



Slobodan Stupar, Ognjen Peković, Srđan Trivković, Nemanja Zorić<sup>1</sup>

## KONCEPTUALNI DIZAJN LAKE AMFIBIJSKE LETELICE<sup>2</sup>

### Rezime

*Uvidevši veliku popularnost rekreativnog letenja i probleme vezane za sertifikaciju aviona kategorije opšte avijacije, vazduhoplovne vlasti uvele su novu kategoriju letelica čija je osnovna namena letenje radi zadovoljstva. U ovom radu opisan je konceptualni dizajn jedne takve letelice koja se razvija na Mašinskom fakultetu u Beogradu. Zamišljena kao praktična i jednostavna za upotrebu, letelica je amfibijskog tipa sa mogućnošću poletanja i sletanja sa vodenih i čvrstih površina. Sklopivih krila i sa uvlačećim stajnim trapom ova letelica pruža mogućnost jednostavnog čuvanja i transporta. Tokom izrade konceptualnog rešenja korišćeni su savremeni CAD/CAE alati u svim fazama projektovanja. Definisane i parametrizacija CAD modela olakšava promenu geometrije i pripremu tehničke dokumentacije za izradu prototipa.*

### 1. UVOD

U cilju popunjavanja praznine između ultralakih letelica i letelica koje se svrstavaju u kategoriju opšte avijacije vazduhoplovne vlasti SAD uvele su novu kategoriju letelica, LSA (light sport aircraft) odnosno laka sportska letelica. Letelice ove kategorije mogu se proizvoditi u fabrikama kada se sertifikuju kao specijalne S-LSA ili se mogu praviti amaterski kada se sertifikuju kao eksperimentalne E-LSA letelice.

Iako je dozvoljeno i korišćenje u komercijalne svrhe, letelice S-LSA kategorije prevashodno služe kao letelice za rekreativnu upotrebu. Shodno tome, pojednostavljena je i procedura za dobijanje sportske pilotske dozvole za upravljanje ovim tipom letelica. Ljudi bez prethodne letačke obuke mogu dobiti dozvolu ukoliko ispune program obuke od 20 sati leta na ovom tipu letelice. Nova pravila značajno su pojeftinila i ubrzala postupak dobijanja dozvole, te je tako hiljadama vazduhoplovnih entuzijasta omogućeno da ispune letačke snove. Zahvaljujući velikom interesovanju letačke zajednice za letelice ovog tipa, za kratko vreme na tržištu se pojavio veliki broj aviona ove kategorije različitih konceptijskih i konstruktivnih karakteristika.

U ovom radu predstavljen je idejni projekat lake višenamenske amfibijske letelice koja se razvija na katedri za vazduhoplovstvo Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

### 2. ANALIZA ZAHTEVA I PERFORMANSI

Letelica je zamišljena kao moderno, kompaktno, energetski efikasno i ekonomsko isplativo rešenje lakog višenamenskog dvoseda. Kako bi se povećala upotrebna vrednost, letelica je amfibijskog tipa, što omogućava poletanje i sletanje sa vodenih i čvrstih površina u skladu sa LSA standardima.

U cilju sertifikovanja letelice ovog tipa treba ispuniti striktno uslove po pitanju konstrukcije, težine i performansi. Upotrebom savremenih kompozitnih materijala za izradu letelice, minimizirana je težina i dobijena letelica atraktivnog dizajna sa upečatljivim vizuelnim identitetom.

<sup>1</sup> prof. dr Slobodan Stupar dipl. inž, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, tel. 3302-242, e-mail: sstupar@mas.bg.ac.rs

Ognjen Peković dipl. inž, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, tel. 3302-345, e-mail: opekovic@mas.bg.ac.rs

Srđan Trivković dipl. inž, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, tel. 3302-345, e-mail: strivkovic@mas.bg.ac.rs

Nemanja Zorić dipl. inž, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, tel. 3302-345, e-mail: nzoric@mas.bg.ac.rs

<sup>2</sup> Rad predstavlja deo istraživanja za projekat TR 35035 koje je finansirano od strane Ministarstva za prosvetu i nauku Republike Srbije.

Između ostalih, letelice kategorije LSA moraju da ispunjavaju sledeće uslove:

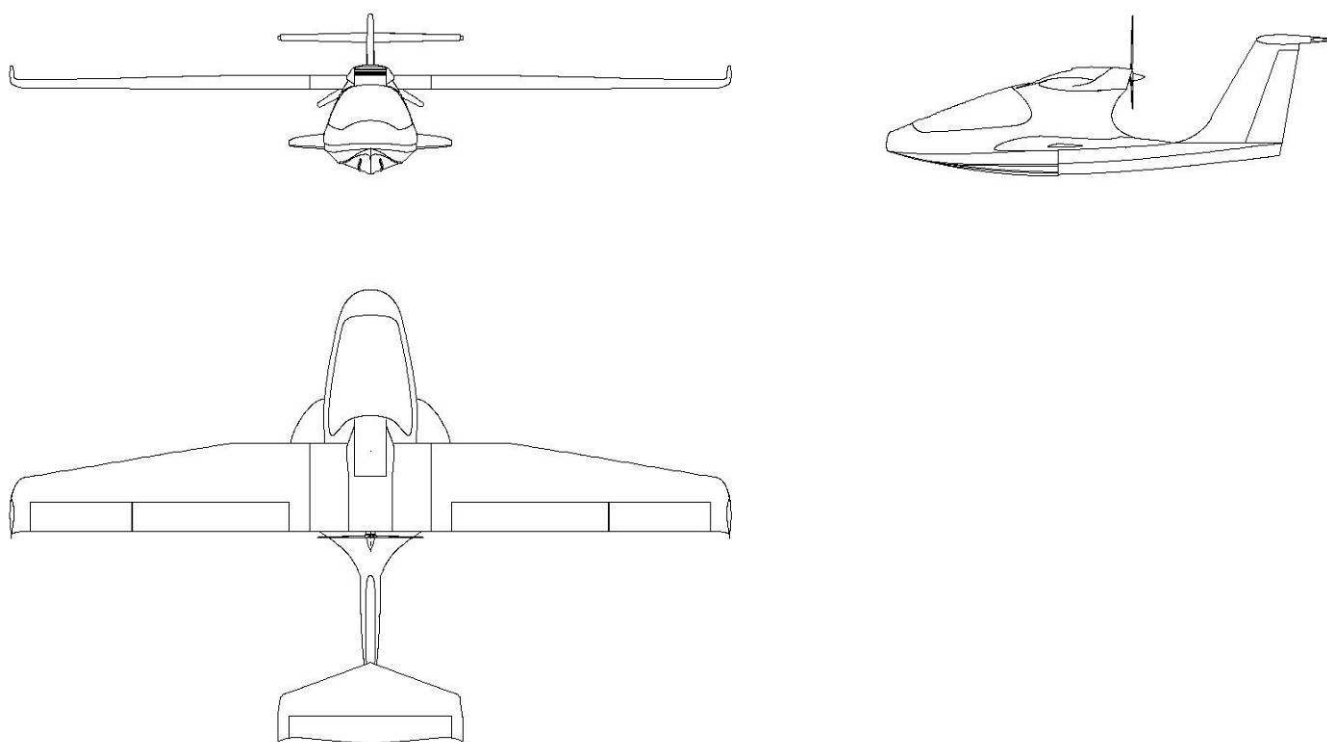
- maksimalna težina na poletanju ne sme biti veća od 650kg;
- minimalna brzina ne sme biti manja od 80km/h;
- maksimalna brzina krstarenja je ograničena na 220km/h;
- može da prevozi maksimalno 2 putnika uključujući i pilota;
- pogon letelice čini jedan klipni motor
- kabina ne sme biti pod pritiskom

Kako bi se olakšao transport i skladištenje letelice omogućeno je sklapanje krila što dodatno pojeftinjuje upotrebu budući da je transport moguće vršiti pomoću prikolice za putnički automobil, dok je za skladištenje potreban mnogo manji prostor tako da je letelicu moguće čuvati i u garažama putničkih automobila.

### 3. IZBOR KONFIGURACIJE I PRELIMINARNO DIMENZIONISANJE

Uspešno dimenzionisanje i procena performansi letelice rezultat su pravilno izvršenih aerodinamičkih analiza i analiza položaja masa i težišta letelice saglasno sa zahtevima koji proističu iz propisa i projektnog zadatka naručioca.

Na slici 1. prikazana je usvojena konfiguracija letelice. Avion je visokokrilac sa pogonskom grupom smeštenom iza kabinskog prostora tako da je elisa potisnog tipa. Repne površine su "T" tipa, odnosno horizontalni stabilizator smešten je na vrh vertikalnog stabilizatora. Na ovaj način minimiziran je uticaj vodenih kapljica pri poletanju i sletanju sa vodenih površina na upravljačke površine i pogonsku grupu. Dimenzije letelice date su u tabeli 1.



Slika 1.

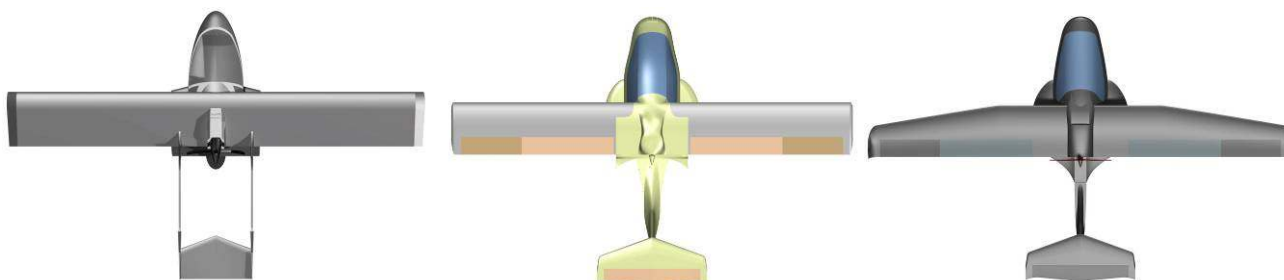
Projektovane aero i hidrodinamičke osobine letelice omogućavaju postizanje visokih performansi, malu dužinu poletno-sletne staze, smanjene aero i hidrodinamičke gubitke uz zadržavanje potrebne stabilnosti. Lak pristup kabini i povišena ergonomičnost same kabine uz velike transparentne površine, značajno podiže komfor letelice i doprinosi uživanju u pilotiranju. U cilju laganog održavanja vazduhoplova i njegovih sistema kapotaži su lako dostupni i jednostavni za uklanjanje.

- Masa prazne letelice .....	350 kg
- Maksimalna poletna masa.....	650 kg
- Dimenzije letelice:	
- Raspon krila.....	10.4 m
- Dužina .....	6.75 m
- Visina .....	2.3 m
- Širina kokpita .....	1.1 m
- Visina na prikolici.....	2.5 m
- Dužina na prikolici.....	8.5 m
- Širina na prikolici .....	2.6 m

*Tabela 1.*

#### 4. IZRADA CAD MODELA LETELICE

Definisanje geometrije aviona je iterativan proces. Postavljeni zahtevi su najčešće proizvod razmatranja postojećih konstrukcija i njihovih performansi. Na osnovu definisanih zahteva pravi se koncept letelice koja zadovoljava te zahteve, međutim, kako geometrija letelice utiče na performanse, postavljeni zahtevi se u toku izrade idejnog rešenja menjaju čime se ulazi u novi iterativni ciklus. Na slici 2. prikazana su tri različita geometrijska rešenja za laki sportski avion.

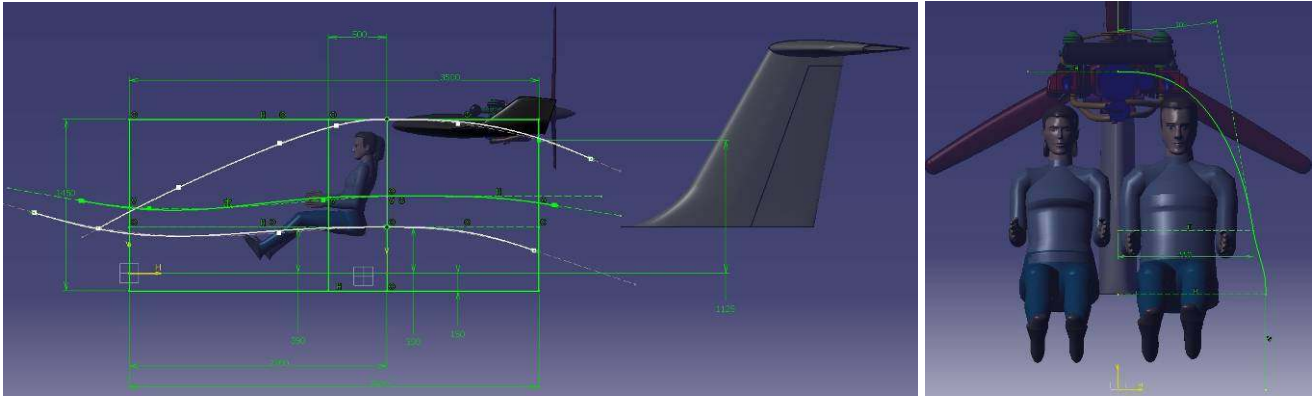


*Slika 2.*

Za razliku od nekih drugih oblasti tehnike, definisanje geometrije aviona zahteva da konstruktor bude obučen u različitim oblastima, pre svih aerodinamici, otpornosti materijala, sistemima upravljanja, pogonu letelica i tehnologijama proizvodnje budući da svojom geometrijom mora da odgovori na često oprečne zahteve koje nabrojane discipline postavljaju.

Projektovanje geometrije lake amfibijske letelice izvršeno je pomoću modernog CAD/CAM/CAE softverskog paketa CATIA V5. Ovaj softverski paket na jednom mestu nudi integrisane alate za 3D modeliranje, generisanje tehničke dokumentacije za izradu i montažu delova i sklopova, analizu strukture metodom konačnih elemenata kao i alate za generisanje koda za numerički upravljane mašine alatke. Zahvaljujući upotrebi modernog softvera i savremenog pristupa projektovanju koji podrazumeva korišćenje modernih tehnologija proizvodnje, analiza i izrada prototipova delova i sklopova je ubrzana pa su već u ranim fazama procesa projektovanja otklanjani problemi koji bi postali očigledni tek u zrelijim fazama projekta kada bi njihovo rešavanje bilo znatno skuplje.

Geometrija delova letelice izradena je korišćenjem modula "Generative Shape Analysis". Ovaj moduo namenjen je kreiranju složenih prostornih površi kakve su neophodne za pravljenje geometrije aviona. Raznovrsne opcije za izradu žičane "Wireframe" geometrije, napredne alatke za izradu površina kao i standardne opcije za transformacije elemenata (simetrija, razmera, translacija, rotacija...) omogućavaju kreiranje veoma složenih površina velikog kvaliteta. Zahvaljujući mogućnosti zadavanja odgovarajućih uslova na ivicama susednih površina kojima se definiše klasa kontinuiteta lako se dobijaju površine sa kontinuitetom klase C2, odnosno odličnim estetskim osobinama kao što su glatkoća, realna refleksija i sl. Posebnu pogodnost za konstruktora predstavlja fleksibilna 2D i 3D parametrizacija koja omogućava jednostavno menjanje dizajna promenom odgovarajućih parametara (slika 3).



*Slika 3.*

Zbog velikog značaja vizuelne prezentacije projekta većina modernih softverskih alata za 3D modelovanje sadrži i alate za izradu slika i animacija sa visokim nivoom detalja i tačnosti tekstura ("rendering"). Na ovaj način vešt dizajner može da predstavi svoj proizvod u okruženju u kojem će se i koristiti. U okviru CATIA V5 programskog paketa moduo "Photo Studio" omogućava kreiranje profesionalnih slika modela od ilustrativnog do potpuno realističnog nivoa. Zahvaljujući naprednim opcijama za podešavanje osvetljenja i izradu, modifikaciju i aplikaciju tekstura dizajner može izraditi slike vrhunskog kvaliteta za potrebe prezentacije i promocije proizvoda. Na slici 4. i 5. prikazan je model lake amfibijske letelice u svom "prirodnom" okruženju, vodi i vazduhu.



*Slika 4.*

## 5.ZAKLJUČAK

Zahvaljujući velikom razvoju računarskih metoda projektovanja i mogućnostima savremenih softverskih alata cena razvoja lakih letelica značajno je smanjena što se najbolje ogleda u velikom broju novih konstrukcija koje se nude na tržištu. Razvijanje konkurentne letelice iziskuje od dizajnera da koristi savremene metode projektovanja i tehnologije izrade, a od kompanija koje ih proizvode da ulažu dodatna sredstva u prezentaciju svojih letelica kako bi se izborile za udeo na tržištu.

U ovom radu prikazan je konceptualni dizajn lake amfibijske letelice pomoću paketa CATIA V5 i opisana je uloga savremenih inženjerskih softvera pri izradi konceptualnog rešenja letelice. Takođe ukazano je na mogućnosti CATIA V5 pri izradi realističnih slika letelice za potrebe prezentacije koncepta letelice, što je značajno za promociju projekta i može biti od koristi za prikupljanje sredstava za nastavak realizacije projekta.



Slika 5.

## LITERATURA

1. CATIA V5 Documentation
2. Ullman D, *The Mechanical Design Process*, McGraw-Hill, 2010.
3. Raymer D, *Aircraft Design: A Conceptual Approach*, AIAA, 1999.
4. Roskam J, *Airplane Design Part I: Preliminary Sizing Of Airplanes*, Roskam Aviation and Engineering Corporation, 1989.

*Abstract*

### CONCEPTUAL DESIGN OF LIGHT AMPHIBIOUS AIRCRAFT

*Realizing great popularity of recreational flying, and problems related to certification of aircraft from general aviation category, aviation authorities have introduced a new category of aircraft with the main purpose of flying for pleasure. This paper presents the conceptual design of such an aircraft which is being developed at the Mechanical Engineering Faculty in Belgrade. Designed as a practical and easy to use, aircraft is amphibian with the ability to perform landings and takeoffs from water and solid surfaces. With foldable wings and retractable landing gear the aircraft is easy to store and transport. During the development of conceptual design modern CAD/CAE tools were used in all phases of design. Definition and parameterization of CAD model facilitates geometry changes and preparation of technical documentation for development of the prototype*