoditi kontinuirano zbog sigurnosnih razloga, kao i kod ENR zračnog prostora. Osim toga, valja istaknuti da čitav shematski prikaz procjene sigurnosti TMA zračnog prostora počiva na istim temeljima kao i procjena ENR zračnog prostora, stoga shematski prikaz na slici 1 vrijedi i za procjenu TMA sigurnosti. Nadalje, prilikom samog dizajniranja TMA zračnog prostora, postoji čitav niz prije-provedbenih aktivnosti baš kao i kod ENR zračnog prostora. Posljedično tome, shematski prikaz slijeda aktivnosti implementacije sustava sigurnosti TMA zračnog prostora, identičan je onom prikazanom na slici 2. Unatoč određenim poklapanjima s ENR zračnim prostorom, izvedbeni kriteriji se razlikuju, a oni su sljedeći:

1) porast aerodromskog kapaciteta za 20%;
2) nema povećanja razine buke u područjima predgrađa između 22:00 i 05:00 po koordiniranom svjetskom vremenu (engl. *Coordinated Universal Time* – UTC);
3) kilometraža letenja zrakoplova u dolasku nije produžena za više od 5% [2].

3.3. TMA Pretpostavke, ograničenja i aktivatori

Kao što se vidi na slici 29, TMA pretpostavke, ograničenja i aktivatori, predstavljaju korak koji se mora poduzeti prije nego li se TMA uopće konceptualno dizajnira, a može se

započeti tek nakon obrađenih i uspostavljenih sigurnosnih i izvedbenih kriterija. Kao što je ranije spomenuto, pretpostavke, ograničenja i aktivatori podupiru sve faze procesa projektiranja što znači da je njihova dosljednost jedan od neophodnih faktora za uspješno dizajniran zračni prostor, kako u ENR dijelu, tako i u TMA zračnom prostoru.

3.3.1. TMA Pretpostavke

Baš kao i u ENR zračnom prostoru, pretpostavke vezane uz TMA zračni prostor su od izuzetne važnosti za kvalitetan dizajn ovog zračnog prostora. Pogrešna identifikacija pretpostavki može uništiti dizajn TMA, stoga je bolje griješiti na već provjerenim postupcima, nego odabrati pogrešnu pretpostavku čiji bi ishod (zbog nepoznavanja odabranog) mogao ozbiljno narušiti TMA u kasnijim fazama dizajniranja. Primjerice, ukoliko nije moguće utvrditi hoće li ATS ruta biti dostupna za promet od točke A do točke B, te hoće li postojanje ili nepostojanje te rute biti ključno za reduciranje radnog opterećenja kontrolora u pojedinom sektoru, u tom slučaju bi bilo bolje isključiti novu ATS rutu kao relevantnu pretpostavku na temelju uzorka prometa. Unatoč tome, poželjno je imati takav plan da u jednom scenariju bude uključena, a u drugom isključena nova ATS ruta sa ciljem kvantificiranja vrijednosti iste.

Za TMA zračni prostor su najvažnije pretpostavke koje se tiču prometne potražnje u tom zračnom prostoru te one koje se tiču prevladavajućih i sekundarnih uzletno-sletnih staza (engl. *Runway* – RWY) u upotrebi. Prometna potražnja i RWY u upotrebi su bitni za TMA zračni prostor zbog toga što TMA uključuje „rezultanti“ zračni prostor koji je kreiran kako bi zaštitio pojedine IFR dijelove leta od RWY u upotrebi. Zbog toga, sljedeće dvije stvari predstavljaju imperativ za dizajnere TMA zračnog prostora:

1) odgovarajuće analize prometne potražnje;
2) prevladavajuće i sekundarne RWY u upotrebi, načini njihova djelovanja te utvrđivanje bilo kojih uvjeta vezanih uz njih [2].

U ovom kontekstu, prometna potražnja podrazumijeva uzorak prometa kojeg stručnjaci zaduženi za dizajn smatraju reprezentativnim za promet koji opskrbljuje TMA zračni prostor. Uzorak prometa kao takav, smatra se pretpostavkom koja mora proći kroz temeljite analize prije nego se krene s procesom dizajniranja.

Slično prometnoj potražnji, identificiranje prevladavajuće i sekundarne RWY zahtjeva određene pretpostavke kako bi se uspostavilo koja se od njih dviju koristi tokom većeg dijela dana, primjerice RWY25 se koristi 80%, a RWY07 ostalih 20% vremena. Povezanost između RWY u upotrebi i prometnih tokova opisuje zašto dodavanje novih RWY unutar TMA zračnog prostora neizbježno rezultira potrebom za dodatnim modifikacijama TMA dizajna.

3.3.2. TMA Ograničenja

U teoriji, TMA ograničenja su identična ENR ograničenjima, što znači da zapravo predstavljaju čistu suprotnost navedenim pretpostavkama u smislu da ukazuju na nedostatak određenih elemenata ATM/CNS sustava ili ograničenja koja su proizašla iz određenih vanjskih čimbenika. Neka od tipičnih ograničenja su visoki teren, nepovoljne vremenske prilike ili uvjeti za zadovoljavanje ekoloških potreba koji primjerice zbog buke, mogu diktirati preferencijalno korištenje određene RWY tijekom noći. Općenito, ograničenja predstavljaju negativan utjecaj na operativne ATC zahtjeve koji su ključni za TMA dizajn. Kao i kod ENR dizajniranja, moguće je ublažiti ograničenja koristeći TMA aktivatore, a najgori scenarij je zapravo prihvaćanje istih jer jednostavno nema boljih alternativnih rješenja.

3.3.3. TMA Aktivatori

TMA Aktivatori (kao i ENR aktivatori) odnose se na bilo koji aspekt ATM/CNS sustava, a mogu se koristiti sa svrhom ublažavanja identificiranih ograničenja i/ili kao bilo koji faktor koji se može koristiti u svrhu omogućavanja ATC operacija u dizajniranom zračnom prostoru. Važno je napomenuti da identifikacija relevantnih TMA aktivatora može poprimiti oblik funkcionalnih zahtjeva koji se zatim konvertiraju u tehničke zahtjeve, a koji ponekad zahtijevaju dodatno praćenje rada od strane ANSP-a, izlazeći tako iz prvotnih okvira dizajniranja. U tablici 3 prikazano je 10 TMA ograničenja koja mogu biti ublažena korištenjem relevantnih i dovoljno kvalitetnih aktivatora (popis ograničenja nije konačan).

Tablica 3: *Prikaz TMA ograničenja, mjera ublažavanja i relevantnih aktivatora*

Ograničenja	Mjere ublažavanja	Aktivatori
Visok teren i konačan prilaz prema određenoj RWY	Povećanje kuta sustava za instrumentalno slijetanje (engl. *Instrument Landing System* – ILS) za 1°	Promjena specifikacija za ILS
Ograničenja kapaciteta kombiniranih performansi zrakoplova	Dizajniranje različitih postupaka za instrumentalno polijetanje (SID-ovi) za zrakoplove visokih i niskih performansi	Dizajniranje zračnog prostora
Ograničenja kapaciteta kombiniranih navigacijskih performansi zrakoplova povećanjem radnog opterećenja ATC-a	Modifikacija ATC sustava kako bi se omogućio sustav obrade podataka s leta/sustav obrade radarskih podataka (engl. *Flight Data Processing System/Radar Data Processing System* – FDPS/RDPS) sa ciljem prikazivanja navigacijskih sposobnosti zrakoplova	Ažuriranje softvera
Neadekvatna navigacijska infrastruktura	Nova oprema za mjerenje udaljenosti (DME) na određenoj lokaciji	Poboljšanje navigacijske infrastrukture
Ograničenja kapaciteta velikog broja kombiniranih IFR-VFR kretnji	Razdvajanje VFR/IFR ruta	Dizajniranje zračnog prostora
Kombinacija zrakoplova fiksnih krila/rotokoptera povećava kompleksnost i radno opterećenje u prilazu	Odvajanje ruta na temelju kategorije zrakoplova	Dizajniranje zračnog prostora
Privremeno izdvojena područja (TSA) koja nepovoljno utječu na prometne uzorke	Sporazumi o dijeljenju zračnog prostora	FUA koncept i EUROCONTROL-ov dokument *The Cross-Border Common Format Letter of Agreement*
Ometanje prometa zbog teških vremenskih uvjeta, posebice u vršnim opterećenjima	Uvođenje ruta koje bi se koristile u slučaju nepredviđenih situacija i re-lociranje holding područja	Dizajniranje zračnog prostora
Nema dopuštenih letova iznad određenih sela	Razdvajanje odlaznih ruta što je prije moguće nakon polijetanja	Dizajniranje zračnog prostora
Nema dopuštenih letova iznad određenih gradova ispod 10 000 ft ≈ 3 050 m	Kontinuirano spuštanje u prilazu	Dizajniranje zračnog prostora i FL ograničenja

Izvor: [2].

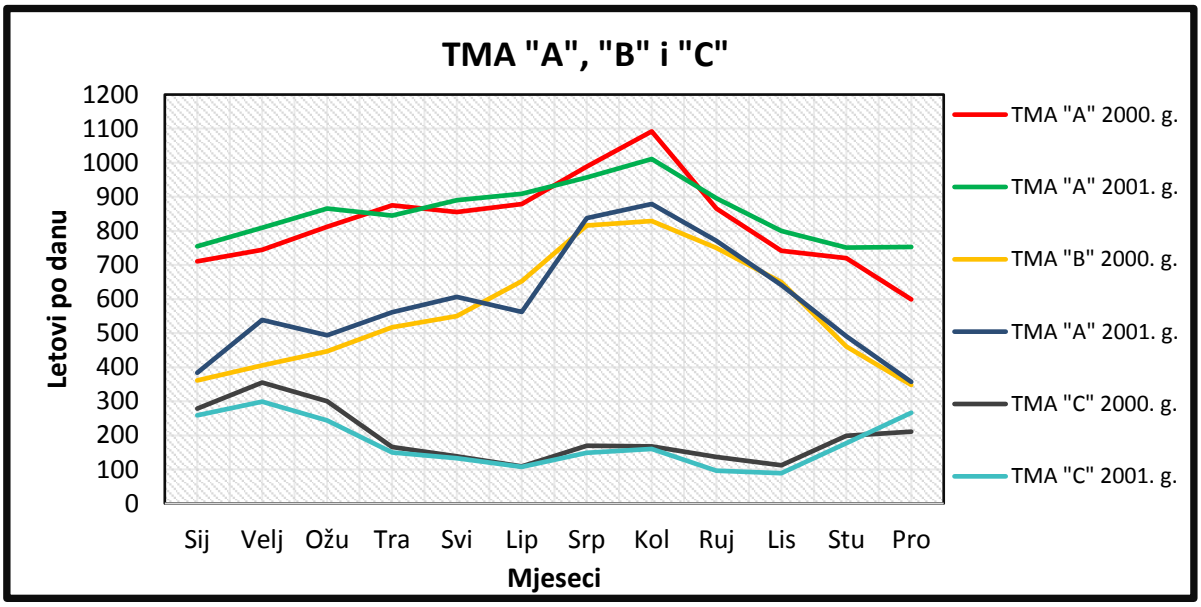
3.3.4. Odabir TMA pretpostavki, ograničenja i aktivatora

Sa ciljem odabira najboljih TMA pretpostavki, ograničenja i aktivatora, neophodan je sveobuhvatan popis ATM/CNS elemenata te doprinos najvećih stručnjaka različitih profila, primjerice pilota ili meteorologa. Ukoliko se žele odabrati najbolji navedeni TMA elementi, potrebno je odabrati najbolji prometni uzorak, koji je najreprezentativniji za promet unutar promatranog terminalnog zračnog prostora. To se postiže kombinacijom statističkih analiza i ATC iskustava, te promatranjem informacija koje su čak trenutno i neprimjenjive. Prilikom izdvajanja relevantnog prometnog uzorka, iz praktičnih razloga moraju se izdvojiti dva

elementa bitna za uzorak prometa, a to su distribucija prometa tijekom vremena i geografska distribucija prometa. Uvažavanje oba navedena elementa je ključno ukoliko se želi odabrati reprezentativan prometni uzorak.

3.3.4.1. Distribucija prometa tijekom vremena

Što se tiče distribucije prometa tijekom vremena, prvi korak je „snimanje“ prometa tijekom mjeseci, dakle na godišnjoj razini. To je izuzetno bitno zbog toga što je distribucija prometa vrlo različita od jedne do druge zračne luke, a ovisi o mnogim čimbenicima kao što je primjerice geografski položaj zračne luke. Na grafikonu 1 prikazani su različiti oblici distribucije prometa za tri različita terminalna zračna prostora u dvije uzastopne godine.



Grafikon 1: *Različitost prometne distribucije u terminalnim zračnim prostorima [2] (prilagodio autor).*

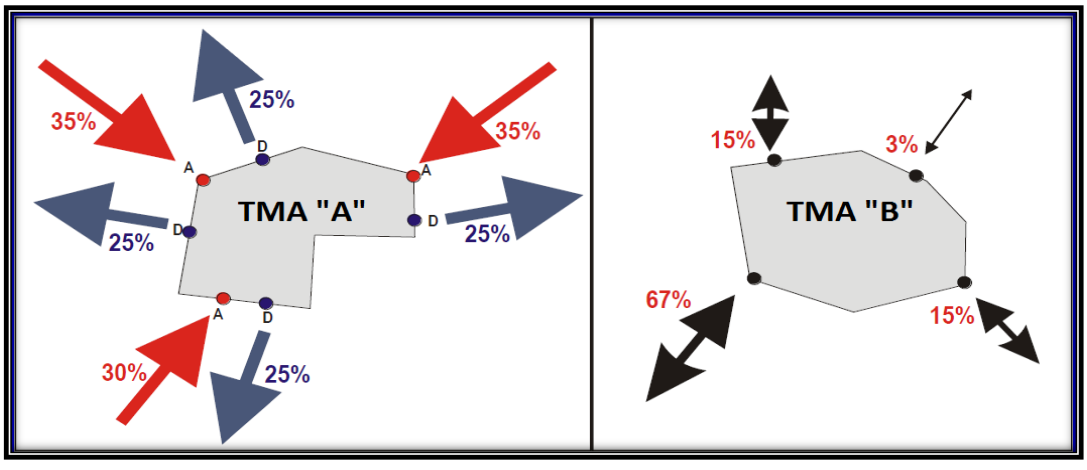
Na grafu se može vidjeti šest različitih linija (po tri para) koje upućuju na broj letova zrakoplova unutar određenog TMA. TMA „A“ (naznačen crvenom i zelenom bojom) ima karakteristike velikog terminalnog zračnog prostora (prometna jezgra) u koji dolazi/odlazi velika količina prometa. To se može zaključiti po velikom broju operacija tijekom cijele godine uz blaži porast za vrijeme ljetnih mjeseci. Lagane oscilacije u dvije uzastopne godine su normalna pojava, ali da su te oscilacije drastičnije to bi zasigurno rezultiralo otežavajućim okolnostima pri odabiru relevantnih TMA pretpostavki, ograničenja i aktivatora. Zbog toga se u slučaju TMA „A“ u obzir mora uzeti uzorak prometa iz jednog od prometnijih mjeseci. TMA „B“ (naznačen tamno plavom i narančastom bojom) je tipičan primjer terminalnog područja

zračnih luka s dominantnim ljetnim mjesecima, a TMA „C“ (naznačen sivom i svijetlo plavom bojom) je primjer terminalnog područja u kojem se nalazi jedna ili više zračnih luka s dominantno razvijenim zimskim turizmom. U slučaju TMA „B“ i TMA „C“, planeri i stručnjaci za dizajniranje zračnog prostora moraju se odlučiti da li je dan u najprometnijem mjesecu u godini, a kojeg su oni odabrali, uistinu reprezentativan uzorak prometa na temelju kojeg se mogu razmatrati daljnji postupci u dizajniranju. Zbog toga što dva najprometnija mjeseca u godini ponekad nisu dovoljno reprezentativni, bilo bi dobro da dizajneri zračnog prostora za ta dva terminalna zračna prostora uzimaju 2 prometna uzorka, tj. jedan iz jednog od prometnijih, a drugi iz jednog od manje prometnijih mjeseci. Osnovne prednosti dvostrukog uzimanja prometnog uzorka su poboljšanje potencijalne primjene FUA koncepta te stvaranje dva seta terminalnih ruta, ukoliko je geografska raspodjela značajno različita tijekom prometnijih i manje prometnijih mjeseci u godini.

3.3.4.2. Geografska distribucija prometa

Nakon odabira jednodnevnog uzorka prometa, potrebno je odrediti geografsku distribuciju prometa sa ciljem definiranja prevladavajućih i sekundarnih prometnih tokova koji prolaze kroz TMA područje. Zbog toga što datoteke s podacima o prometu sadrže velik broj informacija o svakom letu, potrebno je sljedeće:

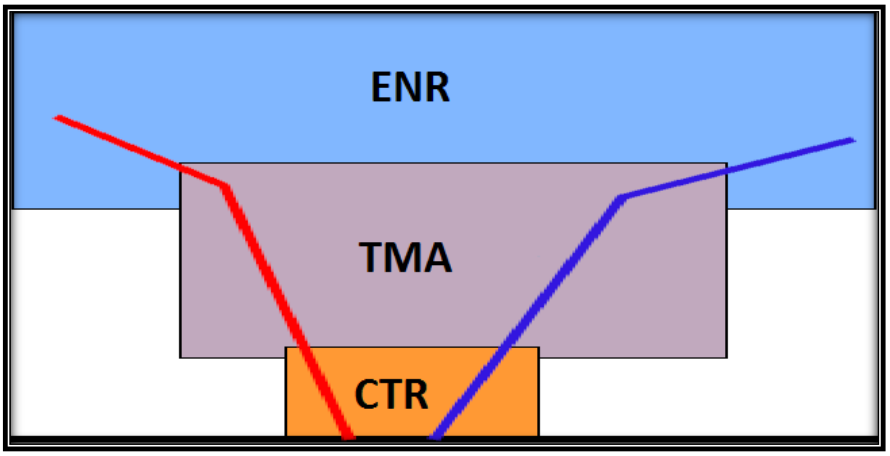
1) definiranje TMA ulaznih/izlaznih ili ulazno-izlaznih točaka kroz koje letovi moraju proći (slika 30);
2) definiranje leta kao dolazni ili odlazni u/iz TMA područja.



Slika 30: *Shematski prikaz TMA ulaznih/izlaznih i ulazno-izlaznih točaka [2] (prilagodio autor).*

Lijevi dio slike (TMA „A“) ima definirane tri ulazne točke u TMA područje koje čine ukupnih 100% dolazaka zrakoplova u to TMA područje, što znači da nema ulazaka u taj prostor niti kroz koju drugu točku. Osim tri ulazne točke, definirane su i četiri izlazne točke sa jednakim postotkom odleta zrakoplova. Za razliku od TMA „A“, TMA „B“ ima četiri definirane TMA ulazno-izlazne točke s jednom izrazito prevladavajućom točkom.

Kao što je ranije spomenuto, trenutna nekompatibilnost između TMA strukture i ENR mreže predstavlja problem zbog prijelaza odnosno križanja odlaznih/dolaznih TMA ruta sa ENR rutama iz suprotnih smjerova. Iz vertikalne perspektive, TMA područje se nalazi između ENR i CTR zračnih prostora te je zbog toga (između ostalog) puno kompleksnije obraditi letove koji se nalaze u tom zračnom prostoru (slika 31).



Slika 31: *Shematski prikaz vertikalnog položaja TMA područja u odnosu na ENR i CTR [24] (prilagodio autor).*

3.3.5. Prostorna navigacija kao TMA aktivator

Iako su komunikacijski, navigacijski i nadzorni sustavi (CNS) neophodni prilikom dizajniranja TMA područja, važnost navigacije postupno sve više raste sve češćom primjenom prostorne navigacije (RNAV) u TMA području. Sa ciljem dizajniranja RNAV terminalnih ruta (npr. SID-ovi/STAR-ovi za korištenje od strane zrakoplova u TMA području koji su opremljeni RNAV-om), bitna je koherentnost između sljedećih stvari:

1) dostupnost navigacijske infrastrukture koja podržava RNAV standarde ;
2) dizajn procedura u skladu s PAN-OPS kriterijima dizajniranja;
3) certifikacija zrakoplovnog RNAV sustava [2].

Postoji nekoliko verzija RNAV-a, npr. osnovna prostorna navigacija (engl. *Basic-Area Navigation* – B-RNAV) i precizna prostorna navigacija koja predstavlja unaprijeđenu verziju B-RNAV-a (engl. *Precision-Area Navigation* – P-RNAV). Kako se RNAV razvijao tako su rasli i određeni zahtjevi za RNAV sustave te njihovu preciznost, integritet, kontinuitet i potrebne funkcionalnosti.

Bitno je napomenuti da se pretpostavke, ograničenja i aktivatori pojavljuju u različitim fazama procesa dizajniranja. Dok se pretpostavke pojavljuju prije početka konceptualnog dizajniranja, ograničenja i aktivatori (između kojih i RNAV) se pojavljuju prilikom kritičkog pregleda referentnog scenarija.

3.3.6. ATC sustav i potrebno razdvajanje ruta

Kod dizajniranja TMA područja, vrlo je bitna osviještenost dizajnerskog tima u smislu tehničkih mogućnosti i limita ATC-a. Zbog toga je potrebno u određivanju dizajnerskih zahtjeva biti vrlo realan jer što je kompleksniji TMA dizajn to su veći zahtjevi tehničkih sposobnosti ATC sustava.

Značaj pružatelja usluga u zračnoj plovidbi (ANSP) danas uopće nije upitan, bilo da se radi o TMA, ENR ili bilo kojem drugom dijelu zračnog prostora. Opći zahtjevi za pružanje usluga u zračnoj plovidbi moraju se ustvrditi u skladu s postupcima opisanim u okvirnim uredbama određenih regulativa. Opći zahtjevi moraju uključiti sljedeće:

1) tehničku i operativnu stručnost i prikladnost;
2) sustave i procese za kvalitetan i siguran menadžment;
3) sustave za praćenje;
4) kvalitetu usluge i financijsku moć;
5) osiguravajuće pokriće u slučaju nezgode;
6) organizacijsku i vlasničku strukturu, uključujući sprječavanje sukoba interesa;
7) ljudske resurse, uključujući adekvatne planove osoblja;
8) osiguranje [25].

Može se reći da je osnovni cilj ATC sustava proslijediti podatke o letu relevantnom kontroloru zračnog prometa na potpun i pravodoban način. Za ATC sustav, plan leta

predstavlja glavnog „nosioca“ podataka. Zbog toga je bitno imati kompatibilan sustav plana leta (engl. System Flight Plan – SFPL). Općenito, može se reći da se ATC sustav sastoji od sljedeće tri glavne komponente:

1) obrada podataka s leta (engl. *Flight Data Processing* – FDP);
2) obrada nadzornih/radarskih podataka (engl. Radar Data Processing – RDP);
3) sustav velikih zaslona ili sučelje čovjek-stroj (engl. *Human Machine Interface* – HMI) [2].

Iz perspektive TMA dizajna, relevantne su još i ove sustavne pod-komponente:

1) obrada podataka iz okoliša (engl. *Environment Data Processing* – ENV);
2) distribucija plana leta (engl. *Flight Plan Distribution* – DIS);
3) fleksibilna sektorizacija (engl. (*Flexible Sectorisation* – SEC) [2].

Prilikom dizajniranja ATS ruta, jedne od ključnih karika su razdvajanje ruta (samim time i zrakoplova) i navigacijske specifikacije. Svakim desetljećem na nebu je neusporedivo više zrakoplova, stoga je lako razumjeti sve veću potrebu za razdvajanjem. Pod razdvajanjem se podrazumijeva vertikalno i horizontalno razdvajanje ruta (zrakoplova). Bitno je napomenuti da se razdvajanja ne odvijaju u svim klasama zračnog prostora, odnosno razdvajanja su različita ovisno o klasama. Prema Aneksu 11 zračni prostor se dijeli na kontrolirani zračni prostor (klase A, B, C, D i E) i nekontrolirani zračni prostor (klase F i G).

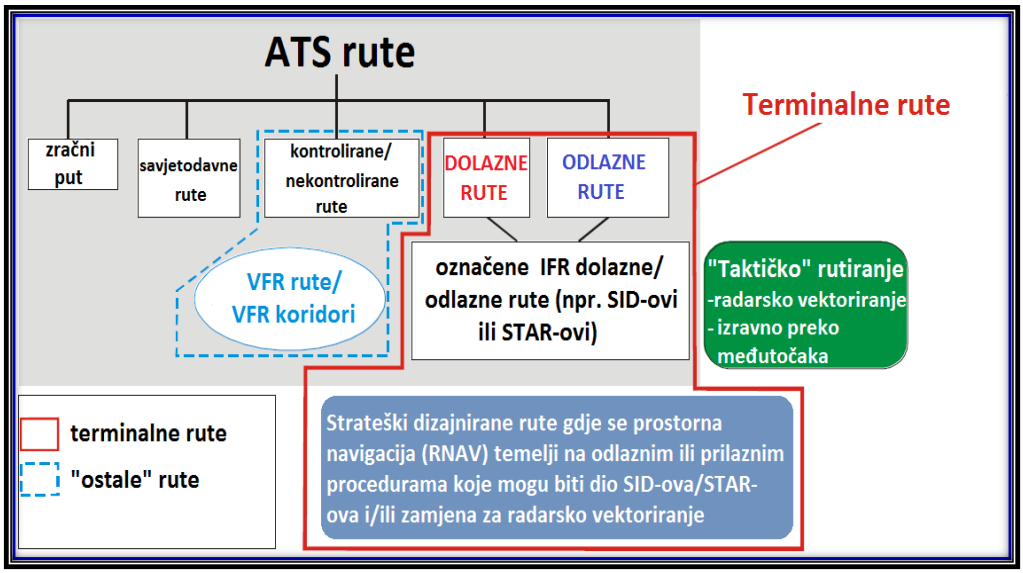
Vertikalno ili horizontalno razdvajanje treba se pružiti između:

1) svih letova u zračnom prostoru klasa A i B;
2) IFR letova u zračnom prostoru klasa C, D i E;
3) IFR i VFR letova u zračnom prostoru klase C;
4) IFR i specijalnih VFR letova;
5) specijalnih VFR letova (kada je to propisano od nadležnih ATS vlasti) [26].

3.4. Dolazne i odlazne rute

ATS ruta podrazumijeva točno određenu rutu dizajniranu za kanaliziranje prometnih tokova koji su potrebni za pružanje usluga u zračnom prometu (što sve spada pod ATS rute

prikazano je na slici 32). Sam pojam „ATS ruta“ često se koristi za razne pojmove kao što su zračni put (AWY), savjetodavne rute[25], kontrolirane ili nekontrolirane rute te dolazne ili odlazne rute. ATS ruta je definirana rutnim specifikacijama koje uključuju ATS rutne oznake , među-točke, udaljenost između među-točki, zahtjeve za izvješćivanjem te najnižu sigurnu visinu koju utvrđuju nadležne ATS vlasti [27].



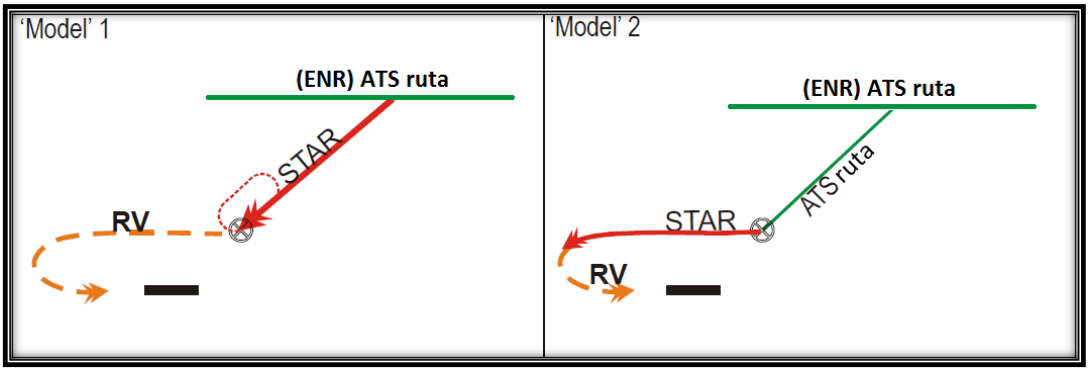
Slika 32: *Shematski prikaz šarolikog značaja ATS ruta [2] (prilagodio autor).*

Generička ICAO-ova definicija ATS ruta je šarolika i obuhvaća više pojmova, dok ATS rute unutar TMA područja obično obuhvaćaju prilazne i odlazne rute koje mogu biti:

1) određene IFR odlazne i dolazne rute koje su obično objavljene kao SID-ovi/STAR-ovi (temeljene na RNAV-u ili konvencionalnim navigacijskim sredstvima), određene VFR rute ili VFR koridori;
2) ne označene, tj. neodređene („taktičko“ rutiranje) [2].

Prilazni postupci (STAR-ovi) i instrumentalne prilazne procedure su definirane u određenim ICAO-ovim dokumentima, a tijekom zadnjih godina države su implementirale dva različita STAR modela u TMA području (slika 33).

[25] Određena ruta duž koje su dostupne savjetodavne usluge u zračnom prometu [27].



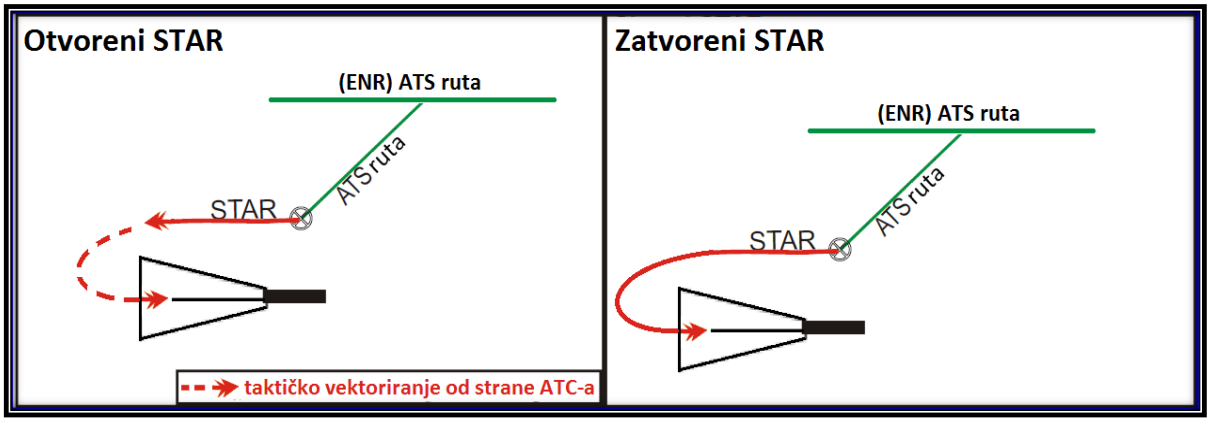
Slika 33: *Shematski prikaz STAR modela [2] (prilagodio autor).*

Na prvom modelu vidljivo je kako STAR omogućuje konekciju između ATS ruta u ENR području s TMA područjem, dok u drugom modelu STAR počinje puno bliže uzletno-sletnoj stazi.

3.4.1. Zatvorene/otvorene standardne dolazne rute

Zatvorene STAR procedure omogućuju navođenje pravaca (zrakoplova) u prilaženju sve do konačnog prilaza nakon čega ILS pomaže pilotu u preciznom prilazu uzletno-sletnoj stazi (RWY). Te procedure opskrbljuju pilota s definiranom udaljenošću da dotakne RWY (engl. *touch down*) podupirući na taj način egzekuciju vertikalnog profila od strane sustava prostorne navigacije. Tamo gdje se višestruke dolazne rute preusmjeravaju na samo jednu RWY, zatvorene STAR procedure mogu narušiti sigurnost, ali unatoč tome, te procedure mogu biti dizajnirane na način da kontrolor zračnog prometa predvidi alternativne rute na taktičkoj razini. Takve promjene na taktičkoj razini mogu biti olakšane dodatnim brojem među-točaka kako bi kontrolor zračnog prometa mogao produljiti ili skratiti put zrakoplova u prilazu.

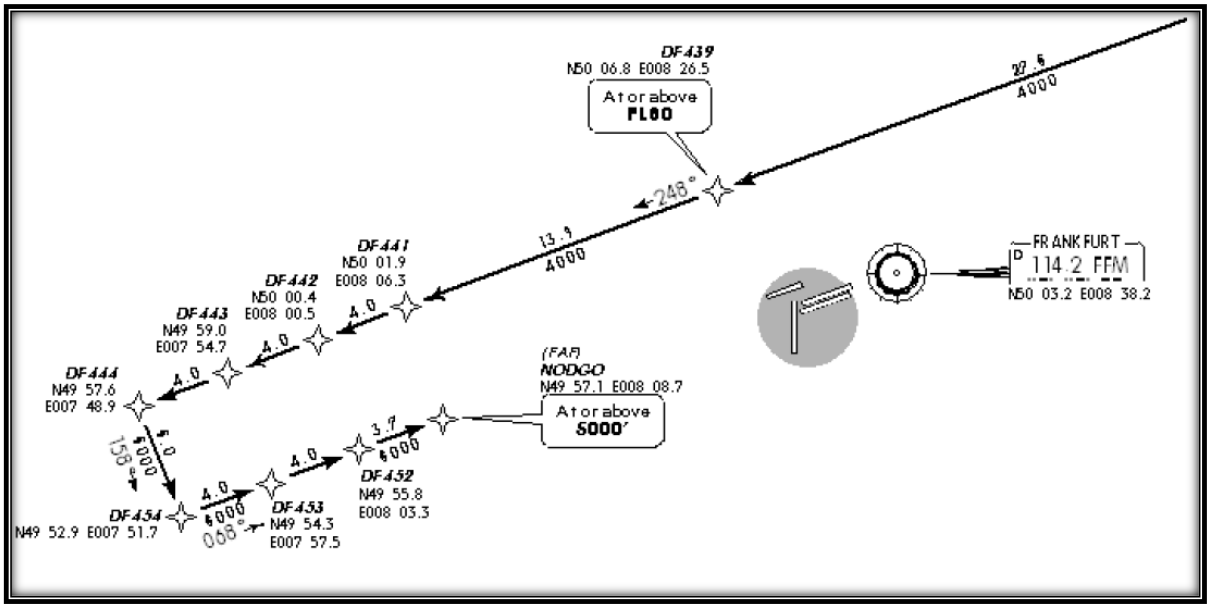
Otvorene STAR procedure obično omogućuju navođenje zrakoplova u prilazu do pozicije niz vjetar odakle je zrakoplov taktički navođen od strane kontrolora zračnog prometa sve do konačnog prilaza. Na slici 34 prikazana je shematska razlika otvorenih/zatvorenih STAR procedura.



Slika 34: *Shematski prikaz razlike otvorenih/zatvorenih STAR modela [2] (prilagodio autor).*

Zbog taktičkog rutiranja u otvorenim procedurama, profil kontinuiranog spuštanja u prilazu će osjećati određene posljedice, odnosno taktička rutiranja će svakako utjecati na taj profil (što je profil spuštanja u prilazu konstantniji to je manja potrošnja goriva). Te procedure završavaju prilikom ulaženja u određeni TMA sektor ili u točki spajanja dva prometna toka. Što su granice TMA sektora ili točke spajanja tokova dalje od aerodroma, to kontrolor zračnog prometa ima više vremena za vektoriranje zrakoplova. To se može pokazati korisnim tamo gdje se RWY konfiguracija mijenja vrlo često, ali takvi uvjeti predstavljaju otežavajuće okolnosti za pilote, što čini profil kontinuiranog spuštanja u prilazu kompleksnijim nego što se to čini.

Osnovni princip otvorenih STAR procedura može se transformirati u mnogo striktniji proceduralni postupak na način da se jedan krak pravca prilaženja (onaj uz vjetar) postavi kao sastavna STAR komponenta te ga se još dodatno produlji. Taj krak je također određen definiranim vremenskim intervalima, a svojim oblikom podsjeća na jednog od najstarijih limenih puhaćih instrumenata (trombon), stoga su dizajneri zračnog prostora takav oblik prilaženja terminalnom zračnom prostoru nazvali „trombon“. To omogućuje kontroloru zračnog prometa da vektorira zrakoplov iz pozicije niz vjetar prema konačnom prilazu preko određenih među-točaka. Mali broj završnih kontroliranih oblasti ima takav unaprijed definiran skup dolaznih ruta koje produljuju putanju prilikom spajanja prometnih tokova, a dobar primjer je Međunarodna luka Frankfurt (slika 35).



Slika 35: *Shematski prikaz otvorenog STAR modela u obliku trombona u TMA Frankfurt [2].*

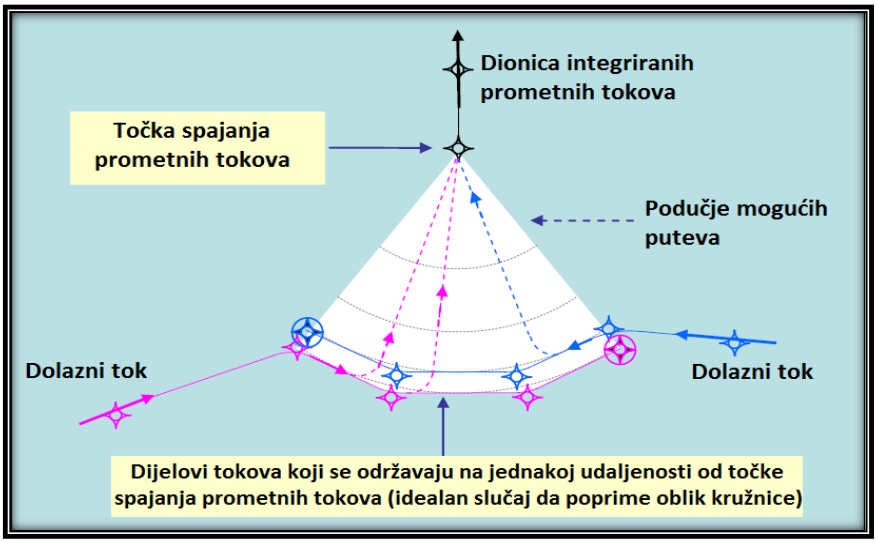
3.4.2. Spajanje prometnih tokova

Sustav spajanja prometnih tokova predstavlja operativnu metodu integracije prometnih tokova velike gustoće. Integracija prometa se ostvaruje spajanjem dolaznih tokova u jednoj točki. Taj sustav povećava situacijsku svijest, te smanjuje radno opterećenje kontrolora zračnog prometa i posade zrakoplova. Nakon točke spajanja, zrakoplovi lete određenom fiksnom rutom sve dok ne izađu iz sustava spajanja prometnih tokova. Sustav spajanja dvaju dolaznih segmentiranih prometnih tokova prikazan je na slici 36.

Sa ciljem lakšeg i intuitivnog kontrolorovog određivanja odgovarajućeg trenutka za izdavanjem tzv. „Direct-to“ instrukcije za svaki zrakoplov (kojom zrakoplov mora izravno letjeti prema točki spajanja prometnih tokova), temeljem njegovog razmaka s prethodnim zrakoplovom u nizu, te bez potrebe za podrškom bilo kakvih novih zemaljskih alata, geometrija sustava spajanja prometnih tokova mora osigurati da:

1) zrakoplovi koji su izašli iz dijela toka (s kojeg se zrakoplovi preusmjeravaju k točki spajanja prometnih tokova) moraju nastaviti s letom na otprilike istoj udaljenosti od točke spajanja tokova tijekom čitave te dionice;

2) različite dionice (koje su paralelne, vertikalno razdvojene te suprotnog smjera) se nalaze na otprilike jednakoj udaljenosti od točke spajanja prometnih tokova [28].



Slika 36: *Shematski prikaz integracije prometnih tokova [28] (prilagodio autor).*

Prvi zahtjev podrazumijeva da ukoliko jedan zrakoplov iz dolaznog toka u jednom trenu prerano izađe iz vlastite putanje (primjerice iz plave linije počne letjeti na sivoj liniji nalik isječku koncentrične kružnice), mora čitavu dionicu leta nastaviti letjeti po toj putanji prije nego li dobije dozvolu od ATC-a da krene prema točki spajanja tokova (slika 37).



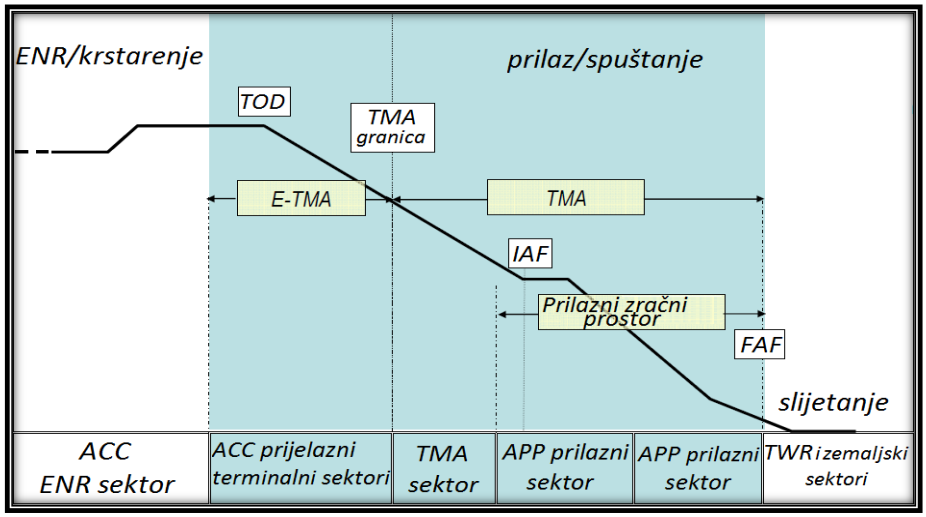
Slika 37: *Shematski prikaz vektoriranja zrakoplova nakon preuranjenog izlaska iz putanje [28] (prilagodio autor).*

3.4.3. Operacije kontinuiranog spuštanja

Općenito, operacije kontinuiranog spuštanja u prilazu (engl. *Continuous Descent Operations* – CDO) mogu se definirati kao zrakoplovne operativne tehnike potpomognute odgovarajućim zračnim prostorom i procedurama dizajniranja te odgovarajućim ATC

odobrenjima. Takve zrakoplovne tehnike omogućuju izvršavanje profila leta optimiziranog prema operativnim mogućnostima zrakoplova (zrakoplovni motori ne rade punom snagom i pokušava se eliminirati otpor sa ciljem manje potrošnje goriva i manje emisije štetnih plinova). Optimalni CDO vertikalni profil podrazumijeva što je moguće kontinuiraniju liniju sa što manje FL segmenata koji su potrebni za usporavanje zrakoplova iz taktičkih i sigurnosnih razloga [29].

Prilaženje s neprekinutim snižavanjem (engl. *Continuous Descent Approach* – CDA) koje se još naziva i optimiziranim profilom spuštanja (engl. *Optimized Profile Descent* – OPD), je tehnika vođenja zrakoplova pri kojoj isti na dolaznoj ruti započinje spuštanje od određene točke s minimalnim potiskom, izbjegavajući horizontalni let koliko god je to moguće. Konvencionalno spuštanje u prilazu se razlikuje od CDA po tome što ima određeni broj „stepenica“, odnosno profil spuštanja je stepeničastog oblika za razliku od CDA čiji profil izgleda kao pravac. Na slici 38 prikazano je konvencionalno spuštanje u prilazu kroz nekoliko strukturno različitih sektora.



Slika 38: *Shematski prikaz konvencionalnog spuštanja u prilazu [28] (prilagodio autor).*

Sa slike se jasno može vidjeti kako zrakoplov započinje sa spuštanjem u fazi krstarenja, a točka s koje se počinje spuštati naziva se vrh spuštanja (engl. *Top of Descent* – TOD). TOD se nalazi u području proširenih (produženih) završnih kontroliranih oblasti (engl. *Extended TMA* – E-TMA) kojeg od TMA područja dijeli tzv. granica završnih kontroliranih oblasti. Unutar TMA područja (u sektoru prilazne kontrole zračnog prometa) nalazi se preletište početnog prilaženja (engl. *Initial Approach Fix* – IAF) s koje zrakoplov započinje prilaženje zračnoj luci sve do preletišta završnog prilaženja (engl. *Final Approach Fix* – FAF).

Operacije kontinuiranog spuštanja u prilazu pružaju sljedeće prednosti:

1) učinkovitija upotreba zračnog prostora i položaj dolaznih ruta;
2) konzistentnije putanje leta i stabilizirane prilazne putanje;
3) smanjenje radnog opterećenja kontrolora zračnog prometa i pilota;
4) smanjenje broja potrebnih radio-transmisija;
5) smanjenje troškova i povećanje učinkovitosti smanjenjem potrošnje goriva;
6) smanjenje broja incidenata kontroliranih letova u terenu (engl. *Controlled Flight into Terrain* – CFIT[26]);
7) autorizacija operacija gdje ograničenja buke čine te iste operacije ograničavajućim ili zabranjenim [29].

3.4.4. Operacije kontinuiranog penjanja

Općenito, operacije kontinuiranog penjanja (engl. *Continuous Climb Operations* – CCO) mogu se definirati kao zrakoplovne operativne tehnike potpomognute odgovarajućim zračnim prostorom i procedurama dizajniranja te odgovarajućim ATC odobrenjima. Operacije kontinuiranog penjanja omogućuju izvršavanje profila leta optimiziranog prema performansama zrakoplova, dozvoljavajući zrakoplovu da zadrži inicijalni FL krstarenja pri optimalnoj brzini i radu motora pod režimom koji smanjuje kompletnu potrošnju goriva i emisiju štetnih plinova tijekom cijelog leta. Prednosti koje pruža CCO su sljedeće:

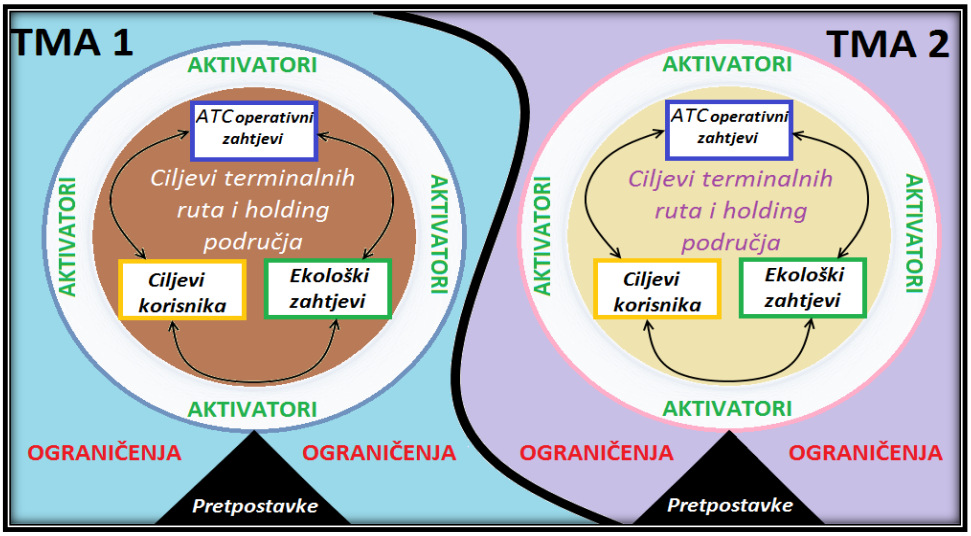
1) više učinkovitih operacija sa aspekta potrošnje goriva;
2) smanjenje radnog opterećenja kontrolora zračnog prometa i pilota kroz dizajniranje procedura koje zahtijevaju manje ATC intervencija;
3) smanjenje broja potrebnih radio-transmisija;
4) smanjenje troškova i povećanje učinkovitosti smanjenjem potrošnje goriva te potencijalno ublažavanje razine buke zrakoplova kroz optimizaciju potiska i visine zrakoplova;

[26] Pojam koji obuhvaća nesreće koje se dogode kada se plovidben zrakoplov koji je pod potpunom kontrolom pilota nehotično zabije u teren, vodu ili prepreku. Piloti obično nisu svjesni opasnosti sve dok ne bude prekasno. CFIT nesreće se obično dešavaju u prilaznim fazama i fazama slijetanja [30].

5) autorizacija operacija gdje ograničenja buke čine te iste operacije ograničavajućim ili zabranjenim [31].

3.4.5. Uspostavljanje ravnoteže između susjednih TMA područja

Značaj dizajniranja TMA područja rapidno raste zbog određenih ograničenja povezanih s nacionalnim granicama, sve strožim zahtjevima za zaštitu okoliša te različitim zahtjevima korisnika zračnog prostora. Nužnost kolaborativnog pristupa između susjednih TMA područja, korisnika zračnog prostora, ATC-a, operatora zrakoplova (AO) i/ili bilo kojih drugih ekoloških interesnih skupina, sve je veća kako promet raste. Na slici 39 prikazan je kolaborativan pristup dizajniranju dvaju susjednih TMA područja. Kreirane rute i holding područja mogu se početi koristiti tek kada budu dostupne za upotrebu, ali samo na temelju kolaborativnih pristupa i dogovora između svih zainteresiranih strana.



Slika 39: *Shematski prikaz kolaborativnog pristupa dizajniranju susjednih TMA područja [2] (prilagodio autor).*

Kompatibilnost između susjednih TMA sektora vrlo je važna i puno kompleksnija od kompatibilnosti susjednih ENR sektora, zbog neusporedivo većeg broja operacija koje zahtijevaju usluge ATC-a. Na slici se mogu jasno uočiti glavni ciljevi/zahtjevi određenih interesnih grupa. Pod ATC operativnim zahtjevima podrazumijevaju se sigurnost, učinkovitost i kapacitet dolaznih/odlaznih ruta te holding područja. Bitne komponente za dolazne rute su spajanje prometnih tokova te ograničavanje tih spajanja u blizini RWY, širenje prometnog opterećenja u smislu njegovog uravnoteženja, konektivnost i kompatibilnost. Za odlazne rute ključne komponente su njihova razdvajanja, uravnoteženje prometnog opterećenja,

konektivnost, kompatibilnost te iskoristivost. Holding područja ne bi se trebala nalaziti na mjestima spajanja prometnih tokova ili iznad odlaznih ruta, a ono što je najbitnije je cjelokupno efikasno razdvajanje tih triju (ARR, DEP i holding područja) komponenti. Ciljevi korisnika zračnog prostora podrazumijeva sigurnost, učinkovitost te udobnost putnika. To podrazumijeva minimalna kašnjenja, pojednostavljenje operacija VFR dostupnost za dolazne i odlazne rute. Dolazne rute bi također morale težiti prilaženju s neprekinutim snižavanjem (CDA), a odlazne rute bi trebale imati neprekinuto penjanje. Ekološki zahtjevi sve više dobivaju na značaju što i nije iznenađujuće budući da se sve strategije razvoja zračnog prometa temelje na ekološkoj osviještenosti. Ekološki ciljevi operatora zrakoplova obuhvaćaju preferencijalno korištenje RWY (iz aspekta buke), ekološki preferirane dolazne/odlazne rute te holding područja, postupke za smanjenje buke i sheme utjecaja i ublažavanja buke. Ono što je vrlo bitno napomenuti je mogućnost postojanja procesa obvezatnog postupka savjetovanja u nekim zemljama, što znači da TMA razvoj u svakom trenutku može biti obustavljen ukoliko su prisutna određena nepoštivanja tih postupaka.

3.4.6. Smjernice TMA dizajniranja

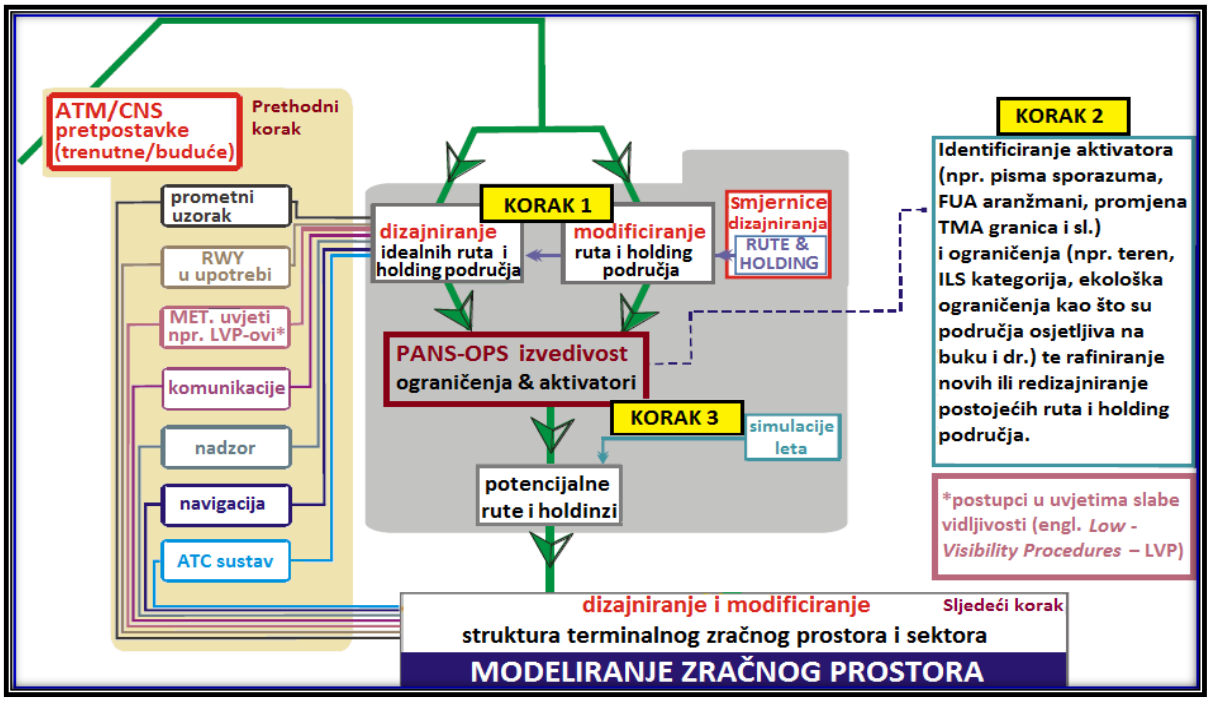
Iako se smjernice za dizajniranje terminalnih ruta i holding područja uglavnom odnose na IFR letove, postoji velik broj informacija i pojmova koje se odnose i na terminalne rute objavljene za VFR letove. Smjernice za dizajniranje se temelje na sljedećim trima pretpostavkama:

1) osiguranost ATC usluga te dostupnost radarskog nadzora unutar terminalnog zračnog prostora;
2) osnovna zamisao smjernica dizajniranja je osigurati učinkovit dizajn ruta i holdinga sa ciljem unapređenja sigurnosti i povećanja ATM kapaciteta;
3) identifikacija strateških ciljeva i ciljeva dizajniranja te pretpostavki od strane dizajnerskog tima [2].

Veliku ulogu u definiranju smjernica za dizajniranje terminalnog zračnog prostora ima utjecaj operacija zrakoplova na okoliš. Zbog toga se u nekim slučajevima optimizacija dizajniranja terminalnih ruta temelji na produljenju ruta i minimiziranju taktičkog rutiranja (radarskim vektoriranjem) preko područja koja su osjetljiva na buku.

3.4.7. Etapno dizajniranje TMA ruta

Dizajneri zračnog prostora susreću se s različitim pitanjima prilikom procesa dizajniranja struktura zračnog prostora, ali i prije njega. Dizajnirati idealan sustav ili optimizirati postojeći je samo jedno od njih. Prilikom dizajniranja idealnog sustava može doći do vrlo velikih promjena kao što su dodavanje/zatvaranje RWY na glavnim aerodromima, građenje novog ili zatvaranje postojećeg aerodroma unutar određenog terminalnog zračnog prostora ili značajne promjene u distribuciji prometa. Na slici 40 prikazan je etapni pristup dizajniranju ruta i identifikacija ograničenja i aktivatora.



Slika 40: *Shematski prikaz etapnog dizajniranja ruta i identifikacije aktivatora/ograničenja [2] (prilagodio autor).*

3.4.8. Terminalne rute

Prilikom dizajniranja terminalnih ruta nastoji se dizajnirati takav zračni prostor koji će podržavati izvedivost operacija koje se dešavaju u njemu te čija razina kompleksnosti ne narušava radno opterećenje kontrolora zračnog prometa. Glavne smjernice za dizajniranje terminalnih ruta su sljedeće:

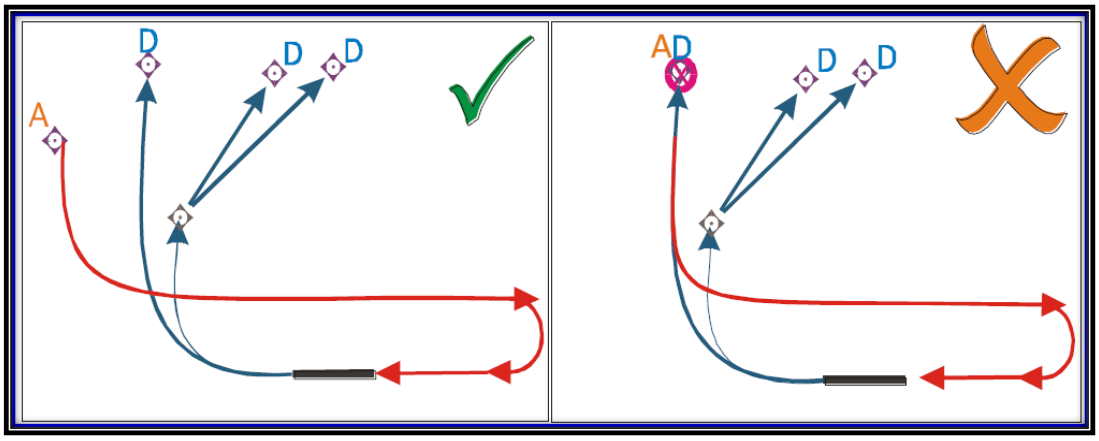
1) terminalne rute trebale bi biti odvojene što je više moguće;
2) terminalne rute trebale bi biti povezane i kompatibilne;

3) terminalne rute bi se trebale spajati postupno kako se približavaju terminalnom zračnom prostoru.

3.4.8.1. Odvojenost terminalnih ruta

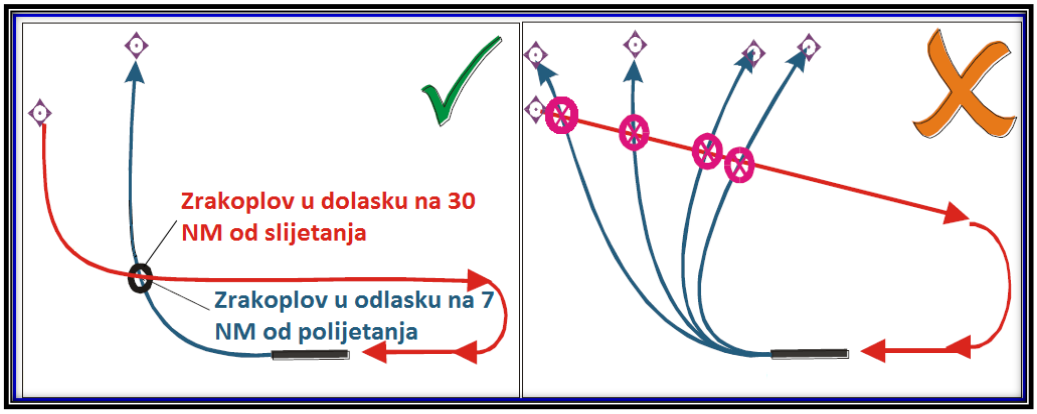
Sa operativne perspektive ATM-a, terminalne rute bi trebale biti odvojene (vertikalno i lateralno) jedna od druge što je više moguće. Time se povećava razina sigurnosti i minimizira ograničavajući efekt utjecaja jedne rute na drugu i na sve ostale koje se nalaze u istom terminalnom zračnom prostoru. Postoji nekoliko smjernica kojima je cilj odvajanje ruta.

Lateralno odvajanje terminalnih dolaznih ruta od odlaznih trebalo bi biti ostvareno u najvećoj mogućoj mjeri (slika 41). Pod tom smjernicom se podrazumijeva da VFR rute moraju biti odvojene od dolaznih i odlaznih IFR ruta, koliko god je to moguće. Zbog toga, točke vizualnog izvješćivanja treba pažljivo odabrati. Isto tako, poželjno je da rute nisu dizajnirane u zračnom prostoru u kojem su učestale nestabilne vremenske prilike.



Slika 41: *Shematski prikaz pravilnog/nepravilnog lateralnog odvajanja terminalnih ruta [2].*

Vertikalno odvajanje terminalnih dolaznih ruta od odlaznih trebalo bi biti ostvareno u najvećoj mogućoj mjeri (slika 42). Pod tom smjernicom se podrazumijeva mogućnost nužnih križanja terminalnih dolaznih i odlaznih ruta kod kojih bi točka križanja putanja (ruta) trebala biti odabrana na način da optimalni vertikalni profili penjanja i spuštanja ne dolaze u međusobni sukob. Da bi ova smjernica zaživjela u potpunosti potrebno je izuzetno dobro poznavanje performansi zrakoplova koje značajno mogu varirati čak i kod istog tipa zrakoplova (različita količina plaćenog tereta na letu i sl.).

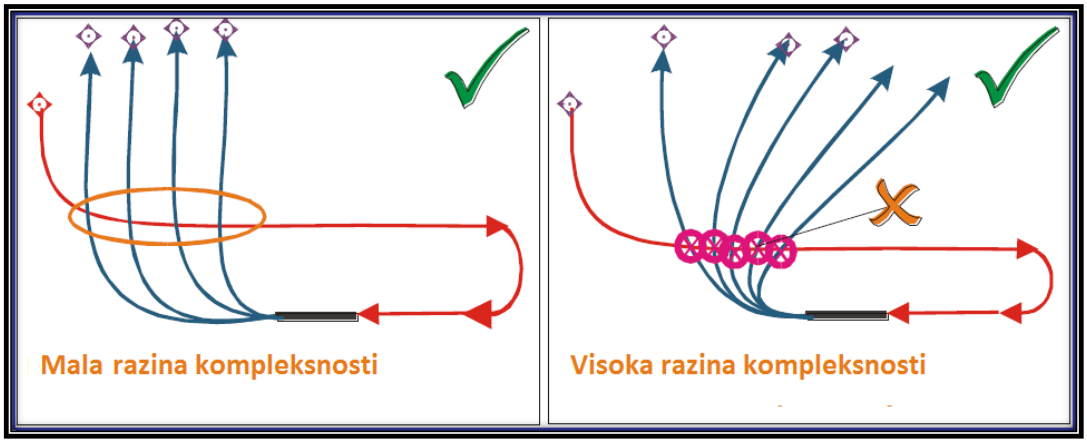


Slika 42: *Shematski prikaz pravilnog/nepravilnog vertikalnog odvajanja terminalnih ruta [2] (prilagodio autor).*

Lijevi dio slike se smatra izvedivim zbog toga što je očekivana visina zrakoplova u odlasku nakon preletenih 7 nautičkih milja (engl. *Nautical Mile* – NM) otprilike 3 500 ft ≈ 1 065 m iznad srednje razine mora (engl. *Above Mean Sea Level* – AMSL), dok je očekivana visina zrakoplova u dolasku na 30 NM od slijetanja 7 500 – 10 000 ft ≈ 2 285 – 3 050 m AMSL, ostavljajući tako minimalno 4 000 ft ≈ 1 220 m visinske razlike između tih dvaju ruta. Uzimajući u obzir da zrakoplovi imaju različite gradijente penjanja/snižavanja, određena križanja dolaznih i odlaznih terminalnih ruta predstavljaju iznimno velik problem za kontrolore zračnog prometa, što može dovesti u pitanje njihovo minimalno vertikalno razdvajanje (engl. *Vertical Separation Minimum* – VSM) od 1 000 ft (300 m)[27]. Na desnoj slici se mogu vidjeti četiri konfliktne točke zbog ozbiljno narušenih normi vertikalnog razdvajanja te takav scenarij nije poželjan za kontrolora zračnog prometa.

Osim navedenih primjera, terminalne odlazne rute bi trebalo lateralno razdvojiti što je prije moguće nakon odlaska u što većoj mogućoj mjeri te u skladu s prethodnim smjernicama (slika 43). Cilj lateralnog odvajanja odlaznih ruta je smanjenje kompleksnosti terminalnog zračnog prostora koji je sam po sebi pun točaka križanja.

[27] VSM bi trebalo biti 300 m (1 000 ft) ispod FL 290 i 600 m (2 000 ft) za ili iznad FL-a 290, osim naznačenog zračnog prostora koji se smatra predmetom sporazuma o regionalnoj zračnoj plovidbi, gdje VSM iznosi 300 m ispod FL 410, ali i za više razine leta gdje je to propisano za upotrebu pod posebnim uvjetima te 600 m za ili iznad te razine leta [26].

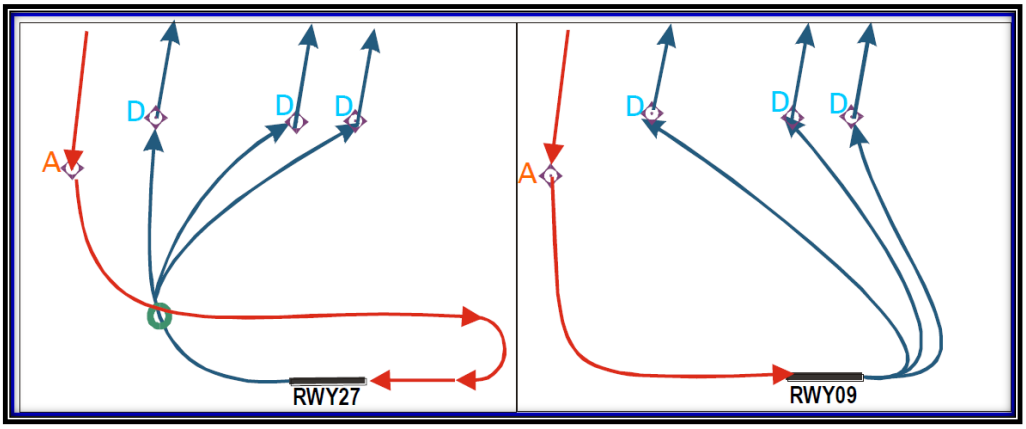


Slika 43: *Shematski prikaz lateralnog odvajanja odlaznih terminalnih ruta [2] (prilagodio autor).*

Vrlo je bitno napomenuti značaj što je moguće većeg odvajanja trajektorija u slučaju neuspjelog prilaženja od ostalih trajektorija neuspjelih prilaza, te od početnih odlaznih terminalnih ruta. Time se ostvaruje maksimalna korist operativnih samostalnih i/ili konvergirajućih RWY.

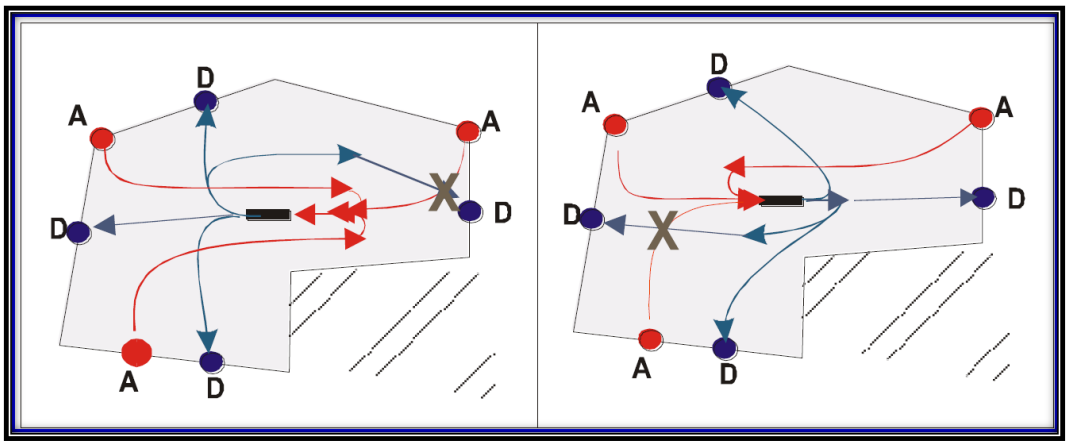
3.4.8.2. Povezanost i kompatibilnost terminalnih ruta

Terminalne rute bi trebale biti u najvećoj mogućoj mjeri sustavno povezane s ATS rutnom mrežom preleta, te biti kompatibilne s terminalnim rutama u susjednim terminalnim zračnim prostorima i to bez obzira na RWY u upotrebi, budući da RWY imaju različite procedure u odlasku i prilazu ovisno s koje strane RWY se prilazi zračnoj luci (slika 44). To znači da bi točke spajanja ENR ATS ruta i terminalnih ruta trebale biti konstantne. Ne postoji niti jedan „automatski“ zahtjev, koji kaže da bi terminalne rute trebale „stati“ unutar postojeće ATS rutne mreže. Zbog toga bi podešavanja ENR i TMA ruta trebala biti usmjerena prema izvlačenju najboljih mogućih rezultata iz aspekta strateških ciljeva i ciljeva dizajniranja. Ono čemu se teži je postizanje što bolje povezanosti ruta sa ciljem što bolje integracije terminalnih ruta u veću ATS rutnu mrežu.



Slika 44: *Shematski prikaz različitih načina prilaženja uzletno-sletnoj stazi i odlazaka s nje [2].*

Promjene vezane uz RWY u upotrebi su još jedna bitna smjernica za kompatibilnost i povezanost terminalnih ruta, a osnovna zamisao iste je da bilo kakve promjene ne bi smjele povećati kompleksnost strukture terminalnih ruta, koliko god je to izvedivo (slika 45). Za razliku od prošlih smjernica, ova se isključivo odnosi na terminalne rute unutar terminalnog zračnog prostora.



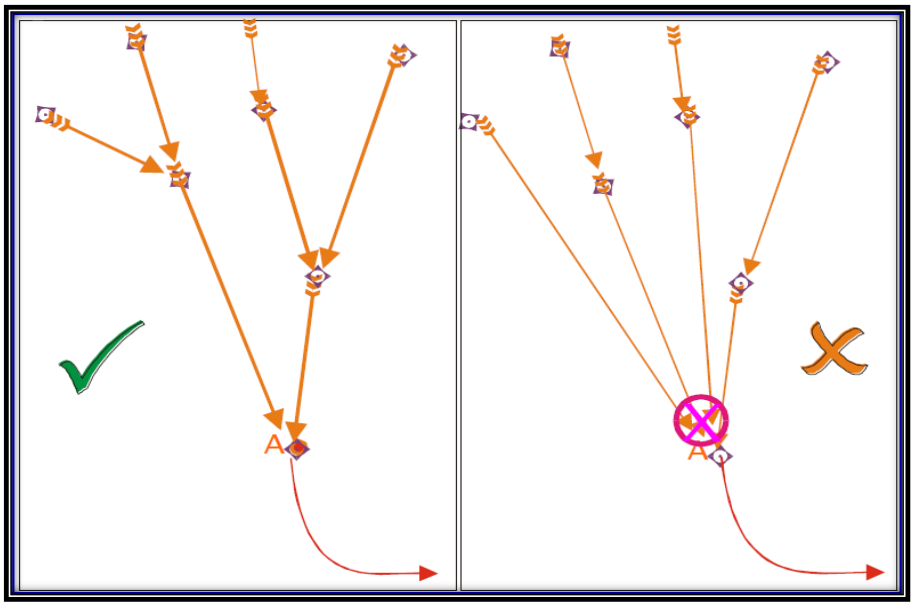
Slika 45: *Shematski prikaz strukture terminalnih ruta za konfiguraciju s jednom uzletno-sletnom stazom [2].*

Ova smjernica nastoji ukazati na važnost strukture terminalnih ruta u slučaju konfiguracije aerodroma samo s jednom RWY. U tom slučaju dizajneri zračnog prostora moraju težiti scenariju u kojem je struktura dolaznih i odlaznih terminalnih ruta zrcalna slika (koliko god je to moguće) scenariju kada se prilazi i odlazi s RWY u suprotnom smjeru. Time se značajno smanjuje operativna kompleksnost terminalnih ruta.

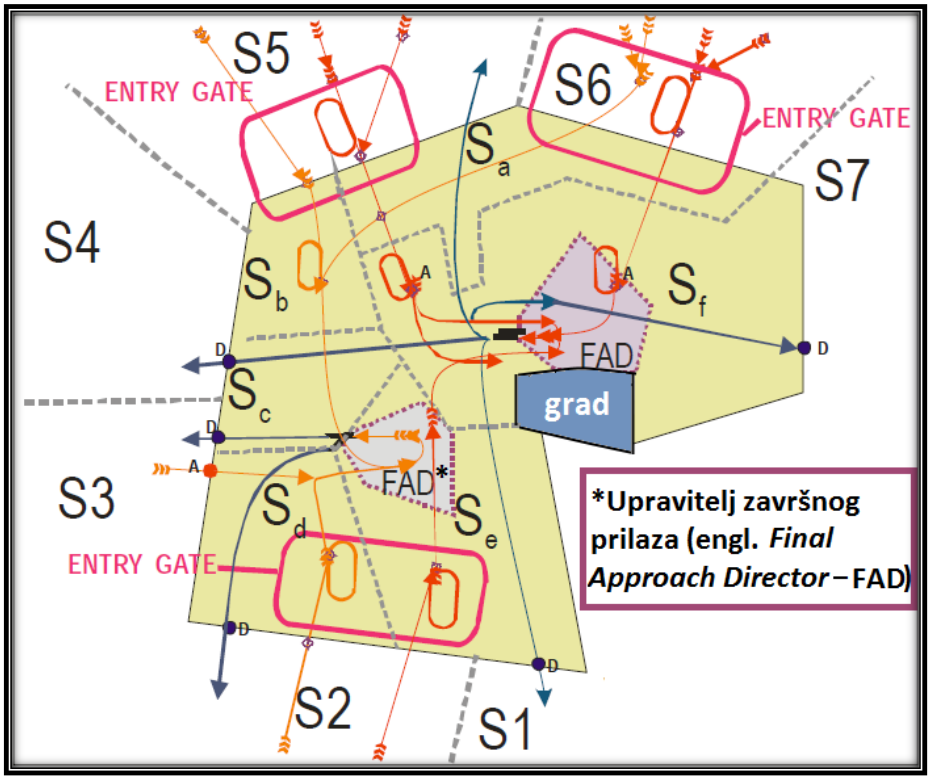
3.4.8.3. Postupno spajanje terminalnih ruta

Objavljene terminalne rute trebale bi biti postupno spojene (koliko god je to moguće) kako se sve više približavaju terminalnom zračnom prostoru sa ciljem limitiranja broja ulazaka u terminalni zračni prostor na maksimalno četiri ulaska u taj prostor. Cilj spajanja je pojednostavljenje strukture ruta unutar terminalnog zračnog prostora na način da se samo spajanje odvije izvan granica terminalnog zračnog prostora. Iako bi idealno bilo da se spajanje prometnih tokova ostvari izvan granica terminalnog zračnog prostora, to ne znači da bi terminalni zračni prostor trebao imati isključivo četiri ulazne točke (slika 46). Osim toga, obično je bolje da da se prometni tokovi usmjeravaju prema prostoru koji se naziva „entry gate“, gdje se isti odvajaju zbog različitih performansi zrakoplova ili zbog toga što vode prema različitim aerodromima u istom TMA (slika 47). Dva vrlo dobra primjera gdje nije dobro spajati prometne tokove prema jednoj točki su:

1) situacija u kojoj su različite performanse zrakoplova takve da postoji značajna razlika u brzini za veliki postotak prometa (koji ulazi u tu točku);
2) terminalni zračni prostor koji u sebi sadrži nekoliko velikih zračnih luka [2].



Slika 46: *Shematski prikaz dobrog/lošeg spajanja prometnih tokova u jednu točku prije ulaska u TMA [2].*



Slika 47: *Shematski prikaz postupnog spajanja prometnih tokova prema prostoru „entry gate-a“ [24] (prilagodio autor).*

3.5. Holding područja

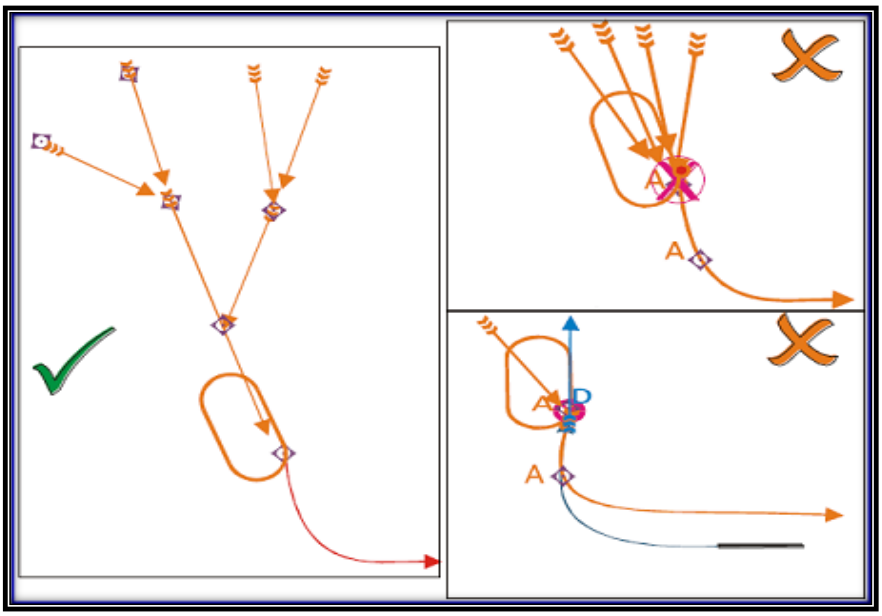
Holding područja ili samo „holding“, odnosi se na dio zračnog prostora u kojem zrakoplov leti (kruži) kada iz bilo kojeg razloga ne može izvršiti slijetanje. Razlog tome je uglavnom velik broj operacija na RWY, ali i moguće nesreće ili nezgode na zračnoj luci u koju zrakoplov treba sletjeti. U slučaju da je više zrakoplova u „holdingu“ potrebno ih je prioritizirati (npr. zrakoplovi s manje goriva trebaju prvi sletjeti) kako bi isti započeli s procedurama slijetanja.

Prilikom konstrukcije holding područja potrebno je definirati relevantne parametre koji su vrlo bitni za zrakoplov koji leti u „holdingu“. Ti parametri su sljedeći:

1) parametri skretanja zrakoplova;
2) brzina vjetra u odnosu na nadmorsku visinu;
3) temperatura u odnosu na nadmorsku visinu;
4) DME domet u odnosu na zemaljsku udaljenost;

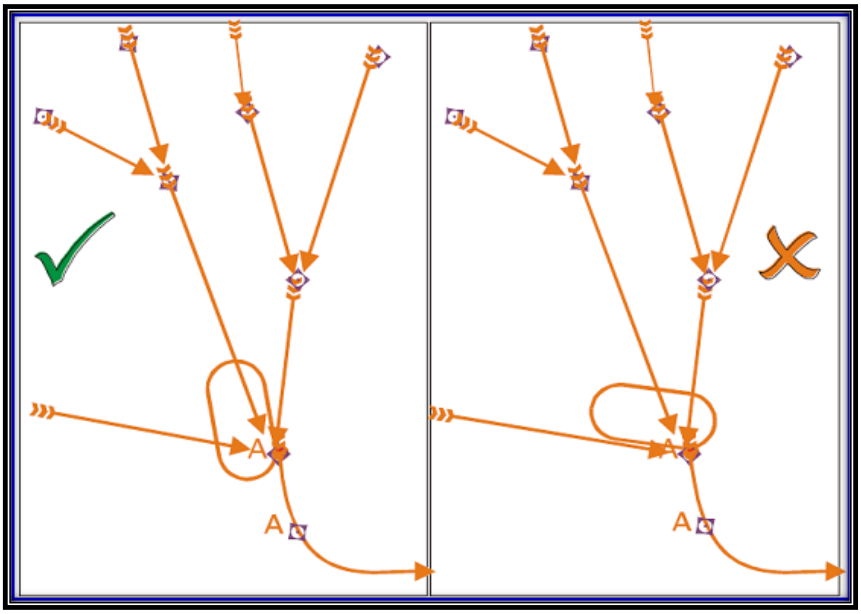
5) inducirana brzina (engl. *Indicated Airspeed* – IAS), tj. brzina mjerena brzinomjerom koja i nije baš najpreciznija u odnosu na stvarnu brzinu (engl. *True Airspeed* – TAS), tj. brzinu koja se nakon IAS dodatno kalibrira i ispravlja zbog utjecaja temperature;
6) formule za izračun osnovnih parametara holding područja [21].

Holding područja bi trebala biti locirana tamo gdje bi njihova postojanost prouzročila minimalnu operativnu kompleksnost između ENR i TMA prostora, ali i susjednih terminalnih zračnih prostora. Postoji nekoliko smjernica za konstrukciju i položaj holding područja, a uglavnom se odnose na njihov pravilan dizajn i položaj u zračnom prostoru sa ciljem što boljeg iskorištenja zračnog prostora. Holding područja bi se idealno trebala (koliko je god to izvedivo) nalaziti na ulaznoj točki u terminalni zračni prostor ili u tzv. „gate-u“ ili izvan samog terminalnog zračnog prostora. Isto tako, vrlo je nepoželjno da se holding područja nalaze na mjestima križanja dolaznih i odlaznih terminalnih ruta. Također, kompleksnost holding područja raste ukoliko dolazi do spajanja velikog broja ruta u blizini preletišta čekanja (engl. *holding fix* – slika 48). Osim navedenog, vrlo je bitna lokacija holding područja koja mora biti konstantna i to bez obzira na RWY u upotrebi. Lokacija holding područja ne bi smjela podlijegati učestalim lošim vremenskim prilikama kako bi se zrakoplovi mogli sigurno zadržavati u tom području sve dok ne dobiju odobrenje za slijetanje.



Slika 48: *Shematski prikaz ispravnog/neispravnog spajanja dolaznih ruta prije holding područja [2].*

Još jedna vrlo bitna smjernica prilikom dizajniranja holding područja je njegovo poravnanje u odnosu na dolazne terminalne rute. Pod tim se podrazumijeva bi putanje zrakoplova unutar holding područja trebale biti poravnate do 30° (koliko je god to izvedivo) u odnosu na dolazne rute koje ulaze u holding (slika 49). Smanjenjem tog kuta izbjegavaju se pretjerani i složeni manevri zrakoplova, a ukoliko su složeni manevri neizbježni, mogu se uvesti ograničenja brzine kako bi se izbjegle situacije u kojima zrakoplovi zbog prevelike brzine ne mogu izvesti zahtijevani manevar.



Slika 49: *Shematski prikaz ispravnog/neispravnog poravnanja dolaznih ruta s putanjama zrakoplova unutar holding područja [2].*

3.6. Navigacijske specifikacije

Navigacijske specifikacije za TMA područje uglavnom se vežu za razlike između konvencionalnih ruta i RNAV ruta, odnosno ruta na kojima se pruža prostorna navigacija. Jedna od značajnih razlika između RNAV i konvencionalnih ruta je njihov položaj u prostoru. Za razliku od konvencionalnih ruta, RNAV rute ne moraju biti dizajnirane tako da prolaze direktno iznad zemaljskih pomoćnih navigacijskih sredstava ili da budu poravnate direktno prema njima. To znači da unatoč tome što se RNAV rute oslanjaju na navigacijsku infrastrukturu (uključujući GNSS koji se ne koriste za dizajniranje konvencionalnih ruta), veća fleksibilnost postiže se samom mogućnošću položaja ruta u zračnom prostoru.

Sljedeća razlika su među-točke, odnosno RNAV rute su za razliku od konvencionalnih ruta, definirane među-točkama (engl. *waypoint*) koje podrazumijevaju unaprijed određene geografske pozicije koje se koriste za različita izvješćivanja, definiranje pristupa određenim rutama i brojne druge razloge. S druge strane, konvencionalne rute su definirane tzv. preletištima (engl. *fixes*) koja predstavljaju ništa više nego zemljopisni položaj (točku u prostoru) utvrđen vizualnim oznakama u odnosu na zemlju ili pomoćnim navigacijskim sredstvima (NAVAID).

Još jedna osnovna razlika između RNAV i konvencionalnih ruta je način snabdijevanja operatera informacijama o rutama. Iako se operateri opskrbljuju informacijama o RNAV i konvencionalnim rutama u klasičnom AIP formatu, sastojeći se od različitih grafikona i tekstova, informacije o RNAV rutama moraju biti konvertirane u format koji se može pohraniti u navigacijsku bazu podataka prije nego tu istu informaciju počinju procesuirati zrakoplovni navigacijski sustavi.

Još jedna razlika između RNAV i konvencionalnih ruta koju je potrebno razumjeti su skretanja na ruti. Jednako kao i ravni segmenti ruta, skretanja na ruti također moraju biti sadržana u rutnim informacijama. Skretanja na ruti mogu biti kodirana na jedan od sljedeća četiri načina:

1) „Fly-By“ prijelazi, gdje navigacijski sustav predviđa skretanje na sljedeću dionicu puta. Primjerice, u ENR načinu rada predviđanje može početi 20 NM od među-točke na kojoj će se dogoditi skretanje na ruti;
2) „Fly-Over“ prijelazi, gdje zrakoplov prelijeće među-točku prije nego započne skretati na sljedeću dionicu puta;
3) prijelazi fiksnog radijusa, gdje zrakoplov izvršava specifično skretanje na ruti s definiranim radijusom. Ovaj način omogućuje najtočnije, najpredvidljivije i najizvedljivije performanse skretanja na ruti za sve tipove zrakoplova;
4) uvjetni prijelazi, gdje RNAV sustav potiče prijelaze jednom kad je postignuta specifična visina. Uvjetni prijelazi koji uključuju skretanja na ruti definirani su prethodnim i kasnijim dionicama te visinskim ograničenjima [2].

3.7. Strukture terminalnog zračnog prostora

Dizajniranje struktura i sektora terminalnog zračnog prostora prati dizajniranje ruta i holding područja. Etapno dizajniranje struktura i sektora zračnog prostora također se nastavlja na etapno dizajniranje ruta i holdinga samo što su određene smjernice različite. Smjernice dizajniranja struktura i sektora zračnog prostora temelje se na sljedećim pretpostavkama:

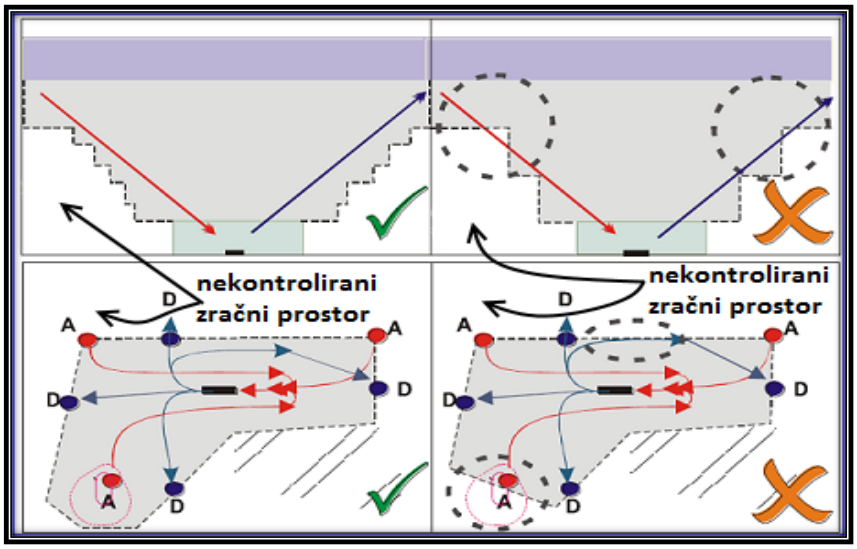
1) pretpostavka 1 – ATC usluga je osigurana te je radarski nadzor dostupan unutar terminalnog zračnog prostora;
2) pretpostavka 2 – smjernice dizajniranja prvenstveno se odnose na ATM učinkovitost i kapacitet;
3) pretpostavka 3 – strateški ciljevi i ciljevi dizajniranja te pretpostavke, aktivatori i ograničenja, identificirana su od strane dizajnerskog tima. Konceptualni dizajn ruta i holding područja je također razvijen.
4) pretpostavka 4 – izraz „terminalna ruta“ se koristi u istom kontekstu kao i u dosadašnjem dijelu [2].

3.7.1. Etapno dizajniranje TMA struktura i sektora

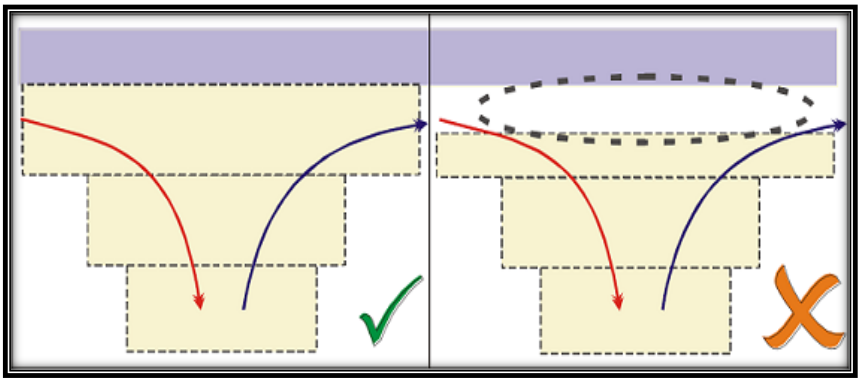
Analogno slici 40 (nakon završetka dizajniranja ruta i holding područja), koraci dizajniranja se nastavljaju u određenom slijedu, odnosno nakon 3. koraka kreće novi, prvi korak, a to je konceptualno dizajniranje struktura terminalnog zračnog prostora, koristeći već identificirane pretpostavke sa ciljem zaštite već dizajniranih ruta i holding područja. Drugi korak podrazumijeva poboljšanje „outputa“ prvog koraka dodavanjem ograničenja i identificiranih aktivatora te se postavljaju pitanja vezana uz ATC sustav i FUA aranžmana. Treći korak podrazumijeva istraživanje raznih sektorizacijskih opcija na temelju određenih pretpostavki. Četvrti korak podrazumijeva poboljšanje trećeg dodavanjem ograničenja i identificiranih aktivatora. Prilikom tog koraka postavljaju se pitanja vezana uz mogućnost ATC sustava da podrži sektorizaciju ili potrebno vrijeme za sustavne promjene. Posljednji, peti korak, podrazumijeva kvalitativnu procjenu održivosti ruta i holding područja novodizajniranim strukturama i sektorima terminalnog zračnog prostora.

3.7.2. Smjernice dizajniranja TMA struktura

Terminalne rute i holding područja te njihovi povezani zaštićeni prostori moraju biti sadržani unutar kontroliranog zračnog prostora. Pod tim se podrazumijeva da bi naznačen terminalni zračni prostor (koji je okružen nekontroliranim zračnim prostorom) morao biti dizajniran na način da sve terminalne rute i sva holding područja budu smještena i lateralno i vertikalno unutar tog prostora (slika 50). Također, gornja granica terminalnog zračnog prostora trebala bi se podudarati s nižom granicom superponirajućeg[28] kontroliranog zračnog prostora sa ciljem pružanja kontinuirane zaštite IFR dijelova leta (slika 51).



Slika 50: *Shematski prikaz ispravnog/neispravnog položaja ruta i holdinga [2] (prilagodio autor).*

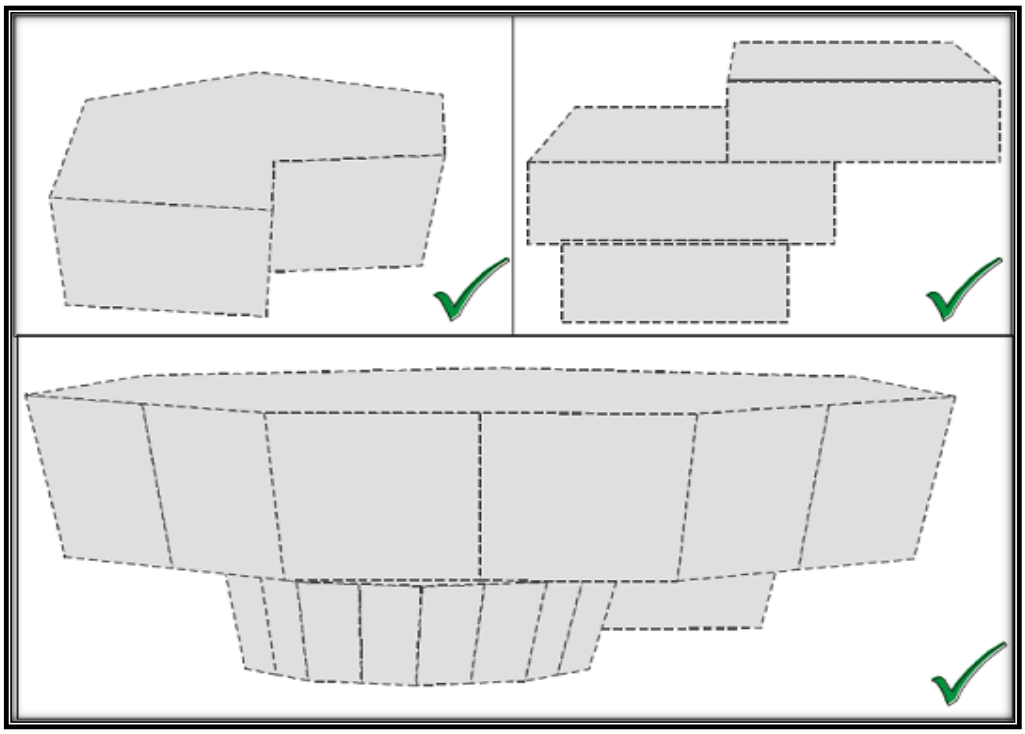


Slika 51: *Shematski prikaz ispravnog/neispravnog podudaranja granica zračnih prostora [2].*

[28] (lat. *suprponere*) staviti, stavljati, slagati nad (superponirati se – slagati se jedno na drugo) [3], odnosno određeni zračni prostor koji se nalazi iznad nekog drugog zračnog prostora ili dijela zračnog prostora.

Elipsasta iscrtana linija ukazuje na zračni prostor u kojem nije pružena zaštita IFR letovima prilikom napuštanja gornjih granica terminalnog zračnog prostora. Ovakav dizajn može biti namjerno ostvaren u udaljenim ili teško dostupnim terminalnim područjima.

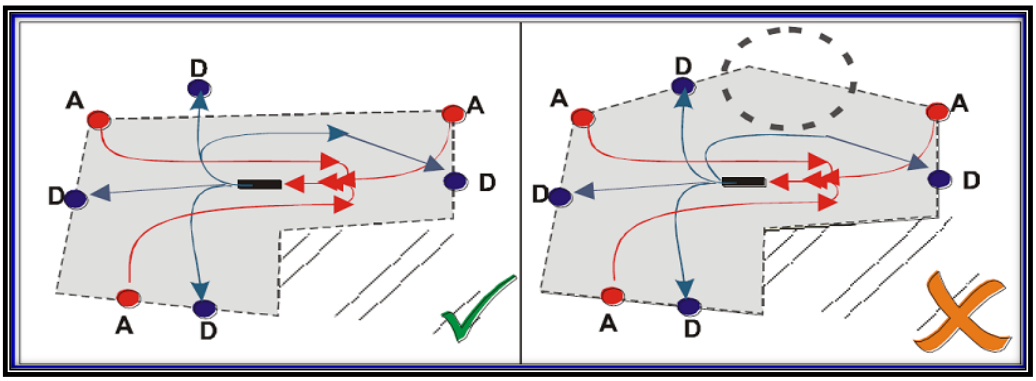
Terminalni zračni prostor trebao bi biti, koliko god je to izvedivo, kompatibilan s rutama i holding područjima koja se nalaze unutar tog istog zračnog prostora. Zbog toga što oblik i dizajn terminalnog zračnog prostora ovisi o terminalnim rutama i holding područjima koja se nalaze unutar tog zračnog prostora, a temelje se na određenim pretpostavkama, oblik svakog terminalnog zračnog prostora je unikatan (slika 52). Budući da je terminalni zračni prostor trodimenzionalan, isti ima širinu, dužinu i visinu/dubinu te je definiran lateralnim i vertikalnim ograničenjima.



Slika 52: *Shematski prikaz trodimenzionalne raznolikosti terminalnih zračnih prostora [2].*

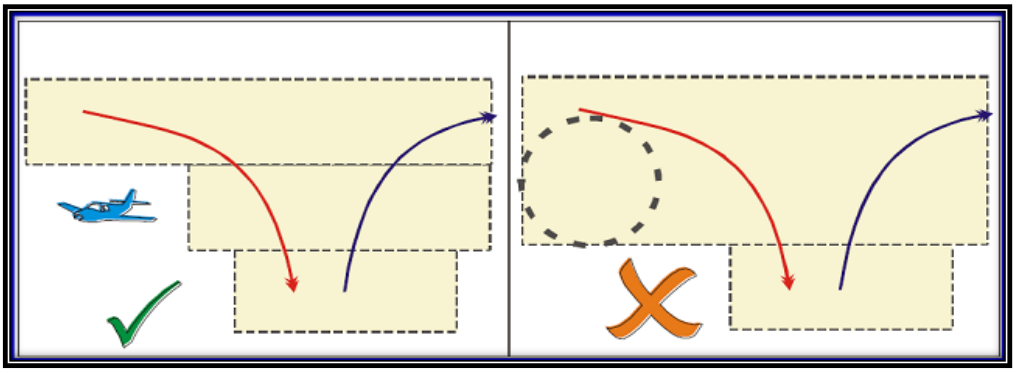
Sljedeća smjernica bitna za terminalni zračni prostor je kompatibilnost lateralnih i vertikalnih dimenzija struktura terminalnog zračnog prostora s profilima leta zrakoplova, uzimajući u obzir kriterije nadvisivanja prepreka. Unatoč dojmu da su strukture terminalnog zračnog prostora isključivo povezane s performansama zrakoplova, nadvisivanje prepreka svakako treba uzeti u obzir pošto one utječu na putanju zrakoplova u odlasku i dolasku. Upravo zbog toga postoji velika povezanost širine/visine TMA područja s profilima leta zrakoplova. Uz

sve navedeno, jedino bi zračni prostor koji mora sadržavati terminalne rute trebao biti naznačen kao terminalni zračni prostor kako ne bi ograničavao operacije ne sudjelujućih (uglavnom VFR) letova (izbjegavanje neiskorištenosti zračnog prostora – slika 53). Dizajneri zračnog prostora trebaju imati na umu da piloti prilikom VFR leta obično lete prema vizualnim referentnim točkama, stoga bi granice terminalnog zračnog prostora trebale biti relativno lako uočljive za pilota.



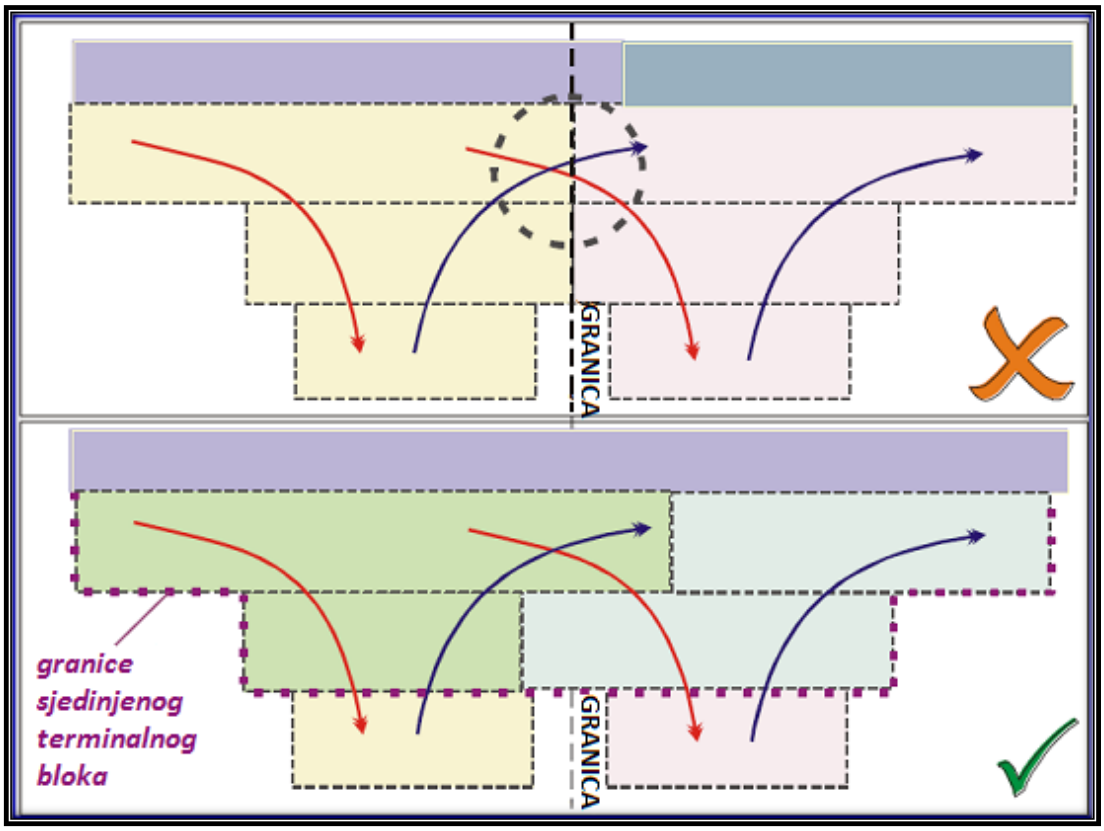
Slika 53: *Shematski prikaz nepotrebnog zračnog prostora unutar TMA područja [2].*

Kako bi se izbjegle neovlaštenih penetracije u terminalni zračni prostor, određivanje njegovih lateralnih granica mora biti podređeno (koliko god je to izvedivo) mogućnostima ne sudjelujućih VFR letova da identificiraju vizualne referentne točke koje označavaju granice kontroliranog zračnog prostora. Slično tome, ukoliko se žele spriječiti neovlaštene penetracije u terminalni zračni prostor, prilikom određivanja njegovih donjih granica treba uzeti u obzir potrebe (koliko god je to moguće) ne sudjelujućih (uglavnom) VFR letova za slobodnim prometovanjem ispod terminalnog zračnog prostora (slika 54).



Slika 54: *Shematski prikaz prilagođenih donjih TMA granica VFR letovima [2].*

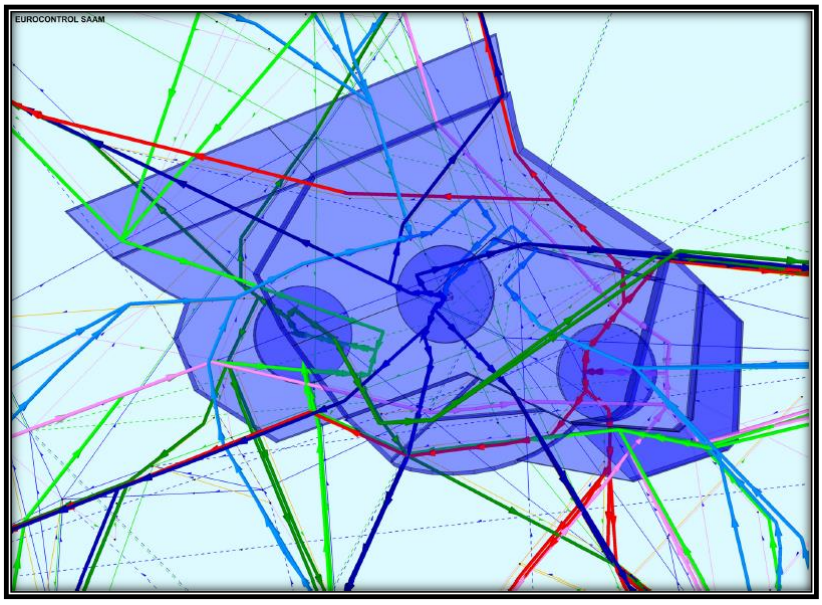
Vrlo važna smjernica za dizajniranje TMA struktura je sjedinjavanje susjednih terminalnih zračnih prostora u jedan terminalni blok sa ciljem smanjenja operativne kompleksnosti (slika 55). To je izvedivo ukoliko su susjedni terminalni zračni prostori u neposrednoj blizini i imaju međuovisne sheme terminalnog rutiranja. U tom slučaju bi odgovarajuća nadležna tijela odgovorna za zračni prostor trebala pomno razmotriti opciju sjedinjavanja terminalnih zračnih prostora u jedan TMA blok. Jedan od osnovnih razloga je ukupno povećavanje ATM učinkovitosti.



Slika 55: *Shematski prikaz sjedinjavanja susjednih terminalnih zračnih prostora [2] (prilagodio autor).*

U gornjoj shemi je u obliku okrugle iscrtane linije naznačen zračni prostor u kojem su prisutne interakcije terminalnih odlaznih i dolaznih ruta. To je potencijalno problematično područje u smislu velikog broja točaka križanja koje se nalaze u blizini TMA granica, a dodatni problem stvaraju forsirano stvorene granice koje su možda uvjetovane nacionalnim granicama. Upravljanje zračnim prostorom (ASM) bez obzira na nacionalne granice, povećava cjelokupnu ATM učinkovitost i povećava razinu sigurnosti, a time proširuje i obogaćuje mogućnosti sektorizacije. Ukoliko se želi postići maksimum iz ATC sektorizacije za više aerodroma u neposrednoj blizini, te ukoliko se želi poboljšati dizajn i upravljanje terminalnim

rutama, sjedinjavanje dva ili više terminalna područja u jedan sustav terminalnog zračnog prostora (engl. *Terminal Airspace System* – TAS) je preporučljivo (slika 56). TAS-ovi se mogu prostirati preko državnih granica ukoliko to iziskuju operativni zahtjevi.



Slika 56: *Sustav terminalnog zračnog prostora (TAS) [32].*

Tri područja unutar TAS-a naznačena plavim krugovima predstavljaju kontrolirane zone (CTR) koje su izvorno predstavljale jezgru triju zasebnih terminalnih zračnih prostora, a sada su spojene u jedan TAS. Takav sustav terminalnog zračnog prostora zahtijeva integrirani dizajn i menadžment, ali pružanje ATS usluga ne mora biti centralizirano. Slika je dobivena primjenom programskog alata, odnosno sustava za alokaciju prometa i analizu na makroskopskoj razini (engl. *System for traffic Assignment and Analysis at a Macroscopic level* – SAAM[29]). Još jedna bitna smjernica za TMA strukture je mogućnost aktiviranja i deaktiviranja pojedinih dijelova zračnog prostora u skladu s FUA konceptom. To je izvedivo tamo gdje to dozvoljavaju operativni zahtjevi koji se uglavnom vežu za vojne potrebe. Tamo gdje su uspostavljene zabrane ili rezervacije zračnog prostora (iznad ili ispod TMA), ovisno o provedenim aktivnostima, krucijalna je uspostava adekvatnog zaštitnog sloja (engl. *buffer*) iznad/ispod tih zabrana/rezervacija zračnog prostora sa ciljem osiguranja adekvatnih ATS

[29] Programski alat razvijen od strane EUROCONTROL-a, a služi za evaluaciju, dizajn, analizu i prikaz zračnog prometa, civilnog/vojnog zračnog prostora te TMA scenarija na širem području ili lokalnoj razini. SAAM se koristi u svrhe operativnog planiranja, a glavne funkcije su mu dizajniranje zračnog prostora, proračuni leta 4D trajektorija, analize zračnog prostora, jednostavna ATC simulacija te vizualizacija zračnog prostora i 3D animacije [33].

sigurnosnih margina. Ono što je vrlo bitno za pružatelje usluga u zračnoj plovidbi (ANSP) u Republici Hrvatskoj, a propisano je *Zakonom o zračnom prometu*, aktiviranje i deaktiviranje je zabranjenih područja zračnog prostora i područja s ograničenjem letenja u skladu s FUA načelima. U slučaju prekršaja, ANSP plaća kaznu u mogućem iznosu do 100.000,00 kuna.

3.8. Sektori terminalnog zračnog prostora

Iz perspektive dizajniranja, sektorizacija terminalnog zračnog sektora je jedan od najčešćih načina za distribuciju radnog opterećenja kontrolora zračnog prometa, kako bi se osiguralo sigurno i učinkovito upravljanje zračnim prometom unutar volumena zračnog prostora. Hoće li sektorizacija biti potrebna, gotovo isključivo ovisi o ATC radnom opterećenju koje se uvelike odražava na sigurnost zračnog prometa. Zbog toga što frekventnost i količina kretnji zračnog prometa sačinjavaju jedan od glavnih faktora koji utječu na radno opterećenje kontrolora zračnog prometa, važnost selekcije realnog prometnog uzorka i identifikacija prevladavajuće RWY u upotrebi je krucijalna. Kvalitativna procjena prometnog uzorka podržana od strane modeliranja zračnog prostora je uobičajena metoda koja se koristi za identificiranje potreba za sektorizacijom.

3.8.1. Faktori koji utječu na kompleksnost utvrđivanja TMA sektora

Kako bi se što bolje shvatila kompleksnost utvrđivanja kapaciteta TMA volumena (ili sektora), potrebno je razumjeti i poznavati čitav niz utjecajnih čimbenika (faktora) na broj zrakoplova koji može obraditi jedan kontrolor zračnog prometa u određenom vremenskom razdoblju. Niti jedan od tih faktora ne može se promatrati samostalno te svaki od njih predstavlja „varijablu“ u konačnoj „jednadžbi“ TMA kapaciteta. Faktori su sljedeći:

1) dizajn terminalnih ruta. Što su TMA rute više odvojene (lateralno i vertikalno), to je manje „aktivno“ radno opterećenje kontrolora zračnog prometa;
2) upotreba imenovanih dolaznih i odlaznih ruta kao što su SID-ovi/STAR-ovi. Općenito, što je veći broj objavljenih ruta, manja je potreba za radiotelefonijom (engl. *Radiotelephony* – RTF). Unatoč tome, treba napomenuti da prevelik broj SID-ova/STAR-ova može znatno povećati radno opterećenje pilota te tako rezultirati većim brojem grešaka;

3) preciznost navigacijskih performansi zrakoplova koji lete na naznačenim rutama. Veća preciznost podrazumijeva manji broj intervencija kontrolora;
4) faza leta. Općenito, dolasci su zahtjevniji nego odlasci, posebice u slučajevima ekstenzivne upotrebe taktičkog rutiranja za razliku od STAR-ova;
5) kompleksnost procedura instrumentalnog prilaženja (ovisi o području u kojem se nalazi zračna luka);
6) nadmorska visina aerodroma, ambijentalna temperatura te aerodromska infrastruktura koja utječe na okupiranost RWY. Na aerodromima koji se nalaze na velikim nadmorskim visinama i koji su podložni visokim temperaturama, moguća je potreba za holdingom kako bi se kompenzirao bilo kojih od tih faktora, što povećava kompleksnost tog zračnog prostora.
7) velik broj kombinacija različitih performansi zrakoplova. Općenito, što je veća ta kombinacija u određenom sektoru, veće je radno opterećenje kontrolora zbog brzinskih i navigacijskih razlika zrakoplova koji lete u tom sektoru;
8) mogućnosti i sadržaji koje pruža FDPS i radarski sustav [2].

Prilikom dizajniranja TMA sektorizacije posebnu pažnju treba pridodati sljedećim faktorima:

1) struktura ATS ruta, ulazne/izlazne točke, točke križanja te holding područja;
2) aerodromi i RWY konfiguracije unutar sektora koji ih opslužuje;
3) profili leta;
4) dopuštena navigacijska odstupanja na ATS rutama i holding područjima;
5) zračni prostor potreban za željene ATC dijelove leta (područja vektoriranja);
6) rutiranje i FL-i za tranzitni zračni promet;
7) metode kontrole primijenjene na zračni prostor unutar sektora;
8) utjecajni čimbenici na podjelu odgovornosti i koordinaciju između APP i drugih jedinica;
9) fizičke okolnosti (operativne pozicije, komunikacijska i radarska pokrivenost i sl.) [22].

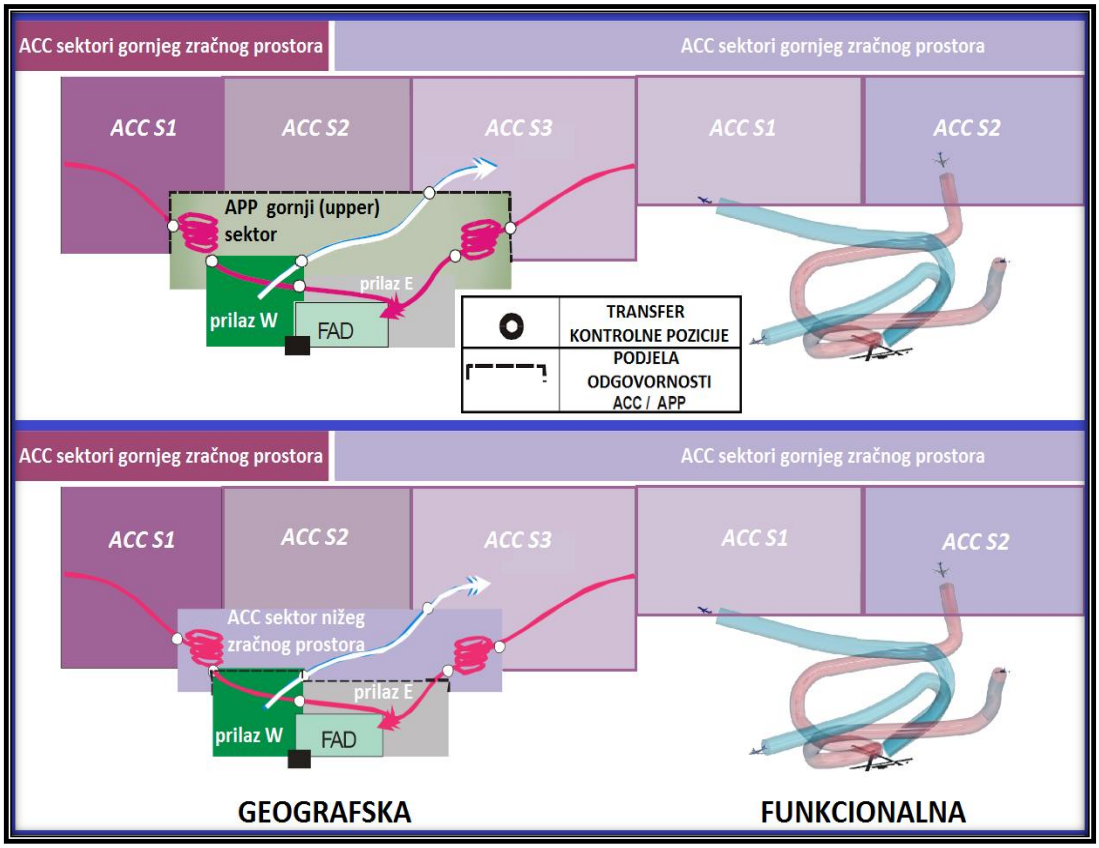
3.8.2. Geografska i funkcionalna sektorizacija

Nakon što se identificirala potreba za sektorizacijom, potrebno je razmotriti postoji li uopće realna mogućnost da se ona sprovede. Ta mogućnost je uvjetovana odgovarajućim kvalifikacijama dostupnog osoblja, raspoloživosti radnih mjesta te sposobnostima ATM sustava. Nakon što je donesena odluka da je sektorizacija potrebna, a zatim i moguća, potrebno je odlučiti koja će se sektorizacija koristiti. Općenito, u terminalnom zračnom prostoru koriste se sljedeća dva tipa sektorizacije:

1) geografska sektorizacija, gdje je volumen zračnog prostora podijeljen na blokove (sektore) i gdje je jedan kontrolor odgovoran za sav zračni promet u jednom sektoru;
2) funkcionalna sektorizacija, gdje je podjela terminalnog zračnog prostora definirana kao funkcija leta zrakoplova (npr. jedan kontrolor je odgovoran za dolazne, a drugi samo za odlazne letove u tom istom sektoru) [2].

Prilikom odabira metode sektorizacije potrebno je napomenuti sljedeće:

1) pojam „sektorizacija“ obično se odnosi na geografsku sektorizaciju, stoga bi se za funkcionalnu sektorizaciju moglo reći da je podskup geografske sektorizacije (na slici 57 mogu se vidjeti shematski prikazi obiju sektorizacija, a u tablici 4 su navedene njihove prednosti i nedostaci);
2) vrlo je malo terminalnih zračnih prostora koji su sektorizirani ili geografski ili funkcionalno. U stvarnosti, većina terminalnih zračnih prostora koristi kombinaciju tih dviju sektorizacija;
3) sektorizacija terminalnog zračnog prostora može biti zahtjevna u smislu mogućnosti ATC sustava. Kada su geografski sektori stepenastog oblika ili kada se koristi funkcionalna sektorizacija, ATC sustav bi trebao biti u mogućnosti podržati jednu od tih opcija, primjerice, filtriranjem prometa koji nije pod direktnom nadležnošću kontrolora zračnog prometa odgovornog za sektor [2].



Slika 57: *Shematski prikaz geografske i funkcionalne sektorizacije [2] (prilagodio autor).*

Značajnu ulogu prilikom takvih sektorizacija ima Upravitelj završnog prilaza (FAD). Na nekim aerodromima, iznad CTR-a, postoji područje završnog prilaza (u sklopu TMA) kojim se žele odvojiti funkcije prilaza i odlazaka. Posljedično tome, na nekim aerodromima postoje kontrolori koji kontroliraju isključivo dolaske, te oni koji kontroliraju isključivo odlaske. Bitno je napomenuti da se značenja podjele odgovornosti i područja odgovornosti razlikuju. Ovo prvo se više odnosi na podjelu odgovornosti između različitih ATC jedinica (TWR, APP ili ACC), dok se područje odgovornosti odnosi na podjelu radnog opterećenja bilo koje ATC jedinice. Primjer toga je podjela radnog opterećenja APP-a na dva sektora (prilaz W, odnosno prilaz-zapad te prilaz E, odnosno prilaz-istok). U slučajevima gdje je ACC sektor odgovoran za cijelo područje letnih informacija (FIR), a jedan APP sektor odgovoran za čitav terminalni zračni prostor, podjela odgovornosti je „jednaka“ kao i sektorizacija.

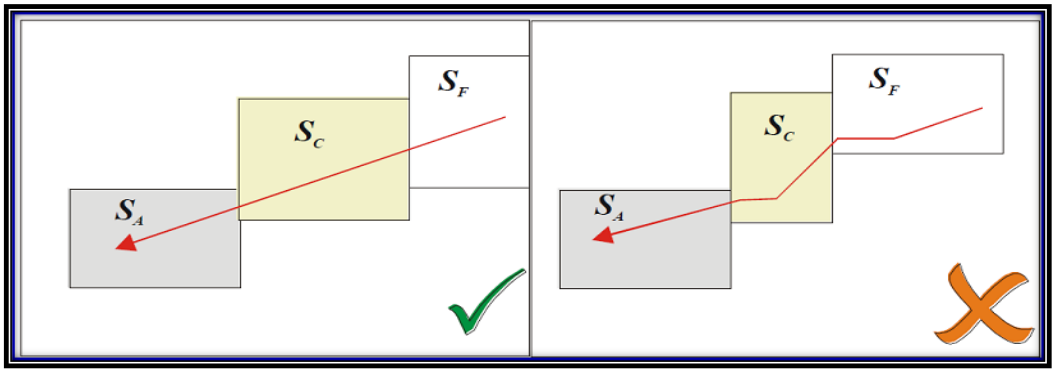
Tablica 4: *Prednosti i nedostaci geografske i funkcionalne sektorizacije*

GEOGRAFSKA	
Prednosti	**Nedostaci**
Kontrolor u potpunosti može iskoristiti dostupan prostor u sektoru kako bi manipulirao najboljim razinama za ulazni/izlazni promet te može ubrzati penjanje i spuštanje zrakoplova bez potrebne koordinacije	Kontrolor obrađuje kombinirani promet, odnosno obrađuje dolazni, odlazni i tranzitni promet
Lakše uravnoteživanje radnog opterećenja između sektora	U slučajevima gdje je podjela sektora paralelna sa središnjicom RWY, zrakoplovi u odlasku koji odlaze u različitim smjerovima mogu biti kontrolirani od strane različitih kontrolora nakon polijetanja
Manja zahtjevnost ATC sustava i radarskog prikaza te relativno jednostavne uputa za upotrebu koje se tiču područja ATC odgovornosti	U slučajevima gdje zrakoplov mora letjeti kroz više sektora unutar istog TMA, povećava se kompleksnost zbog dodatne potrebne koordinacije
FUNKCIONALNA	
Prednosti	**Nedostaci**
Kontrolor obrađuje jedan tip prometa, odnosno obrađuje isključivo odlaske ili dolaske zbog toga što je sektor definiran kao funkcija zadatka	Vertikalne/lateralne granice sektora mogu se pokazati previše restriktivnim (jedan vertikalno promatran pojas teško može udovoljiti svim performansama zrakoplova)
Obično, svi zrakoplovi u odlasku su na istoj frekvenciji nakon polijetanja	Poteškoće s uravnoteživanjem radnog opterećenja između sektora, posebice tamo gdje se vršna dolazna i odlazna opterećenja ne podudaraju.
U određenim konfiguracijama se može pokazati puno fleksibilnijom za rad	Veća zahtjevnost ATC sustava i radarskog prikaza te su moguće poteškoće prilikom formuliranja uputa za upotrebu koje se tiču područja ATC odgovornosti

Izvor: [2].

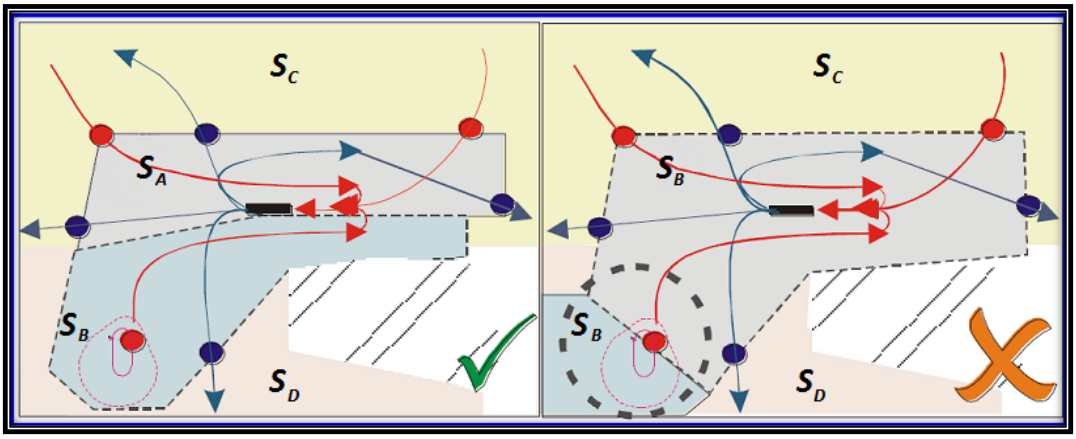
3.8.3. Glavne smjernice TMA sektorizacije

Kao što je u uvodu treće strukturne jedinice spomenuto, terminalni zračni prostor je puno kompleksniji za kontrolora zračnog prometa, zbog puno većeg broja zrakoplova u manjem prostoru i njihovih faza leta koje su neusporedivo kompleksnije od krstarenja. Zbog toga su i smjernice za dizajniranje terminalnog zračnog prostora restriktivnije od ENR smjernica, ali unatoč tome one nisu neophodne, već je naglasak na njihovoj primjeni u najvećoj mogućoj mjeri. U skladu s tim, vertikalne i lateralne dimenzije sektora bi trebale biti dizajnirane na način da se izbjegnu zahtjevi za izdavanjem stepenastog penjanja ili spuštanja (koliko god je to izvedivo), posebice na kratkim udaljenostima (slika 58).



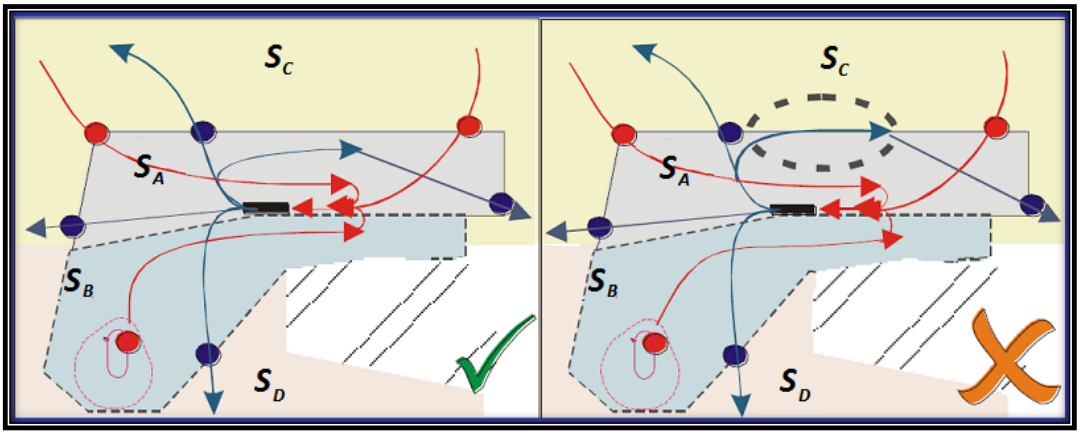
Slika 58: *Shematski prikaz poželjnog (kontinuiranog) i nepoželjnog (stepenastog) spuštanja [2].*

Sljedeće dvije smjernice su vrlo sličnog karaktera i iznimno su važne ukoliko se želi izbjeći nepotrebna koordinacija. Naime, zaštićen zračni prostor oko holding područja trebao bi se nalaziti samo u jednom sektoru (slika 59) te zaštićeni zračni prostor koji zauzimaju terminalne rute, također bi se trebao nalaziti unutar granica samo jednog sektora.



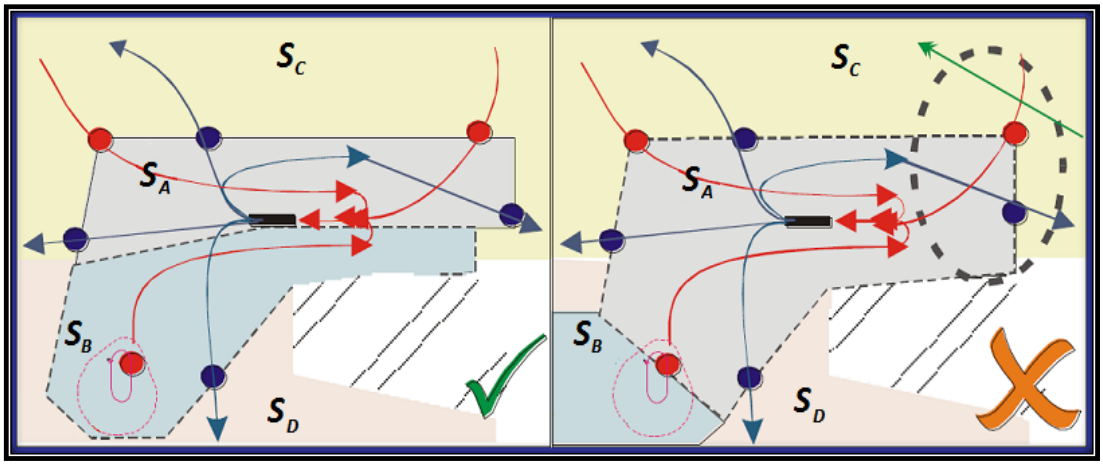
Slika 59: *Shematski prikaz poželjnog/nepoželjnog položaja holding područja unutar/izvan granica sektora [2].*

Sa ciljem sprječavanja neovlaštenih penetracija u sektor, zračni prostor kojeg zauzimaju terminalne rute morao bi biti smješten podalje od TMA granica, odnosno centralne linije ruta ne bi se smjele podudarati s granicama sektora (slika 60). Pod tim se podrazumijeva da bi zrakoplov nakon polijetanja i izvršenog zaokreta trebao ostati unutar tog istog sektora, jer će ga u suprotnom morati na kratko vrijeme obrađivati kontrolori odgovorni za susjedan sektor. U slučajevima gdje je očekivano ekstenzivno taktičko vektoriranje unutar određenog sektora, preporuča se dizajniranje sektorskih granica na onaj način koji minimizira potrebu za koordinacijom između tih sektora.



Slika 60: *Shematski prikaz poželjnog/nepoželjnog položaja terminalnih ruta u odnosu na granice sektora [2].*

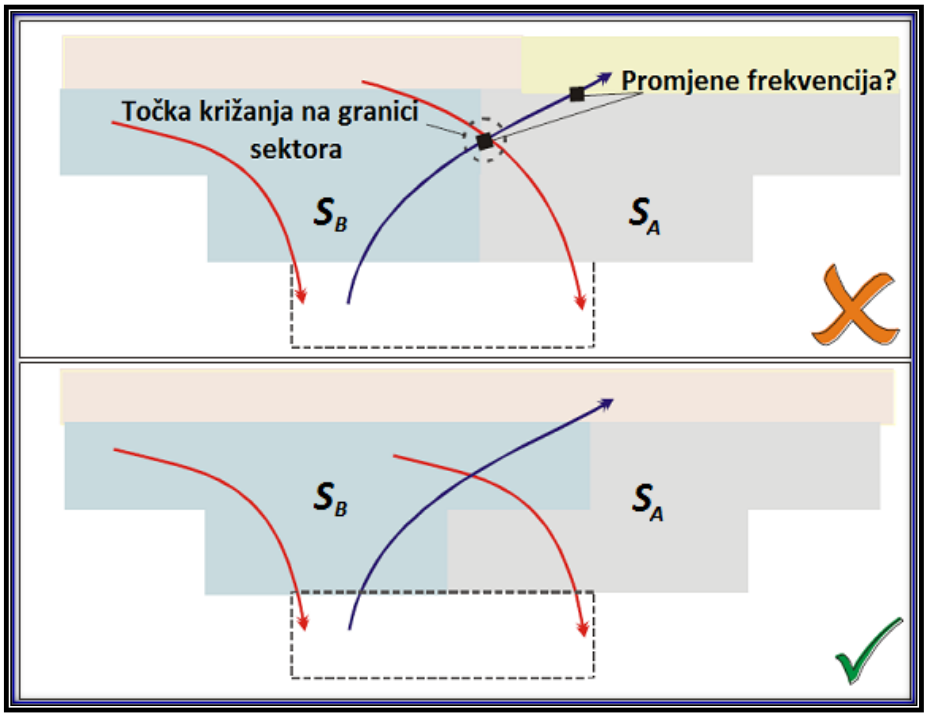
Sljedeće vrlo važne smjernice TMA sektorizacije se odnose na osiguravanje minimalne operativne kompleksnosti. To se između ostalog postiže izbjegavanjem dizajniranja izoliranih sektora u odnosu na susjedne im sektore. Tu smjernicu treba pomno razmotriti jer treba na optimalan način dizajnirati rute i holding područja koja mogu imati utjecaj na sigurnost susjednog, ali i vlastitog sektora. Zbog toga bi točke križanja terminalnih i/ili drugih ruta trebale biti udaljene na odgovarajućoj udaljenosti od granica sektora (koliko god je to izvedivo) kako bi kontrolor imao dovoljno vremena za rješavanje potencijalnog konflikta (slika 61).



Slika 61: *Shematski prikaz nepoželjnog položaja točaka križanja ruta u blizini granica sektora [2].*

Kada se govori o minimiziranju operativne kompleksnosti TMA sektora, valja napomenuti da vertikalne granice geografski definiranog sektora ne moraju biti uniformirane, odnosno ne moraju biti fiksno vezane za gornju ili donju razinu, što znači da se vertikalne granice sektora ne moraju nužno podudarati s vertikalnim granicama susjednih (horizontalnih) sektora (slika 62). Jedna smjernica TMA sektorizacije je ekvivalentna smjernici dizajniranja

TMA struktura, a odnosi se na zabrane ili rezervacije zračnog prostora koje su prisutne iznad ili ispod granica TMA sektora. Postavljanje zaštitnog sloja je također preporučljivo iz sigurnosnih razloga.

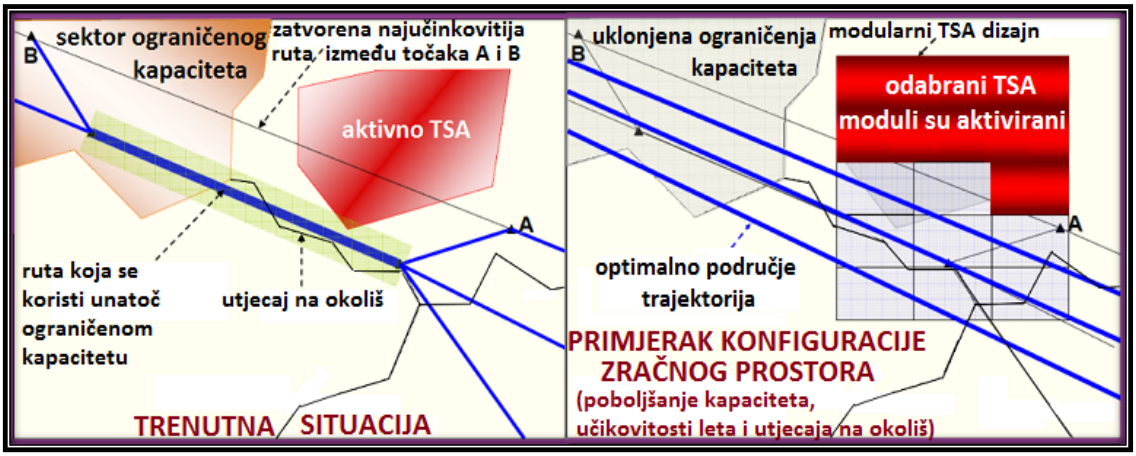


Slika 62: *Shematski prikaz fleksibilnog dizajniranja granica sektora [2] (prilagodio autor).*

Vrlo slično shematskom prikazu sjedinjavanja susjednih terminalnih zračnih prostora u jedan terminalni blok (slika 55), fleksibilnost dizajniranja granica sektora je od iznimne važnosti ukoliko se žele ostvariti sve beneficije zračnog prostora. Pod tim se prvenstveno podrazumijeva dizajniranje zračnog prostora neovisno o državnim granicama, odnosno granice sektora bi trebale biti prilagođene operativnim zahtjevima, a ne državnim granicama.

Još jedna od vrlo bitnih smjernica je potencijalna kombinacija sektora koja mora biti pomno razmotrena prilikom određivanja konfiguracije sektora. Pod tim se podrazumijeva da potencijalne vertikalne i horizontalne granice sektora moraju biti konfigurirane na način koji je pogodan mogućim promjenama u prometnoj potražnji. Na slici 63 mogu se vidjeti određene prednosti primjenom odgovarajuće konfiguracije zračnog prostora. Općenito, bilo koja konfiguracija zračnog prostora[30] mora osigurati minimalnu operativnu kompleksnost.

[30] Konfiguracija zračnog prostora odnosi se na unaprijed definiranu i koordiniranu organizaciju ATS mreže ruta (engl. *ATS Route Network* – ARN) i/ili terminalnih ruta (s pripadajućim strukturama zračnog prostora koje mogu



Slika 63: *Poboljšanje učinkovitosti odabirom optimalne konfiguracije zračnog prostora [32] (prilagodio autor).*

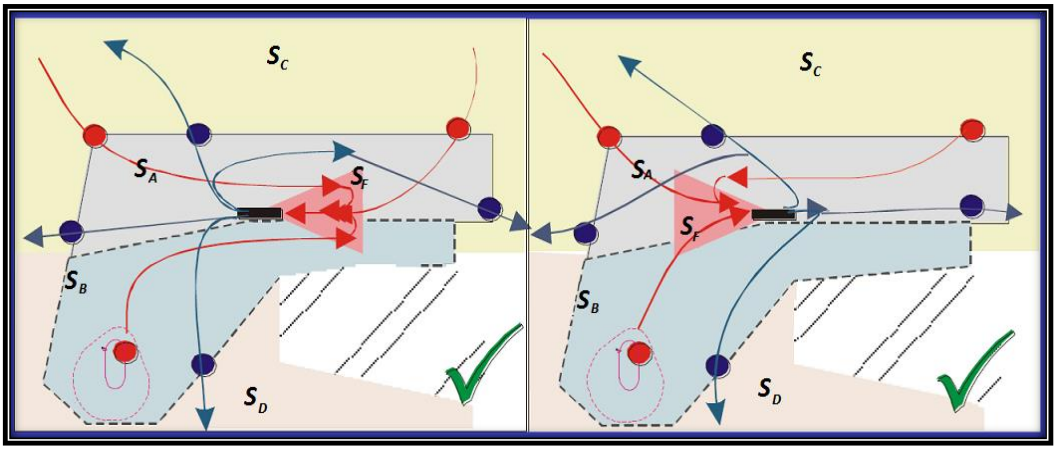
Na desnoj strani slike može se uočiti kako je privremeno izdvojeno područje (TSA) podijeljeno u module, odnosno manje dijelove zračnog prostora od kojih nisu svi zauzeti prometom na određenim razinama leta što omogućuje prolazak zrakoplova tim zračnim prostorom u puno većem broju. To još jednom potvrđuje koliko optimalna konfiguracija zračnog prostora (sektora) igra ulogu u ukupnoj ATM učinkovitosti.

Nadalje, geografski definirani sektori koji prethode onim sektorima gdje se odvija spajanje prometnih tokova u jednoj točki, trebaju biti dizajnirani tako da obuhvate glavne prometne tokove sa ciljem njihovog postupnog približavanja prema željenoj točki. Zračni prostor zauzima velike dimenzije, te se zbog velikih brzina zrakoplova takve akcije moraju poduzimati postupno i na vrijeme.

Vrlo je bitno da konfiguracija geografski definiranih sektora, koliko je god to izvedivo, ostane konstantna bez obzira na uzletno-sletnu stazu (RWY) u upotrebi (slika 64). Tom smjernicom se žele izbjeći nepotrebna koordinacija između „uzlaznih“ i „silaznih“ sektora te kompleksne promjene u sustavima obrade podataka s leta (FDPS) i sustavima obrade radarskih podataka (RDPS). Time se značajno olakšava posao kontroloru zračnog prometa. Naravno,

uključivati privremene rezervacije zračnog prostora) te ATC sektorizaciju. Glavni strateški ciljevi konfiguracije zračnog prostora na mrežnoj razini tiču se kapaciteta, učinkovitosti leta te zaštite okoliša. Konfiguracije zračnog prostora proizlaze iz poboljšanja organizacije samog zračnog prostora i upravljanja mrežom zračnog prostora [32].

ukoliko postoji FAD sektor, odnosno sektor završnog prilaza, isti bi morao biti promijenjen prilikom promjene RWY.



Slika 64: *Shematski prikaz zadržavanja iste konfiguracije sektora unatoč promjeni strane prilaženja uzletno-sletnoj stazi [2].*

I na posljetku, jedna smjernica ekvivalentna navedenoj smjernici dizajniranja TMA struktura, kaže da bi se gornja granica sektora trebala podudarati s nižom granicom superponirajućeg sektora sa ciljem pružanja kontinuirane zaštite IFR dijelova leta. Na taj način se izbjegavaju „rupe“ u zračnom prostoru i povećava cjelokupna ATM učinkovitost.

4. Dizajn i organizacija sektora u Republici Hrvatskoj

Na temelju ranijih poglavlja može se zaključiti kako je ispravan dizajn svih zračnih struktura pa i samih sektora ključan za sigurno odvijanje zračnog prometa. Sektori zračnog prostora prvenstveno moraju biti dizajnirani kako bi kontrolori imali dovoljno vremena za opskrbljivanje pilota važnim informacijama i upravljanje zračnim prometom. Osim toga, konfiguracija samih sektora u određenom trenutku isključivo mora biti odabrana prema trenutnoj prometnoj potražnji, koja za sobom povlači definiranu razinu kompleksnosti prometa unutar samog sektora.

Zahtjevi za klasifikaciju zračnog prostora kao što je spomenuto ranije, propisani su u ICAO Aneksu 11. Pod tim se podrazumijeva svrstavanje određenih dijelova zračnog prostora u odabrane ICAO klase, a sama svrha klasifikacije predstavlja opisivanje uvjeta korištenja pojedinih dijelova zračnog prostora i informiranje pilota o uslugama koje su dostupne u određenoj klasi zračnog prostora. Nakon klasifikacije zračnog prostora u Republici Hrvatskoj (prva cjelina), pobliže je objašnjena operativna podjela zračnog prostora Republike Hrvatske (druga cjelina), konfiguracije sektora Republike Hrvatske (treća cjelina), nacionalni dionici (četvrta cjelina) te statistički podaci o ostvarenom IFR i VFR prometu (peta cjelina).

4.1. Klasifikacija zračnog prostora u Republici Hrvatskoj

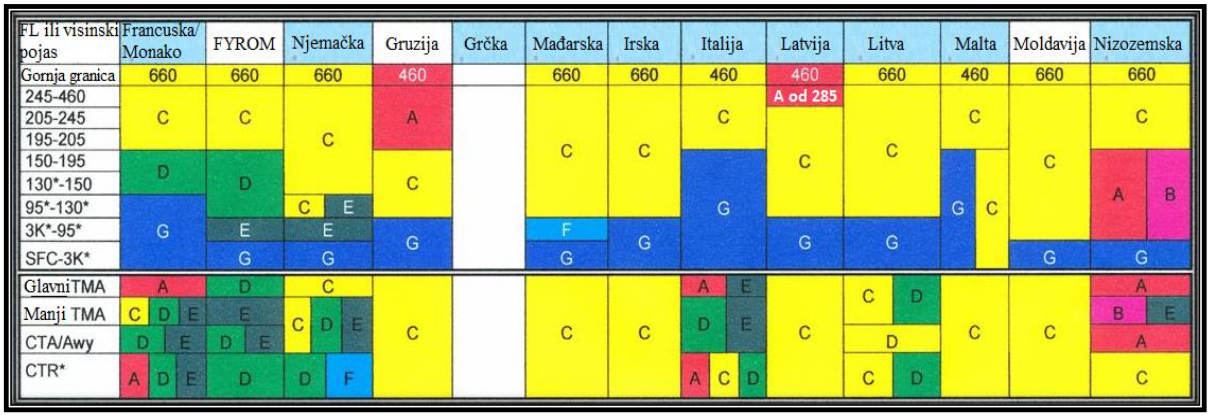
Kao što je spomenuto ranije, ICAO je definirao podjelu zračnog prostora na kontrolirani i nekontrolirani zračni prostor. Svaka klasa zračnog prostora obuhvaća točno određena pravila, ograničenja, te zahtjeve pri komunikaciji između zrakoplova i službe kontrole zračnog prometa. Klase zračnog prostora se odnose na ograničenja, informacije, instrukcije, davanje odobrenja te savjetovanja u letu. U tablici 5 prikazana je ICAO klasifikacija zračnog prostora.

ATS zračni prostor mora biti klasificiran i određen u skladu sa sljedećim stvarima:

1) klasa **A** – dopušteni su jedino IFR letovi, a svim zrakoplovima se pruža usluga kontrole zračnog prometa te se međusobno razdvajaju svi zrakoplovi;
2) klasa **B** – dopušteni su IFR i VFR letovi, a svim zrakoplovima se pruža usluga kontrole zračnog prometa te se međusobno razdvajaju svi zrakoplovi;

3) klasa **C** – dopušteni su IFR i VFR letovi, a svim zrakoplovima se pruža usluga kontrole zračnog prometa. IFR letovi se razdvajaju od ostalih IFR i VFR letova. VFR letovi se razdvajaju od IFR letova te primaju informacije o ostalim VFR letovima;
4) klasa **D** – dopušteni su IFR i VFR letovi, a svim zrakoplovima se pruža usluga kontrole zračnog prometa. IFR letovi se razdvajaju od ostalih IFR letova te primaju informacije o ostalim VFR letovima, dok VFR letovi primaju informacije o svim ostalim letovima;
5) klasa **E** – dopušteni su IFR i VFR letovi. IFR letovima se pruža usluga kontrole zračnog prometa te se razdvajaju od ostalih IFR letova. Svi letovi primaju informacije o prometu te klasa E ne smije biti korištena unutar CTR-a;
6) klasa **F** – dopušteni su IFR i VFR letovi te se svim IFR letovima pruža usluga savjetodavne službe i službe letnih informacija ukoliko je to zatraženo;
7) klasa **G** – dopušteni su IFR i VFR letovi te se pružaju usluge letnih informacija ukoliko je to zatraženo [27].

Prilikom definiranja klase zračnog prostora potrebno je naglasiti da nadležne zrakoplovne vlasti određene države imaju mogućnost prilagodbe. To znači da iste nisu obavezne koristiti sve klase koje je predložio ICAO, već samo one koje se smatraju potrebnim. Isto tako je vrlo bitno naglasiti da određeni zračni prostor može imati isključivo jednu definiranu klasu, ali ukoliko nadležne zrakoplovne vlasti smatraju da im je klasificiranje zračnog prostora nepotrebno, iste mogu neki dio ili čak cijeli zračni prostor proglasiti neklasificiranim (primjerice Azerbajdžan, Grčka ili Turska – slika 65).



Slika 65: *Shematski prikaz klasifikacije dijela europskog zračnog prostora [34] (prilagodio autor).*

Tablica 5: *ICAO klasifikacija zračnog prostora*

		Kontrolirani zračni prostor					Nekontrolirani zračni prostor	
		A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**
IFR	**Razdvajanje**	Svih zrakoplova	Svih zrakoplova	IFR od IFR IFR od VFR	IFR od IFR	IFR od IFR	IFR od IFR dokle god je moguće	Ne pruža se
	Nivo pružanja usluga	Usluga kontrole zračnog prometa	Usluga kontrole zračnog prometa	Usluga kontrole zračnog prometa	Usluga kontrole zračnog prometa, informacija o VFR prometu	Usluga kontrole zračnog prometa i dokle god je moguće informacija o VFR prometu	Savjetodavne usluge	Usluga informiranja o letu
	Ograničenja brzine	NE	NE	NE	Ne više od 250 kt IAS ispod 3 050 m (10 000 ft) AMSL	Ne više od 250 kt IAS ispod 3 050 m (10 000 ft) AMSL	Ne više od 250 kt IAS ispod 3 050 m (10 000 ft) AMSL	Ne više od 250 kt IAS ispod 3 050 m (10 000 ft) AMSL
	Radio veza	Neprekidna dvosmjerna					Neprekidna dvosmjerna	
	ATC odobrenje	DA					NE	
VFR	**Razdvajanje**	VFR letovi nisu dozvoljeni	Svih zrakoplova	VFR od IFR	NE	NE	NE	
	Nivo pružanja usluge		Usluga kontrole zračnog prometa	Usluga kontrole zračnog prometa za razdvajanje od IFR informacija o prometu za VFR/VFR	Informacija o IFR/VFR i VFR/VFR prometu	Usluga informiranja o letu	Usluga informiranja o letu	Usluga informiranja o letu
	Ograničenje brzine		NE	Ne više od 250 kt IAS ispod 3 050 m (10 000 ft) AMSL	Ne više od 250 kt IAS ispod 3 050 m (10 000 ft) AMSL	Ne više od 250 kt IAS ispod 3 050 m (10 000 ft) AMSL	Ne više od 250 kt IAS ispod 3 050 m (10 000 ft) AMSL	Ne više od 250 kt IAS ispod 3 050 m (10 000 ft) AMSL
	Radio veza		Neprekidna dvosmjerna	Neprekidna dvosmjerna	Neprekidna dvosmjerna	NE	NE	NE
	ATC odobrenje		DA	DA	DA	NE	NE	NE

Izvor: [4].

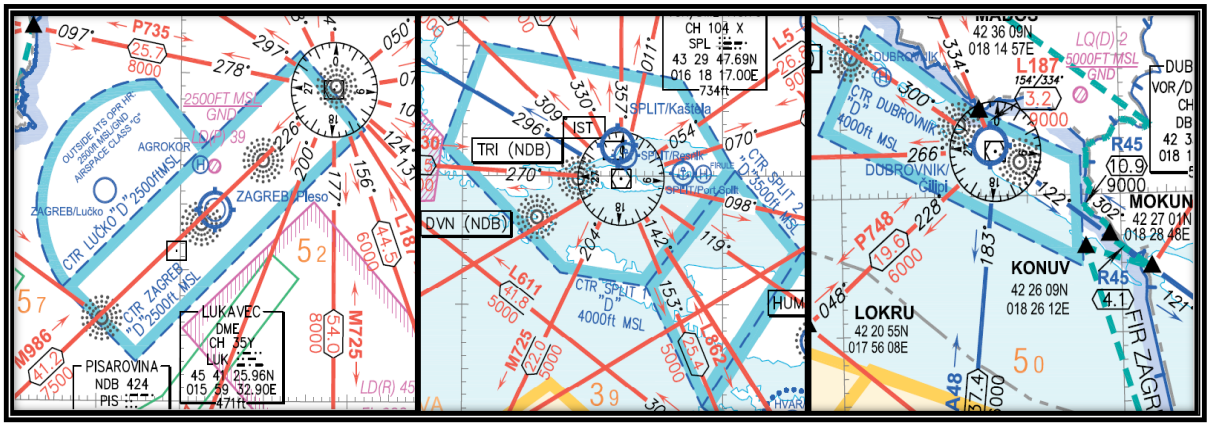
Na temelju slike 65 može se vidjeti kako različite države definiraju različite klase zračnog prostora ovisno o vlastitim potrebama. Ono što se može zaključiti je da su manje restriktivne klase najučestalije. Kada bi se uzele u obzir i druge zemlje čija klasifikacija zračnog prostora nije prikazana na navedenoj slici, uočila bi se još veća dominacija klase zračnog prostora C, ali tijekom godina države su mijenjale ustrojstvo klasa nad vlastitim teritorijem.

Primjerice, Albanija na nekim objavljenim shematskim prikazima klasifikacije zračnog prostora ima definirane C, D i G klase, dok na nekim prikazima je čitav zračni prostor prikazan kao neklasificiran. Još jedan dobar primjer je zračni prostor Grčke, koji je na slici 65. u cijelosti prikazan kao neklasificiran, a u stvari je Grčka implementirala reorganizaciju zračnog prostora Europske konferencije civilnog zrakoplovstva (engl. *European Civil Aviation Conference* – ECAC) kako bi se osigurala primjena uobičajene ICAO ATS klasifikacije iznad zajednički dogovorene razine leta (FL 195 – FL 460 je klasificiran kao klasa C). Takve promjene još jednom ukazuju na vrlo dinamičan razvoj europskog zračnog prometa. U Republici Hrvatskoj su definirane klase zračnog prostora C, D i G (na slici 67 prikazana je podjela zračnog prostora Republike Hrvatske na klase u FIR-u Zagreb). To znači da Republika Hrvatska ima dvije klase kontroliranog i jednu klasu nekontroliranog zračnog prostora.

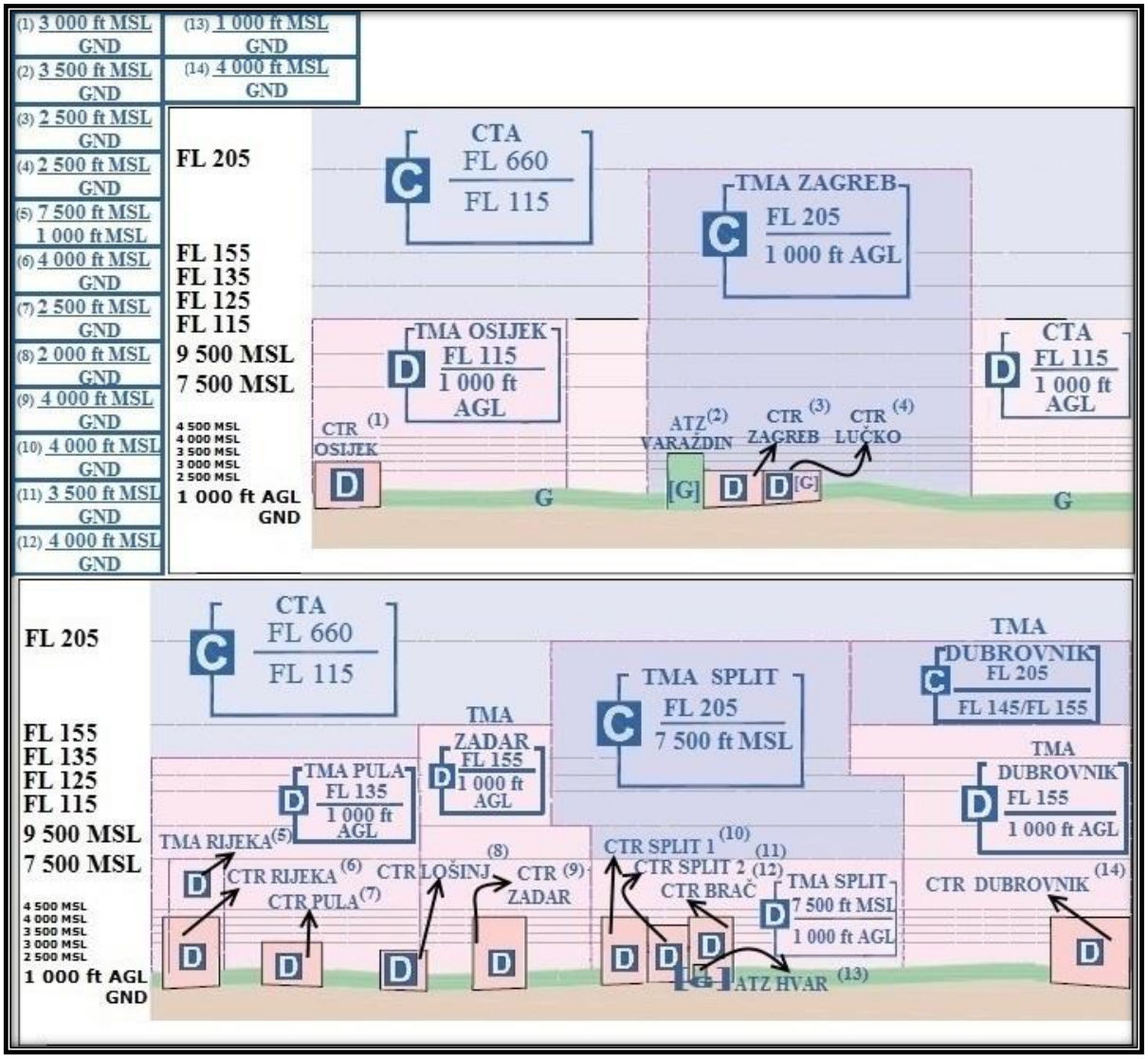
Klasifikacija zračnog prostora Republike Hrvatske je sljedeća:

1) zračni prostor klase **C** koji se odnosi na:
    a) CTA Zagreb od FL 115 do FL 660;
    b) zračni prostor unutar lateralnih granica TMA Zagreb između 1 000 ft visine iznad razine zemlje (engl. *Above Ground Level* – AGL) i FL 205;
    c) zračni prostor unutar lateralnih granica TMA Split između 9 500 ft AMSL/FL 155 i FL 205;
    d) zračni prostor unutar lateralnih granica TMA Dubrovnik između FL 145/FL 155 i FL 205;
2) zračni prostor klase **D** koji se odnosi na:
    a) CTA Zagreb između FL 115 i 1 000 ft AGL;
    b) TMA Pula, TMA Dubrovnik, TMA Rijeka, TMA Zadar i TMA Osijek unutar njihovih lateralnih i vertikalnih granica;
    c) dio zračnog prostora TMA Split između 1 000 ft AGL i 4 500 ft AGL;
    d) dio zračnog prostora TMA Dubrovnik između 1 000 ft AGL i FL 155;
    e) svi hrvatski CTR-ovi unutar njihovih lateralnih i vertikalnih granica (na slici 66 mogu se vidjeti kontrolirane zone triju najvećih hrvatskih zračnih luka – CTR Zagreb, CTR Split i CTR Dubrovnik);

3) zračni prostor klase **G** koji se odnosi na lateralne granice Zagreb FIR-a uz izuzeće CTR-ova od tla do 1 000 ft AGL [35].



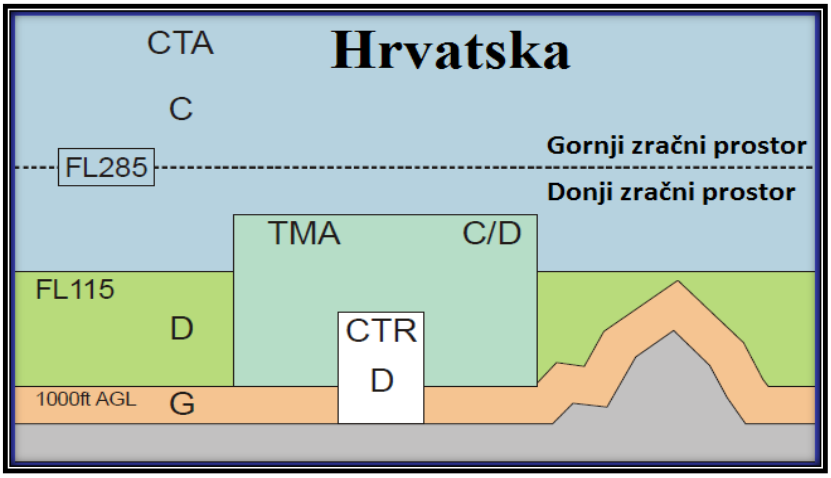
Slika 66: *Kontrolirane zone zračnih luka Zagreb, Split i Dubrovnik [36].*



Slika 67: *Organizacija zračnog prostora FIR-a Zagreb [37] (prilagodio autor).*

Važno je napomenuti neke promjene i različitosti koje su objavljene u dokumentu o lokalnoj implementaciji jedinstvenog zračnog prostora za Republiku Hrvatsku (engl. *Local Single Sky ImPlementation* – LSSIP) u 2015. godini, kojeg je objavio EUROCONTROL 12.4.2016. i AIP-a Hrvatske kontrole zračne plovidbe (engl. *Croatian Control Ltd.* – CCL) koji je na snazi od 26.5.2016. godine. Naime, na prethodnoj slici koja uvelike korespondira s podacima objavljenim u LSSIP-u, određeni dijelovi zračnog prostora nisu klasificirani kao što je to objavljeno u AIP-u Hrvatske kontrole zračne plovidbe. Primjerice, u AIP-u je objavljeno kako TMA Pula ima klasu zračnog prostora C od 7 500 MSL do FL 115 (unutar zračnog prostora gdje se isprepliću TMA Zadar i TMA Pula) i od 7 500 MSL do FL 135 (unutar samog TMA Pula), dok u LSSIP-u TMA Pula ima izričito D klasu unutar svojih lateralnih i vertikalnih granica. Nadalje, u LSSIP-u TMA Zadar ima izričito D klasu unutar svojih lateralnih i vertikalnih granica, a u AIP-u je objavljeno da TMA Zadar ima klasu C od 7 500 ft MSL do gornjih granica FL 155 i od FL 115 do FL-155 te od 7 500 ft MSL do 9 500 ft MSL (zavisno o položaju zračnog prostora). Isto tako i unutar TMA Dubrovnik postoje određene korekcije. U LSSIP-u TMA Dubrovnik ima klasu C od FL 145/FL 155 do FL 205, a u AIP-u je objavljeno da, zavisno o koordinatama, TMA Dubrovnik ima klasu C i na područjima nižih granica FL 125 i od 7 500 ft MSL do FL 205.

Ono što je važno napomenuti jest da se u Republici Hrvatskoj nekontrolirani zračni prostor klase G prostire do najviše 1 000 ft AGL, a FL 285 se uzima kao granična razina leta koja odvaja donji i gornji zračni prostor (slika 68). Važno je napomenuti da nemaju sve države jednake vrijednosti za graničnu razinu leta i visinu G sloja.



Slika 68: *Podjela razina leta Republike Hrvatske [35] (prilagodio autor).*

4.2. Operativna podjela zračnog prostora Republike Hrvatske

Općenito, zračni prostor se operativno dijeli na horizontalni i vertikalni zračni prostor. Osim te osnovne operativne podjele, vrlo je bitna podjela zračnog prostora Republike Hrvatske na osnovne sektore (*South*, *West*, *North*, *Adria* (West + South) te *High/Top Central* sektor) unutar kojih se pružaju ACC usluge.

4.2.1. Horizontalna podjela zračnog prostora Republike Hrvatske

Pod horizontalnom podjelom zračnog prostora podrazumijeva se podjela zračnog prostora na kontrolirani zračni prostor, zračni prostor u kojem je letenje posebno regulirano te nekontrolirani zračni prostor.

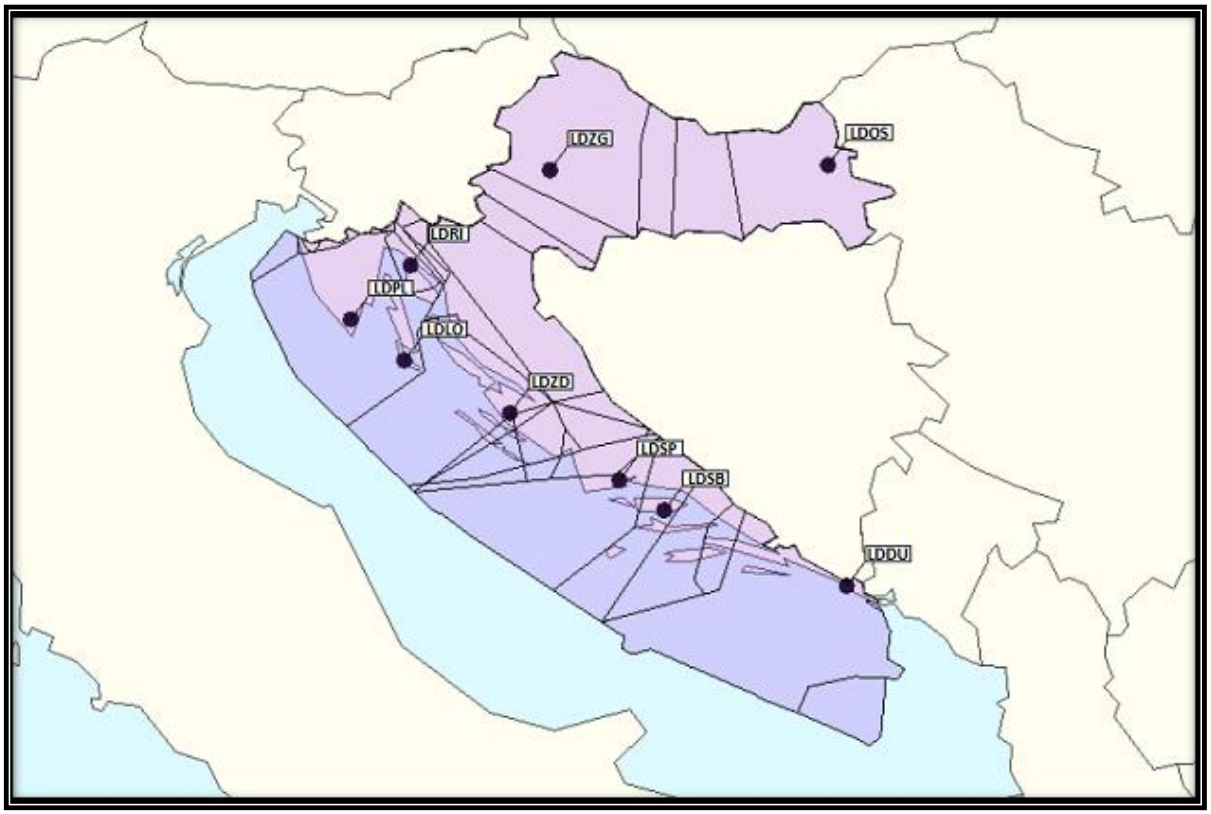
4.2.1.1. Kontrolirani zračni prostor Republike Hrvatske

Kontroliranim zračnim prostorom se smatra onaj zračni prostor u kojem se pružaju usluge ATC-a u skladu s ICAO klasifikacijom zračnog prostora, a dijeli se na FIR, CTA, TMA, CTR, AWY te granično ulazno-izlazne koridore.

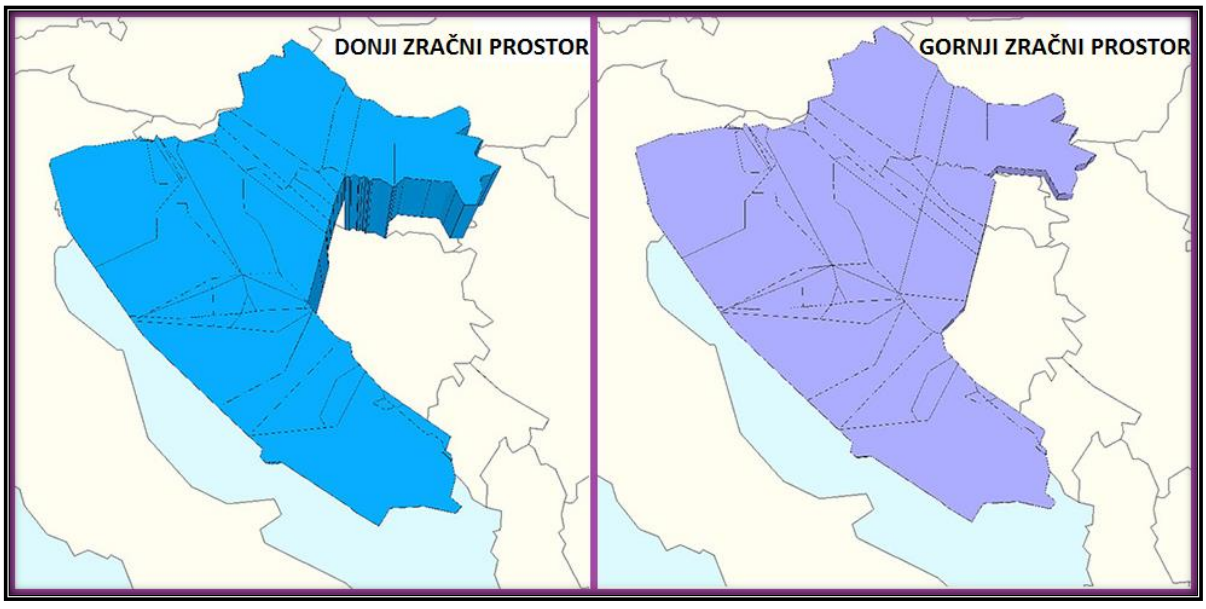
Područje letnih informacija (FIR) predstavlja dio zračnog prostora u kojem svim zrakoplovima moraju biti osigurane usluge informiranja o letu te usluge uzbunjivanja. Područje letnih informacija treba sadržavati zračni prostor unutar svojih horizontalnih granica osim onog koji pripada gornjem području letnih informacija (UIR) [4]. Na slici 69 prikazan je Zagreb FIR.

Kontroliran zračni prostor (CTA) je dio zračnog prostora koji se proteže od prethodno definirane granice u kojem djeluju službe kontrole zračnog prometa. Područje CTA predstavlja dio zračnog prostora u kojem svim IFR zrakoplovima moraju biti pružene ATC usluge. Područja kontrole zračnog prometa su dijelovi zračnog prostora koji se nalaze iznad TMA, CTR te iznad ili oko „D“, „P“ i „R“ zona. Oblik i dimenzije ATC područja nisu standardizirane, već ovise o konfiguraciji AWY, mreži aerodroma i frekvenciji prometa [4]. Na slici 70 prikazan je CTA za koji je odgovorna CCL.

Završna kontrolirana oblast (TMA) je definirana određenim parametrima. Shematske razlike TMA već su prikazane (slika 52), a na slici 71 mogu se vidjeti završne kontrolirane oblasti triju najvećih hrvatskih zračnih luka – TMA Zagreb, TMA Split i TMA Dubrovnik.

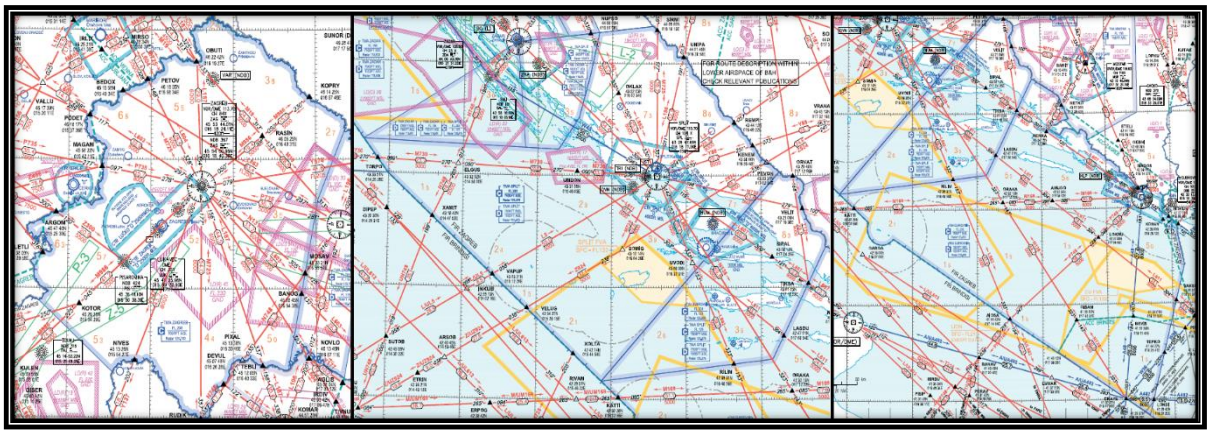


Slika 69: *Zagreb FIR [35].*



Slika 70: *Područje odgovornosti ACC Zagreb za donji i gornji zračni prostor [38].*

Kontrolirana zona zračne luke (CTR) je dio zračnog prostora koji se horizontalno proteže najmanje 5 NM od središnje točke zračne luke u smjeru iz kojeg se prilazi slijetanju. U CTR-u može biti smješteno više zračnih luka u neposrednoj blizini, a zračni prostor CTR-a se vertikalno proteže od površine zemlje do određene apsolutne visine, čija se gornja granica utvrđuje za svaku zračnu luku, ovisno o visinama i broju zapreka koje se nalaze u blizini zračne luke ili unutar TMA [4]. Primjerice, CTR-ovi hrvatskih zračnih luka protežu se od 2 000 ft MSL do 4 000 ft MSL u odnosu na tlo (engl. *ground* – GND).



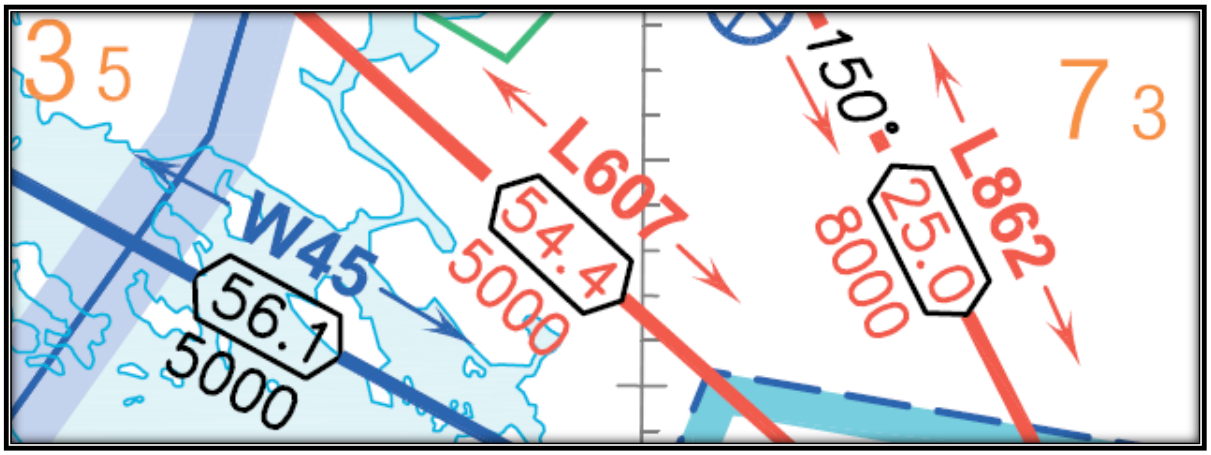
Slika 71: *Završne kontrolirane oblasti zračnih luka Zagreb, Split i Dubrovnik [36].*

Na slici 71 mogu se primijetiti žute linije koje zatvaraju određen zračni prostor, odnosno specijalno područje na Jadranu unutar kojeg se odvijaju operacije Organizacije Sjeveroatlantskog ugovora (engl. *North Atlantic Treaty Organization* – NATO).

Zračni put (AWY) je određeni dio zračnog prostora kojim se odvija zračna plovidba pod kontrolom organa ATC-a. Zračni put je širok 10 NM, ali zbog dodatnog zaštitnog prostora širine 2,5 NM sa svake strane, ukupna širina je 15 NM. Zračni prostor zračnog puta počinje od visine 1 000 ft iznad površine zemlje ili mora, a proteže se neograničeno u vis. Ono što je važno napomenuti je da AWY može biti dvosmjeran i jednosmjeran, te da se civilni zračni promet odvija isključivo njima. Osim toga, svaki AWY mora biti obilježen jednim slovom abecede i znamenkom od 1 do 999 u skladu s međunarodnim dogovorima i normama (na slici 72 mogu se vidjeti označeni zračni putevi). U skladu s Aneksom 11, ovisno o korištenju rute, sljedeća slova se koriste prilikom označavanja istih:

1) A, B, G, R – rute koje su dio regionalne mreže ruta i ne predstavljaju rute prostorne navigacije (RNAV);

2) L, M, N, P – rute koje su dio regionalne mreže ruta i predstavljaju RNAV rute;
3) H, J V, W – rute koje ne predstavljaju RNAV rute;
4) Q, T, Y, Z – RNAV rute [4].



Slika 72: *Pravilno označavanje zračnih puteva [36].*

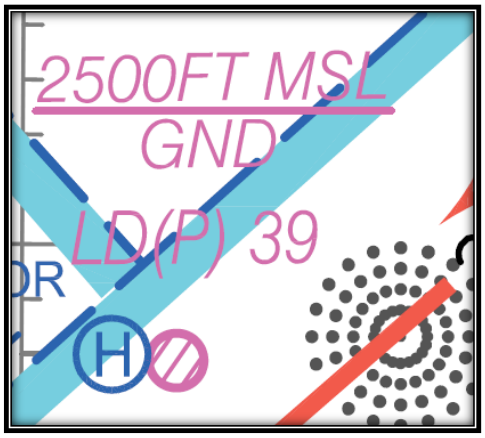
Zračni putevi naznačeni plavom bojom označuju niže ATS rute dok crvene rute predstavljaju RNAV rute. Broj unutar šesterokuta označuje udaljenost u nautičkim miljama (u odnosu na sljedeću točku izvješćivanja), a broj ispod označuje minimalnu visinu nadvišenja prepreka (engl. *Minimum Obstacle Clearance Altitude* – MOCA).

Granični ulazno-izlazni koridori su dio zračnog prostora jednake širine i visine kao i ostali zračni putevi, ali u suštini predstavljaju početak ili kraj utvrđenog zračnog puta unutar granica određene države. Ti koridori su također obilježeni radionavigacijskim uređajima te geografskim koordinatama.

4.2.1.2. Zračni prostor Republike Hrvatske u kojem je letenje posebno regulirano

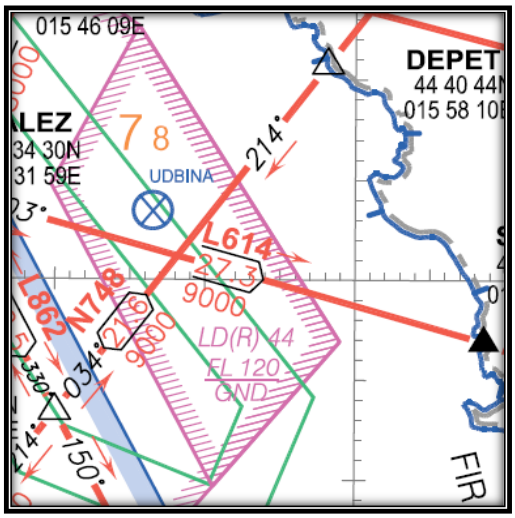
Pravo svake države je da u interesu nacionalne sigurnosti ograniči ili zabrani letenje u nekom dijelu zračnog prostora. Pod tim se podrazumijevaju „D“, „P“ i „R“ zone te TSA. Zabranjena zona (P) je dio zračnog prostora u kojem je let ili prelet preko dijela te zone bilo kojim sredstvom bezuvjetno zabranjen. Te zone podrazumijevaju važne industrijske zone ili vojne komplekse koji bi u slučaju pada zrakoplova mogli biti oštećeni uz katastrofalne posljedice. Na slici 73 je prikazana jedina „P“ zona u Republici Hrvatskoj (LDP39 ZAGREB (Žitnjak) označena malim rozim kružićem), radijusa 0,5 NM, koja je iznimno opasna budući da se radi petrokemijskom postrojenju koje u slučaju pada zrakoplova može uzrokovati

oslobađanje eksplozivnog plina, što može rezultirati katastrofalnim posljedicama. Prelazak zrakoplova preko zabranjene zone predstavlja težak prekršaj koji za sobom povlači izrazito stroge sankcije.



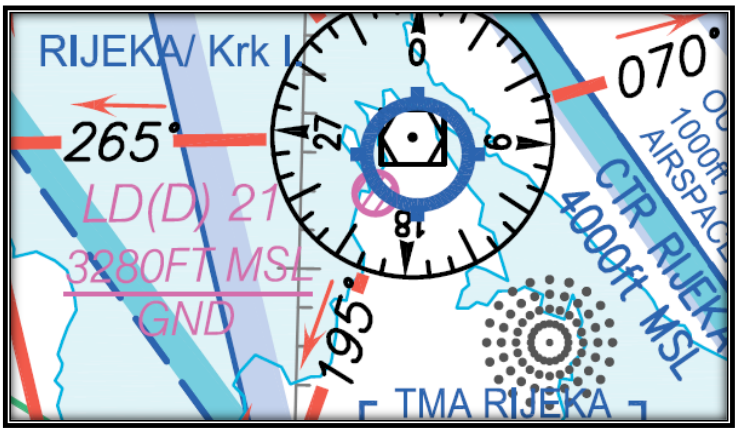
Slika 73: *Zabranjena zona LDP39 [36].*

Ograničene ili uvjetno zabranjene zone (R) predstavljaju nešto manje restriktivnije zračne prostore od „P“ zona, a podrazumijevaju dio zračnog prostora u kojem je letenje zabranjeno u točno određeno vrijeme i na određenim visinama. Kada nadležni organi aktiviraju tu zonu, bilo kakav prolazak preko iste predstavlja vrlo težak prekršaj koji podliježe sankcijama. Republika Hrvatska ima dvadesetak proglašenih „P“ zona, a na slici 74 prikazana je uvjetno zabranjena zona LDR44 UDBINA, koja predstavlja područje unutar kojeg se odvijaju vježbe protuzračne obrane te zona u kojoj su učestali padobranski skokovi.



Slika 74: *Uvjetno zabranjena zona LDR44 [36].*

Opasna zona (D) je još manje restriktivnija od prethodnih zona, a podrazumijeva zračni prostor u kojem se zabranjuje letenje u interesu sigurnosti samog zrakoplova. Republika Hrvatska ima četiri proglašene opasne zone, a na slici 75 prikazana je opasna zona LDD21 RIJEKA (OMIŠALJ) koja je naznačena rozim kružićem. Ta zona se nalazi unutar CTR Rijeka te je permanentno aktivna, a potencijalnu opasnost predstavlja moguće oslobađanje eksplozivnih plinova zbog naftnog terminala.



Slika 75: *Opasna zona LDD21 [36].*

Privremeno izdvojeno područje (TSA) predstavlja prostor utvrđenih dimenzija koji je pod nadležnošću korisnika (najčešće vojnih) kojeg ovlasti Nacionalno povjerenstvo za upravljanje zračnim prostorom (engl. *High Level Airspace Policy Body* – HLAPB) i koji se privremeno izdvaja za ekskluzivnu uporabu od strane određenog subjekta ili korisnika, te kroz koji zračni promet drugom korisniku neće biti dopušten. U Republici Hrvatskoj trenutno ne postoji niti jedna TSA zona [4].

4.2.1.3. Nekontrolirani zračni prostor Republike Hrvatske

Nekontroliranim zračnim prostorom (engl. *Unmanaged Airspace* – UMAS) se smatra sav onaj zračni prostor određene zemlje koji se nalazi izvan ili ispod donjih CTA granica. Drugi naziv za ovaj zračni prostor je tzv. sloj slobodnog letenja i prostire se od površine zemlje do 900 metara apsolutne visine ili 450 metara iznad terena, zavisno od toga što je veće. U okolini nekontroliranih aerodroma, UMAS se može definirati kao aerodromska prometna zona (engl. Aerodrome Traffic Zone – ATZ). Jedna od intencija europskih zrakoplovnih vlasti je podjela zračnog prostora na dva različita tipa. Zračni prostor bi se sastojao od kontroliranog zračnog prostora (engl. *Managed Airspace* – MAS), kod kojeg će sav zračni promet biti poznat ATC

sustavu i UMAS, kod kojeg sustav ATM-a neće kontrolirati zrakoplove koji lete u UMAS-u, osim ako operateri žele ispuniti plan leta [4]. Pod nazivom „nekontrolirani zračni prostor“, prva asocijacija vezana uz klasifikaciju zračnog prostora Republike Hrvatske je klasa zračnog prostora G koja spada u nekontrolirani zračni prostor do visine 1 000 ft AGL.

4.2.2. Vertikalna podjela zračnog prostora Republike Hrvatske

Kada se fokus promatranja zračnog prostora prebaci u vertikalnu dimenziju, može se uočiti nekoliko slojeva koji dijele zračni prostor u nekoliko dijelova. Prvi sloj je sloj slobodnog letenja koji se proteže od površine zemlje ili mora do 700 ft (200 m) visine ili do 3 000 ft (900 m) nadmorske visine, zavisi koja je od ovih visina viša. U tom zračnom prostoru se koriste isključivo VFR letovi budući je to nekontroliran zračni prostor. U Republici Hrvatskoj sloj slobodnog letenja (G sloj) prostire se do visine od 1 000 ft. Na taj sloj se nastavlja drugi sloj, odnosno donji zračni prostor koji se proteže od 1 000 ft nadmorske visine te se prostire iznad gornjih CTR i TMA granica do određenog FL-a. Gornja granica donjeg zračnog prostora je FL 285. Na taj sloj se nastavlja gornji zračni prostor koji se prostire od gornje granice donjeg zračnog prostora pa do FL-a 660 koji još ulazi unutar područja CTA Zagreb.

U operativnom smislu, kontrolirani zračni prostor se vertikalno može podijeliti na sljedeće razine leta:

1) sektor nižih razina leta (LOWER);
2) sektor srednjih razina leta (UPPER);
3) sektor viših razina leta (TOP);
4) sektor vrlo visokih razina leta (UPPER TOP) koji se koristi u Republici Hrvatskoj, te čija primjena je vrlo bitna prilikom odabira odgovarajuće sektorske konfiguracije (poglavlje 4.3.).

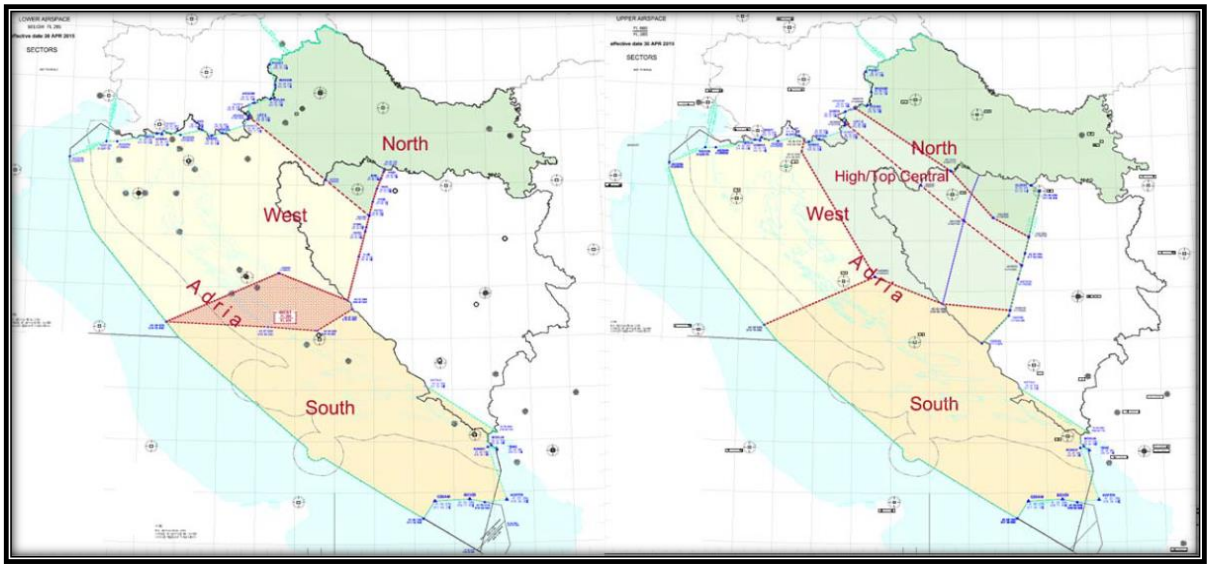
4.2.3. Geografska podjela FIR-a Zagreb

Zagreb ACC je odgovoran za pružanje ATS usluga za:

1) ENR promet unutar FIR-a Zagreb;
2) ENR promet unutar zapadnog dijela FIR-a Sarajevo iznad 9 500 ft MSL;

3) ENR promet unutar zapadnog dijela FIR-a Sarajevo od FL 325 do FL 660 [35].

Nakon osnivanja ACC-a Sarajevo 13.11.2014., pružanje ATS usluga velikog dijela LOWER zračnog prostora Bosne i Hercegovine preuzela je Agencija za pružanje usluga u zračnoj plovidbi Bosne i Hercegovine (engl. *Bosnia and Hercegovina Air Navigation Services Agency* – BHANSA). Zbog operativnih i sigurnosnih razloga te u skladu s međusobnim sporazumima, neki dijelovi zračnog prostora su zajednički delegirani između više ANSP-a. Ono što je bitno, a prikazano je na slici 76, je pružanje ATS usluga dijela teritorija Bosne i Hercegovine od strane CCL-a. FIR Zagreb je okružen FIR-ovima sedam zemalja – Mađarska (FIR Budimpešta), Slovenija (FIR Ljubljana i ACC Beč unutar delegiranog mu MURA sektora), Italija (FIR Padova i FIR Brindisi), Bosna i Hercegovina (FIR Sarajevo), Srbija (FIR Beograd) te Crna Gora [35].



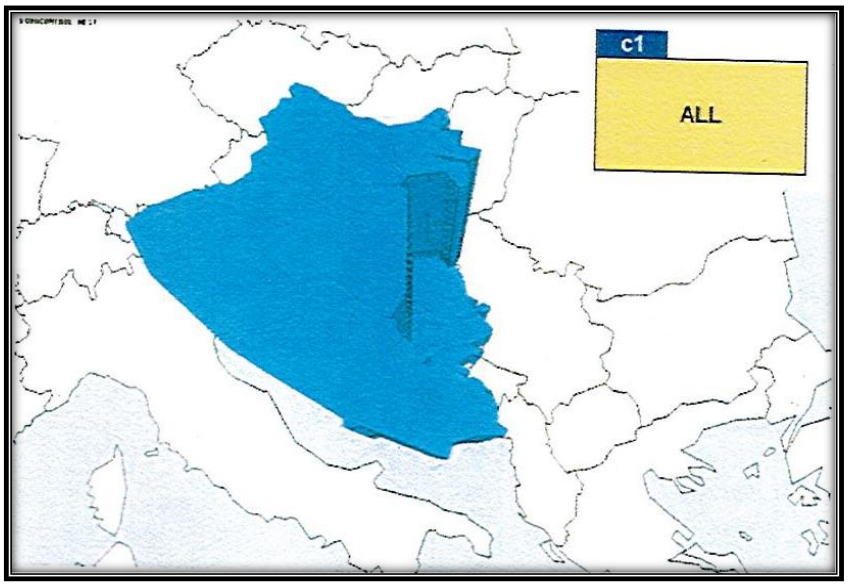
Slika 76: *Područje odgovornosti Hrvatske kontrole zračne plovidbe u LOWER i UPPER zračnom prostoru [35].*

Na lijevoj strani slike može se vidjeti područje odgovornosti (engl. *Area of Responsibility* – AoR) CCL-a za LOWER zračni prostor (iznad 9 500 ft MSL), a na desnoj za UPPER zračni prostor (FL 325 – FL 660). Ova podjela FIR-a Zagreb na sektore predstavlja temelj za odabir odgovarajuće sektorske konfiguracije u određenom trenutku.

4.3. Konfiguracije sektora zračnog prostora Republike Hrvatske

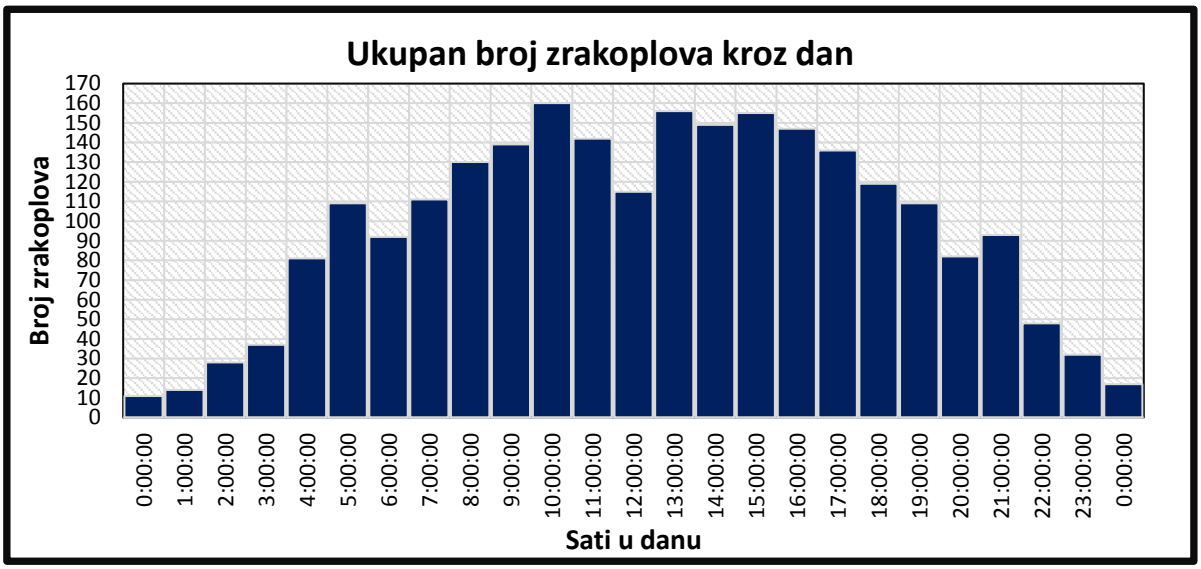
Kao što je vidljivo na slici 76, zračni prostor Republike Hrvatske podijeljen je na sektore unutar kojeg kontrolori Hrvatske kontrole zračne plovidbe pružaju ATC usluge te opslužuju

zrakoplove bitnim informacijama. Općenito, sektor predstavlja dio CTA i/ili područja letnih informacija FIR/UIR. Sektorizacija se može izvršiti i unutar TMA onih zračnih luka koje imaju specifične prilazne putanje. U poglavlju 2.8.4.3. objašnjene su definicije elementarnih i kolapsiranih sektora, čije je poimanje krucijalno prilikom tehnološkog procesa otvaranja sektora na taktičkoj razini. Tehnološki proces otvaranja sektora na taktičkoj razini podrazumijeva svakodnevno otvaranje sektora zavisno o prometnoj potražnji. Sektorsku konfiguraciju određuje nadzornik smjene u suradnji sa FMP kontrolorom, a ona može biti otvorena u točno određenom satu ili čak i minuti ako to zahtijeva prometna potražnja koja se pokazuje kao kritičnom u pojedinom dijelu sektora. Uzročno posljedične veze prometne potražnje i odabira pravilne sektorske konfiguracije su iznimno jake, a potražnja uvelike ovisi o broju raspoloživih kontrolora. Na slici 76 iscrtane su granice tzv. *High/Top Central* sektora koji se u gornjem zračnom prostoru otvara u trenutku kada je promet pojačan i kada odabrana sektorska konfiguracija s uključenim centralnim sektorom bolje odgovara trenutnoj prometnoj potražnji. Općenito, prometna potražnja na dnevnoj razini je najmanja tijekom noći, što podrazumijeva odabir najmanje kompleksne sektorske konfiguracije. U Centru oblasne kontrole zračnog prometa Zagreb, ta se sektorska konfiguracija zove „Basic“ odnosno „c1“ konfiguracija, te se sastoji od samo jednog sektora koji pokriva cijeli zračni prostor Republike Hrvatske za koji je odgovorna ACC Zagreb (slika 77). To znači da su za cijeli zračni prostor Republike Hrvatske u tom periodu odgovorna samo dva oblasna kontrolora zračnog prometa.



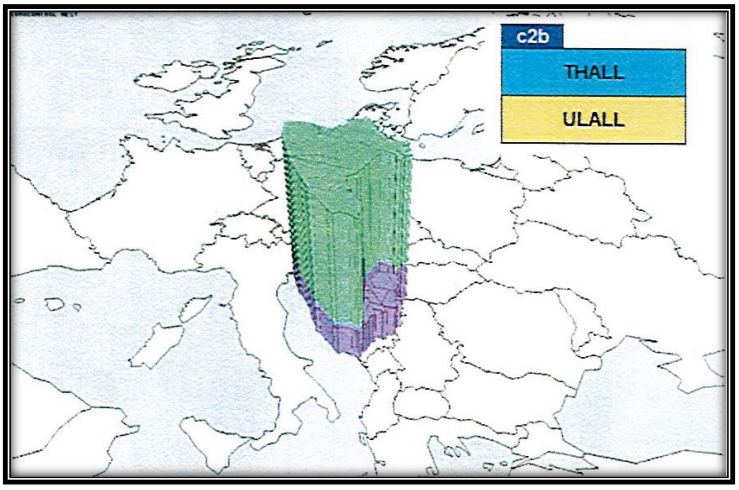
Slika 77: *Izgled „c1“ konfiguracije [4].*

Na grafikonu 2 može se vidjeti broj zrakoplova u satu u AoR-u Centra oblasne kontrole zračnog prometa Zagreb. Sektorska konfiguracija podrazumijeva odabir optimalne konfiguracije, što znači da se mora otvoriti ona konfiguracija koja zadovoljava prometnu potražnju, ali ne podrazumijeva i otvaranje pretjeranog broja sektora ako isti nisu i potrebni.

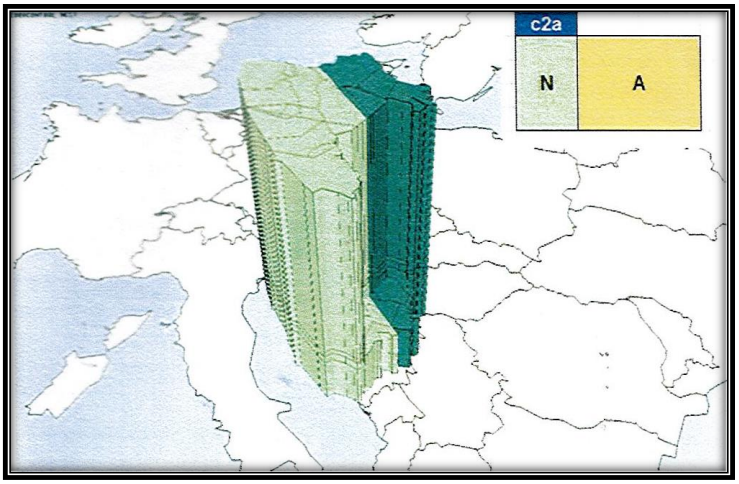


Grafikon 2: *Prikaz ukupnog broja zrakoplova kroz jedan dan za koji je odgovoran Centar oblasne kontrole zračnog prometa Zagreb [4] (prilagodio autor).*

Kao primjer, kapacitet „c1“ sektora je 48 zrakoplova po satu, te je vidljivo da već u petom stupcu (između četiri i pet sati ujutro po koordiniranom svjetskom vremenu) dolazi do preopterećenja koje traje gotovo cijeli dan. To znači da je evidentan nedostatak kapaciteta, što znači da konfiguracija od jednog sektora ne odgovara cjelodnevnoj potražnji. Nakon što se uspostavi da „c1“ konfiguracija ne udovoljava prometnoj potražnji, potrebno je otvoriti sljedeći sektor između 04:00 i 05:00 UTC kako bi se izbjeglo aktiviranje ATFCM regulacije. Postoji mogućnost otvaranja „c2a“ ili „c2b“ konfiguracije kao dva najjednostavnija oblika sektorske konfiguracije nakon „c1“. Na slici 78 je prikazana sektorska konfiguracija „c2b“, a na slici 79 je prikazana konfiguracija „c2a“. Ukoliko se uspostavi da ni te dvije sektorske konfiguracije ne predstavljaju optimalan odabir, odabire se sljedeća optimalna konfiguracija Ukoliko ni sve moguće varijacije sektorske konfiguracije s tri sektora ne udovoljavaju prometnoj potražnji, otvara se i četvrti sektor i tako sve dok se ne uspostavi zadovoljavajuća sektorska konfiguracija koja na najbolji način odgovara trenutnoj prometnoj potražnji. U Republici Hrvatskoj maksimalno se može otvoriti 12 sektora (slika 80), izuzevši konfiguracije s centralnim sektorom gdje se može postići konfiguracija od 14 sektora.

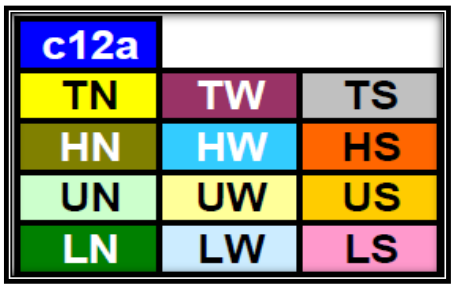


Slika 78: *Izgled „c2b“ konfiguracije [4].*

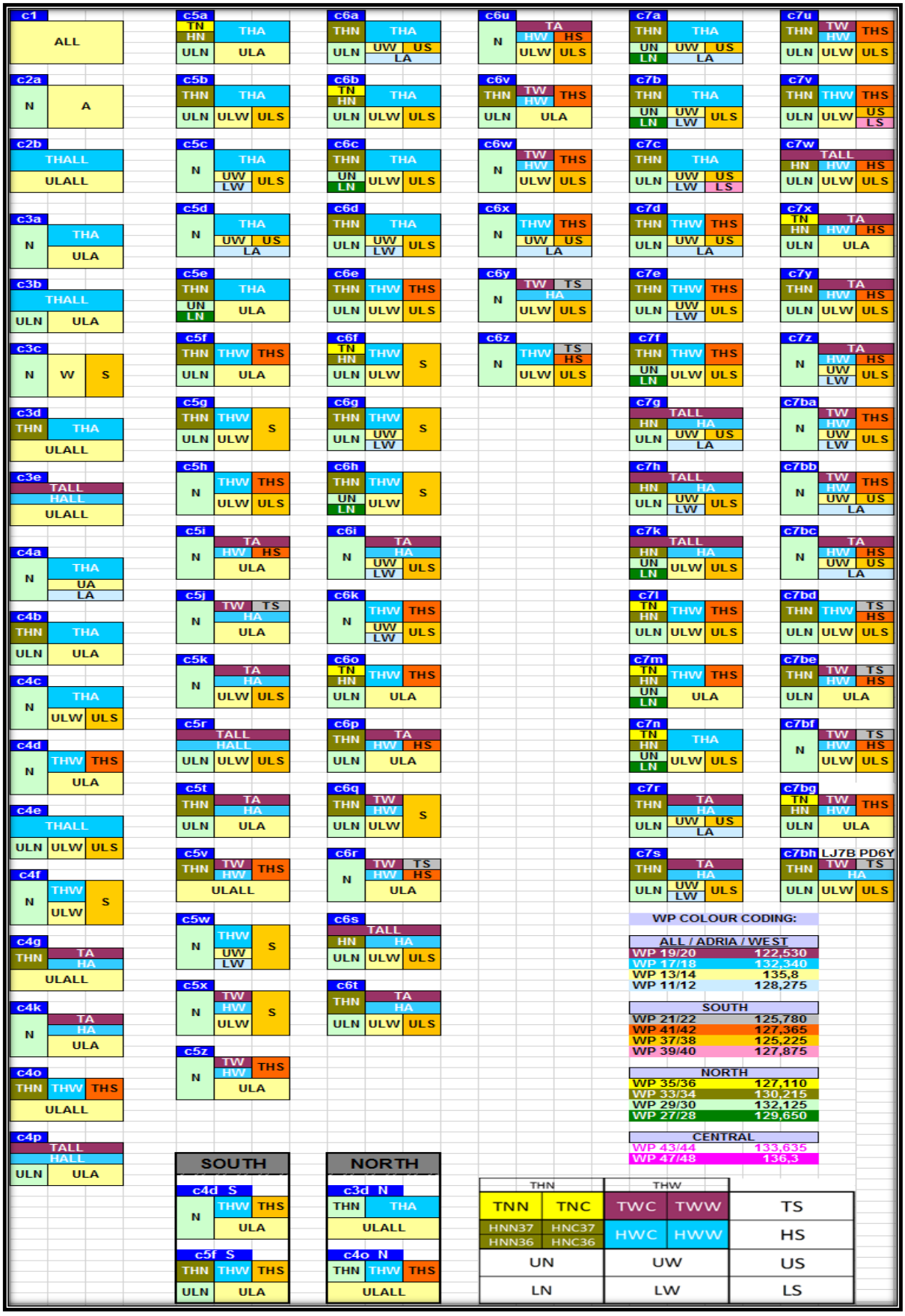


Slika 79: *Izgled „c2a“ konfiguracije [4].*

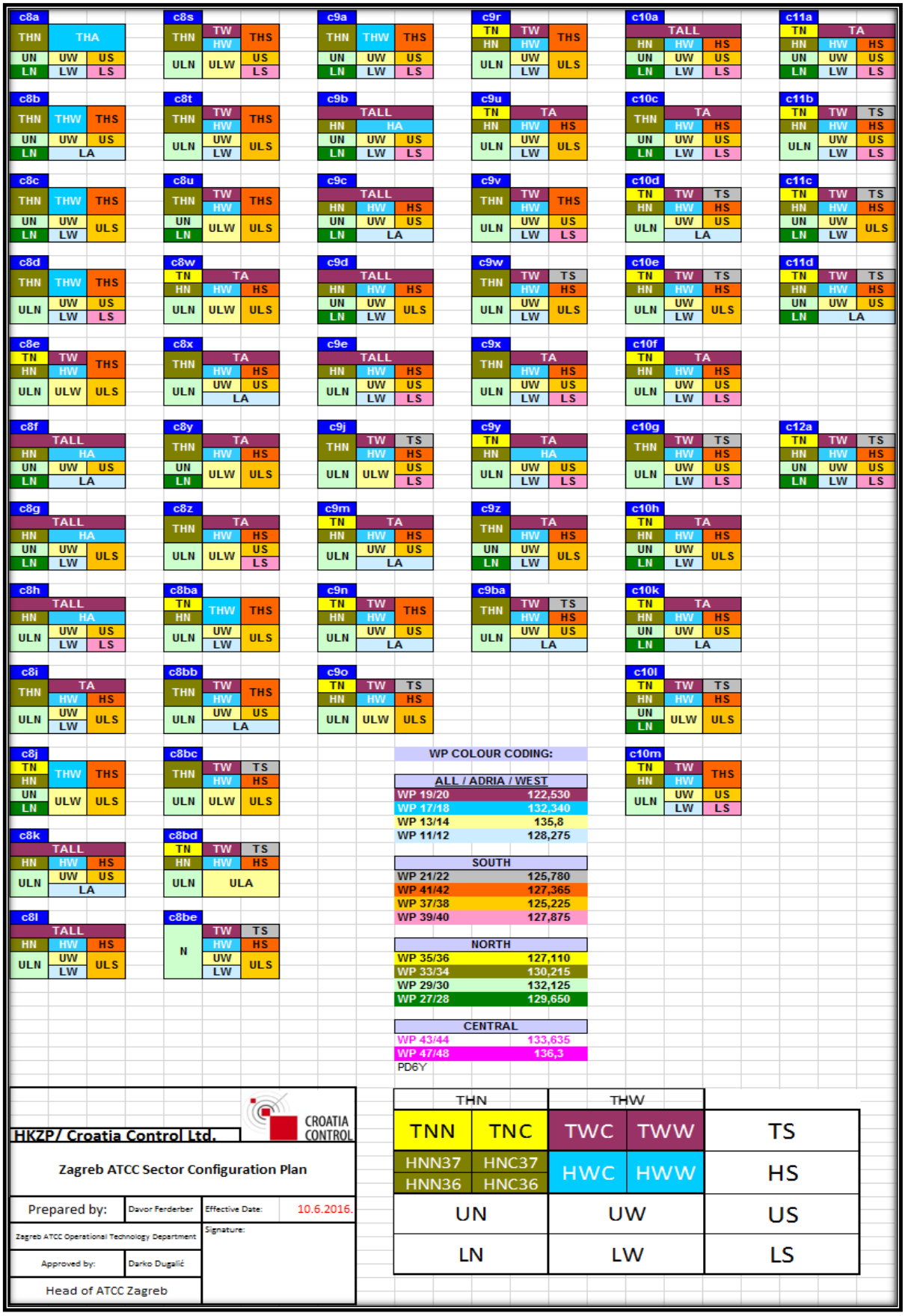
Na slici 78 se može vidjeti kako se konfiguracija „c2b“ postiže preraspodjelom „c1“ sektora na dva visinska sloja („Top-High (TH) ALL“ i „Upper-Lower (UL) ALL“ sektor), a na slici 79 se može vidjeti kako se konfiguracija „c2a„ dobije geografskim dijeljenjem „c1“ sektora na „North“ i „Adria“ sektor. Na slikama 81, 82, 83 i 84 prikazane su moguće konfiguracije u Republici Hrvatskoj.



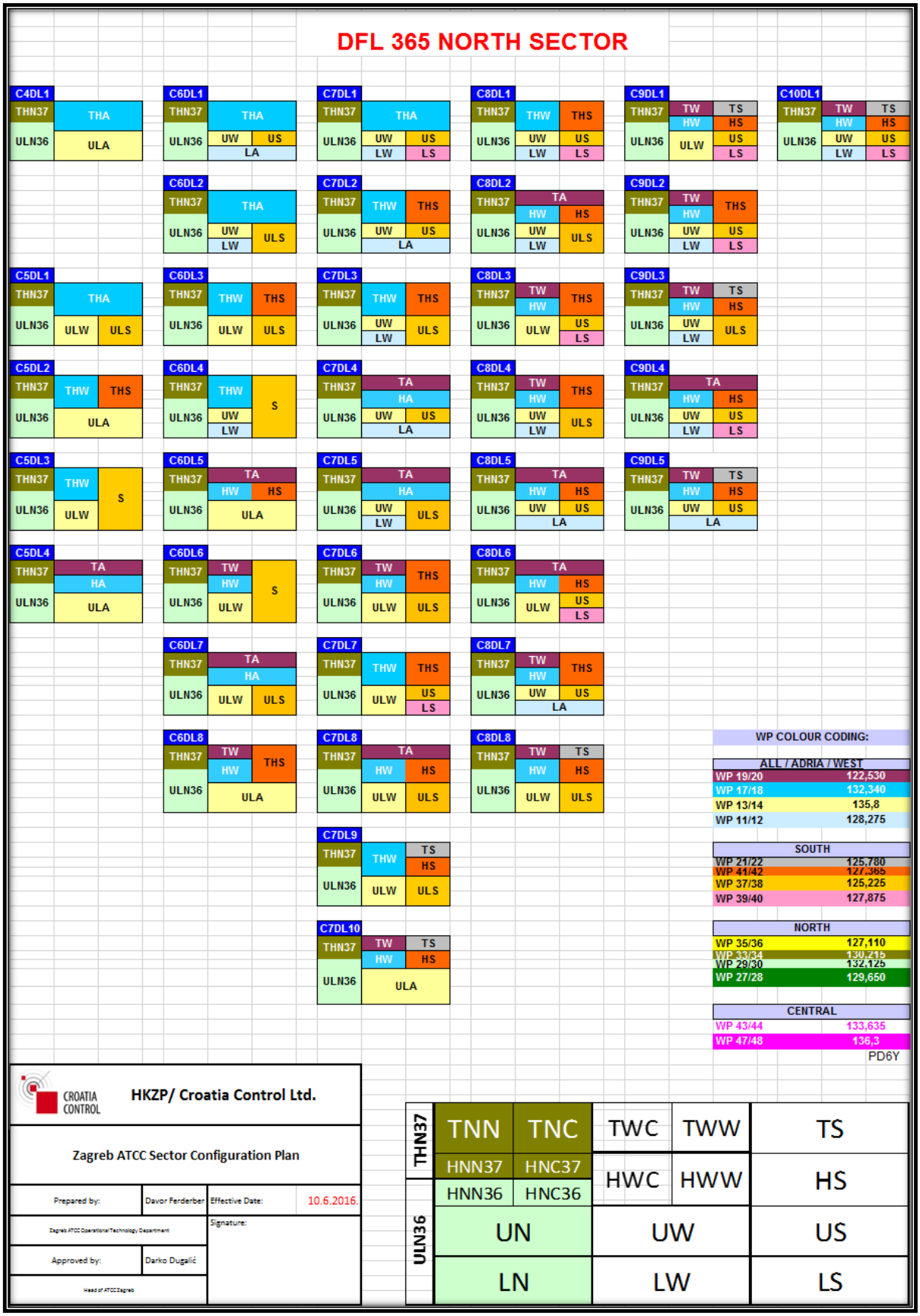
Slika 80: *Prikaz „c12a“ konfiguracije [39].*



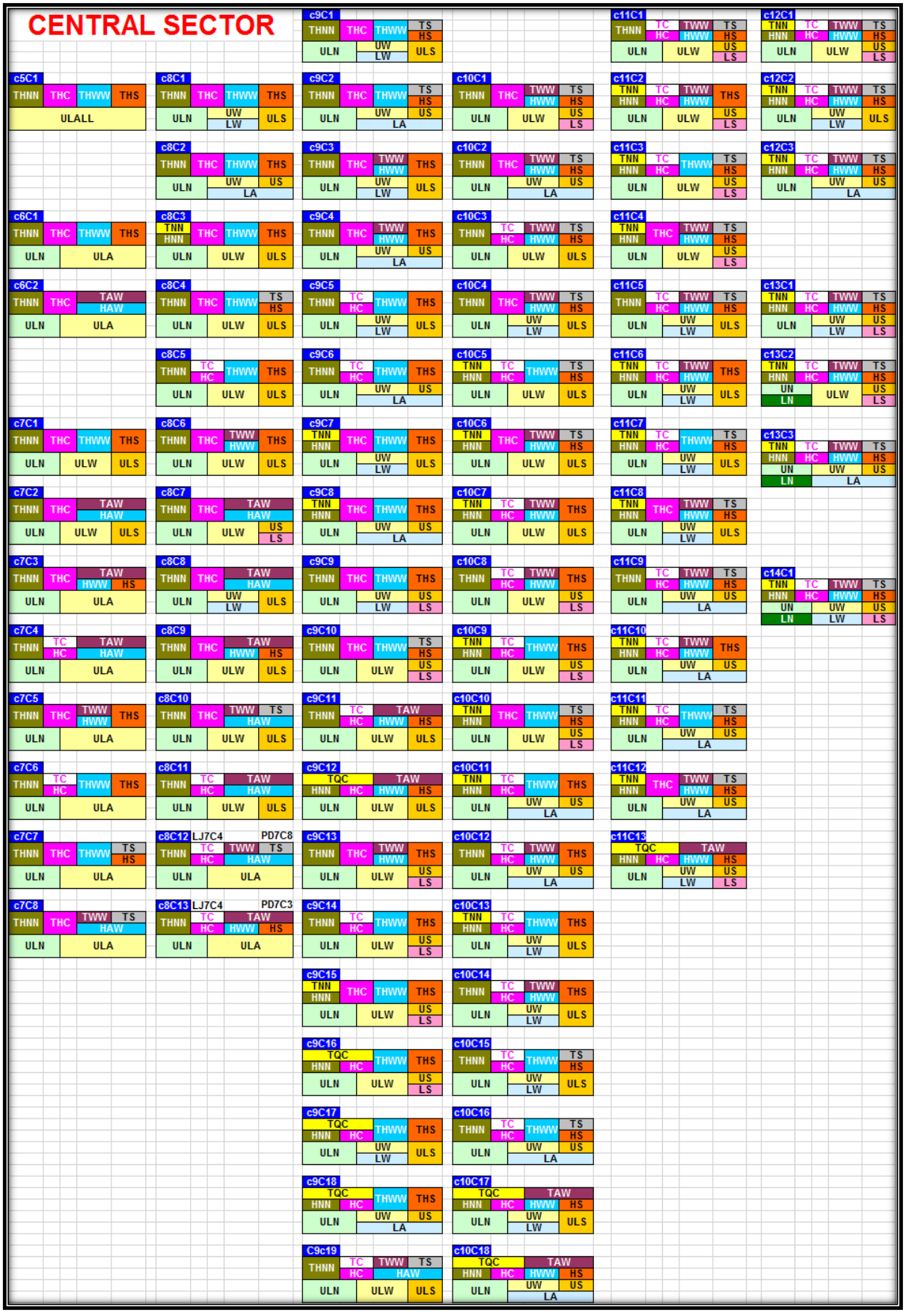
Slika 81: *Prikaz „c1" – „c7bh" konfiguracija [39].*



Slika 82: *Prikaz „c8a“ – „c12a“ konfiguracija [39].*



Slika 83: *Prikaz dinamičke konfiguracije North sektora „C4DL1“ – „C10DL1“ [39].*



Slika 84: *Prikaz konfiguracije Central sektora „c5C1“ – „c14C1“ [39].*

4.4. Nacionalni sudionici

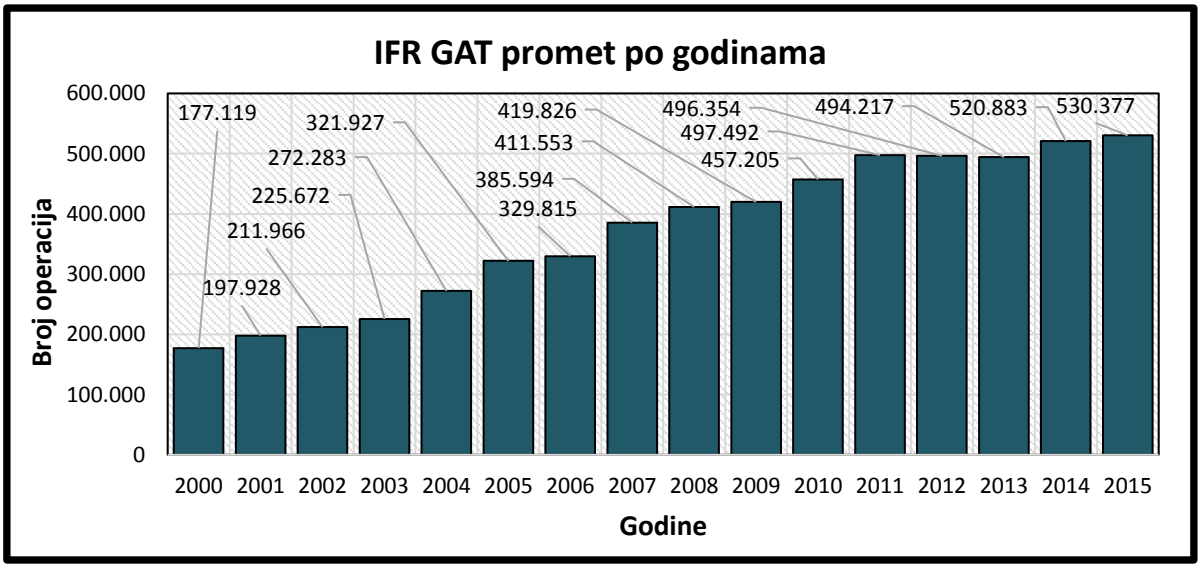
Glavni hrvatski dionici uključeni u upravljanje zračnim prometom (ATM) su sljedeći:

1) Uprava zračnog prometa, elektroničkih komunikacija i pošte, odnosno odjel Ministarstva pomorstva, prometa i infrastrukture Republike Hrvatske (engl. Ministry of Maritime Affairs, Transport and Infrastructure – MoT);
2) Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo (engl. *Croatian Civil Aviation Agency* – CCAA);
3) Hrvatska kontrola zračne plovidbe (CCL);
4) Agencija za istraživanje nesreća u zračnom, pomorskom i željezničkom prometu (engl. *Air, Maritime and Railway Traffic Accident Investigation Agency* – AIA);
5) Ministarstvo obrane (engl. *Ministry of Defence* – MoD) [35].

Uprava zračnog prometa, elektroničkih komunikacija i pošte obavlja čitavu lepezu poslova u koje se mogu svakako ubrojiti upravni i razni stručni poslovi u području civilnog zrakoplovstva, priprema nacrte prijedloga zakona iz područja zračnog prometa, odlučuje o statusu zračnih luka, sudjeluje u radu međunarodnih organizacija na području civilnog zrakoplovstva te čitav niz drugih poslova koji zakonski spadaju pod nadležnost MoT-a, a odnose se na zračni promet. Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo bavi se poslovima vezanim uz sigurnost zračnog prometa kao što su certificiranje, nadzor i inspekcija sa ciljem osiguravanja kontinuiranog udovoljavanja zahtjevima za obavljanje čitavog niza djelatnosti u zračnom prometu. Hrvatska kontrola zračne plovidbe je neizostavna karika za zračni promet koji prolazi kroz Republiku Hrvatsku jer opslužuje sve zrakoplove koji prelijeću preko kontroliranog zračnog prostora države. Agencija za istraživanje nesreća u zračnom, pomorskom i željezničkom prometu djeluje u slučaju nesreća na tim trima prometnim granama. Osnovni cilj je je utvrđivanje uzroka nesreće i davanje sigurnosnih preporuka sa ciljem sprečavanja istih u budućnosti. Ministarstvo obrane Republike Hrvatske je središnje tijelo državne uprave i obuhvaća poslove obrane, a u njezinom okviru je ustrojen i Glavni stožer Oružanih snaga Republike Hrvatske. Ostali glavni nacionalni sudionici su glavni hrvatski aerodromi koji su u vlasništvu Republike Hrvatske kao većinskog vlasnika – 55 %.

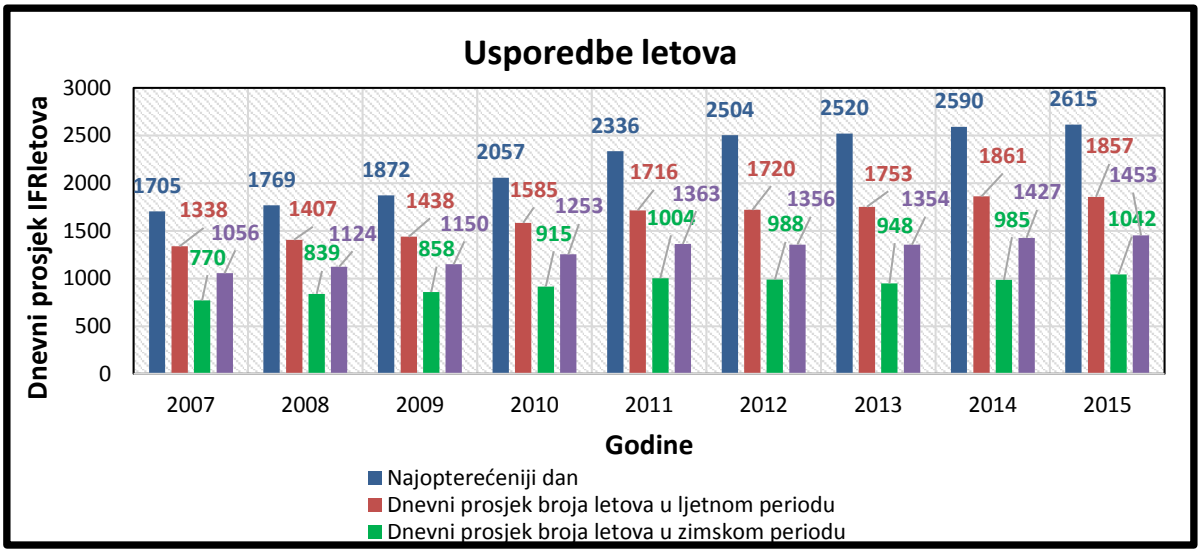
4.5. Statistički podaci o ostvarenom VFR i IFR prometu Republike Hrvatske

Statistički podaci u ovom diplomskom radu uglavnom će se odnositi na ostvarene prometne učinke u 2014. i 2015. godini u obliku međusobne usporedbe. Usporedba omogućuje uvid u trenutno stanje prometa u odnosu na prijašnju/prijašnje godine kako bi se mogli uočiti određeni trendovi u zračnom prometu Republike Hrvatske. Na grafikonu 3 je prikazan pregled općeg zračnog prometa koji leti po instrumentalnim pravilima (IFR GAT) u razdoblju od 2000. do 2015. godine.



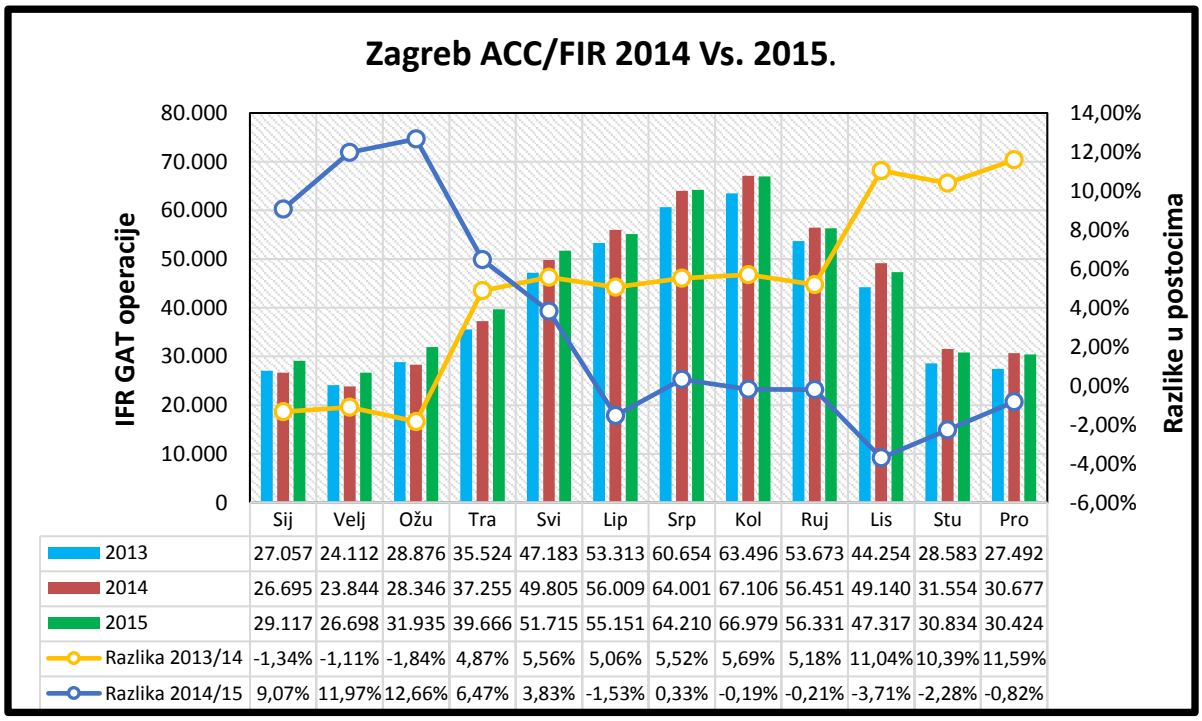
Grafikon 3: *Prikaz IFR GAT prometa Republike Hrvatske u razdoblju 2000. g. – 2015. g. [40] (prilagodio autor).*

Na grafikonu 3 može se uočiti trend rasta broja IFR GAT operacija unazad zadnjih 15-ak godina, a najveći porast je zabilježen 2004. godine u odnosu na 2003. za gotovo 21 %. Prošle godine je zabilježen porast od 1,82 % u odnosu na 2014. godinu, a jedini period kada je zabilježen pad prometa u tom intervalu je 2012. g. – 2013. g. kada je zabilježena stopa pada prometa od 0,23 % odnosno 0,43 %, što uistinu nije drastična promjena. U razdoblju od 2000. g. do 2015. g. (izuzevši 2000. g. kada je zabilježen porast za gotovo 45 % u odnosu na 1999. g.) zabilježena je prosječna godišnja stopa rasta IFR GAT prometa od 7,77 % što jasno upućuje na to da IFR GAT promet i dalje raste, ali po slabijoj prosječnoj godišnjoj stopi rasta od one zabilježene u posljednjih 15 godina. Na grafikonu 4 prikazana je usporedba ukupnog IFR GAT prometa kojeg je morala obraditi ACC Zagreb u razdoblju od 2006. do 2015. godine prema najopterećenijem danu, dnevnom prosjeku broja letova u ljetnom i zimskom periodu te godišnjem dnevnom prosjeku broja letova.



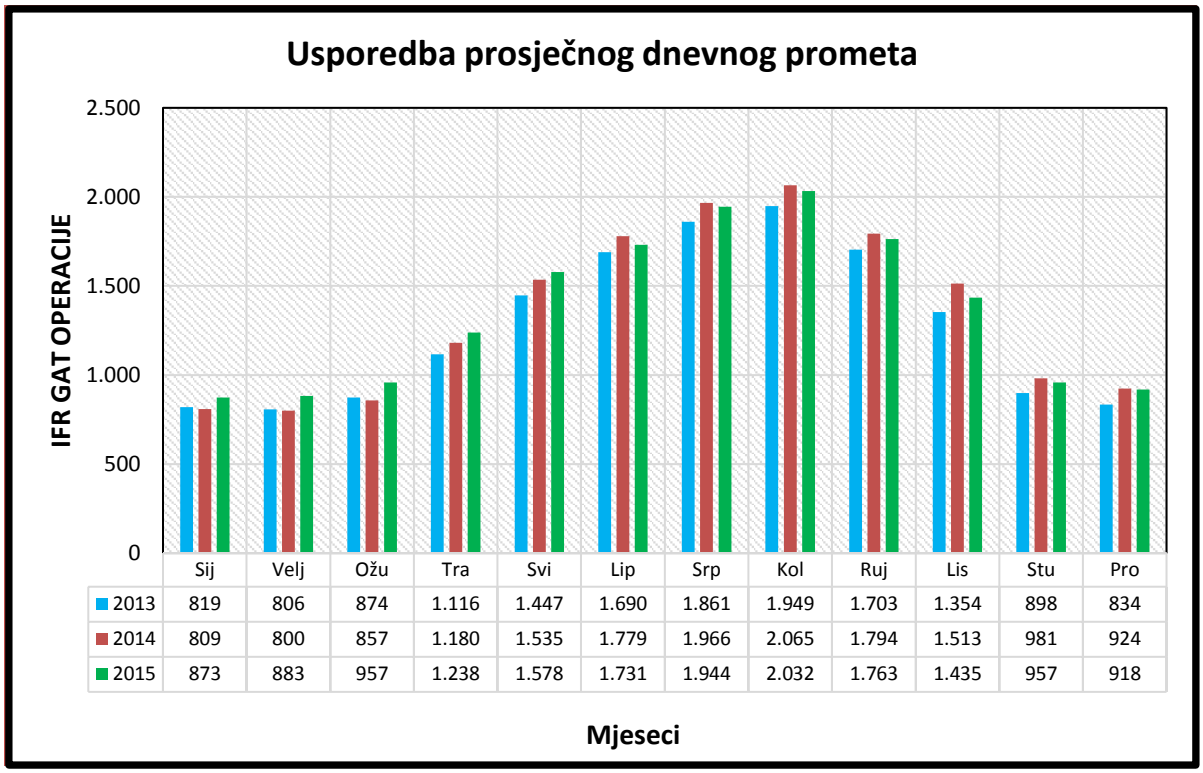
Grafikon 4: *Prikaz godišnjeg, ljetnog i zimskog broja letova po danu te najopterećeniji dan u razdoblju 2007. g. – 2015. g. [40] (prilagodio autor).*

Najopterećeniji dan u proteklih 9 godina, isključujući tekuću 2016. godinu, bio je u 2015. godini kada je kroz Republiku Hrvatsku prošlo čak 2 615 zrakoplova u danu koji podliježu kontroli zračnog prometa. U posljednjih devet godina prosječna vrijednost dnevnog prosjeka broja letova u ljetnom periodu je 1 631 zrakoplov, u zimskom periodu 928 zrakoplova, dok je dnevni prosjeka broja letova 1 282 zrakoplova. Na grafikonu 5 je prikazan usporedan prikaz ukupnog broja IFR GAT operacija Zagreb ACC/FIR za 2013., 2014. i 2015. godinu.



Grafikon 5: *Usporedni prikaz kretanja IFR GAT operacija za 2013, 2014. i 2015. godinu [40] (prilagodio autor).*

Na temelju prometne analize može se uočiti kako je promet u 2015. godini rastao sve do šestog mjeseca gdje je zabilježena stopa pada prometa od 1,53% u odnosu na 2014. godinu. Nakon toga slijedi period od tri mjeseca gdje je ostvareni prometni učinak bio gotovo identičan prijašnjoj godini, a u posljednja tri mjeseca promet je padao po prosječnoj mjesečnoj stopi od 2,27 %. Na grafikonu 6 je prikazan dnevni prosjek prometa po mjesecima u ACC Zagreb.



	Sij	Velj	Ožu	Tra	Svi	Lip	Srp	Kol	Ruj	Lis	Stu	Pro
2013	819	806	874	1.116	1.447	1.690	1.861	1.949	1.703	1.354	898	834
2014	809	800	857	1.180	1.535	1.779	1.966	2.065	1.794	1.513	981	924
2015	873	883	957	1.238	1.578	1.731	1.944	2.032	1.763	1.435	957	918

Grafikon 6: *Usporedni prikaz dnevnog prosjeka prometa po mjesecima u ACC Zagreb za 2013., 2014. i 2015. godinu [40] (prilagodio autor)*

Na temelju grafikona 6 može se uočiti kako je dnevni prosjek prometa po mjesecima u ACC Zagrebu zabilježio porast u prvih pet mjeseci 2015. godine u odnosu na prethodne dvije, a idućih sedam mjeseci te iste godine zabilježen je manji promet u odnosu na 2014. godinu. Naravno, određeni aerodromi zbog svog međunarodnog značenja iznimno utječu na tu statistiku, dok oni manji gotovo da uopće ne utječu na statistiku. Posljedica toga je očigledno vrlo mala potražnja za putovanjima na određene destinacije. U tablici 6 prikazan je ukupan broj IFR GAT operacija na hrvatskim aerodromima, a na grafikonu 7 su prikazani postotni udjeli IFR GAT operacija po aerodromima.

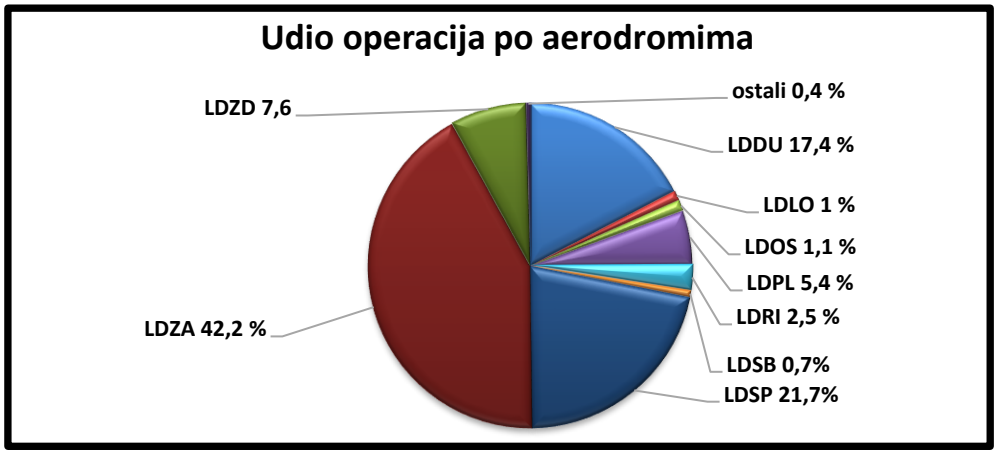
Tablica 6: *Ukupan broj IFR GAT operacija na hrvatskim aerodromima*

ICAO kod[31]	Sij	Velj	Ožu	Tra	Svi	Lip	Srp	Kol	Ruj	Lis	Stu	Pro	2015	2014	2015 Vs. 2014
LDDU	270	250	311	1.010	1.863	2.231	2.814	2.908	2.147	1.341	335	296	15.776	15.661	0,7%
LDLO	32	24	44	57	85	133	113	165	116	55	27	24	875	848	3,2%
LDOS	33	39	63	88	98	95	111	108	144	131	45	33	988	975	1,3%
LDPL	89	71	132	234	482	739	951	914	668	343	120	104	4.847	5.092	-4,8%
LDRI	17	14	51	102	266	339	503	435	373	133	26	42	2.301	1.808	27,3%
LDSB	0	0	3	17	42	96	161	172	101	21	0	3	616	613	0,5%
LDSP	422	375	474	998	2.002	2.714	3.870	3.832	2.651	1.382	494	441	19.655	18.569	5,8%
LDZA	2.876	2.623	3.056	3.231	3.489	3.440	3.543	3.436	3.445	3.343	2.950	2.752	38.184	36.117	5,7%
LDZD	138	163	207	600	772	915	1.082	1.274	855	627	170	118	6.921	7.425	-6,8%
Ostali	3	20	14	18	60	15	18	32	31	22	56	29	318	456	-30,3%
Σ	3.880	3.579	4.355	6.355	9.159	10.717	13.166	13.276	10.531	7.398	4.223	3.842	90.481	87.564	3,3%

Izvor: [40].

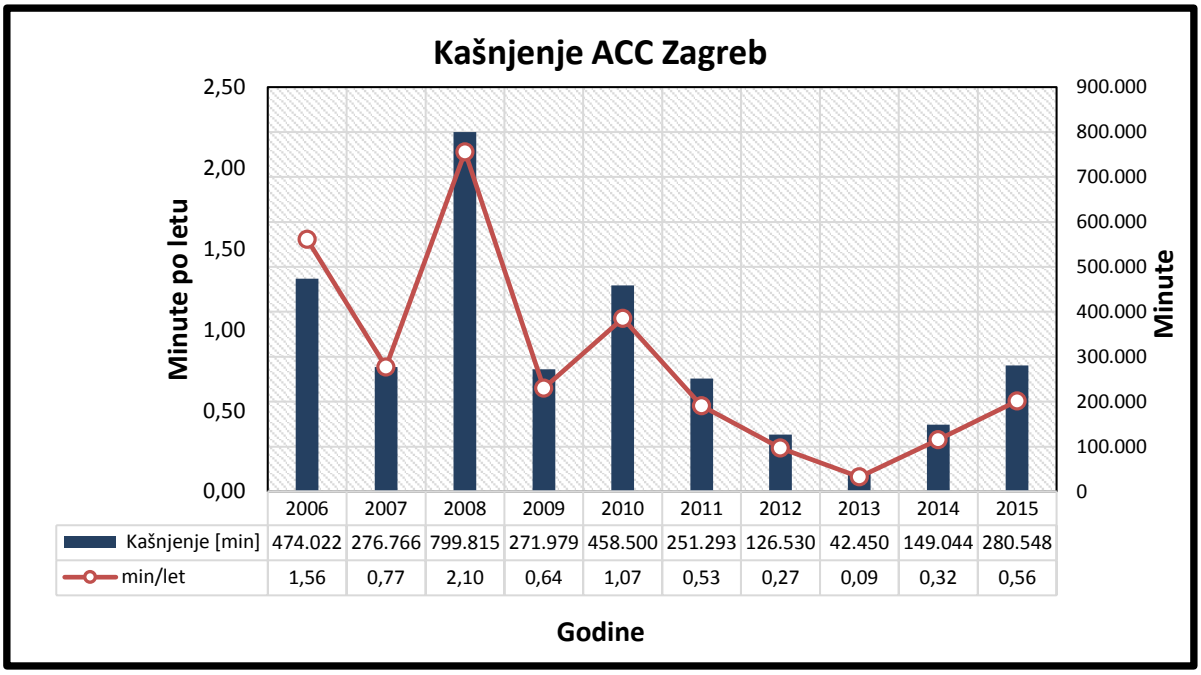
U tablici 5 jasno se mogu vidjeti tri ćelije koje upućuju na negativan trend, odnosno na smanjenje broja operacija, a samim time i prevezenih putnika u tim zračnim lukama. Negativan trend zabilježile su zračne luke Zračna luka Pula (LDPL), Zračna luka Zadar (LDZD) i drugi aerodromi). Iako su ta dva veća aerodroma zabilježila negativan učinak, Republika Hrvatska bilježi porast broja IFR GAT operacija (slijetanja i polijetanja) za 3,3 %, što još jednom potvrđuje činjenicu da snažnije zračne luke puno jače utječu na cjelokupnu statistiku zračnog prometa. Također, zanimljivo je za istaknuti da je jedino Zračna luka Split (LDSP) u srpnju i kolovozu uspjela napraviti više operacija slijetanja i polijetanja od Zračne luke Zagreb (LDZA) u tim mjesecima.

[31] ICAO koristi aerodromske kodove u obliku četveroslovnog alfanumeričkog koda koji pojedinačno označava svaku zračnu luku. Oznaka „LD“ označuje Republiku Hrvatsku, a analogno tome oznake za naše zračne luke su: LDDU – Zračna luka Dubrovnik, LDLO – Zračna luka Lošinj, LDOS – Zračna luka Osijek, LDRI – Zračna luka Rijeka, LDPL – Zračna luka Pula, LDRI – Zračna luka Rijeka, LDSB – Zračna luka Brač, LDSP – Zračna luka Split, LDZA – Zračna luka Zagreb, LDZD – Zračna luka Zadar.



Grafikon 7: *Udio IFR GAT operacija po aerodromima u 2015. godini [40] (prilagodio autor).*

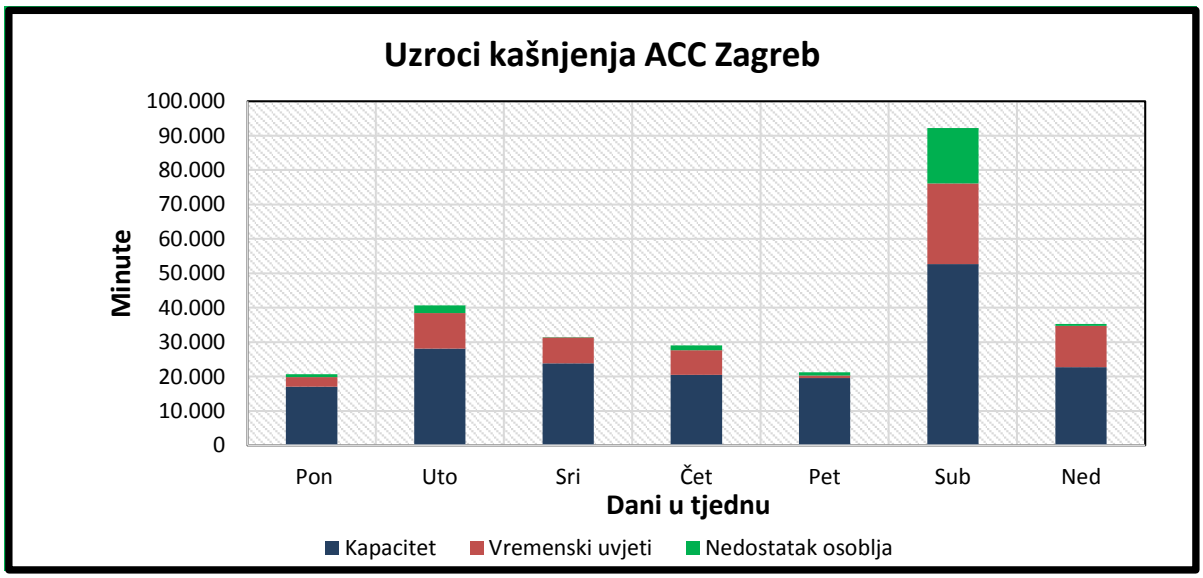
Jedan od velikih problema, kako europskog zračnog prometa tako i hrvatskog, jest kašnjenje. Dvije glavne odnosno osnovne grupe kašnjenja su aerodromsko kašnjenje i kašnjenje na ruti, a razlozi kašnjenja na ruti mogu se podijeliti na kašnjenje zbog kapaciteta, loših vremenskih uvjeta ili nedostatka osoblja. Na grafikonu 8 može se vidjeti usporedba godišnjeg kašnjenja na ruti i kašnjenja po letu u periodu od 2006. do 2015. godine.



Grafikon 8: *Prikaz ukupnog kašnjenja i kašnjenja po letu za ACC Zagreb u razdoblju 2006. g. – 2015. g. [40] (prilagodio autor).*

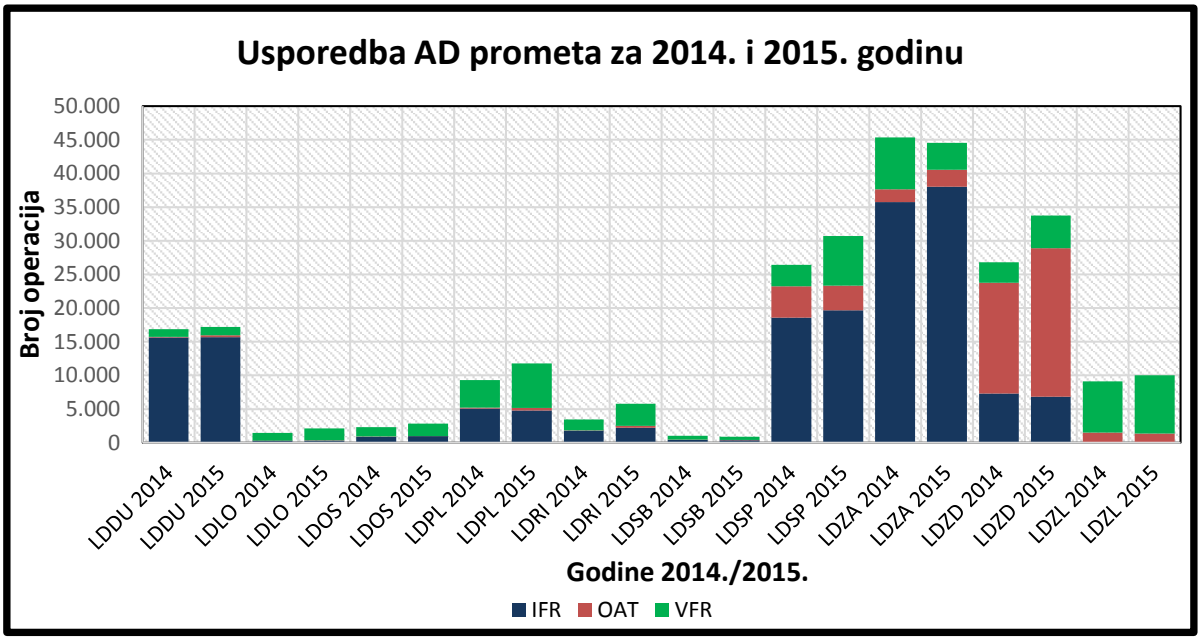
Na grafikonu 8 se mogu uočiti skokovite promjene u kašnjenjima tijekom perioda od devet posljednjih godina. Prošle godine je zabilježeno 280 548 minuta kašnjenja na AoR-u ACC Zagreb što čini 0,56 min/letu, što je nekih 15-ak sekundi više kašnjenja po letu u odnosu na

prošlu godinu. Važno je napomenuti da je EUROCONTROL tijekom 2015. godine zabilježio 286 595 minuta kašnjenja što je otprilike 6 000 minuta kašnjenja više. Uzrok te razlike su rano ukinute regulacije. Od 280 548 minuta kašnjenja, 187 537 minuta (65,8 %) otpada na nedostatak kapaciteta, 74 040 minuta (26,4 %) otpada na vremenske uvjete te 21 971 minuta (7,8 %) otpada na nedostatak osoblja. Na grafikonu 9 su prikazana ta tri uzroka kašnjenja po danima u tjednu za 2015. godinu. Ono što je vrlo bitno napomenuti, a tiče se razlike u kašnjenju na ruti i aerodromskom kašnjenju, veliki je nerazmjer između tih dviju vrijednosti. U ukupnom kašnjenju, kašnjenje na ruti čini 99,9 %, dok aerodromsko kašnjenje čini svega 0,1 % sveukupnog kašnjenja.



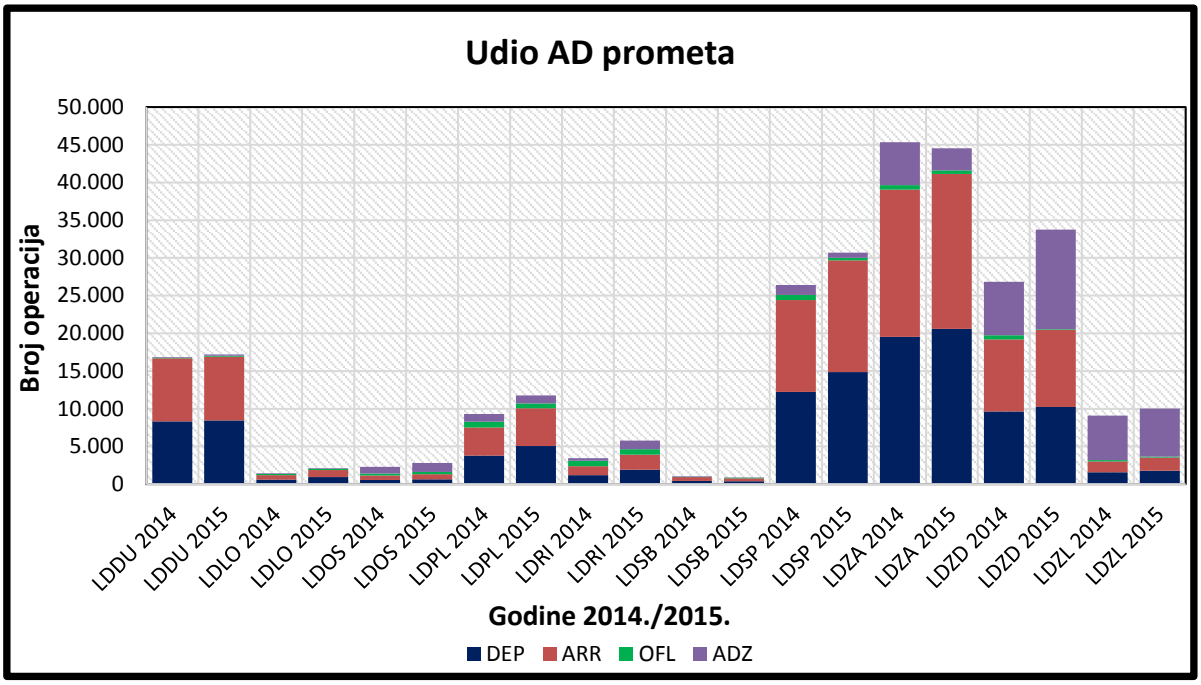
Grafikon 9: *Glavni uzroci kašnjenja po danima u tjednu u 2015. godini za ACC Zagreb [40] (prilagodio autor).*

Na temelju podataka u grafikonu 9 jasno se može zaključiti kako je iz aspekta kašnjenja kritična subota zbog svih triju navedenih razloga. To je na neki način i očekivano zbog toga što je prvi dan vikenda oduvijek bio udarni termin za putovanja. Kada se fokus operacija prebaci na aerodromski promet, udio VFR prometa značajno dobiva na važnosti. Podaci o ukupnom aerodromskom (TWR) prometu bilježe se u CCL-u i aerodromskoj kontroli zračnog prometa Zagreb. Na grafikonu 10 prikazana je usporedba IFR, VFR i OAT prometa (letovi koji odstupaju od postupaka za GAT promet) na aerodromima.



Grafikon 10: *Usporedba aerodromskog prometa za 2014. i 2015. godinu [40] (prilagodio autor).*

Na grafikonu 10 se jasno može uočiti dominacija LDZA s otprilike 45 000 operacija u prošloj i pretprošloj godini uz očitu dominaciju IFR prometa. Slična toj raspodjeli prometa je ona LDSP samo sa manjim brojem operacija. Valja naglasiti kako je po sveukupnim operacijama LDZD jača od Zračne luke Dubrovnik (LDDU) iako LDDU dominira u ukupnim IFR letovima, ali LDZD ima veći ukupan broj operacija zbog velikog broja vojnih operacija koje se odnose se na letove koji spadaju u operativni zračni promet (OAT). Osim toga, valja istaknuti kako Zračna luka Lučko (LDZL) ima najveći broj VFR operacija u odnosu na sve aerodrome u Republici Hrvatskoj. Na grafikonu 11 mogu se vidjeti prikazi operacija prema polijetanjima tj. odlascima (engl. *Departure* – DEP), slijetanjima tj. dolascima (engl. *Arrival* – ARR), preletima aerodromske (AD) zone (engl. *Overflight* – OFL) te prometu koji se odvija unutar AD zone (engl. *Aerodrome Zone* – ADZ) za 2014. i 2015. godinu.



Grafikon 11: *Usporedba udjela polijetanja, slijetanja, prelijetanja CTR-a te prometa unutar CTR-a u 2014. i 2015. godini [40] (prilagodio autor).*

Grafikon 11 se po broju operacija u potpunosti podudara s grafikonom 10, ali su ulazne vrijednosti koje čine identičan broj operacija na vertikalnoj osi drugačije. Može se uočiti kako su vrijednosti polijetanja i slijetanja gotovo identične te čine najveći udio cjelokupnog broja operacija, a kako najmanju vrijednost čini upravo OFL aerodromske zone. Također, zanimljivo je za istaknuti kako je najveći promet unutar ADZ zabilježio upravo LDZD što je i logično s obzirom na školovanje pilota.

5. Zaključak

Postupni razvoj zračnog prometa doveo je ovu transportnu granu do razine koju je malo tko mogao zamisliti prije 50 godina. Razvoj kontrole zračnog prometa u praktičnom smislu započinje dvadesetih godina 20. stoljeća, kada na području Europe postoji nekoliko zračnih prijevoznika. U to vrijeme kontrolori zračnog prometa služili su se primitivnom opremom koja je tada udovoljavala potrebama zračnog prometa. U današnje vrijeme kontrolori zahvaljujući visoko sofisticiranoj opremi mogu obraditi puno veći broj zrakoplova po satu. Sve veći broj zrakoplova koji se nalaze u svakom trenutku na nebu, prisilio je sustav kontrole zračnog prometa na užurbani razvoj i akomodaciju potražnji za zračnim prometom. Sve veći broj letova povlači za sobom i sve veću odgovornost onih ljudi koji su zaslužni za opsluživanje tih zrakoplova raznim informacijama. Kontrolori zračnog prometa su danas neizostavna karika u pružanju usluga u zračnoj plovidbi, te su njihove kognitivne sposobnosti ključne za obradu što većeg broja zrakoplova koji prolaze kroz pojedini sektor.

Kompleksnost zračnog prostora unutar kojeg kontrolor obrađuje zrakoplove, ne smije biti veća od one koju isti može savladati. Zbog toga se zračni prostor dijeli na manje volumene zračnog prostora – sektore, kojima zračni prostor postaje lakše upravljiv. U ovom diplomskom radu su navedene kronološkim redoslijedom sve aktivnosti koje moraju biti sprovedene prije samog procesa sektorizacije, koja uvelike unapređuje produktivnost ATC sustava. Početne aktivnosti koje prethode sektorizaciji terminalnog zračnog prostora i prostora u kojem se odvijaju preleti odnose se na donošenje i razmatranje referentnog scenarija, određivanje sigurnosnih i izvedbenih kriterija te određivanje pretpostavki, ograničenja i aktivatora. Glavna svrha referentnog scenarija je uvid u trenutno stanje struktura i operacija zračnog prostora. Osim toga, referentni scenarij služi za postavljanje mjerila, na temelju kojeg se novi i modificirani dizajni zračnog prostora mogu uspoređivati sa ciljem odabira najprikladnijeg dizajna. Nakon referentnog scenarija specificiraju se minimalni sigurnosni i izvedbeni zahtjevi za TMA i ENR zračni prostor. Navedeni zahtjevi moraju se evaluirati iz sigurnosnih razloga, a u tu svrhu provode se kvalitativna i kvantitativna procjena koje pomažu pri konceptualizaciji rješenja. Osnovna zamisao ovih dviju procjena je doprinos cjelokupnoj sigurnosti dizajniranog zračnog prostora. Nakon sigurnosne procjene, potrebno je definirati TMA i ENR pretpostavke,

ograničenja i aktivatore, čije je određivanje nužno prije nego se konceptualno dizajnira zračni prostor. Pretpostavke, ograničenja i aktivatori se razlikuju ovisno o kojem dijelu zračnog prostora se radi, ali im je zajedničko da podupiru sve faze procesa projektiranja. Nakon donošenja i razmatranja temeljnih koraka neophodnih u dizajniranju ENR i TMA zračnog prostora, aktivnosti se počinju značajno razlikovati zbog različitosti tih dvaju zračnih prostora.

U ENR zračnom prostoru (druga cjelina), nakon definiranja pretpostavki, ograničenja i aktivatora, pristupa se dizajniranju mreže ruta. Osnovni cilj dizajniranja mreže ruta osigurati je učinkovitu, fleksibilnu i dinamičku strukturu zračnog prostora za civilne i vojne potrebe. Pod tim se podrazumijeva da bi broj ruta trebao biti sveden na minimum, ali istodobno mora biti u skladu s prometnom potražnjom. U diplomskom radu su dani primjeri mogućih rješenja kako pojednostaviti mrežu ATS ruta te povećati njezinu učinkovitost. Nakon mreže ruta, pobliže je objašnjeno dizajniranje zračnog prostora slobodnog letenja. Osnovna svrha FRA koncepta je omogućavanje harmonizirane implementacije operacija slobodnog letenja u Europi. U diplomskom radu su navedeni ključni aktivatori FRA koncepta koji omogućavaju provedbu operacija slobodnog letenja u za to predviđenom zračnom prostoru. Prilikom dizajniranja ENR zračnog prostora vrlo je bitno poznavati navigacijske specifikacije. U diplomskom radu pobliže je objašnjena navigacija temeljena na performansama (PBN) koja može služiti kao aktivator pri odabiru najboljeg rješenja za dizajn zračnog prostora. Glavne faze PBN koncepta su planiranje, dizajniranje, validacija i implementacija, a pojedini koraci za svaki od tih faza navedeni su u radu. Tek nakon navedenih aktivnosti u ENR zračnom prostoru može se diskutirati o postupcima u letu i samoj sektorizaciji. Letne procedure ukazuju da je dizajniranje zračnog prostora već prošlo kroz faze konceptualnog dizajniranja, procjene, validacije i implementacije. Tek nakon toga može se započeti sa sektorizacijom. U ovom diplomskom radu pobliže su objašnjeni učinci i značaj sektorizacije zračnog prostora. Podjela zračnog prostora na manje sektore mora biti utemeljena na operativnim zahtjevima kojima je cilj smanjiti kašnjenja i postići optimalan kapacitet sektora zračnog prostora. U diplomskom radu se u više navrata spominje da sektorizacija zračnog prostora ne bi smjela biti uvjetovana nacionalnim granicama, već bi morala osigurati operativni i proceduralni kontinuitet preko istih. Operativni i proceduralni kontinuitet preko nacionalnih granica podrazumijeva dobru koordinaciju sa susjednim centrima oblasne kontrole. Usvajanjem svih općih načela koja su navedena u ovom

diplomskom radu povećava se produktivnost određenog sektora zračnog prostora čime se drastično smanjuje radno opterećenje kontrolora zračnog prometa.

U TMA zračnom prostoru (treća cjelina), nakon definiranja pretpostavki, ograničenja i aktivatora, pristupa se dizajniranju dolaznih i odlaznih ruta. U tom dijelu diplomskog rada navedene su brojne smjernice za dimenzioniranje terminalnih ruta koje su poprilično kompleksnije od ruta u preletu. Pravilnim dimenzioniranjem terminalnih ruta povećava se sveukupna učinkovitost leta. Razlog tome je smanjenje potrošnje goriva reduciranjem radne snage motora pri operacijama kontinuiranog spuštanja (CDO) i operacijama kontinuiranog penjanja (CCO). Dimenzioniranje i modeliranje TMA sektora je vrlo složen zadatak koji zahtjeva koordinaciju čitavog niza aktivnosti koje prethode samom modeliranju TMA zračnog prostora. Upravo iz tog razloga proces dizajniranja TMA sektora provodi se u etapama. Pravilno odvajanje/spajanje prometnih tokova te njihova povezanost unutar TMA sektora ključna je karika za cjelokupnu funkcionalnost zračnog prostora. Osim samih ruta, vrlo važno je pravilno dimenzioniranje holding područja koja bi trebala biti locirana na onim mjestima koja uzrokuju minimalnu operativnu kompleksnost između susjednih TMA sektora te između ENR i TMA zračnog prostora. U diplomskom radu su navedeni relevantni parametri koji su bitni za dimenzioniranje i modeliranje holding područja te su dani shematski prikazi s ispravnim i neispravnim modeliranjem ruta neposredno prije ulaska zrakoplova u holding. Jednako kao i u ENR zračnom prostoru, stručnjaci za modeliranje zračnog prostora moraju dobro poznavati navigacijske specifikacije TMA zračnog prostora. Navigacijske specifikacije za TMA područje uglavnom se vežu uz razlike konvencionalnih i RNAV ruta, čije razlike su navedene u diplomskom radu. Nakon definiranja navigacijskih specifikacija može se krenuti u dizajniranje i modeliranje struktura TMA zračnog prostora. U diplomskom radu opisano je etapno dizajniranje TMA struktura te je naveden velik broj smjernica potkrijepljenih brojnim shematskim prikazima. Na posljetku, opisana je sama TMA sektorizacija. U diplomskom radu navedeni su faktori na koje valja obratiti pažnju prilikom TMA sektorizacije te su navedene glavne smjernice za TMA sektorizaciju. Uz navedene smjernice i utjecajne faktore, objašnjena je razlika između geografske i funkcionalne sektorizacije. Nakon što je donesena odluka da je sektorizacija potrebna, potrebno se opredijeliti za jednu od navedenih.

Ono što je u ovom diplomskom radu naglašeno u više navrata jest puno veća kompleksnost terminalnog zračnog prostora u odnosu na zračni prostor kojim se odvijaju preleti. Veći broj zrakoplova, zračnih puteva i samih zračnih luka, direktno utječe na kompleksnost TMA zračnog prostora što sektorizacijske zahtjeve čini restriktivnijim od onih u ENR zračnom prostoru. Zbog toga su sektori zračnog prostora nužno manji u terminalnom zračnom prostoru nego u zračnom prostoru gdje se odvijaju preleti.

Republika Hrvatska koristi samo tri klase zračnog prostora (C, D i G) što znači da zrakoplovne vlasti pojedine zemlje imaju mogućnost koristiti one klase zračnog prostora koje su smatrane potrebnim. Nakon klasifikacije zračnog prostora, pobliže je objašnjena operativna podjela zračnog prostora Republike Hrvatske. Vrlo bitno je napomenuti da se područje odgovornosti ACC Zagreb prostire nad dijelom teritorija Bosne i Hercegovine. Koliko je sektorska konfiguracija Republike Hrvatske kompleksna, prikazano je brojnim sektorskim konfiguracijama koje se odabiru na temelju trenutne prometne potražnje. Prometna potražnja je ključ odabira optimalne sektorske konfiguracije i prema njoj se ravna čitav tehnološki proces otvaranja sektora na taktičkoj razini. U diplomskom radu su navedene sve moguće sektorske konfiguracije koje mogu biti odabrane u svakom trenutku zavisno o prometnoj potražnji. Nakon toga su navedeni glavni nacionalni sudionici koji su uključeni u ATM Republike Hrvatske. Na samom kraju diplomskog rada navedeni su statistički podaci o ostvarenom VFR i IFR prometu Republike hrvatske. Statistički podaci prikazani su grafikonima i uglavnom se odnose na 2014. i 2015. godinu te ukazuju na stanje zračnog prometa u Republici Hrvatskoj.

Republika Hrvatska je relativno mala u odnosu na druge europske države, ali se nalazi na nekim iznimno važnim sjecištima europskih koridora koji povezuju jugoistočni dio Europe sa središnjim i zapadnim dijelom kontinenta, koji je u prometnom smislu puno jači od istočnog dijela. Zbog toga je zdrava struktura zračnog prostora Republike Hrvatske izrazito bitna za funkcionalnost cjelokupnog zračnog prostora Europe.

Literatura

[1] Hrvatska kontrola zračne plovidbe, http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=131 (20. travnja 2016.)

[2] EUROCONTROL, 2014. *ERNIP Part 1 – European Airspace Design Methodology – Guidelines*, Edition November 2014., 2014. Brussels, Belgium

[3] Anić, Š., Domović, Ž., Klaić, N.: *Rječnik stranih riječi – tuđice, posuđenice, izrazi, kratice i fraze*, Sani-plus, Zagreb, 2002.

[4] Mihetec, T.: *Upravljanje zračnom plovidbom*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014

[5] EUROCONTROL, https://www.eurocontrol.int/articles/who-we-are (28. travnja 2016.)

[6] EUROCONTROL, http://www.eurocontrol.int/statfor (29. travnja 2016.)

[7] SKYbrary, http://www.skybrary.aero/index.php/Medium_Term_Conflict_Detection_(MTCD) (29. travnja 2016.)

[8] EUROCONTROL, http://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/20100715-mona-spec-v1.0.pdf (29. travnja 2016.)

[9] EUROCONTROL, https://www.eurocontrol.int/articles/mode-s-operational-overview (29. travnja 2016.)

[10] Airbus, http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/brochures_publications/FAST_magazine/FAST47_5-adsb.pdf (29. travnja 2016.)

[11] Savezna uprava za civilno zrakoplovstvo, http://www.faa.gov/nextgen/library/media/getSmart_WAM.pdf (29. travnja 2016.)

[12] EUROCONTROL, https://www.eurocontrol.int/articles/flexible-use-airspace (29. travnja 2016.)

[13] ICAO, http://www.icao.int/Meetings/AMC/MA/Workshop_DEV_NPF_AN_SYS/wp%206%20gans.pdf (29. travnja 2016.)

[14] EUROCONTROL, https://www.eurocontrol.int/articles/airspace-design (30. travnja 2016.)

[15] EUROCONTROL, 2015. *European Network Operations Plan 2015-2019*, Edition March 2015., 2015. Brussels, Belgium

[16] ICAO, 2008. *Regional Supplementary Procedures* (Doc 7030), 5th Edition – 2008, Montreal, Canada

[17] ICAO International Codes and Routes Designators, 2015. *Five-Letter Name-Codes (5LNC) – Guidelines*, Edition September 2015., 2015. Paris, France

[18] ICAO, 2003. *Aeronautical Information Services Manual* (Doc 8126–AN/872), 6th Edition – 2003, Montreal, Canada

[19] ICAO, 2008. *Performance-based Navigation (PBN) Manual* (Doc 9613–AN/937), 3rd Edition – 2008, Montreal, Canada

[20] SKYbrary, http://www.skybrary.aero/index.php/Inertial_Navigation_System_%28INS%29 (5. svibnja 2016.)

[21] ICAO, 2006. *PANS Aircraft Operations* (Doc 8168), 5th Edition – 2006, Montreal, Canada

[22] ICAO, 1984. *Air Traffic Services Planning Manual* (Doc 9426–AN/924), 1st Edition – 1984, Montreal, Canada

[23] REGULATION (EC) No 2150/2005 *of 23 December 2005 laying down common rules for the flexible use of airspace*, 2005, Brussels, Belgium

[24] ICAO, http://www.icao.int/MID/Documents/2014/PBN%20Workshop-Tunis/13%20%20EUR%20PBN%20Airspace%20Workshop_Designing%20Volumes%20+%20Sectors-vJUL2013%20.pdf (19. svibnja 2016.)

[25] REGULATION (EC) No 550/2004 *of the European Parliament and of the Council of 10 March 2004 on the provision of air navigation services in the single European sky*, 2004, Brussels, Belgium

[26] ICAO, 2001. *PANS Air Traffic Management* (Doc 4444), 14th Edition – 2001, Montreal, Canada

[27] ICAO, 2001. *Annex 11, Air Traffic Services*, 13th Edition – 2001, Montreal, Canada

[28] EUROCONTROL Experimental Centre, 2008. *Point Merge Integration of Arrival Flows Enabling Extensive RNAV Application and CDA – Operational Services and Environment Definition*, Edition April 2008., 2008. Paris, France

[29] ICAO, 2010. *Continuous Descent Operations (CDO) Manual* (Doc 9931–AN/476), 1st Edition – 2010, Montreal, Canada

[30] SKYbrary, http://www.skybrary.aero/index.php/Controlled_Flight_Into_Terrain (27. svibnja 2016.)

[31] ICAO, 2013. *Continuous Climb Operations (CCO) Manual* (Doc 9993–AN/495), 1st Edition – 2013, Montreal, Canada

[32] EUROCONTROL, 2008. *The 2015 Airspace Concept & Strategy for the ECAC Area & Key Enablers*, Edition February 2008., 2008. Brussels, Belgium

[33] EUROCONTROL, http://www.eurocontrol.int/saam (14. lipnja 2016.)

[34] EUROCONTROL, https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/field_tabs/content/documents/nm/safety/improvements-to-airspace-design-and-management.pdf (4. srpnja 2016.)

[35] EUROCONTROL, 2015. *Local Single Sky ImPlementation (LSSIP) CROATIA – Year 2015 - Level 1*, Edition April 2016., 2016. Brussels, Belgium

[36] Hrvatska kontrola zračne plovidbe, 2016. *Zbornik zrakoplovnih informacija*, 2016, Zagreb, Hrvatska

[37] Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo, http://www.ccaa.hr/upload/images/modules/multifaq/questions/original/160-3-zracni-prostor-unutar-fir-zagreb-png.jpg (8. srpnja 2016.)

[38] Hrvatska kontrola zračne plovidbe, http://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/SUZP/ACC_Zagreb_AoR.jpg (10. srpnja 2016.)

[39] Hrvatska kontrola zračne plovidbe, 2016. *ZAGREB ATCC Sector Configuration Plan*, 2016, Zagreb, Hrvatska

[40] Hrvatska kontrola zračne plovidbe, 2016. Stat*istika IFR i VFR prometa za 2015. godinu i prognoze IFR prometa – korigirana verzija*, 2016, Zagreb, Hrvatska

Popis kratica

5LNC - ICAO jedinstveni izgovorljivi kod odnosno kriptonim sa pet slova (engl. *unique five-letter pronounceable "name-code"* – 5LNC)

ACARS - digitalni sustav za transmisiju kratkih poruka između zrakoplova i zemaljskih stanica (engl. *Aircraft Communications Addressing and Reporting System* – ACARS)

ACC - oblasna kontrola zračnog prometa (engl. *Area Control Service* – ACC)

AD - aerodrom (engl. *Aerodrome* – AD)

ADR - repozitorij podataka o zračnom prostoru (engl. *Airspace Data Repository* – ADR)

ADS-B - vrsta identificirajuće tehnologije (engl. *Automatic Dependent Surveillance-Broadcast* – ADS-B)

ADS-C - vrsta identificirajuće tehnologije (engl. *Automatic Dependent Surveillance - Contract* – ADS-C)

ADZ - aerodromska zona (engl. *Aerodrome Zone* – ADZ)

AGL - visina iznad razine zemlje/iznad površine zemlje (engl. *Above Ground Level* – AGL)

AIA - Agencija za istraživanje nesreća u zračnom, pomorskom i željezničkom prometu (engl. *Air, Maritime and Railway Traffic Accident Investigation Agency* – AIA)

AIP - zbornik zrakoplovnih informacija (engl. *Aeronautical Information Publication* – AIP)

AIS - usluga zrakoplovnog informiranja (engl. *Aeronautical Information Service* – AIS)

AMC - Jedinica za upravljanje zračnim prostorom (engl. *Airspace Management Cell* – AMC)

AMSL - iznad srednje razine mora (engl. *Above Mean Sea Level* – AMSL)

ANSP - pružatelji usluga u zračnoj plovidbi (engl. *Air Navigation Service Provider* – ANSP)

AO - operator zrakoplova (engl. *Aircraft Operator* – AO)

AOC - odobrenje na temelju kojeg operator može koristiti zrakoplov u komercijalne svrhe (engl. *Air Operator's Certificate* – AOC)

AoR - područje odgovornosti (engl. *Area of Responsibility* – AoR)

APP - prilazna kontrola zračnog prometa (engl. *Approach Control Service* – APP)

ARN - ATS mreža ruta (engl. *ATS Route Network* – ARN)

ARR - dolazak (engl. *Arrival* – ARR)

ASM - upravljanje zračnim prostorom (engl. *Airspace Management* – ASM)

ATC - kontrola zračnog prometa (engl. *Air Traffic Control Services* – ATC)

ATFCM - upravljanje protokom i kapacitetom zračnog prometa (engl. *Air Traffic Flow and Capacity Management* – ATFM)

ATFM - upravljanje protokom zračnog prometa (engl. *Air Traffic Flow Management* – ATFM)

ATM - upravljanje zračnim prometom (engl. *Air Traffic Management* – ATM)

ATS - usluge u zračnoj plovidbi (engl. *Air Traffic Services* – ATS)

ATZ - aerodromska prometna zona (engl. *Aerodrome Traffic Zone* – ATZ)

AUP - plan uporabe zračnog prostora (engl. *Airspace Use Plan* – AUP)

BHANSA - Agencija za pružanje usluga u zračnoj plovidbi Bosne i Hercegovine (engl. *Bosnia and Hercegovina Air Navigation Services Agency* – BHANSA)

B-RNAV - osnovna prostorna navigacija (engl. *Basic-Area Navigation* – B-RNAV)

CBA - prekogranično područje (engl. *Cross-Border Area* – CBA)

CCAA - Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo (engl. *Croatian Civil Aviation Agen*cy – CCAA)

CCL - Hrvatska kontrola zračne plovidbe (engl. *Croatian Control Ltd*. – CCL)

CCO - operacije kontinuiranog penjanja (engl. *Continuous Climb Operations* – CCO)

CDA - prilaženje s neprekinutim snižavanjem (engl. *Continuous Descent Approach* – CDA)

CDM - kolaborativno donošenje odluka (engl. *Collaborative Decision-Making* – CDM)

CDO - operacije kontinuiranog spuštanja (engl. *Continuous Descent Operations* – CDO)

CDR - stalne uvjetne ATS rute (engl. *Conditional Routes* – CDR)

CFIT - incidenti kontroliranih letova u terenu (engl. *Controlled Flight into Terrain* – CFIT)

CFMU - Središnja jedinica za upravljanje protokom (engl. *EUROCONTROL Central Flow Management Unit* – CFMU)

CNS - usluge komunikacije, navigacije i nadzora (engl. *Communication, Navigation, Surveillance* – CNS)

CTA - kontrolirani zračni prostor (engl. *Control Area* – CTA)

CTR - kontrolirana zona zračne luke (engl. *Control Zone* – CTR)

D - opasna zona (engl. *Danger Area* – D)

DCT - direktno rutiranje (engl. *Direct Routing* – DCT)

DEP - odlazak (engl. *Departure* – DEP)

DIS - distribucija plana leta (engl. *Flight Plan Distribution* – DIS)

DME - oprema za mjerenje udaljenosti (engl. *Distance Measuring Equipment* – DME)

eAMI - elektronska ASM poruka (engl. *Electronic ASM Information* – eAMI)

ECAC - Europska konferencija civilnog zrakoplovstva (engl. *European Civil Aviation Conference* – ECAC)

ENR - zračni prostor gdje se odvijaju preleti/krstarenja (engl. *En-route* – ENR)

ENV - obrada podataka iz okoliša (engl. *Environment Data Processing* – ENV)

ETFMS - unaprijeđeni sustav upravljanja protokom zračnog prometa (engl. *Enhanced Tactical Flow Management System* – ETFMS)

E-TMA - proširene (produžene) završne kontrolirane oblasti (engl. *Extended TMA* – E-TMA)

EUROCONTROL - Europska organizacija za sigurnost zračne plovidbe (engl. *European Organization for the Safety of Air Navigation* – EUROCONTROL)

FAB - funkcionalni blok zračnog prostora (engl. *Functional Airspace Block* – FAB)

FAD - Upravitelj završnog prilaza (engl. *Final Approach Director* – FAD)

FAF - preletište završnog prilaženja (engl. *Final Approach Fix* – FAF)

FDP - obrada podataka s leta (engl. *Flight Data Processing* – FDP)

FDPS - sustav obrade podataka s leta (engl. *Flight Data Processing System* – FDPS)

FHA - funkcionalna analiza opasnosti (engl. *Functional Hazard Analysis* – FHA)

FIR - područje letnih informacija (engl. *Flight Information Region* – FIR)

FL - razina leta (engl. *Flight Level* – FL)

FLOS - shema orijentacije razina leta (engl. *Flight Level Orientation Scheme* – FLOS)

FMP - Pozicija za upravljanje protokom (engl. *Flow Management Position* – FMP)

FRA - zračni prostor slobodnog letenja (engl. *Free Route Airspace* – FRA)

FUA - fleksibilno upravljanje zračnim prostorom (engl. *Flexible Use of Airspace* – FUA)

GAT - opći zračni promet – (engl. *General Air Traffic* – GAT)

GND - tlo (engl. *ground* – GND)

GNSS - globalni navigacijski satelitski sustavi (engl. *Global Navigation Satellite System* – GNSS)

HLAPB - Nacionalno povjerenstvo za upravljanje zračnim prostorom (engl. *High Level Airspace Policy Body* – HLAPB)

HMI - sučelje čovjek-stroj (engl. *Human Machine Interface* – HMI)

IAF - preletište početnog prilaženja (engl. *Initial Approach Fix* – IAF)

IAS - indicirana brzina (engl. *Indicated Airspeed* – IAS)

ICAO - Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo (engl. *International Civil Aviation Organization* – ICAO)

ICARD - ICAO sustav koji je zadužen za međunarodno određivanje kodova i određivanja ruta (engl. *ICAO International Codes and Routes Designators* – ICARD)

IFP - procedure za let uz pomoć instrumenata (engl. *Instrument Flight Procedure* – IFP)

IFPS - Integrirani sustav početne obrade plana leta (engl. *Integrated Initial Flight Plan Processing System* – IFPS)

IFR - pravila za let uz pomoć instrumenata (engl. *Instrument Flight Rules* – IFR)

ILS - sustav za instrumentalno slijetanje (engl. *Instrument Landing System* – ILS)

INMARSAT - britanska satelitska telekomunikacijska organizacija(engl. *International Maritime Satellite Organization* – INMARSAT)

INS - inercijski navigacijski sustavi (engl. *Inertial Navigation System* – INS)

LoA - pismo sporazuma (engl. *Letter of Agreement* – LoA)

LVP - postupci u slučaju slabe vidljivosti (engl. Low-*Visibility Procedures* – LVP)

MAS - kontrolirani zračni prostor (engl. *Managed Airspace* – MAS)

MLAT - vrsta navigacijske tehnike (engl. *Multilateration* – MLAT)

MOCA - minimalna visina nadvišenja prepreka (engl. *Minimum Obstacle Clearance Altitude* – MOCA)

MONA - EUROCONTROL-ov dokument za pomoć pri nadzoru (engl. *Monitoring Aids* – MONA)

MoT - Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture Republike Hrvatske (engl. *Ministry of Maritime Affairs, Transport and Infrastructure* – MoT)

MSL - srednja razina mora (engl. *Mean Sea Level* – MSL)

MTCD - vrsta detektirajuće tehnologije (engl. *Medium – Term Conflict Detection* – MTCD)

NATO - Organizacija Sjeveroatlantskog ugovora (engl. *North Atlantic Treaty Organization* – NATO)

NAVAID - pomoćna navigacijska sredstva (engl. *Navigational Aid* – NAVAID)

NM - mrežni upravitelj (engl. *Network Manager* – NM)

NM - nautička milja (engl. *Nautical Mile* – NM)

NOC - mrežni operativni centar (engl. *Network Operations Centre* – NOC)

NOTA - područje iznad sjevernog Atlantika (engl. *Northern Oceanic Transition Area* – NOTA)

OAT - operativni zračni promet (engl. *Operational Air Traffic* – OAT)

OFL - prelet (engl. *Overflight* – OFL)

OPD - optimizirani profil spuštanja (engl. *Optimized Profile Descent* – OPD)

OPS - operacije (engl. *Operations* – OPS)

P - zabranjena zona (engl. *Prohibited Area* – P)

PANS - procedure za pružanje navigacijskih usluga (engl. Proce*dures for Air Navigation Services* – PANS)

PBN - navigacija koja se temelji na performansama (engl. *Performance Based Navigation* – PBN)

P-RNAV - precizna prostorna navigacija (engl. *Precision-Area Navigation* – P-RNAV)

PSSA - preliminarna procjena sigurnosti sustava (engl. *Preliminary System Safety Assessment* – PSSA)

R - ograničena ili uvjetno zabranjena zona (engl. *Restricted Area* – R)

RAD - dokument o dostupnosti ruta (engl. *Route Availability Document* – RAD)

RDP - obrada radarskih podataka (engl. *Radar Data Processing* – RDP)

RDPS - sustav obrade radarskih podataka (engl. *Radar Data Processing System* – RDPS)

RNAV - prostorna navigacija (engl. *Area Navigation* – RNAV)

RNP - zahtijevana navigacijska sposobnost (engl. *Required Navigation Performance* – RNP)

RPL - trajni plan leta (engl. *Repetitive Flight Plan* – RPL)

RTF - radiotelefonija (engl. *Radiotelephony* – RTF)

RV - radarsko vektoriranje (engl. *Radar Vectoring* – RV)

RWY - uzletno-sletna staza (engl. *Runway* – RWY)

S ELS - vrsta osnovne nadzorne tehnologije (engl. *Mode S Elementary Surveillance* – S ELS)

SAAM - sustav za alokaciju prometa i analizu na makroskopskoj razini (engl. Sy*stem for traffic Assignment and Analysis at a Macroscopic level* – SAAM)

SARP - standardi i preporučene prakse (engl. *Standards and Recommended Practices* – SARP)

SEC - fleksibilna sektorizacija (engl. *(Flexible) Sectorisation* – SEC)

SES - Jedinstveno europsko nebo (engl. *Single European Sky* – SES)

SFPL - sustav plana leta (engl. *System Flight Plan* – SFPL)

SID - standardno instrumentalno uzlijetanje (engl. *Standard Instrument Departure* – SID)

SSA - procjena sigurnosti sustava (engl. *System Safety Assessment* – SSA)

STAR - standardni dolazak (po instrumentima) (engl. *Standard Instrument Arrival* – STAR)

STATFOR - služba za statistiku i prognozu (engl. *Statistics and Forecast Service* – STATFOR)

TAS - stvarna brzina (engl. *True Airspeed* – TAS)

TAS - sustav terminalnog zračnog prostora (engl. *Terminal Airspace System* – TAS)

TCAS - sustav za izbjegavanja sudara (engl. *Traffic Collision Avoidance System* – TCAS)

TLS - ciljana razina sigurnosti (engl. *Target Level of Safety* – TLS)

TMA - završne kontrolirane oblasti (engl. *Terminal Control Area* – TMA)

TOD - vrh spuštanja (engl. *Top of Descent* – TOD)

TRA - privremeno rezervirana područja (engl. *Temporary Reserved Area* – TRA)

TSA - privremeno izdvojeno područje (engl. *Temporary Segregated Area* – TSA)

TWR - aerodromska kontrola zračnog prometa (engl. *Aerodrome Control Service* – TWR)

UAT - vrsta podatkovne veze (engl. *Universal Access Transceiver* – UAT)

UIR - gornje područje letnih informacija (engl. *Upper Flight Information Region* – UIR)

UMAS - Nekontrolirani zračni prostor (engl. *Unmanaged Airspace* – UMAS)

UTC - Koordinirano svjetsko vrijeme (engl. *Coordinated Universal Time* – UTC)

UUP - ažurirani plan uporabe zračnog prostora (engl. *Updated Airspace Use Plan* – UUP)

VDL - sredstvo za slanje informacija između zrakoplova i zemaljske stanice (engl. *VHF Data Link* – VDL)

VFR - pravila za let s vidljivošću (engl. *Visual Flight Rules* – VFR)

VHF - oznaka za vrlo visoku frekvenciju (engl. *Very High Frequency* – VHF)

VOR - višesmjerni radio-far (engl. *Very High Frequency Omnidirectional Radio Range* – VOR)

VSM - minimalno vertikalno razdvajanje (engl. *Vertical Separation Minimum* – VSM)

WAM - vrsta tehnologije budućih generacija sustava zračnog prometa (engl. *Wide Area Multilateration* – WAM)

Popis slika

Slika 1: *Shematski prikaz procjene sigurnosti* 8

Slika 2: *Shematski prikaz slijeda aktivnosti implementacije sustava sigurnosti* 9

Slika 3: *Shematski prikaz dizajniranja rutnog zračnog prostora* 11

Slika 4: *Shematski prikaz međuovisnosti aktivatora* 16

Slika 5: *Proces optimizacije struktura europskog zračnog prostora.* 18

Slika 6: *Shematski prikaz sektorizacije jednog sektora u dva manja* 20

Slika 7: *Shematski prikaz prijelaza dualnih jednosmjernih ruta.* 21

Slika 8: *Shematski prikaz mogućeg izbjegavanja linija penjanja i prilaženja devijacijom ruta.* 21

Slika 9: *Shematski prikaz smanjenja proširenja prijelaznih područja između ATS ruta* 22

Slika 10: *EUR regija je jedna od osnovnih regionalnih navigacijskih područja koje je definirao ICAO, a u koju spada i Republika Hrvatska.* 22

Slika 11: *Shematski prikaz metoda s potrebnim i nepotrebnim segregacijama ATS ruta* 23

Slika 12: *Alokacijska shema utjecaja glavnih prijelaza na organizaciju ATS ruta* 23

Slika 13: *Shematski prikaz kompatibilnosti TMA mreže i mreže preleta.* 24

Slika 14: *Shematski prikaz aktivnosti dizajniranja zračnog prostora za PBN implementaciju* 35

Slika 15: *Shematski prikaz kombinacije više sektora* 42

Slika 16: *Shematski prikaz rekonfiguracije granica sektora* 42

Slika 17: *Shematski prikaz specijaliziranih ruta* 43

Slika 18: *Shematski prikaz segregacije glavnih prometnih tokova* 43

Slika 19: *Shematski prikaz re-lokacije točaka križanja* 44

Slika 20: *Shematski prikaz poboljšanja direktne koordinacije između susjednih sektora* 44

Slika 21: *Shematski prikaz ispravnog i neispravnog „punjenja“ sektora konvergirajućim prometom* 45

Slika 22: *Shematski prikaz ispravnog i neispravnog položaja konfliktne točke u odnosu na sektor ulazećeg prometa* 46

Slika 23: *Shematski prikaz nepoželjnih situacija zbog nepotrebne koordinacije i ograničenja* 47

Slika 24: *Shematski prikaz ATS delegacija.* 48

Slika 25: *Shematski prikaz funkcionalnog razdvajanja tokova.* 48

Slika 26: *Shematski prikaz specifičnih razdvajanja dolaznih i odletnih tokova upotrebom ograničenja FL-a* 49
Slika 27: *Shematski prikaz sektora visoke i niske interakcije* 51
Slika 28: *Shematski prikaz usporedbe trenutnog i „pseudo" trenutnog TMA* 56
Slika 29: *Shematski prikaz konceptualnog dizajniranja TMA zračnog prostora.* 58
Slika 30: *Shematski prikaz TMA ulaznih/izlaznih i ulazno-izlaznih točaka* 63
Slika 31: *Shematski prikaz vertikalnog položaja TMA područja u odnosu na ENR i CTR* 64
Slika 32: *Shematski prikaz šarolikog značaja ATS ruta* 67
Slika 33: *Shematski prikaz STAR modela* 68
Slika 34: *Shematski prikaz razlike otvorenih/zatvorenih STAR modela.* 69
Slika 35: *Shematski prikaz otvorenog STAR modela u obliku trombona u TMA Frankfurt* 70
Slika 36: *Shematski prikaz integracije prometnih tokova.* 71
Slika 37: *Shematski prikaz vektoriranja zrakoplova nakon preuranjenog izlaska iz putanje* . 71
Slika 38: *Shematski prikaz konvencionalnog spuštanja u prilazu.* 72
Slika 39: *Shematski prikaz kolaborativnog pristupa dizajniranju susjednih TMA područja.* ... 74
Slika 40: *Shematski prikaz etapnog dizajniranja ruta i identifikacije aktivatora/ograničenja.* 76
Slika 41: *Shematski prikaz pravilnog/nepravilnog lateralnog odvajanja terminalnih ruta* 77
Slika 42: *Shematski prikaz pravilnog/nepravilnog vertikalnog odvajanja terminalnih ruta* ... 78
Slika 43: *Shematski prikaz lateralnog odvajanja odlaznih terminalnih ruta.* 79
Slika 44: *Shematski prikaz različitih načina prilaženja uzletno-sletnoj stazi i odlazaka s nje.* . 80
Slika 45: *Shematski prikaz strukture terminalnih ruta za konfiguraciju s jednom uzletno-sletnom stazom* 80
Slika 46: *Shematski prikaz dobrog/lošeg spajanja prometnih tokova u jednu točku prije ulaska u TMA* 81
Slika 47: *Shematski prikaz postupnog spajanja prometnih tokova prema prostoru „entry gate-a"* 82
Slika 48: *Shematski prikaz ispravnog/neispravnog spajanja dolaznih ruta prije holding područja.* 83
Slika 49: *Shematski prikaz ispravnog/neispravnog poravnanja dolaznih ruta s putanjama zrakoplova unutar holding područja* 84
Slika 50: *Shematski prikaz ispravnog/neispravnog položaja ruta i holdinga.* 87

Slika 51: *Shematski prikaz ispravnog/neispravnog podudaranja granica zračnih prostora* ... 87
Slika 52: *Shematski prikaz trodimenzionalne raznolikosti terminalnih zračnih prostora* 88
Slika 53: *Shematski prikaz nepotrebnog zračnog prostora unutar TMA područja* 89
Slika 54: *Shematski prikaz prilagođenih donjih TMA granica VFR letovima* 89
Slika 55: *Shematski prikaz sjedinjavanja susjednih terminalnih zračnih prostora.* 90
Slika 56: *Sustav terminalnog zračnog prostora (TAS)* 91
Slika 57: *Shematski prikaz geografske i funkcionalne sektorizacije* 95
Slika 58: *Shematski prikaz poželjnog (kontinuiranog) i nepoželjnog (stepenastog) spuštanja* 97
Slika 59: *Shematski prikaz poželjnog/nepoželjnog položaja holding područja unutar/izvan granica sektora* 97
Slika 60: *Shematski prikaz poželjnog/nepoželjnog položaja terminalnih ruta u odnosu na granice sektora* 98
Slika 61: *Shematski prikaz nepoželjnog položaja točaka križanja ruta u blizini granica sektora* 98
Slika 62: *Shematski prikaz fleksibilnog dizajniranja granica sektora* 99
Slika 63: *Poboljšanje učinkovitosti odabirom optimalne konfiguracije zračnog prostora* 100
Slika 64: *Shematski prikaz zadržavanja iste konfiguracije sektora unatoč promjeni strane prilaženja uzletno-sletnoj stazi* 101
Slika 65: *Shematski prikaz klasifikacije dijela europskog zračnog prostora.* 103
Slika 66: *Kontrolirane zone zračnih luka Zagreb, Split i Dubrovnik.* 106
Slika 67: *Organizacija zračnog prostora FIR-a Zagreb* 106
Slika 68: *Podjela razina leta Republike Hrvatske* 107
Slika 69: *Zagreb FIR.* 109
Slika 70: *Područje odgovornosti ACC Zagreb za niži i gornji zračni prostor.* 109
Slika 71: *Završne kontrolirane oblasti zračnih luka Zagreb, Split i Dubrovnik* 110
Slika 72: *Pravilno označavanje zračnih puteva.* 111
Slika 73: *Zabranjena zona LDP39* 112
Slika 74: *Uvjetno zabranjena zona LDR44* 112
Slika 75: *Opasna zona LDD21.* 113
Slika 76: *Područje odgovornosti Hrvatske kontrole zračne plovidbe u LOWER i UPPER zračnom prostoru.* 115

Slika 77: *Izgled „c1“ konfiguracije* 116

Slika 78: *Izgled „c2b“ konfiguracije* 118

Slika 79: *Izgled „c2a“ konfiguracije* 118

Slika 80: *Prikaz „c12a“ konfiguracije* 118

Slika 81: *Prikaz „c1“ – „c7bh“ konfiguracij* 119

Slika 82: *Prikaz „c8a“ – „c12a“ konfiguracija.* 120

Slika 83: *Prikaz dinamičke konfiguracije North sektora „C4DL1“ – „C10DL1“* 121

Slika 84: *Prikaz konfiguracije Central sektora „c5C1“ – „c14C1“* 122

Popis tablica

Tablica 1: *Popis aktivnosti po pojedinim fazama implementacije PBN-a* 36

Tablica 2: *Popis stavaka potrebnih u priopćenju referentnog scenarija za TMA zračni prostor* 57

Tablica 3: *Prikaz TMA ograničenja, mjera ublažavanja i relevantnih aktivatora* 61

Tablica 4: *Prednosti i nedostaci geografske i funkcionalne sektorizacije* 96

Tablica 5: *ICAO klasifikacija zračnog prostora* 104

Tablica 6: *Ukupan broj IFR GAT operacija na hrvatskim aerodromima* 127

Popis grafikona

Grafikon 1: *Različitost prometne distribucije u terminalnim zračnim prostorima*. 62

Grafikon 2: *Prikaz ukupnog broja zrakoplova kroz jedan dan za koji je odgovoran Centar oblasne kontrole zračnog prometa Zagreb* 117

Grafikon 3: *Prikaz IFR GAT prometa Republike Hrvatske u razdoblju 2000. g. – 2015. g.* 124

Grafikon 4: *Prikaz godišnjeg, ljetnog i zimskog broja letova po danu te najopterećeniji dan u razdoblju 2007. g. – 2015. g.* 125

Grafikon 5: *Usporedni prikaz kretanja IFR GAT operacija za 2013, 2014. i 2015. godinu*..... 125

Grafikon 6: *Usporedni prikaz dnevnog prosjeka prometa po mjesecima u ACC Zagreb za 2013., 2014. i 2015. godinu* 126

Grafikon 7: *Udio IFR GAT operacija po aerodromima u 2015. godini.* 128

Grafikon 8: *Prikaz ukupnog kašnjenja i kašnjenja po letu za ACC Zagreb u razdoblju 2006. g. – 2015. g.* 128

Grafikon 9: *Glavni uzroci kašnjenja po danima u tjednu u 2015. godini za ACC Zagreb.*..... 129

Grafikon 10: *Usporedba aerodromskog prometa za 2014. i 2015. godinu* 130

Grafikon 11: *Usporedba udjela polijetanja, slijetanja, prelijetanja CTR-a te prometa unutar CTR-a u 2014. i 2015. godini*..... 131