

Prva osnovna šola Slovenj Gradec

Šercerjeva ulica 7, 2380 Slovenj Gradec

Raziskovalna naloga

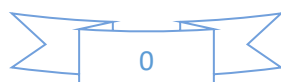
# **Izboljšanje varnosti jadralnega letenja**

Področje: Strojništvo

Avtor: Tjaž Kotnik

Mentor: Igor Jeram

Slovenj Gradec, 2021



## Kazalo vsebine

|   |    |
|---|----|
| POVZETEK.....   | 2  |
| ABSTRACT.....   | 2  |
| 1. UVOD.....  | 3  |
| 2. TEORETIČNI DEL.....  | 3  |
| 2.1. VIZUALNO LETENJE ang. VISUAL FLYING RULES (VFR) .....                                  | 3  |
| 2.2. INSTRUMENTALNO LETENJE, INSTRUMENTAL FLYING RULES (IFR).....                           | 4  |
| 2.3. VARNOST, VIDETI IN BITI VIDEN.....   | 5  |
| <i>Zaradi letenja v krogih v manjšem prostoru lahko izgubijo medsebojni vidni stik.....</i> | 5  |
| 2.3.1. NAPAČNA OPTIČNA OCENA.....   | 5  |
| 2.3.2. NEVARNOSTI V KROŽENJU .....  | 7  |
| 2.3.3. NAPAČNA OCENA ČASA IN ODDALJENOSTI.....  | 8  |
| 2.4. SODOBNA TEHNOLOGIJA - FLARM (Flight alarm) .....                                       | 9  |
| 3. RAZISKOVALNO – EKSPERIMENTALNI DEL .....   | 11 |
| 3.1. OPIS .....   | 11 |
| 3.1.1. Primer 1 .....   | 11 |
| 3.1.2. Primer 2 .....   | 14 |
| 3.1.3. Primer 3 .....   | 15 |
| 3.1.4. Primer 4 .....   | 18 |
| 3.2. PREDNOSTI UPORABE FLARM-a:.....  | 23 |
| 4. IZBOLJŠANA VARNOST.....  | 24 |
| 4.1. INCIDENTI IN NESREČE V JADRALNEM LETENJU .....   | 24 |
| 5. RAZPRAVA in REZULTATI .....  | 27 |
| 6. ZAKLJUČEK.....   | 27 |
| 7. LITERATURA IN VIRI.....  | 28 |

## POVZETEK

Jadralno letenje je lep, a tudi nevaren šport. Namen raziskave je dokazati smiselnost uporabe sodobnih inštrumentov in naprav, vgrajenih v jadralna letala, saj ti prispevajo k izboljšanju varnosti letenja in posledično k zmanjšanju števila nesreč in incidentov. S simulacijo primerov v simulatorju letenja »Condor Soaring 2« ter analizo obstoječih zapisov letov v aplikaciji »SeeYou« sem prikazal kritične situacije in pomanjkljivosti vizualnega jadralnega letenja. Med raziskavo ni prišlo do materialne škode ali ogrožanja človeških življenj. V svoji raziskavi sem prišel do ugotovitve, da bi uporaba naprave FLARM lahko preprečila resen incident ali nesrečo. V analitičnem delu sem iz pridobljenih podatkov ugotovil, da se je v določenem časovnem obdobju število nesreč zmanjšalo, kar sovпада s povečano vgradnjo in uporabo FLARM-a v jadralnih letalih.

**Ključne besede:** jadralno letenje, FLARM, izboljšana varnost, zmanjšanje števila nesreč in incidentov

## ABSTRACT

Gliding is a beautiful but also dangerous sport. The purpose of the research is to prove the reasonableness use of modern instruments and devices installed in gliders, as they contribute to improving flight safety and consequently, reducing the number of accidents and incidents. By simulating cases in the flight simulator "Condor Soaring 2" and analyzing the existing flight records in the application "SeeYou," I represented the critical situations and shortcomings of visual gliding. There was no material damage or endangerment of human lives during the research. In my research, I concluded that using a FLARM device could prevent a serious incident or accident. In the analytical part, I found from the obtained data that the number of accidents decreases in a certain period, which coincides with the increased installation and use of FLARM in gliders.

**Keywords:** gliding, FLARM, improved safety, reducing the number of accidents and incidents

## 1. UVOD

Jadralno letenje je zanimiv šport. Jadralno letalo leti v drsnem letu, za ohranjanje višine pa namesto motorja izkorišča termične vzgornike, pobočno termiko in zračne valove. Jadralno letenje se izvaja pod vizualnimi meteorološkimi pogoji. Namen raziskave je dokazati, da sodobni inštrumenti in naprave, kot je FLARM, prispevajo k varnosti jadrnega letenja ter posledično k zmanjšanju števila nesreč in incidentov. Švedska študija števila nesreč v jadrnem letalstvu podpira uporabo FLARM-a. Moja hipoteza predvideva, da bi v opisanih primerih incidentov in nesreč le-te lahko preprečila uporaba FLARM-a. Prvi del naloge je teoretični, v katerem so razložene osnove jadrnega letenja in delovanja inštrumentov. Drugi del raziskave je raziskovalno-eksperimentalni in analitični. To sem izvedel z uporabo simulatorja »Condor Soaring 2« in programa »SeeYou«, kar je v nalogi predstavljeno s slikami.

## 2. TEORETIČNI DEL

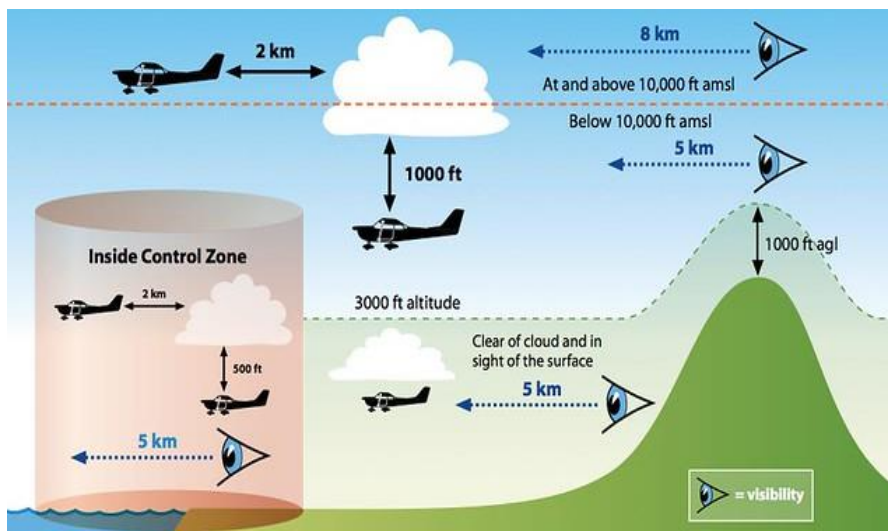
Jadralno letenje je zanimiv šport. Za razliko od motornih letal jadrna letala nimajo motorja. Prav to jih naredi posebna, saj da ostanejo v zraku, izkoriščajo naravna dviganja zraka. Ta se lahko pojavijo pod oblaki, ob pobočjih in celo na zračnih valovih. Ti so še tako bolj posebni, saj da jih zajezdimo, potrebujemo veliko višine. Za vsakega jadrnega pilota je jadranje na valovih nepozabna izkušnja. Poleg tega poznamo še jadranje na vetru, ki se imenuje pobočni vzgornik. Toda kako jadrna letala pridejo v zrak, če nimajo motorja? Vzletijo lahko na različne načine. Jadralno letalo je z vrvjo povezano z vlečnim letalom, ki ga potem potegne v zrak. Takšnemu letenju pravimo letenje v aeroxapregi. Uporablja pa se tudi vitlo. Vzlet z vitlo je še posebej priljubljen pri šolanju novih pilotov, saj je cenejši od aeroxaprege. Takšen način vzleta pa ni primeren za jadranje, saj lahko jadrno letalo odklopi vitlo le nad letališčem na nizki višini. Poznan je tudi vzlet s pomočjo avtomobila, ko je letalo povezano z avtom in ga potem ta povleče v zrak. Vzlet s fračo je najstarejši način za vzlet. Za to so potrebni le močje, ki na ukaz napnejo dvojno vrv in letalo poleti, ko je vrv do konca raztegnjena.

### 2.1. VIZUALNO LETENJE ang. VISUAL FLYING RULES (VFR)

Vizualno letenje je letenje, pri katerem pilot ves čas vidi zemljo in se orientira po objektih na njej. Izvaja se v vremenskih pogojih, ki ga omogočajo (vidljivost mora biti boljša od minimalne, letenje v oblakih je prepovedano). Pilot mora imeti ves čas stik z drugimi zrakoplovi in geografskimi preprekami.

Za VFR je potrebno upoštevati pravila, imenovana vizualni meteorološki pogoji (VMC). Izvaja se v zračnem prostoru » razreda D « , kjer veljajo naslednja pravila (slika 1):

- i. Vidljivost mora biti vsaj 5 km
- ii. Letenje izven oblakov vsaj 1000 čevljev vertikalno
- iii. Letenje izven oblakov vsaj 2 km horizontalno



Slika 1-Pravila vizualnega letenja (VFR)

Vir: <https://www.flickr.com/photos/66757928@N07/6078271333/>

Let VFR ni dovoljen v kontroliranem zračnem prostoru » Razred A « , ne glede na meteorološke razmere, razen pri izpadu dvosmerne radijske komunikacije.

V Sloveniji je VFR dovoljen od 30 minut pred sončnim vzhodom do 30 minut po sončnem zahodu. Vsaka država pa ima glede VFR-a še svoja dodatna pravila, ki jih mora pilot vedeti in upoštevati, kadar leti v tujem zračnem prostoru.

Tudi ob prisotnosti kontrolorja je pilot sam odgovoren za morebitne trke.

## 2.2. INSTRUMENTALNO LETENJE, INSTRUMENTAL FLYING RULES (IFR)

Če so vremenski pogoji preslabi, lahko pilot spremeni načrt leta v instrumentalno letenje, ang. Instrumental flying rules ( IFR ). Torej lahko upravlja zrakoplov le z uporabo nekaterih inštrumentov. Nekoč je bilo instrumentalno letenje imenovano tudi slepo letenje. Za takšno letenje mora imeti zrakoplov ustrezne inštrumente. Teoretično lahko pilot leti z ničelno vidljivostjo od vzleta do pristanka. Uporablja se izključno v pogojih, ki so preslabi za VFR letenje.



Slika 3-Instrumentalno letenje (pogoji)

Vir: [Instrument flight rules - Wikipedia](#)



Slika 2-USklajevalnik zavoja je potreben za IFR

Vir: [flight instruments - What is the difference between Turn Coordinator and Artificial Horizon? - Aviation Stack Exchange](#)

## 2.3.VARNOST, VIDETI IN BITI VIDEN

Ljudje imamo vidni kot brez premikanja glave, zgolj s premikanjem oči,  $190^{\circ}$  -  $200^{\circ}$  in se s starostjo zmanjšuje. Ločljivost barv in ostrina vida se zmanjšujeta s pomanjkanjem svetlobe. Utrujenost, tresljaji in pomanjkanje kisika tudi zmanjšujejo vidno ostrino. Najverjetneje bomo letalo opazili pri neposrednem vidnem stiku. Očesne leče za izostritev predmeta potrebujejo najmanj sekundo, s starostjo pa se ostrina vida zmanjšuje. Za učinkovito opazovanje moramo premikati oči oz. glavo. Verjetnost, da bomo letalo opazili, je odvisna od njegove velikosti in velikosti kota, pod katerim v oko prihajajo svetlobni žarki z letala.

Dejavniki, ki vplivajo na možnost trčenja, so:

- ❖ Bela barva jadralnih letal (težko razlikovanje od oblakov in zasneženih pobočij)
- ❖ Spregled zaradi vitke silhuete

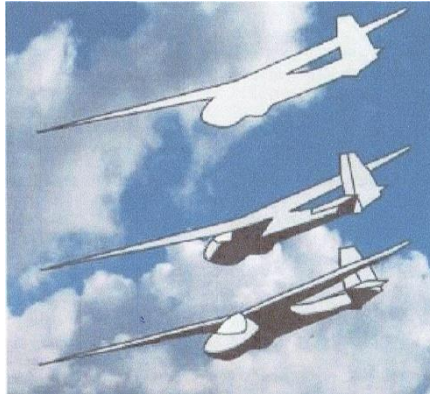
Zaradi letenja v krogih v manjšem prostoru lahko izgubijo medsebojni vidni stik

- ❖ Optične prevare (ne ugotovimo, ali letalo leti proti nam)

Z uporabo naprave FLARM se lahko izognemo naslednjim napakam, ki so po raziskavah agencij za civilno letalstvo nekaj evropskih držav najpogostejše.

### 2.3.1. NAPAČNA OPTIČNA OCENA

Je najbolj običajna znana optična prevara. Ne moremo ugotoviti podrobnosti pred seboj zagledanega letala zaradi zaslepitve, oddaljenosti, slabega odražanja itd. Učinek je prikazan na sliki 4; če zakrijemo obe spodnji letali, je ohranjen le obris. Ne moremo razlikovati, ali se letalo približuje ali oddaljuje.



*Slika 4-Vidimo obris letala, ne vemo ali se približuje ali oddaljuje*

*Vir: zapis Videti in biti viden*

Tudi kadar zračni prostor opazujemo, lahko ta zelo pogosto postane tesen. Kot približevanja dveh letal nima pomembnejšega vpliva. Ko se nam letalo približuje pod kotom  $90^\circ$ , se oddaljenost še vedno zmanjšuje za 40 metrov na sekundo. Obstajata dva zanesljiva optična kazalca, iz katerih lahko ugotovimo, ali letalo leti v smeri trčenja. To sta stalna smer in zavoj. Pri stalni smeri vidimo letalo vedno pod istim kotom; zdi se nam prilepljeno na eno točko kabine; če se relativni položaj drugega letala glede na našega ne spremeni, bosta letali trčili. Stalna smer je zanesljiv kazalec možnosti trčenja, razen če letali letita vzporedno drugo za drugim in kadar obe letita naravnost v kroženju.

V zavoju se stalna oddaljenost zmanjšuje, zato se drugo letalo perspektivno povečuje (slika 5).



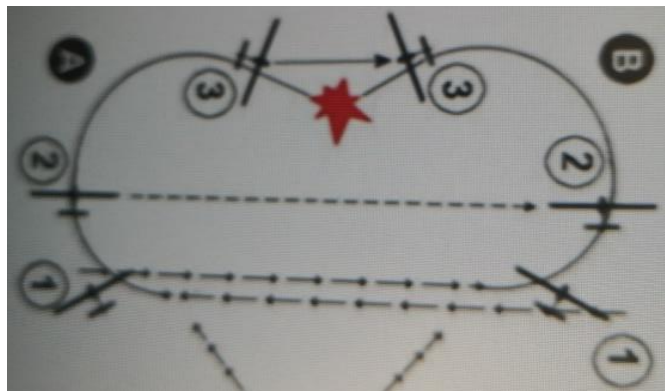
*Slika 5-"Učinek kroženja"*

*Vir: zapis Videti in biti viden*

### 2.3.2. NEVARNOSTI V KROŽENJU

V kroženju se zgodi velik delež trčenj jadralnih letal (*slika 6*).

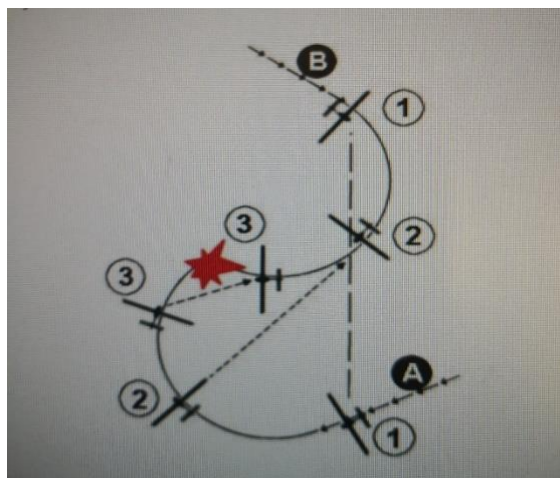
Dve letali sta leteli vzporedno, se ločili in naleteli na isti vzgornik (1). Potem sta takoj zavili v smer pričakovanega dviganja. Medsebojna oddaljenost je 300 metrov, pilota pa ne vesta, da je drugi zavil. Zaradi njunega položaja pa vidnega stika nimata in ju od trčenja loči 15 sekund. Zaradi prepričanja, da sta sama, nadaljujeta kroženje drug proti drugemu. V točki (2) se bi lahko prvič zagledala, ko sta  $90^\circ$ , od trčenja sta oddaljena 11 sekund. Če pilota nista spretna ali ne opazujeta, bosta pripeljala kroženje do zadnje točke odločitve, 3 sekunde pred trčenjem (3).



*Slika 6-Trčenje po ločitvi letenja vzporedno*

*Vir: zapis Videti in biti viden*

Dve letali letita v različnih smereh (med  $90^\circ$  in  $180^\circ$ ), medsebojna razdalja je 400 metrov (*slika 7*). Obe letali se dotakneta vzgornika in začneta krožiti v isti smeri (1), od trčenja sta oddaljeni 15 sekund. Na točki (2) je pilot letala A imel možnost, da opazi letalo B 8 sekund pred trčenjem. Točka (3) je zadnja priložnost za odločitev, vendar pilot letala B gleda na notranjo stran kroženja, letalo A pa je izven njegovega vidnega polja ( $30^\circ$  na vsako stran).



*Slika 7- Trčenje zaradi kroženja v isti smeri*

*Vir: zapis Videti in biti viden*



### 2.3.3. NAPAČNA OCENA ČASA IN ODDALJENOSTI

Skupaj z vidnostjo objekta v zraku se pojavlja nevarna kombinacija. Kadar nekdo vidi slabše kot je pripravljen priznati, se razpoložljivi čas za manever izogibanja zmanjša. Varno izogibanje pod obremenitvijo pa traja veliko dlje kot si mislimo. Preiskovalci nesreč menijo, da je za izvedbo manevra izogibanja potreben čas 10 sekund od zaznave nevarnosti. V poročilih o nesrečah lahko preberemo, da je bila zaradi nespremenjene smeri nevarnost zaznana prepozno ali pa sploh ne.

Kadar nam jadralno letalo leti nasproti v smeri možnega trčenja, se nam reakcijski čas zmanjša za 3 sekunde; 1,5 sekunde za reakcijski čas pilota in 1,5 sekunde za reakcijski čas letala (vztrajnost).

Vodoravna oddaljenost obeh letal se v tem času zmanjša za 150 m. Če drugo letalo prihaja s strani, pa za 120 m.

To pomeni, da v kroženju letimo z jadralnim letalom na meji možnega izogibanja. Zaradi tega moramo vedno imeti vidni stik z drugimi in ob izgubi vidnega stika moramo takoj zapustiti vzgornik. V poročilih o nesrečah jadralnih letal je napisana ugotovitev, da se to v praksi ne izvaja pogosto.

Za izboljšanje opaznosti imajo jadralna letala obarvana krila (slika 8).



Slika 8-Opozorilno obarvanje letalo izboljša opaznost in prispeva k večji varnosti

Vir: <https://www.airliners.net/photo/Soaring-TeaAOYAMA/Schempp-Hirth-Discus-b/2231633?gsp=eJwljUEKwiAQRe/y193UYIXs1APowgsMydAWgkz11hK7%2B4Yd48H//0NqbyMP/ZYKyNCmSRN6FBJ6KmlG97Kgng6hnBwPRUrVzlei6yl/dBBi9JFGdn1OSWuxhl/f5P8GvOzphYd/aR3YLk3Rhjc>

## 2.4. SODOBNA TEHNOLOGIJA - FLARM (Flight alarm)

FLARM je naprava v letalu, ki sprejema informacije o položaju in gibanju zrakoplova. Ko vsako sekundo prejme podatke, predvidi, kako se zrakoplov giblje in to preko radijskih valov posreduje ostalim napravam v dometu. Če je možnost trka zaznana, opozori na najbližjo nevarnost (slika 9).

Takrat začne FLARM:

- Piskati
- Utripati s svetlečimi diodami; Izvemo, iz katere smeri prihaja nevarnost
- Na novejših modelih se izpišejo tudi položaj, smer in višina zrakoplova

Domet: Prve naprave od 2 do 5 km, novejšim napravam pa se je radij povečal na 10 km



Slika 9-Logotip FLARM

Vir: [Products by Manufacturer: FLARM \(aeroshop.eu\)](http://Products by Manufacturer: FLARM (aeroshop.eu))

Na podlagi podatkovne baze statičnih ovir (daljnovodi, gorske žičnice...), shranjenih v enoti s strani uporabnika, nas FLARM opozori tudi na možnost trka s temi ovirami (slika 10).

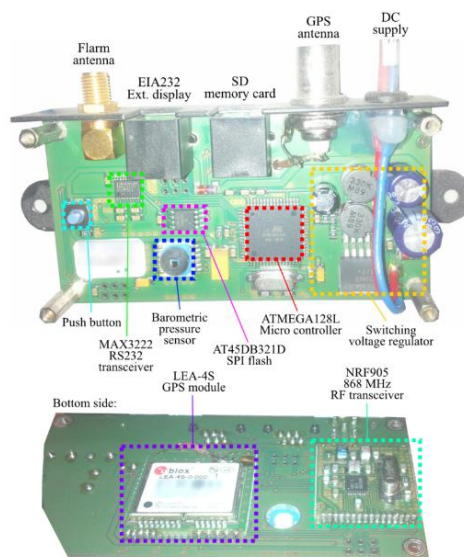


Slika 10-FLARM LED prikazovalnik

Vir: [Products by Manufacturer: FLARM \(aeroshop.eu\)](http://Products by Manufacturer: FLARM (aeroshop.eu))

Sestavni deli FLARM-a (slika 11):

- Mikrokonektor za obdelavo podatkov
- Pasovni oddajnik
- GPS modul
- Barometrični senzor tlaka
- Zaslone za opozorila
- Reža za SD kartico
- Vmesnik za zunanje zaslone in posodobitve



Slika 11-Sestavni deli FLARMA

Vir: <https://en.wikipedia.org/wiki/FLARM>

Uporablja se v manjših letalih, helikopterjih in jadralnih letalih (slika 12). Novejši FLARM-i lahko delujejo tudi kot snemalniki letov v obliki datoteke IGC. Vse naprave FLARM se lahko priklopi na FLARM zaslone ali na avioniko (elektronski sistemi v letalih). Lahko pa izdajajo tudi govorna opozorila kot npr. TCAS (Traffic Collision Avoidance System).

Za razliko od transponderja (sekundarnega nadzornega radijskega odzivnika) ima majhno porabo energije in je cenovno ugoden za nakup ter namestitev. Je boljši od sistema ACAS (Airborne collision avoidance system), ker so lahko lahka letala blizu drug drugega brez nevarnosti trka, ACAS pa bi izdajal nenehna neposredna opozorila, za razliko od FLARM-a, ki izdaja le selektivna opozorila.

Bistvena prednost uporabe takšnega varnostnega sistema je, da je za sorazmerno majhen denar (v primerjavi s ceno jadralnega letala) kakor tudi glede dokaj enostavne vgradnje v zrakoplove dosegljiv širši množici uporabnikov.



Slika 12-Sistem FLARM nameščen v helikopterju

Vir: [Images & Logos | FLARM Technology](#)

### 3.RAZISKOVALNO – EKSPERIMENTALNI DEL

Raziskava temelji na dejstvih, ki so bila predhodno dokazana in jih lahko uporabim kot pomoč pri moji raziskavi. Prav tako so v raziskovalno-eksperimentalnem delu upoštevane trditve, ki so zapisane že v teoretičnem delu. Drugi, krajši del raziskave sem naredil analitično. V raziskavi se ukvarjam s hipotezo:

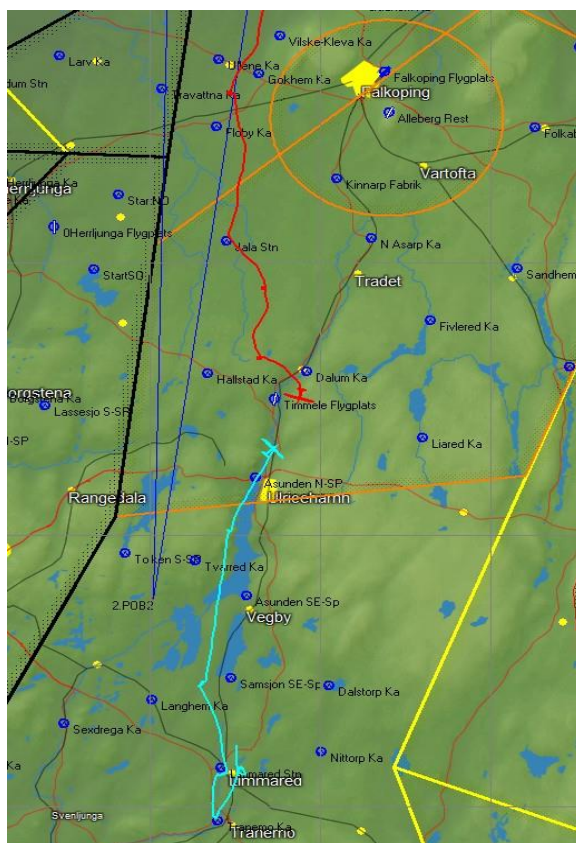
FLARM povečuje varnost v jadralnem letenju, posledično se zaradi uporabe FLARM-a z leti zmanjšuje število nesreč v jadralnem letenju.

#### 3.1. OPIS

Za raziskovalno-eksperimentalni del sem uporabil program simulatorja jadralnega letenja »Condor Soaring 2« (v nadaljevanju Condor) in program za prikaz poti letala »SeeYou«. V programu Condor sem odletel začrtano pot, ob tem posnel položaje jadralnih letal, nato sem z različnimi slikami uprizoril zaporedje dogajanja in analiziral rezultate ter vključil teoretično uporabo FLARM-a v teh primerih. V drugih primerih sem analiziral položaje letal s pomočjo programa SeeYou in naredil posnetke teh položajev.

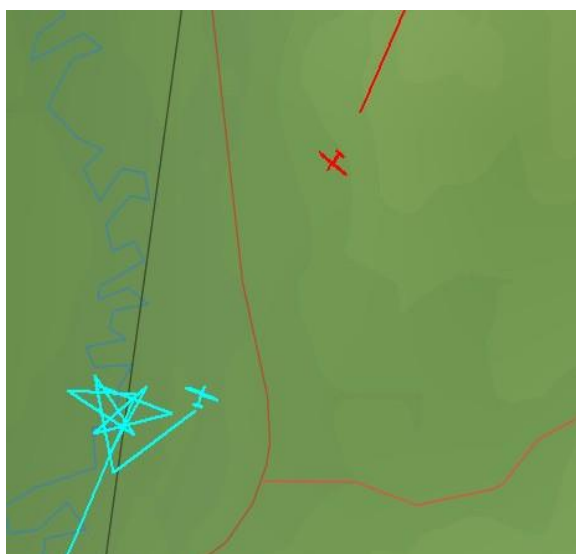
##### 3.1.1. Primer 1

Dve jadralni letali letita nasproti na enaki višini in pilota še ne opazita drug drugega. Predpostavimo, da je razpetina kril obeh letal 15 metrov, horizontalno oddaljenost pa na sliki merimo od nosa letala (slika 13).



Slika 13-Letali se približujeta; Vir: SeeYou

Zaradi majhnih dolžin sem si pomagal z digitalnim kljunastim merilom. Zaradi natančnosti so vse uporabljene slike v originalni velikosti in se jih ne sme spreminjati. Iz merila razberemo, da je razdalja med letali 9,84 milimetrov. Upoštevano je merilo 1:100.000;  $9,84 \text{ mm} = 984 \text{ m}$ . Letali sta torej oddaljeni 984 metrov in letita na enaki višini v smeri možnega trčenja, vendar z različno hitrostjo (slika 14).



Slika 14- Trenutno se pilota še ne zavedata nevarnosti, saj druga še ne vidita; Vir: SeeYou

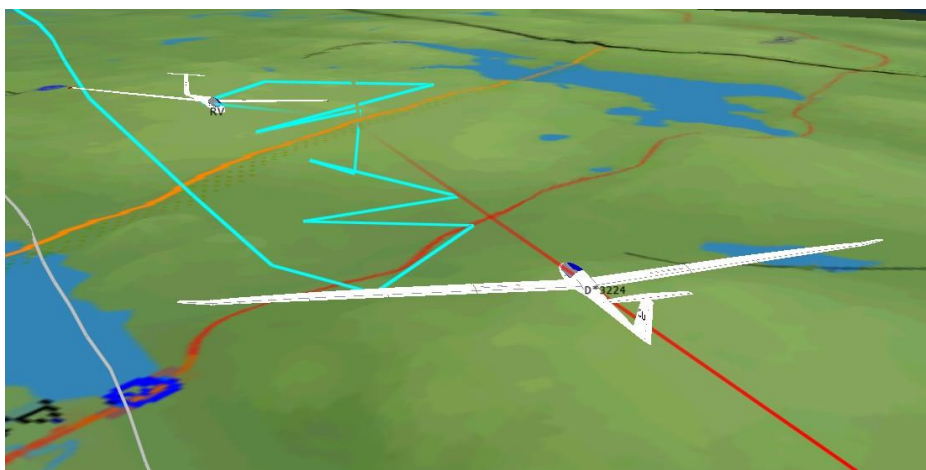
Letali se še približujeta. Letalo z oznako RV (modra sled na sliki 14) je zaključilo kroženje in leti v smeri trčenja. Predpostavimo, da je vidljivost minimalna za VFR in prisotna je tudi rahla oblačnost. Letalo z oznako D (rdeča sled na sliki 14) leti 123 km/h, RV pa 112 km/h. Za raziskavo sem predvidel, da je minilo 10 sekund in RV je končal kroženje. Za izračun preletene poti obeh letal uporabimo izračun za pretvarjanje km/h v m/s; delimo s 3,6 in rezultat zaokrožimo.

$$112 \text{ km/h} : 3,6 = 31 \text{ m/s}$$

$$123 \text{ km/h} : 3,6 = 34 \text{ m/s}$$

Razdalja je torej zdaj 334 metrov. Zelo je pomemben tudi reakcijski čas letala in pilota, ki znaša tri sekunde. Tako se vodoravna oddaljenost zmanjša skupno za 195 metrov in jima za reagiranja ostane samo še 139 m oz. 4,2 sekunde.

Če bi obe letali imeli vgrajeno napravo FLARM, bi pilota opazila in se izognila drug drugega na varni razdalji in tako preprečila nevarno situacijo, v kateri sta se znašla (sliki 15, 16).



Slika 15- Pogled od blizu, kako »bližnje srečanje dejansko izgleda«; Vir: SeeYou



Slika 16- Ko se zadnji trenutek opazita, se izogneta; Vir: See You

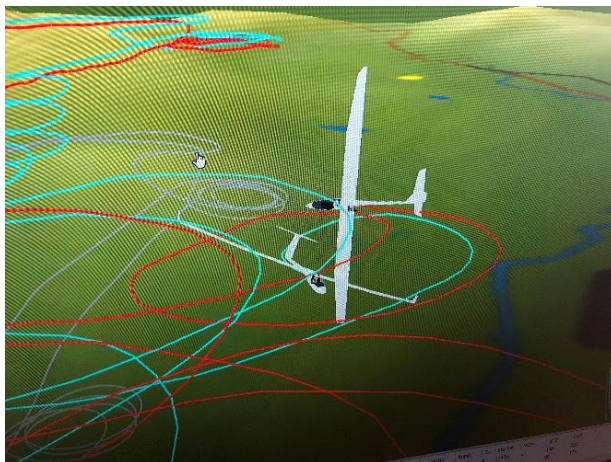
### 3.1.2. Primer 2

Dve jadralni letali se vzpenjata v termičnem vzgorniku. Letalo z oznako NL (rdeča sled na sliki 17) se je v vzgornik vključilo kasneje. Po pravilih vizualnega letenja mora letalo, ki se kasneje vključi v termični vzgornik, krožiti v isto smer kot pa letalo, ki je bilo prvo v vzgorniku.



Slika 17-Kroženje v vzgorniku; Vir: SeeYou

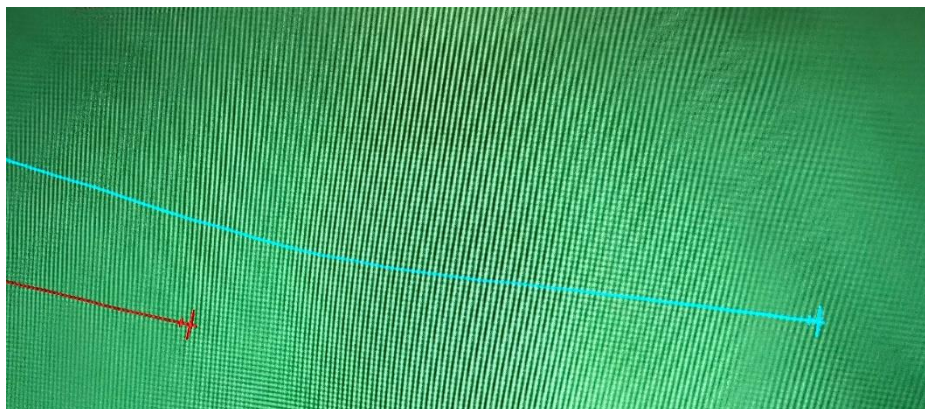
Obe letali nadaljujeta kroženje, vzgornik oziroma dviganje pa je nehomogeno, tako da je tudi vzpenjanje letal na mestih v dviganju različno. Tako se letalo z oznako NL začne dvigati hitreje kot pa letalo z oznako DZ (modra sled na sliki 17). Zgodi se, da letalo NL dohiti letalo DZ po višini; prej je bilo letalo z oznako NL nižje, sedaj pa leti na enaki višini kot DZ. Letali vseskozi krožita in pilota v določenih položajih ne vidita drug drugega, posledica tega pa je, da začne letalo NL delati manjši radij kroga kot pa letalo DZ; horizontalna razdalja med njima se vztrajno manjša. Nastane situacija, ko se njuni poti prekrížata (*slika 18*) in zgodi se nesreča zaradi trčenja v zraku. Če bi imeli obe letali nameščen FLARM, bi bila pilota ves čas obveščena drug o drugem, tako tudi letalo z oznako NL ne bi začelo krožiti v manjšem radiju in nesrečo bi tako lahko preprečili.



Slika 18-Njuni poti se prekrížata; Vir: SeeYou

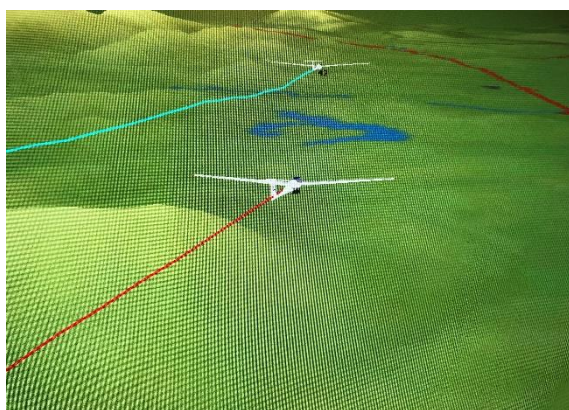
### 3.1.3. Primer 3

Dve jadralni letali letita eno za drugim, vendar se zaradi oddaljenosti in različnih višin ne vidita. Letalo s tekmovalno oznako T3 (rdeča sled na sliki 19) je višje od drugega s tekmovalno oznako 7 (modra sled na sliki 19) in obe letali najavita pristajanje. Horizontalna razdalja med njima je 1 km, višinska razdalja pa cca 100 m. V tem primeru se pilota odločita za direktni pristonek. Kontrolor letenja ju opozori na prisotnost drug drugega, vendar nista pozorna zaradi mišljenja, da je oddaljenost med njima dovolj velika (*slika 19*).

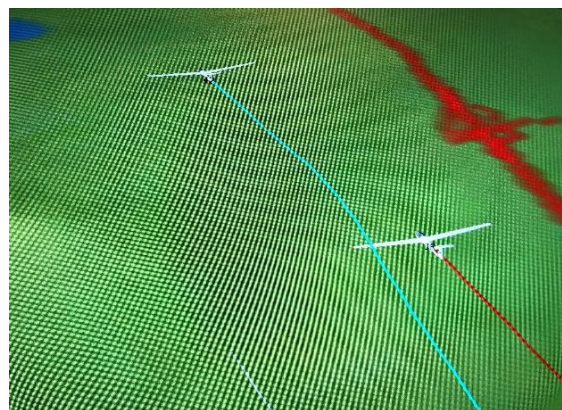


Slika 19- Položaj obeh letal; Vir:SeeYou

V tem času pilot letala s tekmovalno oznako T3 že vidi letalo 7 pred seboj (*sliki 20, 21*), a mu ne namenja velike pozornosti. Letalo z oznako T3 leti višje od letala s tekmovalno oznako 7, ki izgublja višino, a je še pred letalom T3. Razdalja med njima, tako horizontalna kot vertikalna, se vztrajno zmanjšuje.



Slika 21; Vir:SeeYou

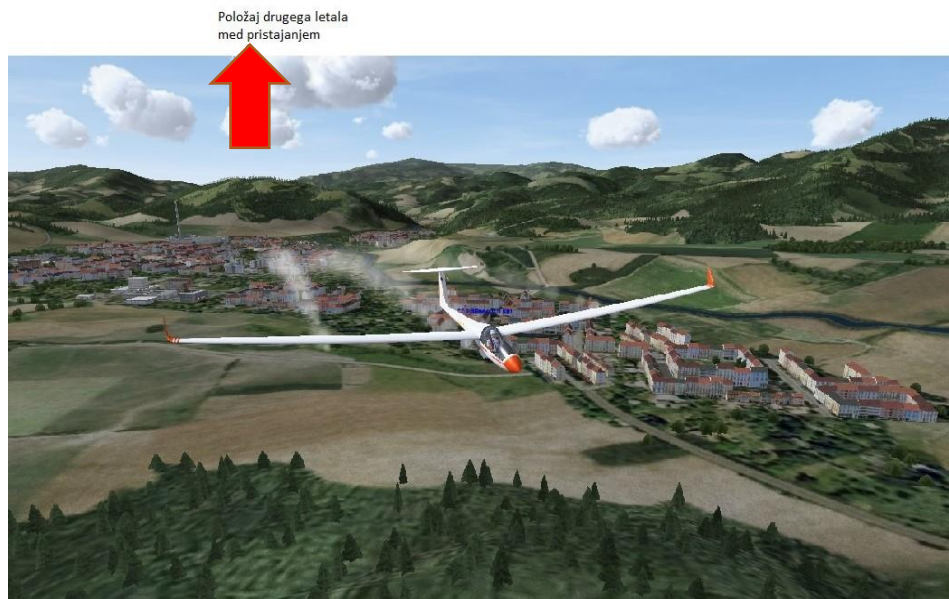


Slika 20; Vir: SeeYou

*Sliki 20 in 21 sta simbolični in predstavljata približen položaj med letali v tem času. Če bi obe letali imeli FLARM, bi v tem položaju že začele utripati lučke, vklopil bi se tudi zvok in tako bi bila pilota bolj osveščena drug o drugem.*



Letali nadaljujeta svoj let in se pripravljata na pristajanje, sprednje letalo 7 je čedalje nižje od drugega letala T3, ki še naprej leti hitreje od letala 7. Posledica tega je, da se njuna medsebojna horizontalna in vertikalna razdalja vztrajno manjša (slika 22).



Slika 22- Puščica prikazuje položaj letala z oznako T3, nižje pa je letalo z oznako 7; Vir: Condor

Pilot letala T3 zaradi šasije instrumentalne plošče ne more videti letala nižje pred seboj. Na nevarnost tako nobeden od pilotov ni opozorjen (slika 23).



Slika 23- Puščica prikazuje položaj drugega letala (slika je simbolična); Vir: Condor

Kot je razvidno s slike 24, se pojavi dodaten problem; poleg vse manjše razdalje med letaloma pilot letala z oznako T3 povleče krmilno palico k sebi, posledično se nos letala dvigne in pilot ne more videti letala pred seboj. Trčenje je tako neizogibno.



Slika 24- Pristajanje letal 7 (nižje in spredaj) in T3 (višje in zadaj); Vir: SeeYou

Po Zakonu Republike Slovenije o letalstvu na pretežno športnih letališčih storitev nudenja kontrole zračnega prometa ni nujna. Prav tako javljanje položaja o letu ni obvezno. V tem primeru v času pristajanja, ko bi se letali še lahko izognili trčenju, kontrolorja letenja na dotičnem letališču ni bilo več.

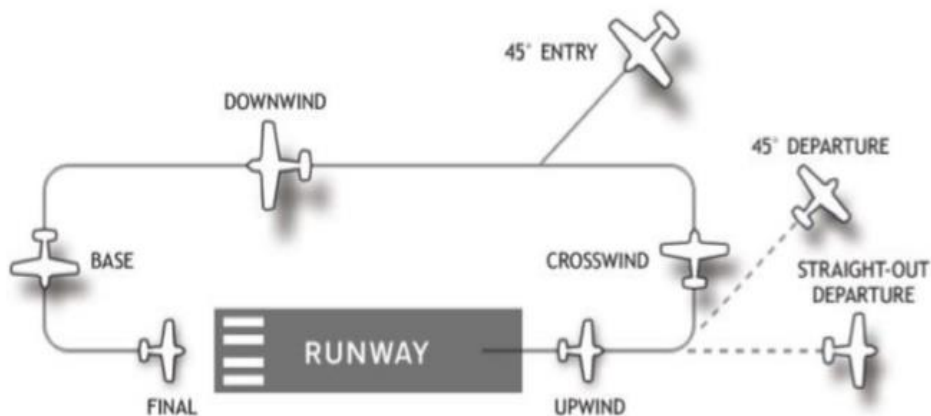
Pilot letala s tekmovalno oznako T3 končno opazi drugo letalo nižje pred seboj, a je razdalja med njima premajhna in glede na reakcijski čas ni več možnosti za izognitev trka (slika 25). V tem primeru je potrebno upoštevati še en pomemben dejavnik, namreč pri pristajanju je potrebno pred dotikom tal zmanjšati hitrost, kar pomeni, da je po zakonih aerodinamike letalo težje upravljivo in manj odzivno. Če bi letali leteli s hitrostjo cca. 30 km/h hitreje, bi se mogoče lahko izognili trku. V tem primeru to žal ni več mogoče, nesreča je neizogibna. Tudi v tem primeru bi bila koristna uporaba naprave FLARM, ki bi pilota pravočasno opozarjala na medsebojno razdaljo in bi tako lahko preprečili nesrečo.



Slika 25- Pilot T3 opazi drugo letalo, vendar prepozno; Vir: SeeYou

### 3.1.4. Primer 4

Jadralni letali opravita s tekmovalno nalogo in se vključita v položaj za pristajanje z vetrom (ang. Downwind, *slika 26*). Pilota sta osredotočena na dogajanje v kabini, zato situacije zunaj ne poznata oz. je ne spremljata dovolj dobro.



Slika 26-Položaj letala v šolskem krogu

Vir: [Aerodrome circuit management - IVAO - International Virtual Aviation Organisation](#)

Tudi v tem primeru je eno letalo višje od drugega, nahajata pa se točno v ravni liniji drug za drugim. Pilot nižjega letala zaradi svojega položaja v vidnem polju nima drugega pilota. Prav tako pa pilot višje letečega jadralnega letala zaradi specifikacije oziroma šasije kabine ne more videti letala pod seboj. Pri nadaljevanju postopka pristajanja kontrola letenja na dotičnem letališču ni več pozorna na ti dve letali, ker ima druge prednostne delovne naloge.

Upoštevati moramo še en dejavnik, namreč nižje leteče jadralno letalo (tip LS8) je letalo drugačnega razreda kot pa višje pozicionirano jadralno letalo (tip JS1). To v praksi pomeni, da ima JS1 bistveno boljše letalske sposobnosti kot pa LS8, tako tudi leti malenkost hitreje; posledično se horizontalna razdalja med njima zmanjšuje. Zaradi višje višine leta bo zgornje letalo JS1 vstopilo v zavoj kasneje kot spodnje letalo LS8.

Kot je razvidno s slike 27, pilot nižjega letala LS8 drugega, višjega letala JS1, ne more videti, saj je že izven njegovega vidnega polja. Višje letalo JS1 pa še vedno zavija in je nagnjeno za cca. 30 stopinj, od dna kabine do pokrova pa je približno 40 cm, torej zaradi svojega levega nagiba drugega letala ne more videti.



Slika 27- Jadralni letali v zavoju pred pristajanjem; Vir: Condor

V nadaljevanju sta letali že v položaju »base« (slika 26). Pred pristajanjem se pojavijo še drugi posredni dejavniki, ki vplivajo na vidnost in opažanje dogajanja okoli sebe, prisotna je tudi blaga turbulenca. Pilota sta tako popolnoma osredotočena na dogajanje v letalu samem in nista dovolj pozorna na dogajanje zunaj kabine. Prav tako lahko na pilotovo slabšo koncentracijo vpliva utrujenost po zahtevni tekmovalni nalogi, pristajanje pa je eden najtežjih manevrov.

Iz slike 27 je torej razvidno, da pilota drug drugega iz več razlogov ne moreta več opaziti. Ti razlogi so:

- Mrtvi kot
- Položaj letal
- Karakteristika in šasija kabine
- Utrujenost
- Finesa

Dokazano je, da se vidno polje s starostjo zmanjšuje. Pri položajih letal LS8 in JS1 je kot med kabino letala LS8 in letalom JS1 že več kot 200 stopinj. Tako je nemogoče, da bi katerikoli od pilotov pravočasno videl oz. opazil drugega. Položaja jadralnih letal sta različna, tako pa sta različna tudi kota nagiba. Torej, če je letalo nagnjeno v levo, bo pilot bolje videl obzorje pred seboj levo navzdol, kot pa če bi bilo letalo v vodoravnem položaju ali pa bilo nagnjeno v desno.

Potrebno je upoštevati še en dejavnik, to je velikost kabine. Različna letala imajo tudi različne pilotske kabine. Pri nekaterih steklen pokrov sega nižje kot pri ostalih, prav tako so nekatere kabine globlje od drugih; pomeni, da pilot letala sedi nižje in ima tudi manjše stransko vidno polje; ko pogleda nizko vstran, vidi spodnji del kabine in ne obzorja.

Kot je razvidno, je razlika med slikama očitna. Slika 28 prikazuje, kaj je v času pred nesrečo videl pilot letala LS8, spodnja slika 29 pa prikazuje, kaj bi videl, če bi letel letalo tipa DG 101, ki ima drugačno obliko instrumentalne plošče. Očitno boljša vidnost in preglednost terena iz kabine letala DG101 govori v prid hipotezi o vidnosti in obliki kabine.

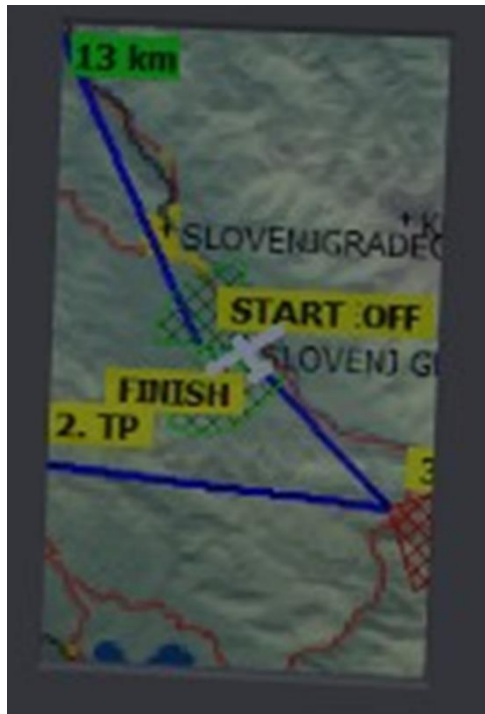


Slika 28- Pogled iz kabine LS8; Vir: Condor



Slika 29- Pogled iz kabine DG101 v istem položaju; Vir: Condor

Ob tem omenim še en dejavnik, ki lahko zmanjšuje vidljivost iz kabine letala; na slikah 28 in 29 vidimo, da imata obe letali na pokrov kabine nameščen dlančnik (slika 30). To je inštrument, ki pilotu služi za navigacijo, vendar pa prekriva določen del obzorja in je lahko tudi dodaten dejavnik pri tej nesreči.



Slika 30-Dlančnik, Vir: Condor

Mrtvi kot v tem primeru torej povzročata instrumentalna plošča in položaj navigacijskih dodatkov v kabini. V svoji raziskavi sem ugotovil, da bi pilot lahko opazil nižje letalo in tako eliminiral mrtvi kot, če bi letel drug tip jadralnega letala ali pa imel drugačno šasijo, ki bi omogočala boljšo vidljivost. Primer prikazujeta sliki 31 in 32:



Slika 32-Kabina letala Antares; Vir: Condor



Slika 31-Kabina letala JS1; Vir: Condor

Na sliki 31 vidimo, kakšno obzorje bi lahko videl pilot iz kabine višjega letala z drugačno konstrukcijo kabine, ko bi nadaljeval zavoj in stopnjeval nagib. Razliki sta očitni; ko je pilot nadaljeval z zavojem, se je letalo še bolj nagibalo v levo in tako ni bilo več možnosti, da bi lahko opazil nižje letalo LS8. FLARM bi se v tem primeru oglasil in pilota opozoril na letalo v bližini. Pilot višje letečega letala bi se ob opozorilu umaknil, pilot nižje letečega letala pa bi ob opozorilu FLARM-a povečal svojo pozornost.

Položaj nižjega letala LS8 se projicira znotraj pilotske kabine JS1 (slika 33), zato ga pilot ne more videti in ukrepati. Naredil sem poizkus in potrdil svojo hipotezo, da bi lahko šasija kabine vplivala na boljšo vidnost okolice. Z letalom DG (Glaser-Dirks) sem opravil enako pot, kot v tem primeru JS1 in naredil sliko (slika 34) v enakem položaju kot na sliki 33.



Slika 33-Vidnost iz kabine JS1; Vir: Condor

Na sliki 34 tako vidimo, je puščica za prikaz položaja nižjega letala tokrat izven kabine, pilot bi v tem položaju videl levo krilo nižjega jadralnega letala in se mu tako lahko izognil.



Slika 34:-Drugačna vidnost iz kabine letala DG101; Vir: Condor

Kratkotrajna utrujenost dokazano vpliva na pozornost in koncentracijo, dolgotrajna še na hitrost reagiranja. Ker je pilot letala po tekmovalni nalogi utrujen, se mu torej reakcijski čas še podaljša.

Pilota sta že tako v neugodni situaciji, utrujenost pa to samo še poslabša:

- Daljši reakcijski čas pilota

- Slabše spremljanje okolice
- Slabše reagiranje glede na okolico
- Finesa je jadralno oziroma drsno število, ki nam pove, kolikšno razdaljo lahko preleti jadralno letalo v drsnem letu glede na enoto izgubljene višine. V praksi to pomeni, da če finesa znaša 1:40, lahko v idealnih pogojih z 1km višine letalo preleti 40km razdalje. Drsna števila se pri jadralnih letalih precej razlikujejo. Povprečno jadralno letalo ima fineso okoli 40, jadralna letala vrhunskega svetovnega razreda pa okoli 60. Tako kot finese se zelo razlikujejo tudi hitrosti pri najboljši finesi. V splošnem velja, da višja kot je finesa, višja bo tudi hitrost pri najboljšem drsnem številu (finesi). Finesa teh dveh letal je dejavnik, ki dodatno vpliva na incident oz. nesrečo, ker letala letijo z različnimi hitrostmi (slika 35).



Slika 35-Trčenje v zraku; Vir: Condor

### 3.2. PREDNOSTI UPORABE FLARM-a:

- Je berljiv tudi ob močni sončni svetlobi
- Zaslona pokaže tudi informacije o okoliškem zračnem prometu
- Ima širok in prijazen spekter nastavitvev
- Je uporabniku prijazen zaradi upravljanja z glavnim stikalom
- Podatkovni zaslon prikaže tudi bližnja letala
- Daje glasovna in vidna opozorila
- Se ga lahko prilagodi glede na tekmovalno ali klicno oznako jadralnega letala
- Je povezljiv z nekaterimi drugimi napravami v letalu (slika 36)





Slika 36-Prednosti uporabe FLARM-a; Vir: Project Flarm, Swedish Soaring Federation

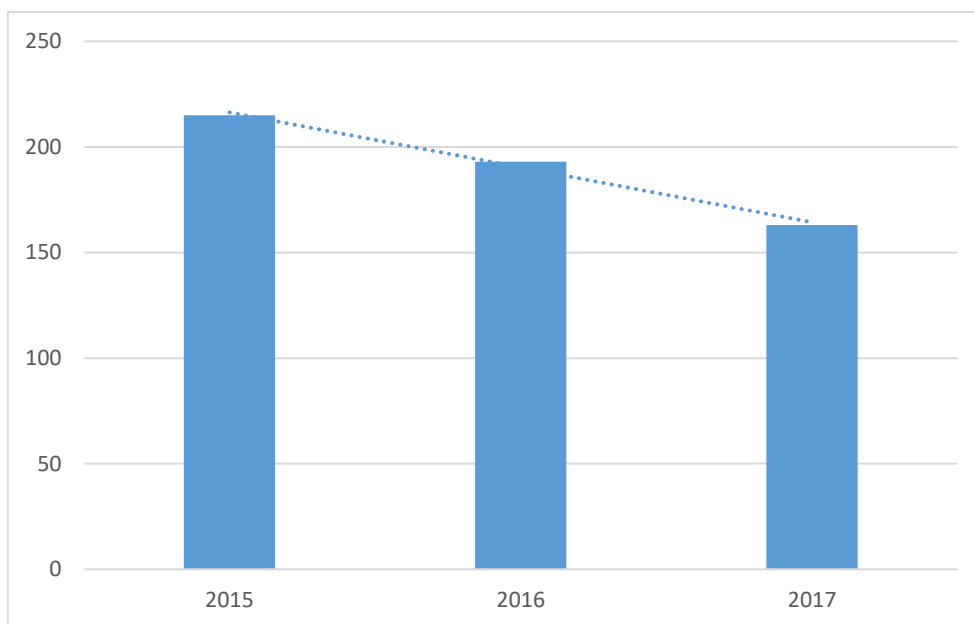
## 4. IZBOLJŠANA VARNOST

Ta del raziskave je analitičen. Zbral sem podatke, tabele, slike in grafe iz različnih spletnih virov in z analiziranjem prišel do ugotovitev glede izboljšanja varnosti jadralnega letenja.

### 4.1. INCIDENTI IN NESREČE V JADRALNEM LETENJU

FLARM so izumili leta 2004. Je naprava, ki omogoča večjo varnost v jadralnem letenju na način, da nas s svojimi signali opozori na najbližji zrakoplov, ki ima prav tako vgrajen FLARM. Dokazano je, da z uporabo FLARM-a število incidentov jadralnih letal upada.

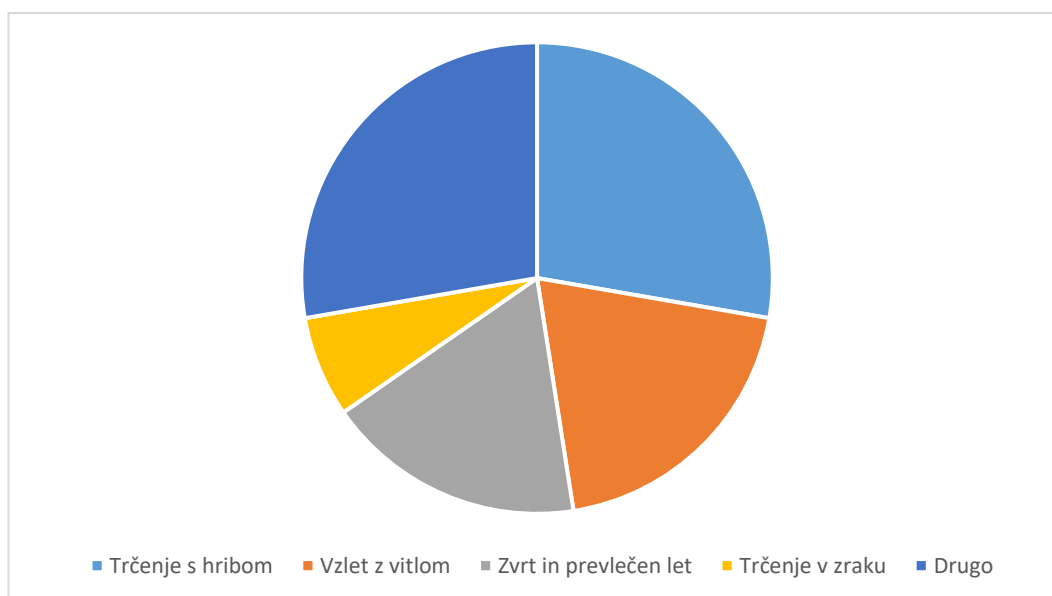
Na osnovi podatkov na spletni strani EASA (European Aviation Safety Agency) o številu incidentov jadralnih letal sem naredil graf (*Graf 1*), iz katerega razberemo, da število incidentov jadralnih letal skozi leta upada, kar je povezano tudi z večjo uporabo FLARM-a. Število prodanih FLARM-ov se z leti povečuje (podatek proizvajalca), torej gre za obratno sorazmerje med prodajo FLARM-ov in številom incidentov.



Graf 1-Incidenti jadralnih letal od l. 2015-2017

Vir: [easa\\_asr\\_2020.pdf \(europa.eu\)](#)

6-7% incidentov in nesreč jadralnih letal se zgodi zaradi trčenja v zraku (Graf 2). Ob uporabi moderne in sodobne opreme v jadralnih letalih, med katere spada tudi FLARM, je pričakovati, da se bo ta trend še zmanjševal, kar je dobro za varnost tega športa.

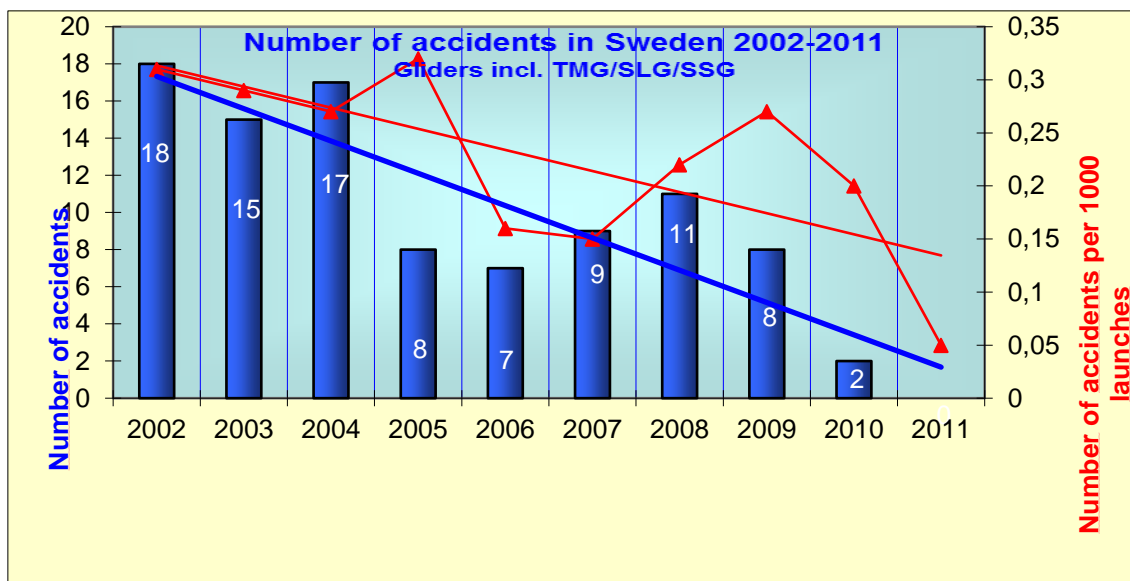


Graf 2-Vzroki incidentov

Vir: [easa\\_asr\\_2020.pdf \(europa.eu\)](#)

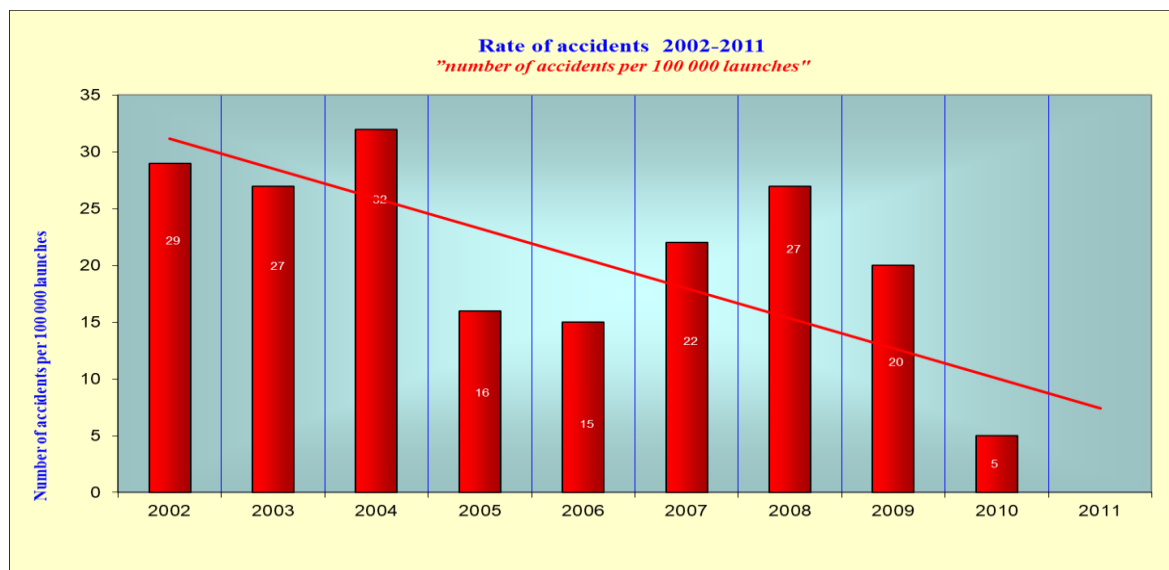
Spodnja grafa 3 in 4 nam prikazujeta število nesreč jadralnih letal v določenem časovnem obdobju. Prvi graf prikazuje število nesreč jadralnih letal na 1000 poletov na Švedskem. Viden je očiten upad števila nesreč, potem ko so Švedi l. 2010 začeli množično nameščati in uporabljati FLARM-e.

Drugi graf nam prikazuje število nesreč jadralnih letal na Švedskem na 100 000 poletov in tudi tu je razvidno, da število nesreč sunkovito upade l. 2010 v primerjavi s predhodnim letom. Pričakovati je, da se bo trend še zmanjševal, kar je zelo dober podatek napredka varnosti v tem športu.



Graf 3 – Število nesreč

Vir: Project Flarm, Swedish Soaring Federation



Graf 4 – Število nesreč na 100.000 vzletov

Vir: Project Flarm, Swedish Soaring Federation

Zaradi trčenja dveh jadralnih letal l. 2012 (eno od njiju ni bilo opremljeno s FLARM-om) se je Francoska Jadralna Federacija (French Gliding Federation F.F.V.V) odločila, da bo FLARM ali kateri drugi podoben inštrument obvezna oprema v jadralnem letalu od l. 2013 dalje povsod v Franciji, ne samo v Alpah in na tekmovanjih. To je pomemben korak naprej k varnosti tega športa.

V Sloveniji je FLARM zaenkrat še priporočena, ne pa tudi obvezna oprema jadralnega letala. Po podatkih jadralne sekcije Letalske zveze Slovenije je cca 40% jadralnih letal že opremljenih s FLARM-om in vzpodbujamo čim večjo uporabo te naprave za prispevek k varnosti jadralnega letenja.

## 5. RAZPRAVA in REZULTATI

Kot predvideva moja hipoteza, se je število nesreč v jadralnem letenju zmanjšalo z uporabo FLARM-a. To potrjuje tudi prikazana raziskava na Švedskem, ki primerja število nesreč brez in z uporabo FLARM-a v jadralnih letalih.

V Sloveniji takšne raziskave, ki bi bila konkretno vezana na uporabo FLARM-a, zaenkrat še nimamo.

V raziskovalno-eksperimentalnem delu je s primeri nazorno prikazana možnost preprečitve incidenta oz. nesreče z uporabo FLARM-a.

## 6. ZAKLJUČEK

FLARM je sodobna naprava v letalu, ki sprejema informacije o položaju in gibanju zrakoplova.

Gostota zasičenosti zračnega prostora, tako komercialnega (letalski prevozniki) kot športnega (aeroklubi, društva, posamezniki), se iz leta v leto povečuje in je nadzor ter koordiniranje letenja v zračnem prostoru vedno težje, predvsem z vidika zagotavljanja varnosti vsem letalskim udeležencem.

Z razvojem te vrste tehnologije, kakor tudi vse večje dostopnosti teh naprav širšemu krogu uporabnikov (jadralna letala, motorna letala, helikopteri, baloni, zmaji, jadralna padala, letalski modeli, droni....), lahko izboljšamo varnost vseh uporabnikov zračnega prostora.

Naprava FLARM v jadralnem letenju dokazano prispeva k varnosti in preprečevanju nesreč in incidentov, kar je prikazano tudi v opisanih primerih v raziskovalno-eksperimentalnem delu naloge. Pomembno pa je, da to napravo uporablja čim več uporabnikov zračnega prostora in tako skupaj pripomorejo k večji varnosti in preprečevanju nesreč in incidentov.

Na trgu obstajajo še druge naprave in inštrumenti, ki prav tako pripomorejo k varnosti v letenju; to so npr. AIR Traffic Display, Butterfly Display, LX 9000 in Zeus. V prihodnje jih imam namen proučiti in vključiti v svoje letenje.

## 7. LITERATURA IN VIRI

- Analitični del raziskave, grafi, tabele in besedilo: [easa\\_asr\\_2020.pdf \(europa.eu\)](#) , str. 34-46
- Downwind, slika: [Aerodrome circuit management - IVAO - International Virtual Aviation Organisation](#)
- FLARM, besedilo in slika: <https://en.wikipedia.org/wiki/FLARM>
- FLARM, besedilo: <https://sl.wikipedia.org/wiki/FLARM>
- FLARM, slika: <https://www.aeroshop.eu/ru/manufacturer/flarm>
- FLARM, slika: [Images & Logos | FLARM Technology](#)
- Inštrumentalo letenje, besedilo in slika: [Instrument flight rules - Wikipedia](#)
- Opozorilno obarvanje letala, slika: <https://www.airliners.net/photo/Soaring-TeaAOYAMA/Schempp-Hirth-Discus-b/2231633?qsp=eJwljUEKwjAQRe/y193UYIXs1APowgsMydAWqgkz1hK7%2B4Yd48H//0NqbyMP/ZYKyNCmSRN6FBJ6KmlG97Kgng6hnBwPRUrVzlei6yl/dBBi9jFGdn1OSWuxhl/f5P8GyOzphYd/aR3YLk3Rhjc>
- Program »Condor Soaring 2«
- Program »SeeYou«
- Študija Project Flarm, Swedish Soaring Federation (PowerPoint predstavitev)
- Teoretični in raziskovalni del, besedilo: GREGL, D. Nameravam postati pilot jadralnega letala. Ljubljana: samozaložba D. Gregl, 2011.
- Usklajevalni zavoja, slika: [flight instruments - What is the difference between Turn Coordinator and Artificial Horizon? - Aviation Stack Exchange](#)
- Videti in biti viden, besedilo in slika : [http://www.aeroklub-edvardrusjan.si/wp-content/uploads/2017/03/videti\\_in\\_biti\\_viden\\_revised-1.pdf](http://www.aeroklub-edvardrusjan.si/wp-content/uploads/2017/03/videti_in_biti_viden_revised-1.pdf)
- Vizualno letenje, besedilo: <https://fran.si/iskanje?View=1&Query=vizualno&hs=1>
- Vizualno letenje, besedilo: [https://sl.wikipedia.org/wiki/Pravila\\_vizualnega\\_letenja](https://sl.wikipedia.org/wiki/Pravila_vizualnega_letenja) (16.1.2020)
- Vizualno letenje, slika: <https://www.flickr.com/photos/66757928@N07/6078271333/> (2.2.2020)