Proračun elemenata navigacijske rute i razrada postupaka gubitka orijentacije

Ćurković, Anamaria

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:081465

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

Anamaria Ćurković

PRORAČUN ELEMENATA NAVIGACIJSKE RUTE I RAZRADA POSTUPAKA PRI GUBITKU ORIJENTACIJE

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2016

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 20. travnja 2016.

Zavod: **Zavod za aeronautiku**
Predmet: **Zrakoplovna navigacija I**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 3684

Pristupnik: **Anamaria Ćurković (0135234758)**
Studij: Aeronautika
Smjer: Pilot
Usmjerenje: Vojni pilot

Zadatak: **Proračun elemenata navigacijske rute i razrada postupaka gubitka orijentacije**

Opis zadatka:

Definiranje navigacijske rute prema početnoj točki rute, prekretnim orijentirima i krajnjoj točki rute. Proračun navigacijskih elemenata . Određivanje visina, kursa, vremena leta i udaljenosti prema pojedinim etapama rute. Proračunati utjecaj vjetra na let zrakoplova na temelju meteoroloških podataka. Izrada navigacijskog plana leta. Opći postupci pri gubitku orijentacije i mogući razlozi. Razrada postupaka za gubitak orijentacije na svim etapama rute (opisati kao scenarije). Zaključna razmatranja.

Zadatak uručen pristupniku: 4. ožujka 2016.

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Doris Novak

Predsjednik povjerenstva za završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

PRORAČUN ELEMENATA NAVIGACIJSKE RUTE I RAZRADA POSTUPAKA PRI GUBITKU ORIJENTACIJE

ENROUTE AIR NAVIGATION PLANNING AND LOST PROCESURES

Mentor: izv. prof. dr. sc. Doris Novak

Student: Anamaria Ćurković

JMBAG: 0135234758

Zagreb, kolovoz 2016.

SAŽETAK

Ovaj završni rad bavi se navigacijskim planiranjem koje je sastavni dio pripreme leta i važan postupak koji se treba provesti prije izvršenja svakog leta. Proračun elemenata navigacijske rute ključna je stavka kako bi se let uspješno proveo.

Vrijeme kao meteorološka pojava značajan je čimbenik u zrakoplovstvu, stoga je objašnjeno djelovanje vjetra na let zrakoplova. Bez obzira koliko se pilot samoinicijativno pripremao za pojedini let, ne može biti potpuno spreman na gubitak orijentacije u određenoj fazi leta. Više je faktora koji utječu na gubitak orijentacije poput ne poznavanja terena iznad kojeg će se let obaviti, netočno pokazivanje kompasa, krivi proračun kursa i sl. U zraku, pored svih elemenata leta koje treba održavati i kontrolirati, gubljenje orijentacije je najmanje što pilotu treba. Stoga, za svaku pojedinu etapu rute objašnjen je princip gubitka orijentacije te postupci nakon gubitka orijentacije.

Ucrtavanje navigacijskih elemenata na kartu i proračun navigacijskog plana leta prikazano je za odabranu navigacijsku rutu.

KLJUČNE RIJEČI: navigacijska ruta; pravila vizualnog letenja; proračun elemenata navigacijske rute; navigacijski plan leta; gubitak orijentacije

SUMMARY

The aim of this work is to explain flight planning which is an integral part of flight preparation as well as an important process that should be carried out prior to the execution of each flight. The estimation of the elements in a navigation route is the key to a successful flight.

Weather, as an meteorological phenomenon, is a significant factor in aviation, which was incentive to explain effect of wind on the aircraft`s flight. Regardless of the amount of self preparation the pilot may have had, he can not be completely ready for loss of orientation in a certain phase of flight. There are many factors that can affect on orrientation loss such as unknown terrain, incorrect display on compass, wrong

calculation of flight route etc. During the flight, pilot must maintain and control a lot of elements, so loss of orientation is not something he should be dealing with too. Due to that, each part of route has the principles of orientation loss explained, as well as procedures that are applied in case if it happens.

Plotting navigation elements on a map and calculating the flight plan is shown for selected navigation route.

KEY WORDS: navigation route, visual flight rules, calculation of navigation route elements, flight plan, loss of orientation

Sadržaj

1. UVOD 1

2. POJAM ZRAKOPLOVNE NAVIGACIJE I NAVIGACIJSKE RUTE 2

2.1. Zrakoplovna navigacija 2

2.2. Elementi navigacijske rute 2

3. PRORAČUN NAVIGACIJSKIH ELEMENATA 6

3.1. Navigacijski elementi i instrumenti 6

3.2. Kurs leta 7

3.3. Brzina leta 9

3.4. Izbor visine leta 11

3.5. Vrijeme leta 13

4. PRIMJENA RAČUNSKE NAVIGACIJE TIJEKOM LETA 14

4.1. Vjetar u zrakoplovnoj navigaciji 14

4.2. Određivanje nepoznatog vjetra tijekom leta 15

4.3. Proračun leta 17

5. ELEMENTI NAVIGACIJSKE RUTE LETA 19

5.1. Izrada navigacijske rute na karti 19

5.2. Manevri za zaobilaženje prepreka i na PO 20

5.3. Izrada navigacijskog plana leta 25

5.3.1. Prednja strana standardnog navigacijskog plana 25

5.3.2. Stražnja strana standardnog navigacijskog plana 28

6. GUBITAK I USPOSTAVLJANJE IZGUBLJENE ORIJENTACIJE 30

6.1. Općenito 30

6.2. Uzroci gubitka orijentacije 30

6.3. Uspostavljanje izgubljene orijentacije 31

6.4. Scenariji gubitka orijentacije po ruti 35

6.4.1. Gubitak orijentacije na prvoj etapi: Galovac-Vrulje 35

6.4.2. Gubitak orijentacije na drugoj etapi: Vrulje-O.Rivanj 37

6.4.3. Gubitak orijentacije na trećoj etapi: O. Rivanj-Gorica 38

6.4.4. Gubitak orijentacije na četvrtoj etapi: Gorica-Murvica 40

7. ZAKLJUČAK 42

LITERATURA 43

POPIS KRATICA 44

POPIS SLIKA 45

POPIS TABLICA 45

1. UVOD

Izrada navigacijske karte i proračuni navigacijskih elemenata su uvjeti koji trebaju biti zadovoljeni kako bi se let izvršio uspješno, sigurno i sa dobrom cjelokupnom prethodnom pripremom. Opća, prethodna i izvršna priprema su tri ključne navigacijske pripreme koje prije samog leta pilota provode kroz zadaću. Prolaskom kroz tri pripreme pilot ide spremniji na let, no ne može utjecati na meteorološke (ne)prilike. U samoj izvršnoj pripremi bitno je proračunati utjecaj vjetra na let zrakoplova na temelju meteoroloških podataka.

U poglavljima završnog rada definirat će se navigacijska ruta prema početnoj točki rute (PTR), prekretnim orijentirima (PO) i krajnjoj točki rute (KTR), te će se izvršiti proračun navigacijskih elemenata. Za samu navigacijsku rutu potrebno je odrediti visinu, kurs, vrijeme trajanja leta i udaljenosti pojedine etape što je objašnjeno na primjeru navigacijske rute čije je polijetanje i slijetanje na zračnu luku Zadar.

Izrada navigacijskog plana leta je obavezna za svaki navigacijski let kako bi pilot dobio odobrenje za polijetanje te kako bi nadređeni mogao provjeriti letačku dokumentaciju prije samog leta. Izrada, te upisivanje podataka u navigacijski plan je objašnjeno u sedmom poglavlju.

U radu su izrađeni scenariji gubitka orijentacije na pojedinim etapama navigacijske rute. Za svaki scenarij definiran je postupak koji je moguće primijeniti. Gubitak orijentacije je događaj kojeg pilot ne može naučiti jer se može desiti u bilo kojem trenutku leta zbog različitih čimbenika. Jedino što pilot može učiniti je prije svakog leta razraditi moguće gubitke orijentacije kao scenarije za pojedini dio leta, kako bi u slučaju istog na letu bio spremniji te ne bi ugrozio sigurnost leta.

2. POJAM ZRAKOPLOVNE NAVIGACIJE I NAVIGACIJSKE RUTE

2.1. Zrakoplovna navigacija

Opća definicija zrakoplovne navigacije je da je zrakoplovna navigacija znanstvena disciplina koja sa teorijskog i praktičnog stajališta proučava i opisuje metode pripreme leta, određivanja pozicija te vođenja zrakoplova od jedne poznate pozicije do druge poznate pozicije na zemljinoj površini u prostorno-vremenskoj dimenziji. Pod pojmom pripreme leta podrazumijevaju se aktivnosti kao što su: priprema i proučavanje rute, izračun navigacijskih elemenata, izrada navigacijskog plana leta, ucrtavanje rute na kartu kao i odabir orijentira.

Zrakoplovna navigacija može se podijeliti na dvije općenite vrste vođenja zrakoplovne navigacije:

- Vizualna navigacija – temelji se na pravilima vizualnog letenja, odnosno principu određivanja pozicije zrakoplova vizualizacijom reljefa ispod područja letenja pomoću orijentira u prostoru i na karti.
- Instrumentalna navigacija – određivanje pozicije izvodi se prikupljanjem informacija iz zrakoplova koje se prikazuju na instrumentima i određenim prikaznicima u pilotskoj kabini.

2.2. Elementi navigacijske rute

Ruta je put kojim zrakoplov leti od kraja uzlijetanja i inicijalne faze penjanja do početka faze prilaza i faze slijetanja. Navigacijska ruta sadrži početnu točku rute (PTR), prekretne orijentire (PO), kontrolne orijentire (KO), krajnju točku rute (KTR) te sve potrebne navigacijske elemente. Ruta treba omogućiti najkraće trajanje leta uz što manja skretanja. Ruta treba biti odabrana tako da letovima prema pravilima vizualnog letenja (eng.Visual Flight Rules) omogući sigurno vođenje vizualne navigacije.

Početna točka rute (PTR) je orijentir koji se dobro može uočiti, a udaljen je od zračne luke 10-30 km. Za letenje u težim meteorološkim prilikama za PTR se određuju ZRNS. Između svakih prekretnih orijentira etape potreban je kontrolni orijentir kako bi se mogla utvrditi stvarni položaj zrakoplova u letu. **Kontrolni orijentiri** (KO) su znakoviti

zemljopisni objekti na zemljištu, blizu ZCP ili na njoj, a služe za kontrolu puta po pravcu ili po daljini. Broj KO i njihova međusobna udaljenost ovisni su o duljini etape, brzini zrakoplova i pogodnosti zemljišta za orijentaciju. Svaka navigacijska ruta završava na zadnjoj točki, odnosno krajnjoj točki rute. **Krajnja točka rute** (KTR) je posljednja točka na ruti, iznimno za KTR se može odabrati i zračna luka slijetanja.

Svi orijentiri na zemlji trebaju biti lako uočljivi, statični, markantni i ucrtani na navigacijskoj karti.

Prije samog odabira navigacijske rute potrebno je dobro razmotriti teren iznad kojeg će prolaziti namjeravana ruta. Treba obratiti pozornost na visine prepreka za pojedini dio terena, odnosno da zrakoplov u svakom trenutku leta nadvisuje sve prepreke na ruti. Minimalna visina iznad gusto naseljenih gradova ili naselja, na javnim masovnim skupovima i na otvorenim prostorima je 1000 ft, a iznad kopna i vodenih površina je 500 ft.

Primjer kompletne navigacijske rute može se vidjeti na slici 1. Ruta započinje i završava na LDZD. Navigacijska ruta sastoji se od 4 etape ukupne duljine 78 NM u vremenskom trajanju od 45 minuta. Brzina zrakoplova Zlin 242L duž cijele rute je 100 kn.

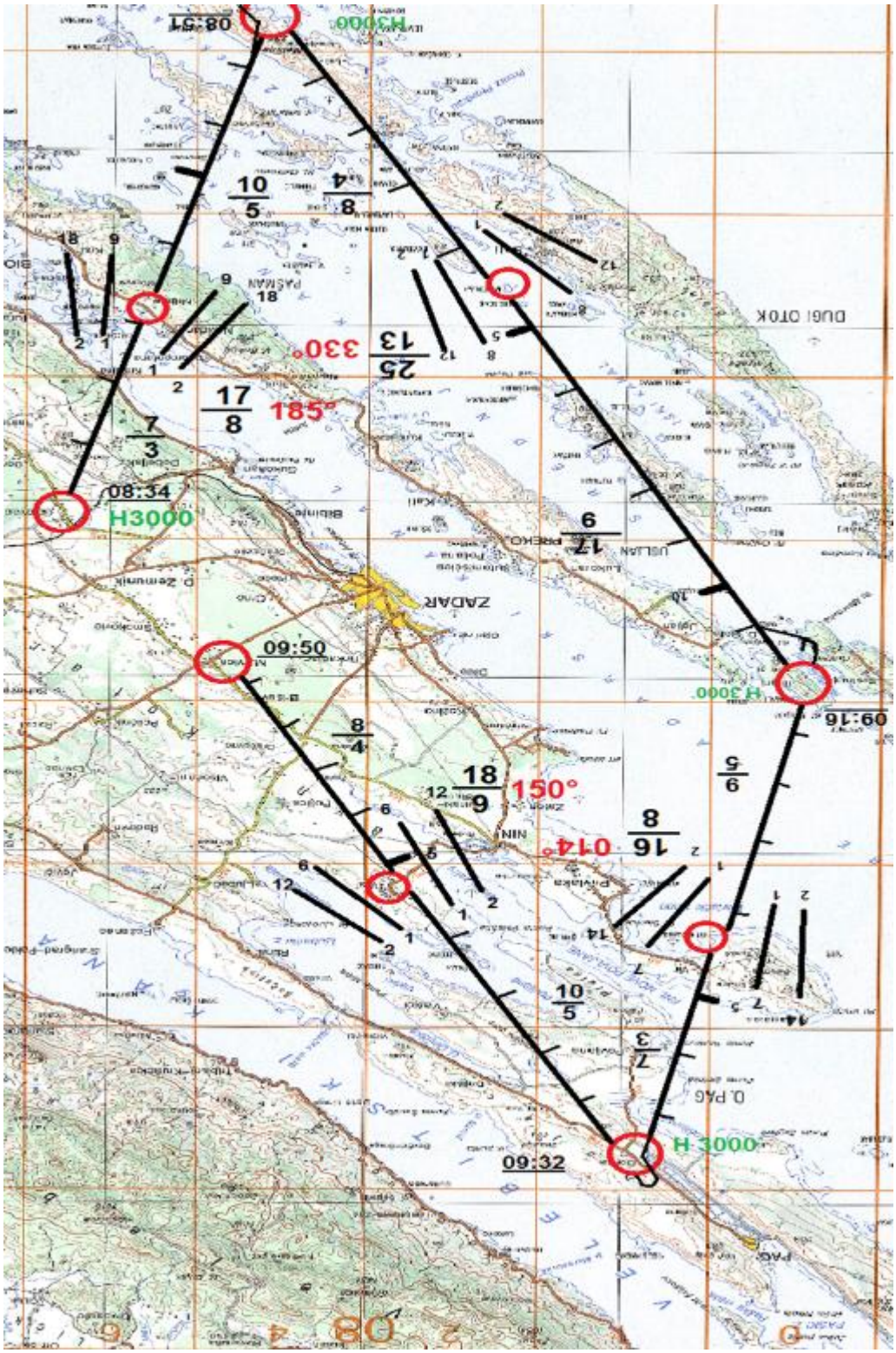
Prva etapa započinje sa PTR Galovac do kojeg se leti vizualno, nakon kojeg se leti do PO1 Vrulje sa KO Mrljanje. Elementi prve etape su: 17 NM dužina te 9 minuta vremensko trajanje; visina 3000 ft; kurs 185°.

Druga etapa započinje sa PO Vrulje do PO o. Rivanj sa KO o. Mrtonjak. Elementi druge etape su: 25 NM dužina te 13 minuta vremensko trajanja; visina 3000 ft; kurs 330°.

Treća etapa započinje sa PO o. Rivanj do PO Gorica na otoku Pagu, sa KO Rt. Kozjak na Viru. Elementi treće etape su: 16 NM dužina te 8 minuta vremensko trajanje; visina 3000 ft; kurs 014°.

Četvrta etapa, ujedno i posljednja etapa rute, započinje sa PO Gorica i završava sa KTR Murvica, sa KO Vrsi. Elementi četvrte etape su: 18 NM dužina te 9 minuta vremensko trajanje; visina 3000 ft; kurs 150°.

Visina od 3000 ft vrijedi za sve etape navigacijske rute jer je to minimalna visina za iskakanje sa padobranom u slučaju nužde iz zrakoplova Zlin 242L, te ujedno nadvisuje sve prepreke koje su u ovom slučaju niske jer se radi o letu preko otoka u zadarskom arhipelagu.



Slika 1. Izgled navigacijske rute na karti 1:200 000

3. PRORAČUN NAVIGACIJSKIH ELEMENATA

3.1. Navigacijski elementi i instrumenti

Suvremeni navigacijski instrumenti i elektronička oprema zrakoplova omogućuju pilotu precizno vođenje zrakoplova po ruti i smanjuju vrijeme potrebno za pripremu leta. Izračun navigacijskih elemenata nužan je za pripremu navigacijskog leta. Pomoću tih elemenata pilot dobiva potrebne informacije o letu, što mu olakšava pripremu za sami let.

Navigacijski instrumenti dio su navigacijskih sredstava na zrakoplovu koji pokazuju navigacijske elemente:

Tablica 1. Navigacijski elementi i instrumenti, [2]

NAVIGACIJSKI ELEMENT ⟶ pokazuje ga ⟶ INSTRUMENT
KURS leta → KOMPAS
BRZINA leta → BRZINOMJER
VRIJEME leta → SAT
VISINA leta → VISINOMJER
BRZINA uzdizanja/silaženja → VARIOMETAR

Primarni instrumenti razvrstani su u tzv. "temeljnih šest" (eng.basic six) instrumenata. Unutar njih postoji podskupina tzv. "temeljno T" (eng.basic T) što određuje instrumente važne za navigacijsku informaciju, a čine je instrumenti i prikaznici (Slika 2):

1.brzinomjer; 2.umjetni horizont;, 3.visinomjer; 4.prikaznik skretanja i klizanja (PSK); 5.žiromagnetni kompas; i 6.variometar [1].



Slika 2. Temeljni „šest“ i temeljni „T“

3.2. Kurs leta

Kurs letenja je navigacijski element kojeg pokazuje pokazivač kursa - kompas. Kurs je kut između smjera sjevera (N) i produžetka uzdužne osi zrakoplova (crte kursa CK) u stupnjevima (000° do 360 °), a obilježava se troznamenkastim brojem (050°; 180° i sl.). U praksi se koriste pojmovi: pravi, magnetski i kompasni kurs leta.

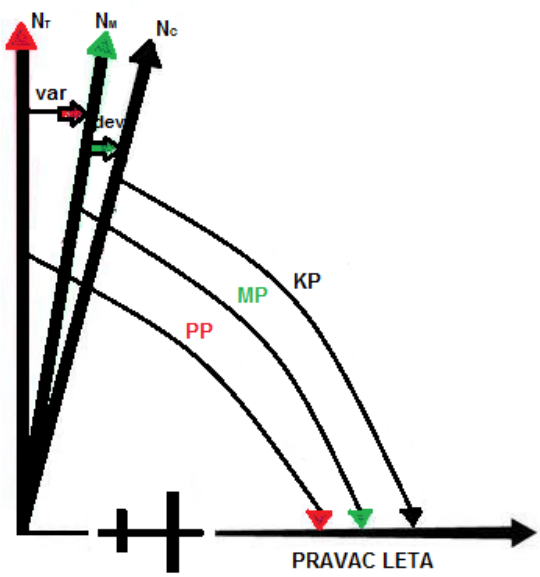
Kurs leta je pravac uzdužne osi zrakoplova u odnosu na smjer sjevera. Putni kut je namjeravani pravac leta preko površine zemlje mjeren u odnosu na smjer sjevera. Trag leta stvarna putanja leta preko površine zemlje u odnosu na smjer sjevera. Smjerovi koji se određuju prilikom planiranja leta mogu biti pravi, magnetski i kompasni. Razlike između smjerova nastaju zbog utjecaja magnetizma Zemlje (izraženog magnetskom deklimacijom, VAR – magnetic variation) i magnetizma zrakoplova (izraženog devijacijom kompasa, DEV – compass deviation).

Pravi kurs (eng.True Heading,N_T) je kut između pravoga sjevera N_p i produžetka uzdužne osi zrakoplova (crte kursa, CK). Mjeri se od N_p-CK u smjeru kazaljke na satu od 000° do 360°.

Magnetski kurs (eng.Magnetic Heading,N_M) je kut između magnetskoga sjevera N_m i crte kursa CK, a mjeri se od 000° do 360°.

Kompasni kut (eng.Compas Heading,N_C) je kut između kompasnoga sjevera N_k i produžetka uzdužne osi zrakoplova CK, a mjeri se od 000° do 360°.

Nakon ucrtavanja etapa rute na kartu, izmjere se pravi putni kutovi, koji se korigiraju za varijaciju i devijaciju, te se tako dobiva kompasni pravac leta. Slika 3 prikazuje odnos pravog, magnetskog i kompasnog sjevera te devijaciju i varijaciju.



Slika 3. Određivanje pravca leta u odnosu na pravac sjevera

Svrha planiranja leta, u smislu određivanja smjera leta, je postizanje optimalne putanje za let između dvije točke, tj. poklapanja traga leta s planiranim putnim kutom. Formula za izračun kompasnog kursa leta je:

$$HDG = CS_T + (\pm VAR) + (\pm DEV) + (\pm CA) \quad (1)$$

3.3. Brzina leta

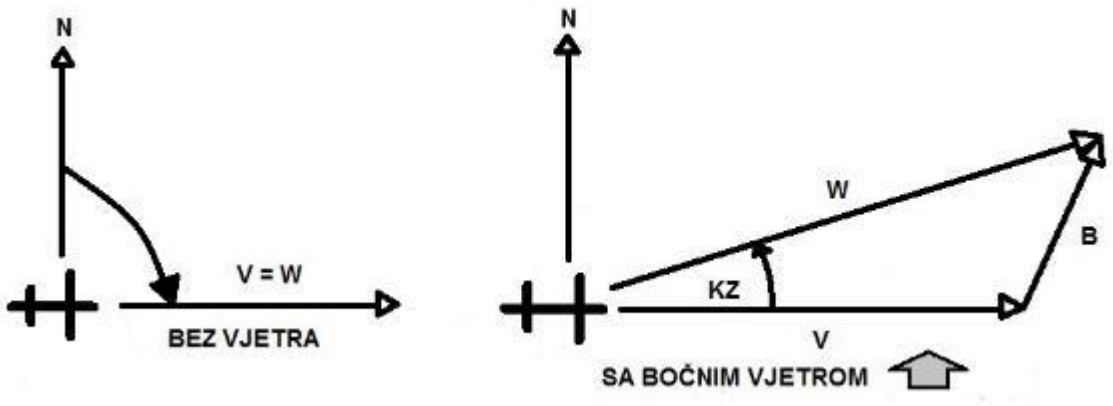
Brzina leta prijeđeni je put u jedinici vremena. Mjeri se u čvorovima (knots, kn). Za zrakoplov Zlin 242L karakteristične brzine za režim penjanja je 80 kn, a za režime krstarenja i spuštanja 100 kn.

Zračna brzina (*Airspeed*) mjeri se u odnosu na zračne strujnice u kojima zrakoplov leti. Ovisi o snazi motora, težini zrakoplova i gustoći zraka. Na nju ne utječe vjetar. Zračna brzina podijeljena je na više podvrsta koje su, svaka za sebe, određene važnim čimbenicima.

Brzina koja se očitava na samom instrumentu u pilotskoj kabini je *instrumentalna brzina* (V_i) koja se izražava u km/h, Stm ili Nm. Ukoliko je došlo do greške ugradnje ili same greške instrumenta govorimo o *ispravljenoj brzini* (V_{isp}). Korigirana brzina zbog stlačivosti zraka je *ekvivalentna brzina* (V_e) te služi za proračun stvarne zračne brzine (V_s). Brzina koja je ispravljena za grešku brzine i temperature zraka na visini leta je *stvarna zračna brzina* (V_s).

Putna brzina (*W*) – Ground Speed (*GS*) je brzina zrakoplova u odnosu na površinu Zemlje. Na smjer i veličinu putne brzine bitno utječe vjetar. Putna brzina osobito je važna za pripremu i obavljanje leta, jer se let po ruti i vrijeme leta proračunavaju po realnim uvjetima u zraku.

Putna brzina jednaka je zračnoj brzini samo u mirnome zraku (bez vjetra) što je rijetko, pa se u zračnoj masi u kojoj zrakoplov leti zajedno s njezinim kretanjem i razlikuje od zračne brzine V_s za smjer i brzinu zračne mase [2].



Slika 4. Utjecaj vjetra na let zrakoplova

Kod planiranja leta kao polazna veličina može se postaviti instrumentalna ili stvarna zračna brzina. Ako je zadana stvarna zračna brzina, na temelju nje proračunava se instrumentalna, a putna brzina se određuje kada se dobiju podaci o smjeru i brzini vjetra. Ukoliko je putna brzina polazni podatak, vrijednost zračne brzine se određuje na temelju prognoziranog vjetra, a zatim se određuje i instrumentalna brzina. Kod takvog proračuna biti će potrebno izvršiti korekcije brzina u slučaju promjene vjetra [2].

Formula za pretvorbu IAS u TAS:

$$\boldsymbol{TAS = IAS + (\pm\Delta v) + (\pm\Delta Vugr) + (\Delta Vic) + (\pm DAS)} \quad (2)$$

A u praktičnoj djelatnosti često se koristi formula:

$$\boldsymbol{TAS = IAS + 5\%IAS\ x\ H} \quad (3)$$

3.4. Izbor visine leta

Visina je okomita je udaljenost zrakoplova od određene horizontalne razine koja se uzima kao temelj mjerenja te se mjeri u stopama (eng. feet, ft). Važan je sigurnosni čimbenik leta u odnosu na reljef, ali i u odnosu na meteorološke elemente i pojave.

Zbog toga što je visina važan sigurnosni čimbenik propisane su razne minimalne visine za VFR i IFR letove. Zrakoplovom se ne smije letjeti ispod minimalnih visina koje su utvrđene od strane države. Minimalne visine u VFR letenju su:

1. Za VFR letove minimalna sigurna visina iznad gusto naseljenih gradova i naselja te iznad javnih masovnih skupova na otvorenom prostoru, ne smije biti manja od 1000 ft iznad najviše prepreke u polumjeru od 600m od pozicije zrakoplova, a u svim ostalim slučajevima 500 ft iznad kopna ili vodene površine.

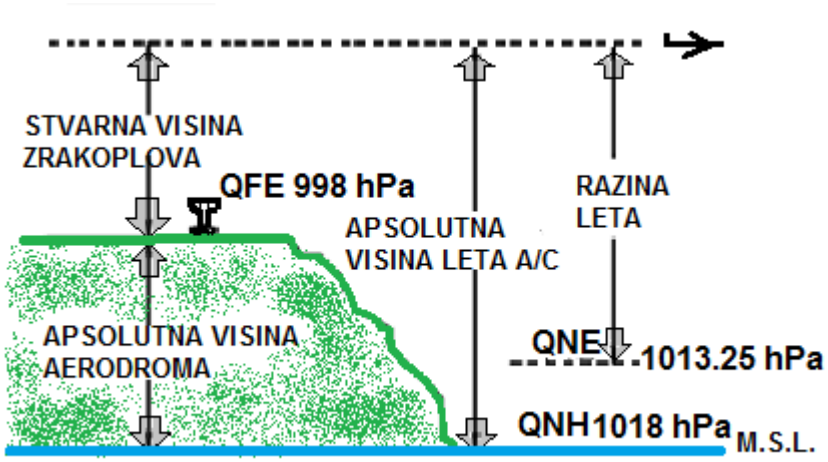
2. Minimalna sektorska apsolutna visina (MSA – minimum sector altitude) – najniža apsolutna visina koja se smije koristiti, a koja osigurava minimalno nadvišavanje svih objekata od 1000 ft unutar sektora polumjera 25 NM (eng. Nautical Miles) čije se središte nalazi na poziciji radionavigacijskog sredstva.

Vrijednosti tlaka za određene visine:

QFE – tlak koji je postavljen na visinomjeru kako bi se odredila stvarna visina (eng. Height H). Stvarna visina je udaljenost razine, točke ili objekta koji se smatra točkom, mjerena od utvrđene vrijednosti. Za utvrđena vrijednost je aerodrom polijetanja ili slijetanja.

QNH – tlak koji je postavljen na visinomjeru kako bi se odredila apsolutna visina (eng. Altitude ALT). Apsolutna visina je vertikalna udaljenost razine, točke ili objekta koji se smatra točkom, mjerena od srednje razine mora (eng. MSL).

QNE – tlak koji je postavljen na visinomjeru kako bi se dobila razina leta (eng. Flight level FL). Razina leta je površina stalnog atmosferskog tlaka određena u odnosu na specifičnu vrijednost tlaka od 1013,25 hPa (slika 5).



Slika 5. Visine leta po tlaku

Stvarna visina u horizontalnome letu se stalno mijenja uz održavanje instrumentalne visine nepromijenjenom. Stoga se određivanje stvarne visine leta radi samo kada je potrebno i za određeni položaj. Kod praktičnog planiranja leta najčešće je potrebno na temelju zadane stvarne visine leta iznad određene točke odrediti visinu koju treba održavati prema instrumentu [2].

Razina leta je visina prema tlaku zraka postavljenom na standardni atmosferski tlak – QNE. Mjerenje razine leta i obveza njezinoga pridržavanja uvedeno je radi sigurnosti zračnoga prometa. Sustavom polukružnih razina leta ostvaruje se sigurno križanje putanje zrakoplova u sustavu par nepar na različitim visinama. Stoga su se svi koji lete iznad prijelazne visine obvezni pridržavati zadanih razina leta. Zrakoplovi koji lete u kursevima od 360°do 179°lete na neparnim tisućama stopa, a u kursevima od 180°do 359°na parnim tisućama stopa.

3.5. Vrijeme leta

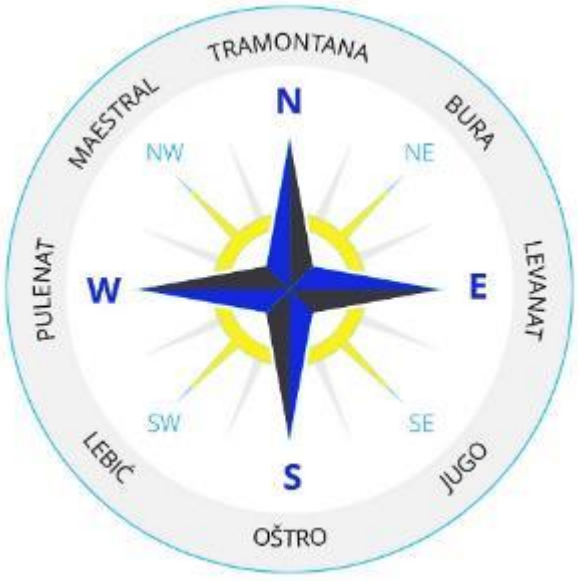
Uz pilotski magnetski kompas kao osnovni instrument u pilotskoj kabini, sat koji pokazuje sate, minute i sekunde, je također obavezan instrument. Pomoću sata zapisuju se vremena na PTR, PO i KTR stoga je nužno da se prije svakog polijetanja provjeri točnost instrumenta.

Uz poznat smjer i brzinu kretanja, mjerenje vremena u planiranju leta pruža mogućnost određivanja položaja zrakoplova u prostoru. Proračunom brzine leta zrakoplova i utjecaja vjetra, može se precizno odrediti vrijeme prelaska preko pojedinih orijentira na ruti i dolaska na aerodrom slijetanja. Također pri gubitku orijentacije, jedan od postupaka koji se moraju izvršiti je utvrđivanje vremena proteklog od zadnje poznate pozicije, te uz smjer kretanja na takav način odrediti moguće pozicije zrakoplova u prostoru. Za navigacijske potrebe, vrijeme se izražava u satima i minutama, uz točnost od 0,5 min. Računanje vremena u zrakoplovstvu je standardizirano i određeno univerzalnim vremenom (Universal Time Coordinated – UTC) koje se izražava kao srednje lokalno vrijeme na poziciji Greenwicha (nulti meridijan) koji prolazi kroz London [1].

4. PRIMJENA RAČUNSKE NAVIGACIJE TIJEKOM LETA

4.1. Vjetar u zrakoplovnoj navigaciji

Vjetar se definira kao kretanje zraka prouzročeno neravnomjernom razdiobom zračnoga tlaka na Zemlji, a pripada u važne meteorološke i klimatske elemente. Zračna masa – medij u kojemu zrakoplovi obavljaju svoje zadaće, gotovo nikada ne miruje, ona se kreće i sa sobom nosi zrakoplov u smjeru i brzinom svoga kretanja [2].

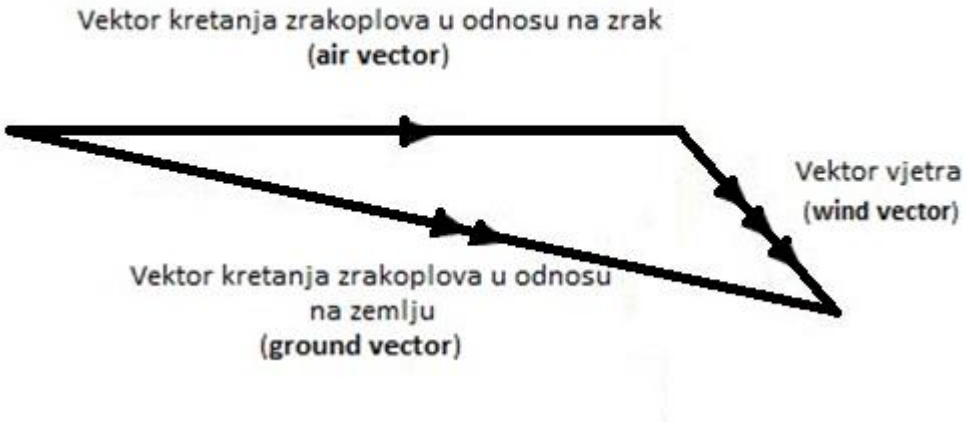


Slika 6. Ruža vjetrova, [5]

Pravac i brzina vjetra su elementi vjetra, a u zrakoplovnoj navigaciji se obilježavaju kraticom P/B (P-pravac : B-brzina vjetra). Pravac vjetra se označava prema strani svijeta s koje vjetar struji; primjerice južni je vjetar onaj sa južne strane, a zapadnim vjetrom naziva se onaj koji struji sa zapada.

Vjetar utječe na let zrakoplova na način da smanjuje ili povećava putnu brzinu zrakoplova, odnosno brzinu zrakoplova u odnosu na zemlju te mijenja putanju leta zrakoplova. Kretanje zrakoplova definirano je smjerom i brzinom leta (vektor u odnosu na zrak), tako je vektor vjetra, koji također ima svoj smjer i brzinu, potrebno rastaviti na komponente koje imaju izravan utjecaj na putanju kretanja zrakoplova. Na slici 7

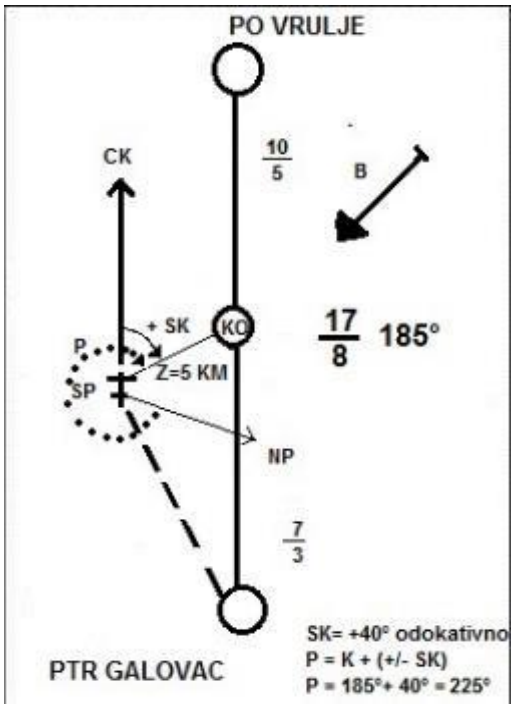
prikazane su komponente na koje se rastavlja vektor vjetra, odnosno uzdužna i bočna komponenta na putanju leta zrakoplova [1].



Slika 7. Grafički prikaz navigacijskog trokuta, [1]

4.2. Određivanje nepoznatog vjetra tijekom leta

Radi kontrole točnosti podataka o vjetru, na prvoj, kontrolnoj etapi rute, u letu se može provjeriti podudara li se stanje s pripreme za letenje sa stvarnim stanjem tijekom samog leta. Pilot može odrediti nepoznati vjetar i onda kada mu iz određenih razloga nisu dostupni ti podaci.



Slika 8. Određivanje elemenata nepoznatog vjetra

Na prvoj, kontrolnoj, etapi potrebno je precizno određivati proračunate parametre leta. Na kontrolnom orijentiru (KO) u predviđeno vrijeme dolaska (PVD) treba odrediti stvarni položaj (SP) i na temelju toga, u odnosu na KO, odrediti elemente vjetra (P/B) (Slika 8.).

Pravac vjetra određuje se na način:

Kako je NTB, P = EK u ovom primjeru E = SK (stranski kut), vrijedi odnos P = K +/- (SK). Kada se dobije negativan rezultat, dobivenoj vrijednosti dodaje se 360°.

U primjeru: P = 225°

Brzina vjetra određuje se na temelju pravocrtnog zanošenja (Z) zrakoplova izraženog u kilometrima po azimutalnom smjeru vjetra od KO do SP i PVD na kontrolni orijentir.

Prema slici 8. određuje se formula za brzinu vjetra:

$$B = \frac{z}{t} \times 60 \quad (4)$$

Pri čemu je: Z – zanošenje (km)

t – vrijeme leta (min)

Za taj primjer B = (5/10)x60 = 30 km/h

Dakle, P/B = 225°/30 km/h.

4.3. Proračun leta

Proračun leta je najvažniji sadržaj prethodne navigacijske pripreme leta. U tom se proračunu izračunavaju svi relevantni navigacijski parametri za planiranu rutu. Glavni navigacijski elementi što ih pilot mora odrediti u proračunu leta su:

a) pravi putni kut (PPK) i duljine pojedinih etapa rute,

b) brzina letenja (V_s, V_i, W),

c) vrijeme leta (t) i

d) potrebna količina goriva.

a) **Mjerenje pravoga kuta leta**

Nakon ucrtavanja rute na kartu, prvi je postupak mjerenje PPK i udaljenosti (S). Kurs letenja za pojedinu etapu te njena udaljenost mjeri se sa navigacijskim ploterom.

b) **Proračun brzine leta**

Zadaćom za let može se kao polazna veličina postaviti:

- instrumentalna ili
- zračna (stvarna) brzina.

U ovom slučaju kao polazna veličina brzine u standardnom navigacijskome planu je 100 kt za zrakoplov Zlin 242L kojemu je to brzina krstarenja.

c) **Proračun vremena leta**

Vrijeme leta se računa rješavanjem odnosa S - W - t (put - putna brzina - vrijeme). Mjerodavna brzina za proračun vremena je putna. Proračunom vremena leta treba odrediti ukupno vrijeme leta rute. Ono se sastoji od:

- vremena polijetanja – točno vrijeme kada je zrakoplov poletio,
- vremena leta do PTR – vrijeme koje je zrakoplovu potrebno od zračne luke do početne točke rute,
- vremena pojedinih etapa – vremensko trajanje svake etape rute, od jednog PO do drugog PO,
- vremena leta na povratnoj ruti, a pri letenju u skupini i od vremena razilaženja skupine i slijetanja.

d) **Proračun goriva**

Potrošnja goriva je ovisna o visini leta, režimu rada motora i varijanti opterećenja. Potrebna količina goriva za zadaću dobiva se zbrajanjem količine goriva za pokretanje motora, vožnju, polijetanje i let do PTR, let po ruti, obradu objekta djelovanja, let od KTR do slijetanja i vožnje do zaustavljanja motora. Potrebne količine goriva za te faze leta dobivaju se na ovaj način:

- za pokretanje motora i vožnju - prema potrošnji za rad motora na zemlji,
- za polijetanje i let do PTR,
- za let po ruti,
- za let od KTR do slijetanja,
- za vožnju do zaustavljanja motora - jednako kao i za vožnju za polijetanje.

Proračunatoj potrebnoj količini goriva za let treba u svim uvjetima dodavati i stanovitu pričuvu radi moguće promjene navigacijske, meteorološke ili taktičke situacije [2].

5. ELEMENTI NAVIGACIJSKE RUTE LETA

5.1. Izrada navigacijske rute na karti

Izrada navigacijske rute započinje kada je odlučena ruta za namjeravani let. Ucrtavanje elemenata na kartu se rade sa markerima, šablonama te navigacijskim ploterom. Ucrtavaju se prekretni orijentiri (PO), početna točka rute (PTR), krajnja točka rute (KTR) te kontrolni orijentiri (KO). Lijevo i desno od ZCP-a crtaju se bočna skretanja (BS) u vrijednosti od 1 i 2 NM. Svi elementi navigacijske rute ucrtavaju se desno od pojedine etape, osim u slučaju bolje preglednosti može se crtati sa lijeve strane kako bi u letu bilo lakše prepoznavanje elemenata. Računa se vrijeme trajanja pojedine etape u minutama te duljina same etape mjerena u nautičkim miljama. U brojniku razlomka se pišu nautičke milje mjerene pomoću navigacijskog plotera, a u nazivniku vrijeme u minutama koje se dobije iz formule brzina-vrijeme-put:

$$s = \frac{Vs}{t} \tag{5}$$

. Desno od tog razlomka sa udaljenošću i vremenom piše se kurs pojedine etape. Također se upisuje minutna i petominutna podjela na kartu. Sa desne strane PO upisuje se predviđeno vrijeme dolaska (PVD), dok sa lijeve strane visina za pojedinu etapu.

Boje koje se koriste na navigacijskoj karti su:

Crvena: kružnice za PO i KO; kurs pojedine etape

Crna ili plava: crta ZCP-a; minutna i petominutna podjela; razlomci udaljenosti i vremena etape; bočna skretanja od ZCP-a; manevri na prekretnim orijentirima; predviđeno vrijeme dolaska na PO; promjena visina (ukoliko postoji) tijekom prelaska sa jedne na drugu etapu

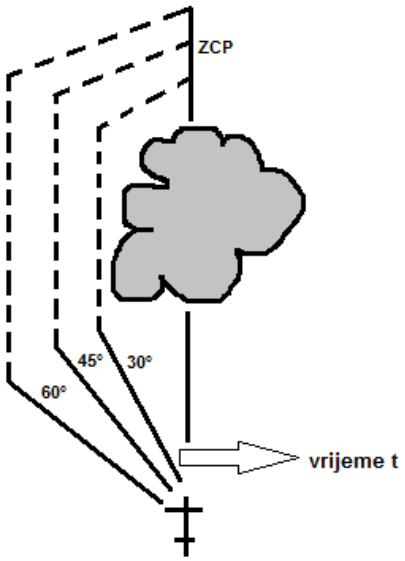
Zelena: visina pojedine etape u stopama (eng. Ft)

5.2. Manevri za zaobilaženje prepreka i na PO

Tijekom pojedine etape može doći do nailaska oblaka, kratkotrajnog pljuska ili prelet preko vrha neke planine. Manevri za zaobilaženje prepreka služe kako bi se sa sigurnošću mimoišle prepreke. Tri su manevra za zaobilaženje prepreka:

Tablica 2. Manevri za zaobilaženje prepreka na ruti

PROMJENA KURSA	DODAVANJE VREMENA NA KONAČNO VRIJEME ETAPE
ZA 30°	1/3 vremena t
ZA 45°	1/2 vremena t
ZA 60°	Vrijeme t

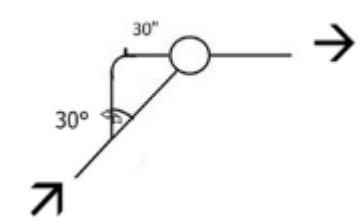
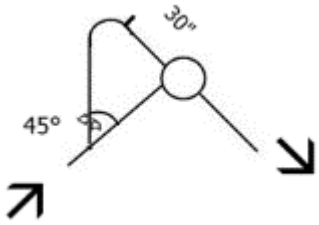
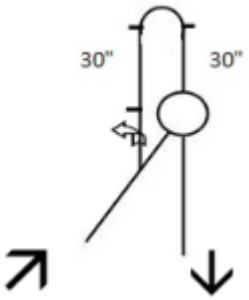


Slika 9. Manevri za zaobilaženje prepreka

Manevri na prekretnim orijentirima su manevri koji omogućuju pilotu da dođe u namjeravani kurs sljedeće etape 30 sekundi prije kako bi mogao zauzeti potrebne elemente leta za nadolazeću etapu. Odabir manevra iznad PO prvenstveno ovisi o veličini promjene kursa između etapa, a ostali parametri koji se uzimaju u obzir su brzina i visina leta te vidljivost orijentira na zemlji.

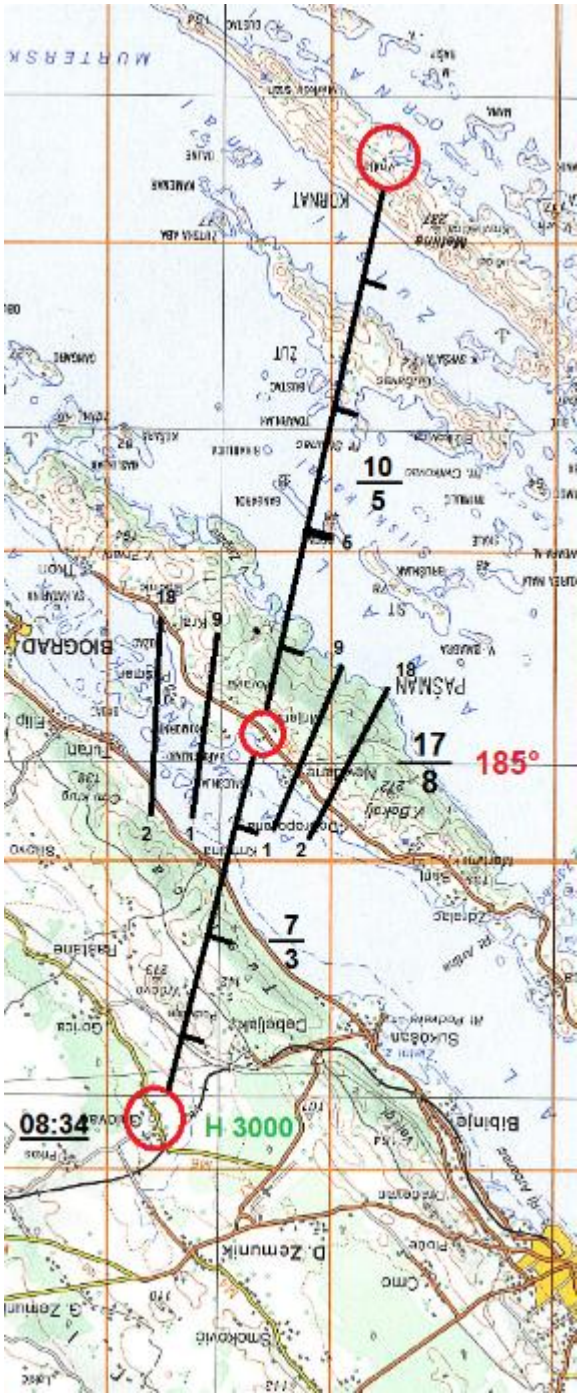
Postoje 4 manevra koji se koriste na PO:

Tablica 3. Manevri na prekretnim orijentirima, [2]

PROMJENA KURSA	**SKRETANJE**
<30°	BEZ SKRETANJA
30°-60° 	30°
60°-120° 	60°
>120° 	SUPROTAN KURS

Udaljenost između dvaju orijentira na karti može se izmjeriti pomoću navigacijskog plotera. Na primjeru na slici 10 vidljiva je karta u mjerilu 1:200 000. Pomoću navigacijskog plotera također se mjeri putni kut (PK) na karti. Putni kut mjeri se na središnjim meridijanima od zemljopisnog smjera sjevera N_p do zadane crte puta udesno od 000°do 360°i zato se naziva pravi putni kut (PP_k).

Na slici 10 nalazi se prva etapa rute od PTR Galovac do PO Vrulje. Na karti su vidljive boje koje su karakteristične za označavanje navigacijskih elemenata. Pri stvarnoj brzini od 100 kn, na udaljenosti od 17 NM vrijeme leta iznosi 9 minuta za ovu etapu. Svi elementi navigacijske etape moraju biti pregledni, minutna podjela označena te petominutna podjela označena sa brojem. Razlomci i kurs jasno vidljivi i uočljivi kako bi pilotu u letu bilo što preglednije očitati elemente.



Slika 10. Izgled prve etape rute

5.3. Izrada navigacijskog plana leta

Provedbena (izvršna) navigacijska priprema dobiva i svoju službenu potvrdu popunom navigacijskog plana leta kao dokumenta, koji odobrava ovlaštena letačka uprava, čime se potvrđuje točnost i cjelovitost pripreme.

Standardni navigacijski plan je univerzalni plan letenja prilagođen za sve vrste zrakoplova i navigacijsku opremu kojom su opremljeni.

Plan ima glavni dio koji se sastoji od popunjavanja formalnih podataka o posadi, nadnevku (datumu), tipu i registracijskom broju zrakoplova. Tu je i rubrika za potpis časnika koji odobrava plan nakon obavljene kontrole, te rubrika za redni broj leta. Redni broj leta je četveroznamenkasti broj u kojemu su prve dvije znamenke zaporka (šifra) zračne luke, a druge dvije redni broj leta u zračnoj luci toga dana. U planu postoji i prostor za potpis pilota koji je plan popunio i za administrativni podatak je li let obavljen u pogodnim ili složenim meteorološkim uvjetima (noć).

5.3.1. Prednja strana standardnog navigacijskog plana

Prednja strana navigacijskog plana sadrži rubrike:

1. Ruta - upisuju se elementi rute, dakle PTR, KO, PO i KTR
2. PPK - upis smjera ZCP, odnosno iznos pravog putnog kursa
3. KK - upis iznosa kompasnog kursa
4. KZ – upis iznosa kuta zanošenja
5. MD – upis iznosa magnetske varijacije
6. T_h – upis iznosa temperature na visini leta
7. H_{km} – upis iznosa visine leta
8. P/B – upis iznosa pravca i brzine vjetra
9. Vs – upis iznosa stvarne brzine
10. Vi – upis iznosa instrumentalne brzine na visi leta

11. W – upis iznosa brzine sa uračunatim vjetrom

12. QFE i QNH – upisa iznosa tlaka na razini zračne luke i tlaka na razini mora

13. S – upis duljine pojedine etape

14. PVD – upis predviđenog vremena dolaska

15. Korekcija brzine – upis podataka korigirane brzine u slučaju ranijeg ili kasnijeg dolaska na KO

16. Nakon upisivanja predviđenoga vremena polijetanja i slijetanja u planiranu zračnu luku pilot potpisuje plan u posebnu rubriku.

Proračun elemenata za prvu etapu rute : PTR Galovac – Po Vrulje

Kurs leta 185° izmjeren je pomoću navigacijskog plotera kao i duljina same prve etape od 17 NM.

Visina od 3000 ft nadvisuje sve prepreke na etapi i ujedno je minimalna visina za iskakanje sa padobranom u slučaju nužde.

Instrumentalna brzina zrakoplova Zlin 242L je 100 kn, dok je brzina W 107 kn na toj etapi sa uračunatim leđnim vjetrom od 7 kn. Taj leđni vjetar će dovesti do toga da će zrakoplov na PO 1 stići brže nego što je planirano. Vrijeme trajanja etape od 9 minuta dobiveno je iz formule put – brzina – vrijeme. Uz brzinu od 107 kn duž cijele rute, zrakoplov će doći do PO Vrulje za 8,5 minuta.

Potrošnja zrakoplova Zlin 242L u krstarenju je 46,5 kg/h. Ako tu vrijednost podijelimo sa 60 i pomnožimo sa brojem minuta u etapi, odnosno 9, u toj etapi će se potrošiti 7 kg goriva.

Tablica 4. Prednja strana standardnog navigacijskog plana

STANDARDNI NAVIGACIJSKI PLAN	ODOBRAVAM	REDNI BROJ LETA
POSADA		

NADNEVAK	TIP	ZLIN 242L		$T_{0=}$ 23°C	P/B (km/h)		QFE	KOLIČINA GORIVA
	BROJ 405	MD			045°/15		QNH	120

ELEMENTI I PODACI ZA LET / PUT (X,Y)	DK	KZ	Th	V_s		S	t	1,kg/h	G Polijet.
	PPK	KK	H ft	V_i	W		PVD	POTROŠENO	Slijet.
LDZD	PTR GALOVAC					2	4	61	
			↑	80				4	
GALOVAC	PO1 VRULJE					17	9	46,5	
		185°	3000`	100	107			7	
VRULJE	PO2 RIVANJ					25	13	46,5	
		330°	3000`	100	91			11	
RIVANJ	PO3 GORICA					16	8	46,5	
		014°	3000`	100	95			6	
GORICA	KTR MURVICA					18	9	46,5	
		150°	3000`	100	110			7	
MURVICA	LDZD					2	3	36	
			↓	100				2	
ISPRAVAK BRZINE			UKUPNO:			80	45	38	

T DOLASKA / KO	RANIJE		V_i za PVD	KASNIJE		PLAN SASTAVIO:		PRIČUVA GORIVA:	80
	1	0,5		1	0,5	SMU		ZR. LUKA	POL. SLIJET. LDZD
KO Mrljane	80	94	100	130	118	NOĆ			
KO Vrsi	78	92	100	140	122	PLAN.T	08:30	VRIJEME	09:54

Ćurković

5.3.2. Stražnja strana standardnog navigacijskog plana

Stražnja strana standardnoga navigacijskoga plana je oblikovana kao mali podsjetnik pilotu o radnjama i postupcima tijekom leta i sadrži sljedeće rubrike:

1. Zračna luka i ZRNS – upis podataka o radionavigacijskim sredstvima na ruti leta
2. Plan rada – upis postupaka i zadaća koje se izvršavaju na pojedinim etapama navigacijske rute
3. Planirani postupa pri gubitku orijentacije – upis procedura koje je potrebo izvršiti u slučaju gubitka orijentacije
4. Ostali podaci

Tablica 5. Stražnja strana standardnog navigacijskog plana

ZRAČNA LUKA/ZRNS	POZ.ZNAK	KANAL/VAL.DUŽ.	ZRAČNA LUKA/ZRNS	POZ.ZNAK	KANAL/VAL.DUŽ.
BO	L	385	VOR/DME ZDA		108.6
ZRA	NDB	330			
ZK	L	348			
SAL	NDB	418			

PLAN RADA NA PUTU/POJASU

Po preletu PTR provjera točnosti zadanih elemenata leta. U svim etapama voditi opću i podrobnu orijentaciju uz pomoć orijentira na zemlji. Na KO određivanje SP, BS i IK za daljnji let po ZCP-u. Povratak na ZCP metodom poznatih orijentira na Zemlji i zauzimanje IK. Upisivanje podataka na kartu i na PO-ima manevri za izlazak na ZCP sljedeće etape. Kroz sve etape kontroliranje i održavanje elemenata leta. Udaljenosti od KO kutovima viziranja. KTR- SP i vrijeme dolaska, te vođenje zrakoplova na slijetanje prema uputama kontrole leta.

PLANIRANI POSTUPAK PRI GUBITKU ORIJENTACIJE	OSTALI PODACI
-sačuvati prisebnost te zapisati vrijeme gubitka orijentacije i proračun vremena ostajanja u zraku uz preostalo gorivo -zauzeti optimalnu visinu za vođenje navigacije i korištenje ZRNS-a -odrediti prostor vjerojatnog položaja, a na temelju zadnje poznate SP, vremena, brzine i kursa te uz pomoć karte i vizualnog motrenja pokušati uspostaviti opću i podrobnu orijentaciju -koristiti ZRNS i letjeti prema njemu, letjeti na značajan linijski orijentir, tražiti navigacijsku pomoć sa zemlje	LDZD TWR 123.7 LDZD RDR 118.6 ZG INFO 135.05 LDSP TWR 124.675 LDSP RDR 120.875

6. GUBITAK I USPOSTAVLJANJE IZGUBLJENE ORIJENTACIJE

6.1. Općenito

Gubitak orijentacije označuje stanje u kojem se pilot nalazi, uglavnom zbog propusta u radu, kada ne prepoznaje niti jedan orijentir u svome vidnom polju, ne može odrediti svoj položaj, ne zna kurs za produženje leta po planiranoj zadaći, ne zna kurs za povratak u matičnu, alternativnu niti bilo koju drugu zračnu luku. To je stanje stresa u kojemu je moć logične prosudbe umanjena, odnosno blokirana. To psihološko stanje izgubljenosti u prostoru i vremenu problem je koji pilot mora riješiti sam ili uz pomoć kontrole zračne plovidbe da se ne bi dogodila katastrofa. Gubitak orijentacije nastaje onda kad se izgubi opća orijentacija.

6.2. Uzroci gubitka orijentacije

Glavni uzroci gubitka orijentacije su subjektivne greške i propusti tijekom leta, odnosno u vođenju navigacije. Priroda je tih uzroka:

a) Slabo poznavanje područja letenja. Moguće je da pilot ide prvi puta na određeni navigacijski let kroz područje koje uopće ne poznaje. Ukoliko je to planinsko područje, lako se zamjene vrhovi planina, brda i gora ukoliko je npr. šuma na tim dijelovima iste vrste.

b) Loša i necjelovita navigacijska priprema leta. Ukoliko navigacijska priprema leta nije završena i pripremljena po svim točkama pripreme, novonastala situacija u zraku lako može dovesti do gubitka orijentacije.

c) Zanemarivanje pravila propisanih za vođenje navigacije. U pravilima vizualnog letenja, nužno je da pilot cijelo vrijeme ima vizualni kontakt sa zemljom. Ukoliko pilot zanemaruje ta pravila , i namjerno ulazi u oblake, njegova vidljivost je smanjena ili potpuno izgubljena što može dovesti do gubitka orijentacije.

d) Polijetanje na zadaću s neispravnom navigacijskom opremom ili njeno otkazivanje tijekom leta. Pilot može primijetiti neispravnost nekog

instrumenta ili prikaznika u pilotskoj kabini tijekom pokretanja motora, te ne prijaviti zrakoplovnom tehničaru što u konačnici može dovesti do gubitka orijentacije jer npr. RMI nije radio pravilno i pilot nije mogao letjeti prema ZRNS-u.

e) Slabo i nedostatno meteorološko osiguranje leta, iznenadni "ulazak" u meteorološke uvjete za koje pilot nije pripremljen i osposobljen. Meteorološki uvjeti za polijetanje su kritični ili upitni, no pilot kreće na let bez obzira na posljedice, koja, između ostalog, može biti i gubitak orijentacije zbog oblaka, pljuskova i sl.

f) Slaba organizacija rada zemaljskih radionavigacijskih sredstava (ZRNS) kao i radioometanje od neprijatelja. U neprijateljskim uvjetima opće je poznato da se vrši radioometanje kako bi se sigurnost leta smanjila.

6.3. Uspostavljanje izgubljene orijentacije

Stručnom i psihofizičkom pripremom na zemlji pilot mora naučiti kako kontrolirati novonastalu situaciju u zraku. U rješavanju problema izgubljene orijentacije postoje opća pravila kojih se valja pridržavati da bi se što prije uspostavila izgubljena orijentacija.

Prvo i osnovno, potrebno je izbjegavati bilo kakvu žurbu i paniku te sačuvati prisebnost, jer žurba dovodi do grešaka. Zatim pogledati na sat i zapisati vrijeme gubitka orijentacije te pomoću te informacije proračunati moguće vrijeme ostajanja u zraku s preostalom količinom goriva, koju je potrebno prekontrolirati na prikazniku za količinu goriva u pilotskoj kabini. Potrebno je krenuti u režim penjanja kako bi se zauzela optimalna visina za vođenje vizualne orijentacije i korištenja ZRNS. Ukoliko je gubitak orijentacije uzrokovan meteorološkim uvjetima treba procijeniti stvarno stanje vremena i primijeniti postupak za konkretne uvjete. Pomoću posljednjih poznatih SP, vremena, brzine i kursa leta, te uz pomoć karte i vizualnog motrenja, potrebno je odrediti prostor vjerojatnog položaja te pokušati uspostaviti orijentaciju. Ukoliko su prethodni postupci rezultirali neuspjehom, moguće je koristiti navigacijsku pomoć od kontrole zračne plovidbe, kao i ZRNS.

Četiri metode uspostavljanja izgubljene orijentacije:

a) traženje navigacijske pomoći od kontrole zračne plovidbe,

b) let prema ZRNS,

c) let na znakovit dužinski orijentir i

d) metoda izračuna vjerojatnog položaja uz zadnju poznatu poziciju.

a) Uspostavljanje izgubljene orijentacije traženjem pomoći od kontrole leta

To je najbrži i najsigurniji način. Tijekom procesa organizacije letenja određuju se radarska sredstva koja će u razdoblju provedbe zadaća vojnoga ili civilnoga letenja biti u stanju dežurstva, radarski motriti zračni prostor i pružati navigacijsku pomoć na traženje posada zrakoplova. Potrebito je uspostaviti radiovezu na dogovorenoj valnoj duljini (frekvenciji) ili kanalu rada s oblasnom kontrolom leta ili radarskom postajom te radiovezom objasniti problem i zatražiti navigacijsku pomoć. Kontrolor mora prvo identificirati zrakoplov, a to čini s pomoću transpondera ako je on ugrađen ili s pomoću znakovitog manevra koji posada mora izvesti na zahtjev kontrolora. Obično je to jedan do dva horizontalna zaokreta za 90°. Nakon identifikacije slijedi pomoć u obliku navigacijske informacije o radarskome položaju i radarskome vektoru (kursu) za let prema matičnoj ili alternativnoj zračnoj luci. Obaveza je službe koja pruža navigacijsku pomoć da prati daljnji tok i sigurnost leta do slijetanja.

b) Uspostavljanje izgubljene orijentacije korištenjem ZRNS

Zrakoplovi su opremljeni navigacijskim sustavima pa pilot može koristiti radiogonometar, radiofar ili VOR. Na zemlji se odabere frekvencija radiosredstava u dometu, tijekom leta se uređaj uključi, očita kurs prema ZRNS i zrakoplov usmjeri u očitani smjer. Dostatno je održavati stalnu brzinu i kurs i očekivati indikaciju preleta ZRNS. Ukoliko se želi uspostaviti izgubljena orijentacija pomoću radionavigacijskog sredstva npr. NDB-a (eng. Non – directional beacon), potrebno je poznavati frekvencije samog ZRNS-a koji se nalazi najbliže utvrđenom položaju zrakoplova. Na primjeru gubitka orijentacije na prvoj etapi rute u ovom radu, najbliži NDB je „ZRA“ koji se nalazi

3 NM južno od LDZD i čija je frekvencija 330. Nakon unosa tog broja na upravljačku ploču, žuta strelica prikaznika RMI će se okrenuti u kurs samoga radionavigacijskog sredstva. Vrh strelice pokazuje QDM, odnosno kurs koji vodi prema NDB-u. Ukoliko će e izvršiti pasivan dolet na sredstvo, potrebno je za svakih 5° greške u lijevu ili desnu stranu promijeniti kurs zrakoplova za tu vrijednost, a ukoliko se radi aktivan dolet na sredstvo onda vrijedi promjena kursa za duplu vrijednost greške.

c) Uspostavljanje izgubljene orijentacije letom na izabrani znakoviti dužinski orijentir

Ova se metoda primjenjuje u uvjetima vizualnoga letenja kada je dobra vidljivost, kada su područje gubitka orijentacije ili zemljopisni prostor na kojemu se letenje obavlja dostatno prostrani kako letjelica ne bi povrijedila zračni prostor neke susjedne suverene države. Metoda se primjenjuje kao posljednja mogućnost ili za zrakoplove koji nemaju elektroničku navigacijsku opremu. Dužinski orijentiri mogu biti:

- morska obala, veće rijeke i neke planine.

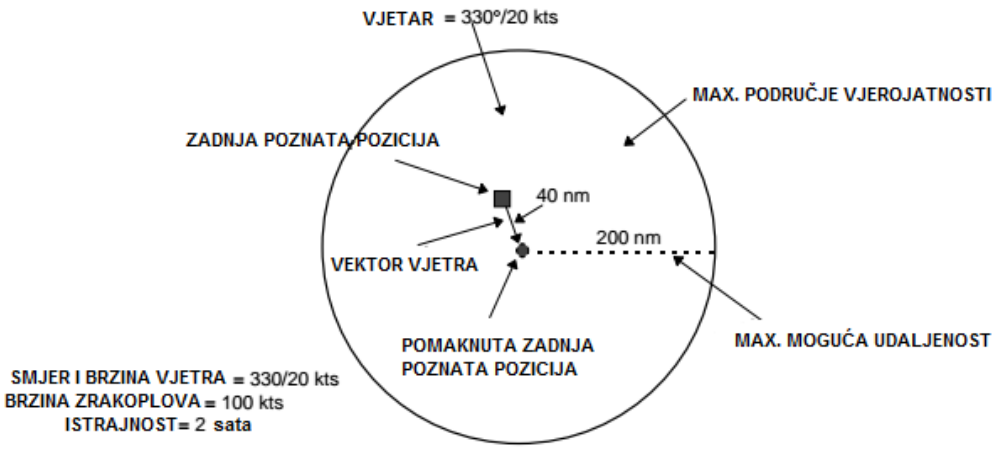
Izbor orijentira za uspostavljanje izgubljene orijentacije za svaku etapu rute određuje se na zemlju, u sklopu navigacijske pripreme, a podaci o kursu za izlazak na orijentir upisuju se u navigacijski plan leta. Optimalno je da kurs siječe orijentir pod kutom oko 90°. Nakon izlaska na odabrani orijentir, pilot po kompasu provjerava pravac njegova prostiranja, prepoznaje ga po znakovitim osobitostima, uspostavlja opću a zatim i podrobnu orijentaciju i donosi odluku o nastavku leta.

Ako, zbog više faktora u letu, posada nije u stanju uspostaviti orijentaciju, ne smije dopustiti potpun utrošak goriva i mora poduzeti sve da spasi živote, a ako je to moguće, i zrakoplov. To može učiniti prisilnim slijetanjem na nekakav pogodan teren u području letenja, a kada takvoga terena nema, treba na vrijeme donijeti odluku o napuštanju zrakoplova padobranom [5],[6].

d) metoda izračuna vjerojatnog položaja uz zadnju poznatu poziciju

Prva stavka kod određivanja područja za pretragu zrakoplova je označiti maksimalno područje vjerojatnosti položaja.

U primjeru na slici 10 prikazana je brzina zrakoplova od 100 kn, istrajnost od 2 sata, smjer vjetra iz 330° te brzina od 20 kn. Zadnja poznata pozicija ucrtana je sa zatamnjenim crnim pravokutnikom, dok je pomaknuta zadnja poznata pozicija zatamnjeni kružić, uzet za utjecaj vjetra u vremenu od 2 sata, odnosno razlike od 40 NM. Utjecaj vjetra se promatra iz kursa 330°. U centru kružnice nalazi se pomaknuta zadnja poznata pozicija zrakoplova čiji je radijus 200 NM (umnožak brzine zrakoplova od 100 kn i istrajnosti od 2 sata), te je to ujedno i maksimalna moguća udaljenost [3].

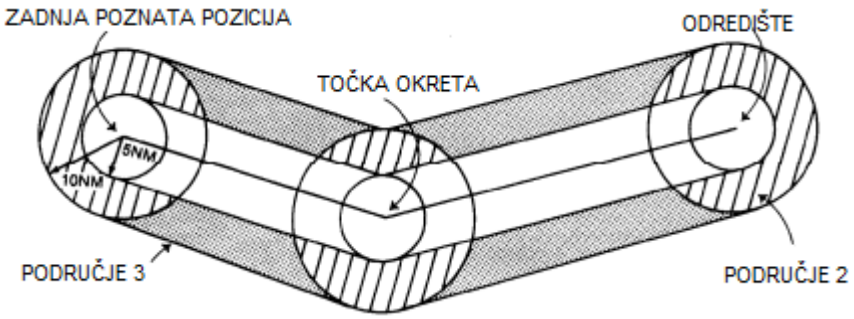


Slika 11. Određivanje područja vjerojatnog položaja

Drugi postupak određivanja vjerojatnosti položaja je prikazan na slici 12. Tri kružnice označavaju točke na kojima bi se zrakoplov nalazio prema planu leta. Kružnice su povezane sa ZCP-om, a bijelo područje oko linije označava područje od 5 NM lijevo i desno od ZCP-a i područje vjerojatnog položaja 1.

Područje vjerojatnog položaja 2 su kružnice oko PO u radijusu od 5 i 10 NM.

Područje vjerojatnog položaja 3 na slici je prikazano sivom bojom, a istražuje se nakon neuspjelog pronalaska zrakoplova u području od 5 NM od ZCP-a. Ovo područje je udaljenosti 10 NM lijevo i desno od ZCP-a.



Slika 12. Područje vjerojatnog položaja zrakoplova na ruti

6.4. Scenariji gubitka orijentacije po ruti

6.4.1. Gubitak orijentacije na prvoj etapi: Galovac-Vrulje

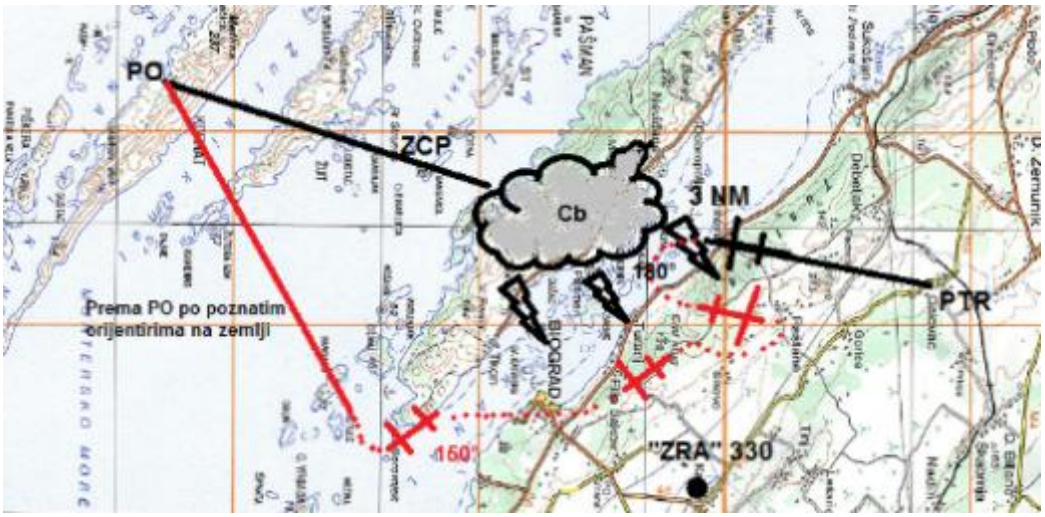
Nakon uzdizanja u pravcu USS-e do 1500 ft, pilot zrakoplova Zlin 242L zauzima kurs prema PTR-u koja je u ovom slučaju Galovac. Prva etapa je od Galovca do Vrulja na Kornatima. Visina do koje zrakoplov penje za prvu etapu je 3000 ft, što će trajati oko 6 minuta jer Zlin 242L penje 500 ft/min. Dolazi 30 sekundi prije PTR-a na zadani kurs prve etape. Nakon preleta početne točke rute, pilot provjerava zadane elemente leta i obavlja korekcije ukoliko je potrebno. Tijekom cijele etape, odnosno navigacijske rute pilot mora imati vizualni kontakt sa Zemljom kako bi se let odradio prema VFR pravilima letenja.

Za područje Dalmacije karakteristično je da u ljetnom periodu ima puno pljuskova, grmljavina te općenito povremenog nestabilnog vremena. U ovom slučaju na prvoj etapi, ispred nas iznad Pašmana nakupilo se nekoliko Cb-a iz kojeg pada obilna kiša te je vidljivost sa orijentirima nakon otoka Pašmana nemoguća. Minimalno odstojanje od

takvih oblaka je 5 NM, no pošto su se brzo razvijali, zrakoplov se približio na udaljenost od oko 3 NM i turbulencije samog oblaka već djeluju na sami zrakoplov. Zrakoplov se nalazi u samoj struji oblaka, te je upravljivost jako otežana zbog nastale situacije. Pilot gubi vidljivost sa zemljinom površinom te dolazi do gubitka orijentacije zbog sivila samih oblaka koji se pružaju ispred zrakoplova. Na pilotu je odgovornost da li će se let nastaviti ili neće u ovakvim uvjetima, jer takav tip oblaka najavljuje nevrijeme. U ovom slučaju pilot nastavlja let po zadanoj navigacijskoj ruti, jer uočava da je to samo jedna skupina oblaka te da drugih nema, što je potvrdila i kontrola leta.

Prva i osnovna stavka je sačuvati prisebnost da se ne bi pogoršala nastala situacija zbog stresa pilota. Zatim okrenuti zrakoplov za 180° u kurs 005° te prevesti zrakoplov u penjanje kako bi osigurao dovoljnu visinu za nadvisivanje prepreka. Ta visina je 1000 ft iznad gusto naseljenih gradova ili naselja, te 500 ft iznad kopna ili vodene površine. Tijekom tog vremena pogledati na kartu zadnju SP i zapisati vrijeme gubitka orijentacije. Provjeriti količinu goriva i pomoću te informacije utvrditi mogućnost ostanka u zraku sa tom količinom goriva. Pokušati odrediti prostor vjerojatnog položaja, a na temelju zadnje poznate SP, brzine, vremena i kursa, te uz pomoć karte pokušati uspostaviti opću i podrobnu orijentaciju.

U prvoj etapi nakon okreta zrakoplova za 180° potrebno je napraviti minimalan odmak od oblaka od 5 NM. Potrebno je namjestiti frekvenciju za najbliže radionavigacijsko sredstvo na zemlji te letjeti prema njemu. U ovom slučaju to je NDB „ZRA“ frekvencije 330. Otok Pašman je znakovit dijagonalan orijentir koji može poslužiti u slučaju gubitka orijentacije. Kurs zrakoplova je potrebno okrenuti u 150° te letjeti po dijagonalnom orijentiru: otoku Pašmanu. Sa lijeve strane se može uočiti početak Vranskog jezera što daje znak da je sa desne strane kraj otoka Pašmana te da se kurs zrakoplova od 230° može okrenuti direktno prema Kornatima, odnosno Vruljama. Karakterističan orijentir na moru je otok Žut koji se nalazi istočno od Kornata sa svojim dijagonalnim protezanjem. Nakon uspostavljenje navigacije moguće je letjeti dalje do sljedećeg prekretnog orijentira koji je u ovom slučaju mjesto na otoku Kornati, Vrulje.



Slika 13. Scenarij gubitka orijentacije na prvoj etapi

6.4.2. Gubitak orijentacije na drugoj etapi: Vrulje-O.Rivanj

Na ovoj etapi visina je također 3000 ft zato što je to minimalna visina za izbacivanje s padobranom u slučaju nužde za zrakoplov Zlin 242L. Zauzeti su potrebni elementi leta za ovu etapu; visina, kurs te brzina od 100 kn. Tijekom ove etape vidljiva je magla, odnosno stratus na tlu. Da bi se zadovoljili kriteriji prema VFR pravilima letenja potrebno je cijelo vrijeme imati vidljivost sa zemljinom površinom, što nam u ovom slučaju stratus na tlu onemogućuje.

Zadnja poznata SP je Rt otoka Lavdare nakon čega je magla sve gušća, a vidljivost sve manja, do prestanka same vidljivosti. Postupci i procedure pilota su jednake kao i u prijašnjem navedenom scenariju. Sa istočne strane se može uočiti protezanje otoka Ugljana, dok sa zapadne strane je također dijagonalno protezanje Dugog otoka. Zbog stratusa na tlu nemoguće je održavati elemente leta zadane etape te pilot povećava visinu leta i okreće kurs zrakoplova u petoj minuti prema poznatim orijentirima na zemlji, u ovom slučaju prema otoku Ugljanu. Karakterističan orijentir je Ždrelački most nakon čega je potrebno pratiti protezanje samog otoka Ugljana koji će pilota dovesti točno na sljedeći prekretni orijentir, otok Rivanj. Do otoka Rivnja potrebno je održavati novi kurs 310° kako bi uz kontinuirano praćenje otoka Ugljana i dobro proračunat kurs, zrakoplov sigurno stigao do sljedećeg prekretnog orijentira i nastavio let po sljedećim etapama rute.



Slika 14. Scenarij gubitka orijentacije na drugoj etapi

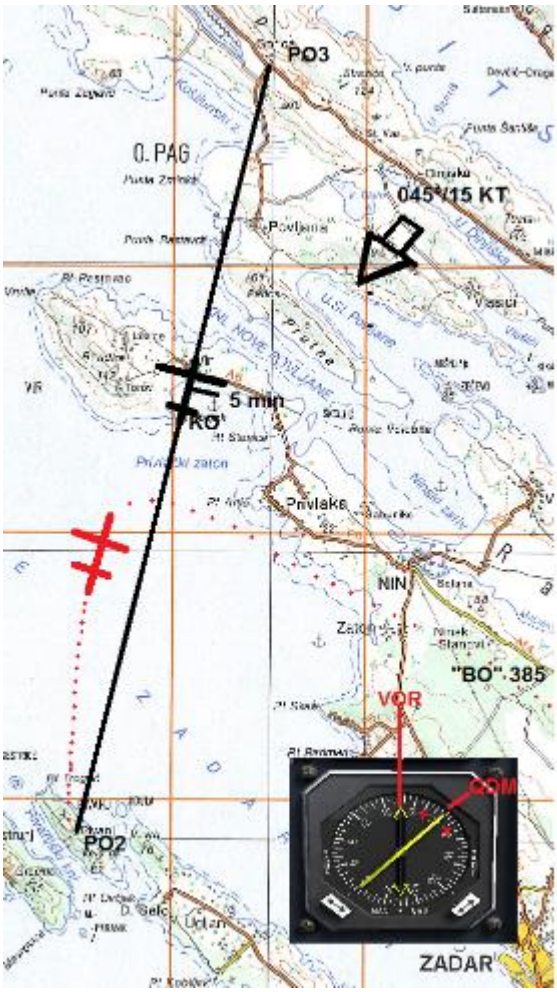
6.4.3. Gubitak orijentacije na trećoj etapi: O. Rivanj-Gorica

Karakterističan vjetar u području Dalmacije je bura, odnosno jedan od više vjetrova koji se često mogu prepoznati u ovom dijelu Hrvatske. Vjetar na ovoj ruti je iz kursa 045°, odnosno bura. U trećoj etapi je to čeona komponenta vjetra, što će produljiti samo trajanje ove etape koja traje 16 min.

Pilot zrakoplova nije uočio komponentu vjetra od 15 kt koja je cijelo vrijeme prisutna u trećoj etapi jer nije utvrđivao orijentire na zemlji, zbog toga što je prvi dio etape prelazak preko mora. Tek kad je došla peta minuta etape, kontrolni orijentir nije

bio niti blizu nego se još uvijek zrakoplov nalazi iznad morske površine. Čeona komponenta vjetra je uzrokovala usporenje samog zrakoplova te pilot ne može ustvrditi svoju stvarnu poziciju. Nalazi se točno iznad površine mora te je visina 3000 ft što pilotu onemogućuje ikakvu vidljivost sa zemaljskim orijentirima. Postupak pri gubitku orijentacije je isti kao i u prvom slučaju u prvoj etapi. Pilot postavlja frekvenciju lokatora „BO“ koja je 385, te vrši pasivan dolet na radionavigacijsko sredstvo. Povećanje visine leta je u samoj proceduri, ali je i obavezno javljanje kontroli leta kako se ne bi narušila sigurnost drugog zračnog prometa.

Pasivan dolet se vrši tako da pilot prati strelicu na prikazniku „RMI“ koji se nalazi u pilotskoj kabini sa lijeve strane u zrakoplovu Zlin 242L. Na slici je vidljiv prikaznik te karakteristična žuta strelica. Vrh žute strelice okreće se u kurs radionavigacijskog sredstva te time pokazuje pilotu QDM. Pilot okreće kurs zrakoplova u vrijednost pokazivanja strelice te vrši ispravku kursa nakon 5 stupnjeva pomaka strelice u lijevu ili desnu stranu. Tako zrakoplov pasivno leti prema radionavigacijskom sredstvu, te nakon preleta kazaljka će se okrenuti za 180° što će biti indikacija pilotu za prelet preko sredstva. Nakon preleta radionavigacijskog sredstva pilot javlja kontroli leta svoju namjeru i poziciju, te kontrolor daje instrukcije pilotu. Poslije preleta „BO“, pilot se ne vraća po zadanoj ruti, nego ide na slijetanje jer se „BO“ nalazi 4 NM u pravcu praga 14. Ova situacija uzrokovana vjetrom nije nužna za prekid navigacijske rute, no zbog nemogućnosti pronalaska orijentira na zemlji pilot je odlučio letjeti prema radionavigacijskom sredstvu, koji je u blizini piste te se nema svrhe vraćati odraditi još preostalu etapu rute.



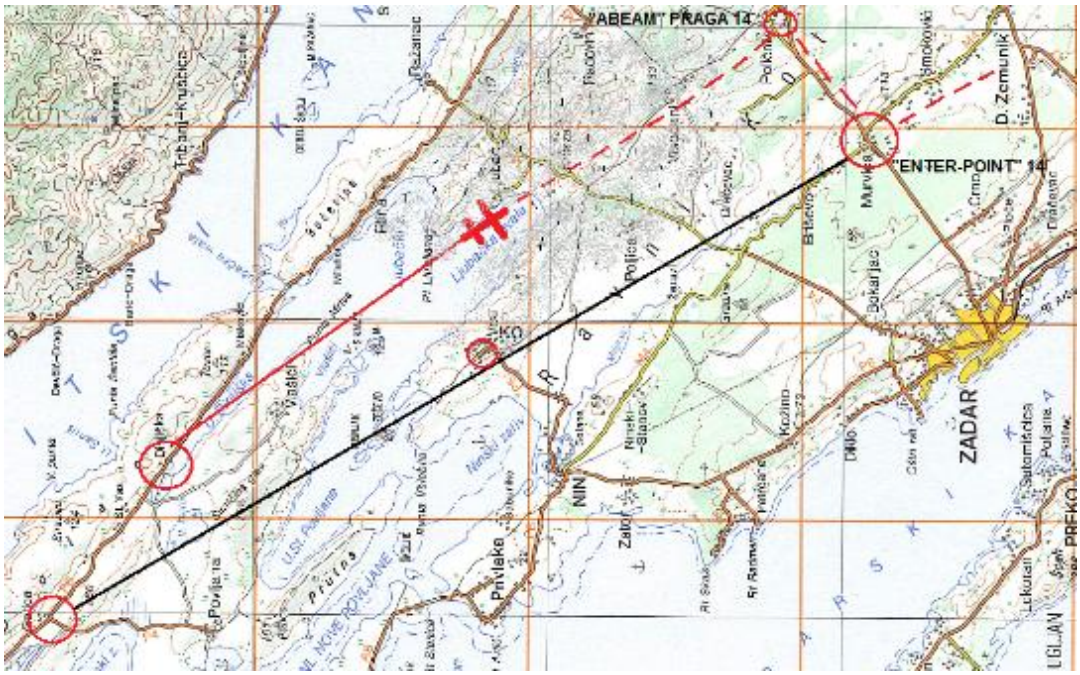
Slika 15. Scenarij gubitka orijentacije na trećoj etapi

6.4.4. Gubitak orijentacije na četvrtoj etapi: Gorica-Murvica

Prekretni orijentir za početak ove etape je Gorica koja se nalazi južno od mjesta Paga na otoku Pagu. Jedina cesta koja vodi do Paga prolazi kroz mjesto Gorica, ali i kroz mjesto južnije od Gorice, Dinjiška. Umjesto na PO Gorica, pilot je zabunom za prekretni orijentir zadnje etape uzeo mjesto Dinjiška. Nakon manevra na PO, zauzimanje kursa, visine i brzine let se vrši do KTR Murvica. Do dolaska na KO Vrsi od PO po planiranim elementima treba 5 minuta. U petoj minuti zrakoplov se nalazi iznad mjesta Ljubač koji se nalazi 2,5 NM lijevo od ZCP-a. Nakon uočenog odstupanja od zadane crte puta, pilot uzima navigacijsku kartu i pomoću nje pokušava utvrditi svoj položaj. Međutim, zbog lagane kiše vidljivost se smanjila i pilot pomoću karte i

uspoređivanja sa zemaljskim orijentirima ne može prepoznati niti jedan orijentir te nije u mogućnosti utvrditi svoj položaj. Postupci za gubitak orijentacije su isti kao i u prijašnjim navedenim scenarijima.

Nakon neuspjelih pokušaja utvrđivanja vjerojatnog položaja, pilot javlja kontroli leta da je izgubio orijentaciju te da želi radarsko vektoriranje. Radarsko vektoriranje je procedura kojoj je svrha navigacijska pomoć na ruti. Sukladno zračnom prometu trenutno u zraku, kontrolor navodi zrakoplov do karakterističnih točaka kako bi sigurno došao na slijetanje na zračnu luku Zadar. Kontrola leta, pomoću četveroznamenkastog broja kojeg je pilot namjestio na transponderu prije leta, na svom radaru vidi položaj zrakoplova. Zrakoplov se nalazi u kursu 150°, kontrolor na radaru vidi da se zrakoplov nalazi 2,5 NM lijevo od ZCP-a te ga vektorira prema „abeam“ praga praga 14 – Poličnik. Poličnik se nalazi u istom kursu stoga pilot nastavlja tim pravcem, sa brzinom od 100 kt sljedeće 4 minute. Nakon Poličnika, sljedeća točka je „enter-point“ praga 14 – Murvica, koja je ujedno i KTR zadane rute. Zrakoplov zakreće kurs prema 240°, prema Murvici, te ujedno snižava visinu sa 3000 ft na 2000 ft. Poslije Murvice pilot javlja kontroli da vidi pistu te traži dopuštenje da sleti prema pravilima vizualnog letenja, što kontrolor odobrava.



Slika 16. Scenarij gubitka orijentacije na četvrtoj etapi

7. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu objašnjena je i razrađena zrakoplovna navigacija općenito, izrada navigacijske karte i važnost prethodnih priprema za let. Gubitak orijentacije i postupci nakon gubitka orijentacije objašnjeni su u posljednjem poglavlju rada.

Bitna stavka prije samoga leta je upoznavanje sa karakterističnim terenom, meteorološkim uvjetima te crtanje profila leta kako bi se pravodobno i na sigurnoj visini nadvisile sve prepreke za vrijeme leta. Podrazumijeva se da pilot zna sva alternativna područja u blizini zadane crte puta kako bi u slučaju otkaza motora ili bilo kakvog drugog otkaza koji zahtijeva prinudno slijetanje mogao izvršiti isto.

Kod gubitka orijentacije najbitnije je zadržati prisebnost i pokušati na najbolji način predvidjeti novonastalu situaciju, kako bi postupak pilota u pilotskoj kabini i pronalazak najboljeg rješenja kod gubitka orijentacije bio što uspješniji.

Pravilno popunjavanje navigacijskog plana, točni izračuni navigacijskih elemenata i prethodna priprema samog pilota je ključna stavka kako bi pilot došao siguran na let, upoznat sa rutom i njenim karakteristikama. Cilj svakog leta je sigurnost i kontroliranje izvanrednih situacija dobrom prethodnom pripremom.

LITERATURA

[1] Novak, D.: *Zrakoplovna računska navigacija*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.

[2] Grozdanić, B.; Hegeduš, M.: *Zrakoplovna navigacija I.: kompasna navigacija*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1995.

[3] Aircrew Training Text:Scanning Tehnicques and Sighting Characterictics, chapter 5

[4] URL, slika: http://lipovscak.com/meteo/vjetrovi.html (pristupljeno kolovoz, 2016)

[5] ICAO SARPs - Standards and Recommended Practices http://www.icao.int/safety/safetymanagement/pages/sarps.aspx, kolovoz 2016.

POPIS KRATICA

ALT	(Altitude) Apsolutna visina leta
CAS	(Calibrated Air Speed) Kalibrirana brzina leta
CK	Crta kursa
CP	Crta pravca
DEV	(Deviation) Devijacija
EAS	(Equivalent Air Speed) Ekvivalentna brzina leta
FL	(Flight Level) Razina leta
GS	(Ground Speed) Putna brzina leta
H	(Height) Visina leta
IAS	(Indicated Air Speed) Indicirana brzina leta
KI	Kut ispravke
KK	Kompasni kurs
KO	Kontrolni orijentir
KTR	Krajnja točka rute
PK	Pravi kurs
PO	Prekretni orijentir
PPK	Pravi putni kurs
PVD	Predviđeno vrijeme dolaska
PTR	Početna točka rute
TAS	(True Air Speed) Stvarna brzina leta
VAR	(Variation) Varijacija
VFR	(Visual Flight Rules) Vizualna pravila letenja
ZCP	Zadana crta puta
ZRNS	Zrakoplovna radionavigacijska sredstva

POPIS SLIKA

Slika 1. Izgled navigacijske rute na karti 1:200 000 5
Slika 2. Temeljni „šest“ i temeljni „T“ 7
Slika 3. Određivanje pravca leta u odnosu na pravac sjevera 8
Slika 4. Utjecaj vjetra na let zrakoplova 10
Slika 5. Visine leta po tlaku 12
Slika 6. Ruža vjetrova, [5] 14
Slika 7. Grafički prikaz navigacijskog trokuta, [1] 15
Slika 8. Određivanje elemenata nepoznatog vjetra 16
Slika 9. Manevri za zaobilaženje prepreka 20
Slika 10. Izgled prve etape rute 24
Slika 11. Određivanje područja vjerojatnog položaja 34
Slika 12. Područje vjerojatnog položaja zrakoplova na ruti 35
Slika 13. Scenarij gubitka orijentacije na prvoj etapi 37
Slika 14. Scenarij gubitka orijentacije na drugoj etapi 38
Slika 15. Scenarij gubitka orijentacije na treæoj etapi 40
Slika 16. Scenarij gubitka orijentacije na èetvrtoj etapi 41

POPIS TABLICA

Tablica 1. Navigacijski elementi i instrumenti, [2] 6
Tablica 2. Manevri za zaobilaženje prepreka na ruti 20
Tablica 3. Manevri na prekretnim orijentirima, [2] 22
Tablica 4. Prednja strana standardnog navigacijskog plana 27
Tablica 5. Stražnja strana standardnog navigacijskog plana 29

METAPODACI

Naslov rada: Proračun elemenata navigacijske rute i razrada gubitka orijentacije

Student: Anamaria Ćurković

Mentor: izv. prof. dr. sc. Doris Novak

Naslov na drugom jeziku (engleski):

Enroute air navigation planning and lost procesures

Povjerenstvo za obranu:

- prof. dr. sc . Tino Bucak predsjednik
- izv. prof. dr. sc. Doris Novak mentor
- dr. sc. Tomislav Radišić član
- doc. dr. sc. Biljana Juričić zamjena

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

Zavod: Aeronautika

Vrsta studija: Preddiplomski

Studij: Aeronautika

Datum obrane završnog rada: 30.08.2016.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj završni rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.
Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.
Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada pod naslovom **Proračun elemenata navigacijske rute i razrada gubitka orijentacije**

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

U Zagrebu, 30.08.2016.

Student/ica:
Anamaria Ćurković
(potpis)