

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/137



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1.Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-3644
Naslov projekta	Avtomatična optimizacija aerodinamičnih površin
Vodja projekta	18084 Gregor Veble
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	7236
Cenovni razred	A
Trajanje projekta	05.2010 - 04.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	2583 PIPISTREL Podjetje za alternativno letalstvo d.o.o.
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.05 Mehanika 2.05.05 Mehanika fluidov
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2.Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.03
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.03 Mehanika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3.Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

V aplikativnem raziskovalnem projektu Avtomatična optimizacija aerodinamičnih površin smo raziskali možnosti avtomatičnega oblikovanja kompleksnih tridimenzionalnih oblik s pomočjo enostavnih minimizacijskih funkcionalov tlačne porazdelitve.

Za ta namen smo razvili panelno metodo za izračun obtekanja idealne tekočine okrog

vzgonskih oblik, ki smo jo ponudili kot odprtokodni programski paket PolyVort (dostopen na Google code). Za panelno metodo smo zasnovali izračun površinskih tlakov ter gradientov tlaka s pomočjo metode najmanjših kvadratov za izračun gradienta.

Raziskali smo družino minimizacijskih funkcionalov, kjer smo minimizirali absolutno vrednost gradienta tlaka. Družina je bila parametrizirana z utežjo, ki podaja razmerje med gradientom tlaka v smeri hitrosti toka ter v smeri pravokotno na hitrost. Upoštevali smo tako morebitne geometrijske omejitve kot tudi omejitve v porazdelitvi tlaka, da se izognemo odcepu toka.

Opravili smo evaluacijo različnih pristopov k minimizaciji, od diferencialne evolucije do metode gradientnega spusta, za najbolj učinkovito se je na koncu izkazala klasična kvazi-Newtonova metoda.

Metodo smo preizkusili na problemu stika krilo-trup ter na problemu zasnovne aerodinamične školjke vozila na človeški pogon (kolesa). Metoda se je izkazala kot zelo uspešna pri zasnovi učinkovitih aerodinamičnih naprav.

ANG

Within the applied research project Automatic optimisation of aerodynamic surfaces we explored the possibilities of automatic design of complex three dimensional shapes using simple minimisation functionals of the pressure distribution.

For this purpose, we developed a panel method to calculate the flow of an ideal fluid around lifting bodies, which is also offered as an open source package PolyVort (available at Google code). We also devised a method to calculate gradients of quantities over a three dimensional surface mesh by using the least squares method.

We explored a family of minimisation functionals, where the minimum of the surface integral of the absolute value of the pressure gradient was sought. The family was parametrized by a weight, giving the relative contribution of the gradient component, parallel to the local flow, and the component orthogonal to the local flow. We also took into account geometric limitations as well as pressure distribution constraints that prevent flow separation.

We evaluated various minimisation approaches, from differential evolution to steepest gradient descent. In the end, the most efficient method turned out to be a classical quasi-Newton approach.

We tested the method on the problem of a wing-body junction and on the problem of the design of an aerodynamic shell for a human powered vehicle (streamlined bicycle). The method was proven effective for design of efficient aerodynamic devices.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Cilj projekta je bil razviti metodo, ki bo z minimalnim naborom parametrov sposobna oblikovati tridimenzionalne kompleksne površine tako, da bodo te aerodinamično čim bolj učinkovite. Izhajali smo iz metode, ki so je že obnesle pri postopkih oblikovanja dvodimenzionalnih krilnih profilov. Ta metoda je minimirala integral absolutnega odvoda tlačne porazdelitve okrog krilnega profila pri kombinaciji vpadnih kotov ter dodatnih omejitvah geometrije ter tlačnih porazdelitev (npr. Stratfordov kriterij), ki preprečujejo odcep toka.

V projektu smo se odločili posplošiti tak princip oblikovanja na površine v tridimenzionalnem prostoru. Za izvedbo projekta je bilo tako potrebno zasnovati tako numerično metodo, ki omogoča hiter in učinkovit izračun tlačnih porazdelitev okrog tridimenzionalnih teles poljubnih oblik, tudi vzgonskih, najti dober način izračuna gradientov količin na dvodimenzionalni mreži v tridimenzionalnem prostoru, izbrati metodo numerične optimizacije ter nato preizkusiti različne oblike funkcionalov tlačne porazdelitve in pripadajočih omejitev na primerih, ki ustrezajo problemom, ki jih srečamo v inženirski praksi.

Glavni rezultati projekta po predlaganem programu so bili:

- *Panelna metoda*: programski paket za analize obtekanja nestisljive neviskozne tekočine okrog vzgonskih teles s panelno metodo s prosto vrtničnostjo v toku
- *Optimizacijski algoritem*: program za avtomatično optimizacijo kompleksnih tridimenzionalnih oblik na osnovi posebnega funkcionala
- *Optimalne oblike*: dokument, ki podaja primer uporabe metode na testnem krilo-trup ter pokaže prednosti dobljene oblike, preverjene z izračuni CFD.

Vsi predvideni rezultati projekta so bili doseženi.

Panelna metoda

Razvita je bila panelna metoda PolyVort, ki je pod istim imenom javno dostopna na odprtokodnem portalu GoogleCode. Metoda omogoča vnos poljubnih geometrijskih teles, definiranih s poligonsko mrežo v obliki Stanford Polygon Format (.PLY), avtomatično preveri zaprtost definirane oblike ter omogoča izračun z upoštevanjem simetrijskih ravnin. Dovoljeni so neravninski poligoni s poljubnim številom vozlišč. Primeri so definirani preko vhodne datoteke v XML (eXtensible Markup Language) formatu. Program omogoča tudi izračun vzgonskih oblik, kjer je potrebno definirati tudi vrtinčno brazdo (wake) vzgonske površine, prav tako v formatu .PLY.

Med razvojem metode so bile preverjene različne možnosti diskretizacije vrtinčnosti po površini kot tudi različne kolokacijske metode. Preizkusili smo metodo z vrtinčno mrežo, kjer je vrtinčnost koncentrirana na robovih mrežnih elementov, metode s konstantno vrtinčnostjo po posameznih poligonih ter metode z linearno porazdeljeno vrtinčnostjo. Uporabili smo dva kolokacijska pogoja; pri prvem smo zahtevali, da je normalna hitrost na sredini poligonov enaka 0, pri drugem pa zahtevali, da je potencial hitrostnega polja (katerega gradient je hitrost), znotraj teles konstanten.

Čeprav metode s konstantno in linearno porazdeljeno vrtinčnostjo teoretično dajejo hitrejšo konvergenco, pa smo v praksi ugotovili, da so z njimi povezane numerične težave. V toku idealne tekočine je namreč potrebno zagotoviti brezizvirnost vrtinčnega polja, kar je v primeru panelov s konstantno vrtinčnostjo nemogoče zagotoviti, pri panelih z linearno porazdeljeno vrtinčnostjo pa je to mogoče le ob spretno zastavljeni definiciji vrtinčnega polja, ki je povezano preko točk in robov sosednjih poligonov. Še večja težava pa je bila numerična robustnost bolj natančnih metod, saj so se v rešitvah na neidealnih mrežah pojavljali hitro oscilirajoči prispevki, ki so onemogočali robustno delo v postopkih optimizacije.

Tako smo se v končni implementaciji metode odločili za metodo vrtinčne mreže, za najboljšo kolokacijsko metodo pa se je izkazala zahteva po konstantnem potencialu znotraj telesa, saj so pripadajoče enačbe za kolokacijo za en red potence manj singularne pri majhnih razdaljah. Takšna metoda se je izkazala kot izredno robustna in fleksibilna glede geometrij, kjer so lahko poligoni izrazito neplanarni in imajo poljubno število vozlišč.

Znotraj panelne metode smo razvili tudi metodo za izračun gradientov količin na površini dvodimenzionalne mreže v tridimenzionalnem prostoru. Preizkusili smo različne pristope, kot najbolj robustnega na kvaliteto mreže se je izkazal pristop z metodo minimalnih kvadratov.

Optimizacijski algoritem

Za izdelavo optimizacijskega algoritma sta bili potrebni dve komponenti; funkcional oblike, ki ga je potrebno optimirati, ter metoda za numerično iskanje ekstremov funkcionala.

Izbira funkcionala se od začetne hipoteze ni spremenila, saj se je ta izkazala za učinkovito. Predlagani funkcional je tako integral absolutne vrednosti gradienta tlaka po površini. Tak funkcional preizkušeno vodi do oblik, ki imajo enakomerno porazdelitev hitrosti po čim večjem delu površine, kar zagotavlja visoko stopnjo laminarnega obtekanja, ter zgladi variacije hitrosti, če se kje lokalno pojavljajo. Delo na funkcionalu smo glede na začetno hipotezo dopolnili še s tem, da smo za komponento gradient tlaka vzdolž vektorja hitrosti ter za pravokotno komponento predpisali različni uteži, a se je izkazalo, da uravnotežen pristop daje najboljše rezultate v kasnejši CFD analizi, saj je za stabilnost mejne plasti pomembno zadušiti tako vzdolžne gradientne tlaka, ki so povezani z nastankom Tolmien-Schlichtingovih valov, ter prečne gradientne, ki povzročajo t.i. prečno nestabilnost mejne plasti. Dodatna modifikacija funkcionala, ki se je izkazala kot učinkovita, je bila vključitev premika izhodišča za prispevek gradienta v smeri toka tekočine, in sicer tako, da so favorizirane rešitve, kjer hitrost ves čas narašča vzdolž toka. Za takšne tokove je znano, da spodbujajo stabilnost laminarne mejne plasti, zato so oblike, ki izhajajo iz tako modificiranega funkcionala, še bolj učinkovite.

Izkazalo se je, da je bilo optimizacijskemu funkcionalu dodati še omejitev, ki zagotavlja, da se tok ob telesu v območjih, kjer hitrost zastaja in kjer je tok že turbulenten, ne odcepi. Uporabili smo Stratfordov kriterij, ki predpisuje način pojemanja hitrosti glede na dogajanje v toku pred tem. Tak kriterij se je izkazal za učinkovitega pri zagotavljanju prilepljenja mejne plasti.

Površine smo parametrizirali z Bezierovimi zaplatami, ki so direktni produkti Bezierovih polinomov. Nato smo iskali minimume funkcionala glede na kontrolne točke Bezierovih zaplat.

Za iskanje minimumov smo preizkusili različne metode. Preizkusili smo gradientni spust z omejitvami ter uporabo genetskih algoritmov, predvsem metode diferencialne evolucije. Izkazalo se je, da ima čisto običajni gradientni spust prednost pred evolucijskimi algoritmi, saj

običajno ni bilo veliko minimumov sistema in je bil lokalni minimum skoraj vedno tudi že optimalna rešitev, evolucijski algoritmi pa se veliko bolj izkažejo v problemih globalne optimizacije.

K učinkoviti rešitvi problema pa smo največ napredka dosegli pri povezavi metode vrtnične mreže z Matlabovim optimizacijskim orodjem `fmincon`. V tem orodju je zbrana vrsta različnih optimizacijskih metod, ki lahko upoštevajo omejitve, za naše potrebe je najbolje delovala metoda sekvenčnega kvadratnega programiranja (SQP), ki problem z ocenitvijo Hesseve matrike poizkusi v vsakem koraku prevesti na kvadratični problem.

Optimalne oblike

S tako zastavljeno metodo smo nato optimirali obliko stika krilo trup, zelo sorodno geometriji jadralnega letala, ki ima znano težavo z odcepom toka zaradi interference med obema komponentama. Optimizacijo smo zastavili kot minimizacijo integrala gradienta tlaka po površini ter zagotavljanju Stratfordovega kriterija pri dveh različnih vpadnih kotih, celoten funkcional pa je bil utežena kombinacija funkcionalov pri obeh kotih. Površino v okolici krila smo parametrizirali tako, da smo jo lahko pomikali ven ali noter v smeri vzdolž krila glede na originalno površino. Dobljena optimalna površina v kasnejši CFD analizi s programom OpenFOAM in turbulentnim modelom Spalart-Allmaras daje tako nižji interferenčni upor pri majhnem vpadnem kotu kot tudi preprečuje odcep pri velikem vpadnem kotu v nasprotju z originalno obliko.

Dodaten problem, ki smo ga zastavili, pa je bilo oblikovanje aerodinamičnega kolesa za doseganje hitrostnih rekordov. Poleg omejitev za odcep toka smo v problem vnesli še geometrijske omejitve v obliki zahteve, da mora deformacija površine v izbranih točkah biti večja od neke predpisane vrednosti, s čimer smo zagotovili dovolj prostora za vznika in notranje komponente. Glede na začetni predlog ima izboljšana površina v kasnejši CFD analizi s programom OpenFOAM in turbulentnim modelom $k\text{-}\kappa\text{-}\omega$ veliko večje območje laminarnega toka in s tem zmanjšan upor.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Raziskovalna hipoteza predlaganega projekta je bila, da je mogoče s poenostavljenim modelom obtekanja idealne tekočine mogoče hitro in učinkovito optimirati kompleksne tridimenzionalne oblike, ne da bi se morali zateči k časovno zahtevnim izračunom polnih Reynoldsovo povprečenih Navier-Stokesovih enačb. Domneva izhaja iz dejstva, da je pri učinkovitih aerodinamičnih površinah mejna plast tako tanka, da so tlačne porazdelitve določene z dogajanjem izven mejne plasti, je pa tok v mejni plasti pogojen s tlačno porazdelitvijo. Če želimo zagotavljati, da je tok laminaren in da se ne odcepi, lahko torej izračunamo ustrezno tlačno porazdelitev poenostavljenega primera idealnega obtekanja tekočine, ki zagotavlja primerno obnašanje mejne plasti.

V projektu smo razvili ustrezna orodja in pokazali, da predlagani funkcional daje oblike tlačne porazdelitve, kot si jih želimo za doseganje laminarnega obtekanja, kar smo preizkusili z metodami CFD. Z zagotavljanjem enakomerne porazdelitve tlaka po površini stabiliziramo laminarno mejno plast, z omejitvijo teh porazdelitev preko uporabe Stratfordovega kriterija pa zagotovimo, da se mejna plast ne odcepi. Ob zmožnosti metode, da upošteva tudi geometrijske omejitve, smo dobili učinkovito metodo za hitro avtomatično oblikovanje kompleksnih površin, ki se je izkazala na primerih, sorodnim tistim, ki jih srečamo v problemih industrijskega aerodinamičnega oblikovanja.

Pričakovanja projekta glede uporabe alternativnih pristopov k avtomatični optimizaciji, kot so na primer genetski algoritmi, se žal niso izkazala za utemeljena, saj je problem optimizacijsko precej dobro pogojen in se tako klasične metode, ki iščejo lokalne minimume, dobro obnesejo. Po drugi strani pa smo metodo pripeljali do večje industrijske uporabnosti z uporabo programskega okolja Matlab, ki vsebuje preizkušena orodja za optimizacijo in tako zagotavlja robustnost metode.

Začetna hipoteza projekta je bila tako v celoti izpolnjena, rezultati pa so celo preseгли začetna pričakovanja, saj lahko z metodo upoštevamo tudi geometrijske omejitve, ki se v praksi skoraj vedno pojavljajo, obenem pa smo z upoštevanjem Stratfordovega kriterija zagotovili ne le stabilnost laminarnega obtekanja proti prehodu v turbulenco, pač pa tudi stabilnost toka v območju, kjer je ta že turbulenten, proti odcepiu od površine.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Na projektu ni prišlo do sprememb glede na prijavljen program.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	2174971	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Pipistrel Taurus G4
		ANG	Pipistrel Taurus G4
	Opis	SLO	Letalo Pipistrel Taurus G4 je zmagalo na tekmovanju NASA Green Flight Challenge 2011, ki ga je sponzoriral Google. Je hkrati največje, najtežje in najhitrejšo letalo na električni pogon, trenutno edini električni štirised na svetu. Prispevek predstavi pot letala od ideje, preko načrtovanja do izvedbe, testiranj in udeležbe na tekmovanju. Objavljena so dejstva iz ozadja, tehnični diagrami in ideologija v ozadju koncepta letala. Avtorji prav tako razkrijejo tekmovalno taktiko in znanje, pridobljeno v postopkih testiranja. Projekt načrtovanja in izdelave letala Taurus G4 je trajal pičlih 5 mesecev, zato so bili pri izvedbi potrebni inovativni pristopi kot npr. hitra izdelava prototipa in sočasni razvoj na več področjih hkrati. Teoretično ozadje je multidisciplinarno in obsega vse od aeronavtičnih, strojniških, elektrotehničnih znanj, pa do statistike pri analizi in obdelavi podatkov s testiranj. Zmožljivosti letala Taurus G4 se z natančnostjo nekaj procentov (1 do 3 %) ujema s predvidevanji simulacij. Dokazali smo, da lahko z uporabo simulacij v zelo kratkem času razvijemo izdelek, ki se obnaša v skladu s predvidevanji, čeprav po svoji vsebini ni konvencionalen. Letalo Taurus G4 je po konstrukciji dvotrupec in spada vk porazdelitvi mase vzdolž krila, pri tem pa se lahko doseže izdatno manjša konstrukcijska masa letala, s tem pa tudi manjša raba energije za določeni namen. Konstrukcijski vidik je mogoče uporabiti pri letalih različnih izvedb, kjer je sposobnost nošenja tovora velikega pomena. Poudarimo pomen in uporabnost hitre izdelave prototipov, inovativne konstrukcijske rešitve, edinstvene aerodinamične rešitve in CFD optimizacijo, znanja o električnem pogonskem sistemu, znanja za prihodnost načrtovanja letal z majhno specifično energijsko rabo. Izsledki so uporabni tako za inženirje kot tudi raziskovalce.
		ANG	The Pipistrel Taurus G4 plane won NASA Green Flight Challenge 2011, sponsored by Google. Is currently the largest, heaviest and the fastest electropowered aircraft, and the only electropowered fourseater in the world. The article presents the plane path from idea, through planning to implementation, testing and participation in the contest. Published are the facts from background, technical diagrams and the ideology behind the concept of the plane. The authors also disclosed competitive tactics and knowledge gained in testing procedures. Project design and manufacture of aircraft Taurus G4 lasted a mere 5 months, and it has been necessary to implement innovative approaches such as. rapid prototyping and concurrent development in several areas simultaneously. The theoretical background is multidisciplinary and include all of the aeronautical, mechanical engineering, electrical engineering skills, but the statistics in the analysis and processing data from tests. The capacity of aircraft Taurus G4 correspond to the predictions of simulations within accuracy of few percent (1 to 3%). We demonstrated that we can develop a product in a very short time, based on the simulations, which behaves predictable, although it is not conventional. The Taurus G4 plane has doublebody design and belongs to the category of so-called multibody aircraft. The advantages of the structure is shown in excellent mass distribution along the wing,

		while it can achieve substantial lower structural weight of aircraft, thereby also use less energy for a particular purpose. The structural aspect can be used in aircraft of different implementations, where the ability to carry loads is of great importance. We emphasize the importance and usefulness of rapid prototyping, innovative construction solutions, unique aerodynamic solutions and CFD optimization, knowledge of the electric propulsion system, and knowledge for the future design of aircraft with low specific energy use. The findings are useful for engineers and researchers.
	Objavljeno v	Zveza strojnih inženirjev in tehnikov Slovenije [et al.] = Association of Mechanical Engineers and Technicians of Slovenia [et al.]; Strojniški vestnik; 2011; Letn. 57, št. 12; str. 869-878; Impact Factor: 0.398; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.056; WoS: IU; Avtorji / Authors: Tomažič Tine, Plevnik Vid, Veble Gregor, Tomažič Jure, Popit Franc, Kolar Sašo, Kikelj Rado, Langelaan Jacob W., Miles Kirk
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO Green Flight Challenge: zasnova letala in načrtovanje leta za ekstremno učinkovitost
		ANG The Green Flight Challenge: Aircraft Design and Flight Planning for Extreme Fuel Efficiency
	Opis	SLO Tekmovanje Green Flight Challenge se je odvijalo v Septembru 2011 kot tekmovanje za spodbujanje ekstremne učinkovitosti letenja za letala splošnega letalstva. Za doseganje ciljev je letalo moralo obleteti 200 milj dolgo progo s povprečno hitrostjo 100 milj na uro in s porabo goriva, boljše kot 200 potnik milj na galono. Članek opisuje zasnovo letalal Taurus G4, prvega štirisedežnega električnega letala na svetu, ter tehnike načrtovanja leta, uporabljene za zmago na tekmovanju. Letalo je prikazalo let na 196 milj dolgi progi pri povprečni hitrosti 107 milj na uro in porabi energije, ekvivalentni 403.5 potnik milj na galono avtomobilskega goriva. S tej dokazalo, da je pogon letal na baterije praktičen za uporabo v splošnem letalstvu.
		ANG The Green Flight Challenge occurred in September 2011 as a competition to spur extreme flight efficiency for general aviation aircraft. In order to compete an aircraft had to demonstrate flight over a 200 mile course at an average ground speed of 100 miles per hour with a fuel efficiency greater than 200 passenger miles per equivalent-gallon. This paper describes the design of Taurus G4, the world's first four seat electric-powered aircraft, and the flight planning techniques used in winning the competition. The aircraft demonstrated flight over a 196 mile course at an average speed of 107 miles per hour and an average equivalent fuel efficiency of 403.5 passenger miles per equivalent-gallon of automotive gasoline. In this demonstration it showed that battery powered flight is practical for general aviation missions.
	Objavljeno v	sprejeto v objavo v/accepted for publication (10-Dec-2012) in AIAA Journal of Aircraft; Avtorji /Authors Jack W. Langelaan, Anjan Chakrabarty, Aijun Deng, Kirk Miles, Vid Plevnik, Jure Tomažič, Tine Tomažič, Gregor Veble,
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO Optimizacije oblike neplanarnih dviznih površin in planarno-neplanarna prelomna točka
		ANG Shape Optimization of Nonplanar Lifting Surfaces and Planar-Nonplanar Break Points

	Opis	SLO	Prestavila sva metodo za optimizacijo neplanarnih krilnih oblik glede na kombinacijo profilnega in inducirane upor. Optimizacija poteka pod omejitvijo skupnega vzgona ter ene od naslednjih omejitev: predpisan razpon, predpisana ločna dolžina ali predpisan upogibni moment v korenu krila. Pokazala sva, da je ravno krilo optimalno, dokler profilni upor prispeva k večjemu delu upora. Kadar je predpisan razpon ali upogibni moment, pa se kot optimalna izkaže neplanarno krilo, kadar je dominantna komponenta upora inducirani upor. Med obema primeroma obstaja prelomna točka, kjer sta profilni in inducirani upor primerljiva.	
		ANG	We present a method for optimization of a nonplanar airplane wing shape with respect to the total of induced and profile wing drag. Optimization is performed subject to the lift constraint, and one of the following: fixed span, fixed arc-length or fixed wing root bending moment. We demonstrate that a planar wing is the optimal solution in all cases where the profile drag contributes most to the total drag. In the cases of fixed span and fixed root bending moment calculation, the emergence of nonplanar wings occurs as the optimal solution when the induced drag becomes the more significant component. This is marked by a break point where the induced and profile drag are comparable.	
	Objavljeno v		sprejeto v objavo v/accepted for publication (17-Oct-2012) in AIAA Journal of Aircraft; Avtorji /Authors Matej Andrejašič, Gregor Veble	
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID		2254948	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Omejeni nematični polimeri	
		ANG	Confined nematic polymers	
	Opis	SLO	V članku je predstavljena metoda za izračun urejanja nematskih polimerov v omejenih geometrijah. Prispevek projektne skupine je bilo sodelovanje na uspešni prilagoditvi programskega paketa za izračun dinamike fluidov na preračun nematskega parametra reda.	
		ANG	In the article a method was presented that allows for the calculation of nematic polymers in confined geometries. The contribution of the project group was the collaboration on a successful implementation of a computational fluid dynamics package in order to apply it to the calculation of nematic order parameter.	
	Objavljeno v		Published by the American Physical Society through the American Institute of Physics; Physical review; 2010; Vol. 82; str. 011708-1-011708-14; Impact Factor: 2.352; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.29; A': 1; WoS: UF, UR; Avtorji / Authors: Svenšek Daniel, Veble Gregor, Podgornik Rudolf	
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁷

	Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	COBISS ID			Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Zmaga na tekmovanju NASA Green Flight Challenge 2011	
		ANG	Winning the NASA Green Flight Challenge 2011	
	Opis	SLO	Ekipa podjetja Pipistrel je v oktobru 2011 zmagala na tekmovanju NASA Green Flight Challenge sponsored by Google 2011. Zmago je osvojila s prvim štirisedežnim električnim letalom na svetu, ki je bilo na tekmovanju tako najhitrejša kot tudi najbolj energetsko učinkovito. Gregor Veble je razvil aerodinamiko letala, Vid Plevnik pa strukturni koncept.	

		ANG	The team of Pipistrel company won the NASA Green Flight Challenge sponsored by Google 2011 competition. It won by creating the world's first four seater electric aircraft that was both the fastest as well as the energetically most efficient in the competition. Gregor Veble developed the aerodynamics of the aircraft, Vid Plevnik developed the structural concept of the aircraft.
	Šifra		E.02 Mednarodne nagrade
	Objavljeno v		http://www.nasa.gov/offices/oct/early_stage_innovation/centennial_challen
	Tipologija		3.25 Druga izvedena dela
2.	COBISS ID		Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Vabljen ključno predavanje na Creativity 2011 z naslovom "Zasnova letal: oblika je funkcija", Pontedera, Italy, 17 November 2011
		ANG	Invited keynote lecture at Creativity 2011 titled "Aircraft design: form equals function", Pontedera, Italy, 17 November 2011
	Opis	SLO	Gregor Veble je imel vabljen ključno predavanje na oblikovalski delavnici Creativity v organizaciji ISIA Firenze. Vsebina predavanja je bila prepletenost med obliko, estetiko in aerodinamično učinkovitost.
		ANG	Gregor Veble was a keynote speaker at the design workshop Creativity organized by ISIA Firenze. The lecture was about the interconnection between form, aesthetics and aerodynamic efficiency.
	Šifra		B.04 Vabljen predavanje
	Objavljeno v		http://www.progettocreativity.com/
	Tipologija		3.16 Vabljen predavanje na konferenci brez natisa
3.	COBISS ID		Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Programski paket PolyVort
		ANG	Software package PolyVort
	Opis	SLO	Odpertokodni programski paket PolyVort je namenjen analizi toka idealne tekočine okrog vzgonskih teles poljubne oblike. Uporabljena je metoda vrtnične mreže s prostimi vrtničnimi elementi.
		ANG	The open source software package PolyVort solves the flow of an ideal fluid around lifting bodies of arbitrary shape. It utilizes the vortex lattice method with free vortex elements.
	Šifra		F.06 Razvoj novega izdelka
	Objavljeno v		http://code.google.com/p/polyvort
	Tipologija		2.21 Programska oprema
4.	COBISS ID		Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Štirisedežno letalo Panthera
		ANG	Four-seat Panthera aircraft
	Opis	SLO	Panthera je visoko učinkovito in zmogljivo štirisedežno letalo, narejeno po standardih EASA CS-23. Na voljo je s klasičnim, električnim ali hibridnim pogonom. Gregor Veble je bil vodja zasnove in aerodinamičnega oblikovanja, Vid Plevnik je izdelal strukturni koncept letala, David Eržen je načrtoval kontrolni sistem letala.
		ANG	Panthera is a high efficiency and high performance four seat electric aeroplane, built to EASA CS-23 standards. It is available with an internal combustion, electric or hybrid propulsion. Gregor Veble lead the design team and aerodynamic design, Vid Plevnik was responsible for the structural concept of the aircraft, David Eržen designed the aircraft control system.

	Šifra	F.06 Razvoj novega izdelka	
	Objavljeno v	http://www.panthera-aircraft.com , prvič predstavljeno/first presentation at AERO Friedrichshafen 2012, 18 April 2012.	
	Tipologija	3.25 Druga izvedena dela	
5.	COBISS ID		Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Vabljen predavanje na TUM (Tehnična Univerza v Muenchnu) z naslovom "Sizing, Design and Evaluation of the Taurus G4 Electric Aircraft"
		ANG	Invited lecture at TUM (Technical University of Munich) titled "Sizing, Design and Evaluation of the Taurus G4 Electric Aircraft"
	Opis	SLO	Gregor Veble je imel vabljen predavanje v okviru Forumu Muenchen Aerospace, kjer je predaval o zasnovi in performansah zmagovalnega letala Taurus G4
		ANG	Gregor Veble held an invited lecture at Forum Munich Aerospace, where he presented the design and performance of the winning Taurus G4 aircraft.
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje	
	Objavljeno v	http://www.ils.mw.tum.de/fileadmin/w00bdw/www/Aktuelles_2012/SP_07.0	
	Tipologija	3.16 Vabljen predavanje na konferenci brez natisa	

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

Z metodami za avtomatično optimizacijo aerodinamičnih površin je Gregor Veble sodeloval pri oblikovanju vozila na človeški pogon Eivie III. To je v rahlo spremenjeni obliki EivieStretto (Francesco Russo voznik, Damjan Zabovnik glavni konstrukter) nato doseglo hitrostni rekord v enourni vožnji s povprečno hitrosjo 91.556km/h, ki ga še vedno drži.

Gregor Veble je imel poljudno predavanje na dogodku TEDx Maribor 2010 z naslovom Aerodinamično oblikovanje, ki ga je mogoče videti na naslovu:
http://videlectures.net/tedx2010_veble_aeroobl/

Gregor Veble je imel predavanje na dogodku Out of the box conference 2012 v organizaciji Univerze v Mariboru, kjer so se zbrali eksperti z različnih področij človeškega delovanja, da bi izrazili svoje poglede na reševanje problemov človeštva. Med predavatelji sta bila tudi dva Nobelova nagrajenca.

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Izvedeni projekt predstavlja metodo za nov in hiter način oblikovanja kompleksnih tridimenzionalnih površin, ki zagotavljajo laminarno obtekanje ter preprečujejo odcep toka v področjih, kjer je tok že turbulenten. Metoda je sposobna upoštevati tudi geometrijske omejitve. Nadgrajuje postopek, ki se je že izkazal pri dvodimenzionalnem oblikovanju krilnih profilov in principe nadgradi v tri dimenzije. Rezultati so preizkušeni z orodji za računske dinamiko fluidov, ki potrjujejo učinkovitost metode pri problemih zasnove oblik z nizkim uporom, kot se pojavljajo v praksi aerodinamičnega oblikovanja.

Takšna metoda je ustrezna za uporabo v praktičnih aplikacijah, predvsem v fazah preliminarne aerodinamičnega oblikovanja, ko je potrebno hitro preizkusiti in optimirati veliko število konceptov, saj metoda počiva na poenostavljenem modelu tekočine in je zato veliko hitrejša kot metode, ki računajo polne Reynoldsove povprečene Navier-Stokesove enačbe. Prav tako pa je uporabna za oblikovanje aerodinamičnih detajlov na stikih kompleksnih površin. Metoda tako odpira nov pristop k aerodinamičnemu oblikovanju, ki je namenjen hitrim

iteracijam oblik in s poenostavljenim modelom zagotavlja, da je dejansko obtekanje v praksi aerodinamično učinkovito.

Dodatni rezultat projekta je javno dostopni odprtokodni paket za izračun obtekanja idealne tekočine okrog vzgonskih teles PolyVort. Ta tudi drugim raziskovalcem in inženirjem omogoča raziskave in razvoj na področju aerodinamike.

ANG

The executed project delivers a novel method for rapid design of complex three dimensional surfaces which promote laminar flow and prevent flow separation in areas of turbulent flow. The method is capable of handling geometric constraints. It successfully builds on a method that was previously used for design of two dimensional airfoils and extends those principles to three dimensions. The results are tested using computational fluid dynamic tools, which confirm the utility of the method for problems of design of low drag shapes that occur in aerodynamic design practice.

The method is suitable for use in practical applications, especially in preliminary aerodynamic design phase where it is necessary to quickly evaluate a number of different concepts. The method relies on a simplified method of fluid flow and is therefore much faster than methods that calculate full Reynolds averaged Navier-Stokes equations. At the same time, the method is suitable for design of aerodynamic details at junctions of complex surfaces. The method therefore presents a novel approach towards aerodynamic design, which is suited for rapid form iteration and, despite using a simplified model, promotes aerodynamically efficient flow in practice.

An additional result of the project is a publically available open source package for the calculation of flows around lifting bodies named PolyVort. It allows other researchers and engineers to use it for aerodynamic research and development.

10.2.Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Uspeh izvedenega projekta je dvojen. V prvi vrsti je zagotovil razvoj novega pristopa k aerodinamičnemu oblikovanju, ki bo povečal konkurenčno prednost slovenskih podjetij, ki za razvoj svojih izdelkov potrebujejo aerodinamične oziroma hidrodinamične oblike. Rezultati projekta so že bili predstavljeni drugim zainteresiranim potencialnim partnerjem in že potekajo evaluacije metode na razvojnih projektih podjetij, ki niso bila vključena v ta projekt. Za sofinancerja projekta pa je metoda še dodaten prispevek k zagotavljanju nadaljnje konkurenčne prednosti na področju zasnove učinkovitih letalnih naprav, ki jo sicer že uživa v svetovnem merilu. Metoda je že bila uporabljena pri zasnovi različnih detajlov aerodinamičnih površin.

Po drugi strani je pomen raziskovalnega projekta predvsem ta, da aerodinamično oblikovanje utrdi kot znanstveno in raziskovalno disciplino, ki je v Sloveniji sicer slabo zastopana. Rezultati projekta predstavljajo tako novo bazično znanje na tem področju kot tudi inženirska orodja in tako odpirajo perspektive in možnosti za nadaljnji razvoj discipline v Sloveniji.

ANG

The success of the executed project is twofold. Primarily, it secured the development of a new approach towards aerodynamic design, which will improve the competitiveness of Slovene companies that rely on efficient aerodynamic or hydrodynamic design for the development of their products. The results of the project were already presented to other interested parties, and evaluations of the method are already taking place also in development projects of companies not involved in this project. For the co-financer of the project, the method is an additional contribution towards guaranteeing further competitive advantages in the field of design of efficient flying vehicles, which it already possesses on a world-wide scale. The method was already used for design of various aerodynamic surface details.

On the other hand, the importance of this project is also to establish aerodynamic design as a scientific and research discipline that is otherwise poorly represented in Slovenia. Results of the project represent both basic knowledge in this field as well as engineering tools, and therefore open perspectives and possibilities for future development of the discipline in Slovenia.

11. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti

F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	

	Uporaba rezultatov	
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	

	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

Komentar

12.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	☐	☒	☐	☐	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☐	☐	☒	☐	
G.01.03.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	☐	☐	☐	☒	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	☐	☐	☒	☐	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	☐	☒	☐	☐	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	☒	☐	☐	☐	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	☐	☐	☒	☐	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	☐	☐	☐	☒	
G.02.07.	Večji delež izvoza	☐	☒	☐	☐	
G.02.08.	Povečanje dobička	☐	☐	☒	☐	
G.02.09.	Nova delovna mesta	☐	☒	☐	☐	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	☐	☐	☐	☒	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	☐	☒	☐	☐	
G.02.12.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	☐	☐	☒	☐	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	☐	☒	☐	☐	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	☐	☐	☐	☒	
G.03.04.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	☐	☒	☐	☐	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	☒	☐	☐	☐	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije	☒	☐	☐	☐	

	in javne uprave					
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti					
G.04.05.	Razvoj civilne družbe					
G.04.06.	Drugo:					
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura					
G.07.02.	Prometna infrastruktura					
G.07.03.	Energetska infrastruktura					
G.07.04.	Drugo:					
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

--

13. Pomen raziskovanja za sofinancerje¹²

	Sofinancer		
1.	Naziv	Pipistrel d.o.o. Ajdovščina	
	Naslov	Goriška cesta 50a, 5270 Ajdovščina, Slovenija	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	66.655,62	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	25	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	V projektu je bila izdelana nova metoda za optimizacije aerodinamičnih površin. Ta daje podjetju konkurenčno prednost pri oblikovanju učinkoviti aerodinamičnih naprav.	F.02
	2.	Z metodami, razvitimi v projektu, je bilo razvito tekmovalno letalo Taurus G4, ki je zmagalo na tekmovanju NASA 2011 Green Flight Challenge sponsored by Google, z nagrado 1.35M\$ ter močno zvišanim ugledom na trgu letalstva, ki ga je prinesla nagrada.	E.02
	3.	Metode projekta so bile uporabljene pri oblikovanju štirisedežnega letala Panthera, ki podjetju odpira nov trg in predstavlja ključni steber za razvoj podjetja v prihodnosti.	F.06
	4.	Rezultat projekta je odprtokodni programski paket PolyVort, ki omogoča hitro aerodinamično analizo novih konfiguracij letal	F.06

	5.	V objavo v reviji AIAA Journal of Aircraft je bil sprejet članek Shape Optimization of Nonplanar Lifting Surfaces and Planar-Nonplanar Break Points avtorjev Matej Andrejašič in Gregor Veble, kar podjetje utrjuje kot raziskovalno organizacijo na področju letalstva.	A.01
	Komentar	Projektna skupina se ni odlikovala samo z raziskovalnim delom, pač pa je aktivno svetovala tudi pri razvojnih dosežkih podjetja v tem obdobju.	
	Ocena	Izvedeni projekt je v celoti izpolnil pričakovanja s strani podjetja Pipistrel, saj so rezultati skladni z zastavljenim projektom in so podjetju že doslej prinesli nagrade in prihodke ter prispevale k razvoju novih produktov, v prihodnosti pa bodo razvita orodja in metode ključnega pomena pri razvoju novih konfiguracij aerodinamičnih naprav.	

14. Izjemni dosežek v letu 2012¹³

14.1. Izjemni znanstveni dosežek

Metoda za avtomatično optimizacijo aerodinamičnih površin

V projektu Avtomatična optimizacija aerodinamičnih površin smo razvili metodo za optimizacijo aerodinamičnih oblik, ki počiva na poenostavljenem modelu obtekanja idealne tekočine ter minimizaciji novo razvitega funkcionala porazdelitve tlaka po površini telesa. Ta funkcional zagotavlja čim večje laminarno obtekanje v mejni plasti in skupaj z geometrijskimi omejitvami ter omejitvami porazdelitve tlaka za preprečevanje odcepa toka v območjih ustavljanja toka daje praktično metodo za oblikovanje kompleksnih konfiguracij.

Opravljen je bil primerjava med originalno ter optimirano obliko za primer školjke vozila na človeški pogon. Porazdelitev tlaka optimirane oblike je veliko bolj enakomerna, prikaz turbulentnosti v mejni plasti pa pokaže veliko večja območja laminarnega obtekanja optimalne oblike v primerjavi z originalno. Upor optimalne oblike je zaradi tega znatno nižji.

14.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Dosežek 2: Letalo Pipistrel Panthera

Pipistrel Panthera je visoko učinkovito in zmogljivo štirisedežno letalo, narejeno po standardih EASA CS-23. Na voljo je s klasičnim, električnim ali hibridnim pogonom. Pri njegovem razvoju so sodelovali člani projektne ekipe. Gregor Veble je bil vodja zasnove in aerodinamičnega oblikovanja, Vid Plevnik je izdelal strukturni koncept letala, David Eržen je načrtoval kontrolni sistem letala. Pri aerodinamičnem oblikovanju so bila uporabljena orodja računske dinamike fluidov ter metode za avtomatično optimizacijo kril in krilnih profilov.

Letalo je bilo premierno predstavljeno 18. april 2012 na sejmu AERO Friedrichshafen 2012. Tam je prejelo tudi nagrado revije Fliegermagazin za najboljši štirisedežni koncept.

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

PIPISTREL Podjetje za alternativno
letalstvo d.o.o.

Gregor Veble

ŽIG

Kraj in datum:

Ajdovščina	27.3.2013
------------	-----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/137

¹ Opredelite raziskovalno področje po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevajalna tabela med raziskovalnimi področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani agencije (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

² Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

³ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

⁵ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁷ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁸ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁹ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹¹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹² Rubrike izpolnite / prepišite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

¹³ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2012 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priložitev/-i k temu poročilu. Vzorec

diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

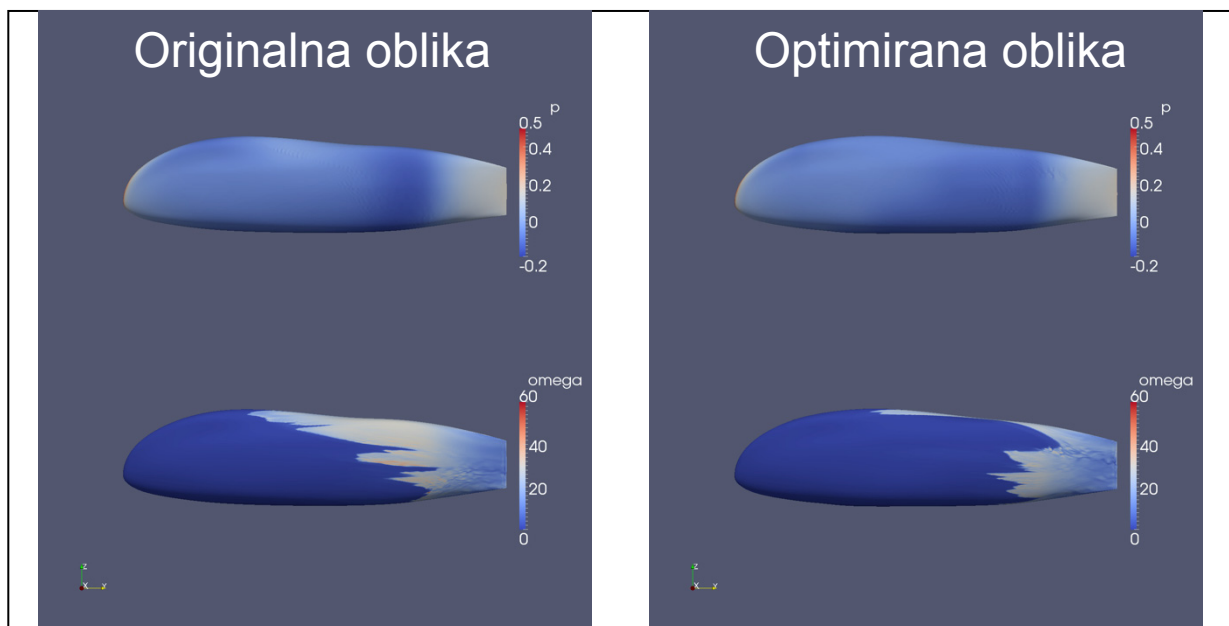
Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2013 v1.00

14-89-EC-68-FC-87-7D-64-07-B6-7C-48-A3-2B-A3-42-10-C9-97-94

2 TEHNIKA

Področje: 2.05.05 Mehanika fluidov

Dosežek 1: Metoda za avtomatično optimizacijo aerodinamičnih površin, Vir: Arhiv podjetja Pipistrel d.o.o. Ajdovščina



V projektu Avtomatična optimizacija aerodinamičnih površin smo razvili metodo za optimizacijo aerodinamičnih oblik, ki počiva na poenostavljenem modelu obtekanja idealne tekočine ter minimizaciji novo razvitega funkcionala porazdelitve tlaka po površini telesa. Ta funkcional zagotavlja čim večje laminarno obtekanje v mejni plasti in skupaj z geometrijskimi omejitvami ter omejitvami porazdelitve tlaka za preprečevanje odcepa toka v območjih ustavljanja toka daje praktično metodo za oblikovanje kompleksnih konfiguracij.

Opravljen je bil primerjava med originalno ter optimirano obliko za primer školjke vozila na človeški pogon, analizirana s programom za računske dinamiko fluidov OpenFOAM. Porazdelitev tlaka optimirane oblike je veliko bolj enakomerna, prikaz turbulentnosti v mejni plasti pa pokaže veliko večja območja laminarnega obtekanja optimalne oblike v primerjavi z originalno. Upor optimalne oblike je zaradi tega znatno nižji.

2 TEHNIKA

Področje: 2.05.05 Mehanika fluidov

Dosežek 2: Letalo Pipistrel Panthera, Vir: Arhiv podjetja Pipistrel d.o.o. Ajdovščina



Pipistrel Panthera je visoko učinkovito in zmogljivo štirisedežno letalo, narejeno po standardih EASA CS-23. Na voljo je s klasičnim, električnim ali hibridnim pogonom. Pri njegovem razvoju so sodelovali člani projektne ekipe. Gregor Veble je bil vodja zasnove in aerodinamičnega oblikovanja, Vid Plevnik je izdelal strukturni koncept letala, David Eržen je načrtoval kontrolni sistem letala. Pri aerodinamičnem oblikovanju so bila uporabljena orodja računske dinamike fluidov ter metode za avtomatično optimizacijo kril in krilnih profilov.

Letalo je bilo premierno predstavljeno 18. april 2012 na sejmu AERO Friedrichshafen 2012. Tam je prejelo tudi nagrado revije Fliegermagazin za najboljši štirisedežni koncept.