

COMETa 2022

6th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

17th - 19th November 2022
Jahorina, B&H, Republic of Srpska



University of East Sarajevo

Faculty of Mechanical Engineering

Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications

TOPLOTNI GUBICI ALUMINIJUMSKE RAVNE APSORBERSKE PLOČE U FUNKCIJI VEKTORSKIH KARAKTERISTIKA VETRA – NUMERIČKA ANALIZA

Aleksandar Nešović¹, Mladen Josijević², Nebojša Lukić³,
Novak Nikolić⁴, Dušan Gordić⁵

Rezime: Ako se vodi dodeli uloga primara, a vazduhu uloga sekundara, tada se apsorberska ploča može tretirati i kao rekuperativni razmenjivač topote tipa vodavazduh, sa istosmernim (prvi slučaj), suprotnosmernim (drugi slučaj) ili unakrsnim (treći slučaj) strujanjem radnih fluida. U ovom radu koristi se softver Ansys Fluent da bi se odredili topotni gubici aluminijumske ravne apsorberske ploče sa integrisanim protočnim kanalom kružnog poprečnog preseka sa njene donje strane, koji nastaju kao posledica uticaja vetra, uzimajući u obzir njegove vektorske karakteristike (pravac, smer i intenzitet). Prvi rezultati simulacija potvrđuju početnu pretpostavku da topotni gubici apsorberske ploče (pomenutog dizajna) rastu zajedno sa brzinom vetra, bez obzira na pravac i smer strujanja radnih fluida. Uočava se da su topotni gubici apsorberske ploče najveći u slučaju unakrsnog (intenzitet vetra do 1 m/s), odnosno suprotnosmernog strujanja (intenzitet vetra > 1 m/s). Gledajući iz ugla korisnika topotne energije, najveće benefite donosi istosmerno strujanje, i to pri brzinama vetra do 2 m/s. Nakon ove granične vrednosti, poželjno je da napadni ugao vetra bude normalan na položaj apsorberske ploče, odnosno protočnog kanala koji je sa njom integriran.

Ključne riječi: Aluminijumska ravna apsorberska ploča, Numerička simulacija, Pravac i brzina vetra, Termička analiza, Topotni gubitak.

HEAT LOSSES OF THE ALUMINUM FLAT ABSORBER PLATE AS A FUNCTION OF THE VECTOR WIND CHARACTERISTICS – NUMERICAL ANALYSIS

Abstract: Abstract: If water is the primary working fluid, and air the secondary working fluid, then the absorber plate can be treated as a recuperative heat exchanger (type: water-air), with concurrent (first case), countercurrent (second case) or cross (third

¹ Mast. inž. maš., Aleksandar Nešović, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Srbija, aca.nesovic@kg.ac.rs (CA).

² Dr, Mladen Josijević, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Srbija, mladenjosijevic@gmail.com.

³ Dr, Nebojša Lukić, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Srbija, lukic@kg.ac.rs.

⁴ Dr, Novak Nikolić, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Srbija, novak.nikolic@kg.ac.rs.

⁵ Dr, Dušan Gordić, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Srbija, gordic@kg.ac.rs.

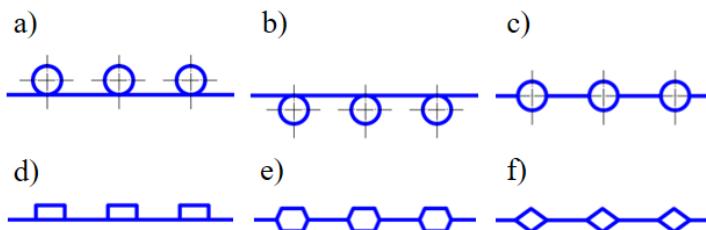
case) flow direction. In this work, Ansys Fluent software is used to determine the heat losses of the aluminum flat absorber plate with an integrated circular cross-section flow channel on its underside, which occur as a result of the wind, taking into account its vector characteristics (direction, head, and intensity). The first results of the simulations confirm the initial assumption that the heat losses of the absorber plate (mentioned design) grow together with the wind speed, regardless of the direction of the flow of the working fluid. It is observed that the heat losses of the absorber plate are the highest in the case of the cross (wind speed up to 1 m/s) or reverse (wind speed >1 m/s) flow. Looking from the point of view of heat energy users, the same direction of the current of the working fluids brings the greatest benefits, and that is at wind speeds of up to 2 m/s. After this limit value, the angle of attack of the wind should be normal to the position of the absorber plate, i.e. the flow channel that is integrated with it.

Keywords: Aluminum flat absorber plate, Heat loss, Numerical simulation, Thermal analysis, Wind direction, and speed.

1 UVOD

Apsorber predstavlja osnovnu jedinicu građe i funkcije svih solarnih prijemnika, zbog čega treba da ispunjava niz sledećih zahteva: visok koeficijent toplotne provodljivosti, visok koeficijent prolaza toplote, visok koeficijent apsorpcije kratkotalasnog i nizak koeficijent emisije dugotalasnog zračenja, dug radni vek, otpornost na koroziju, otpornost na visoke radne temperature, nizak koeficijent hidrauličkog otpora, nisku cenu proizvodnje, malu masu, malu debljinu, itd.

U praksi, najčešće primenu nalazi ravan apsorber sa protočnim kanalima raznih oblika (Sl. 1), što i potvrđuju numerička istraživanja sprovedena u [1, 2].



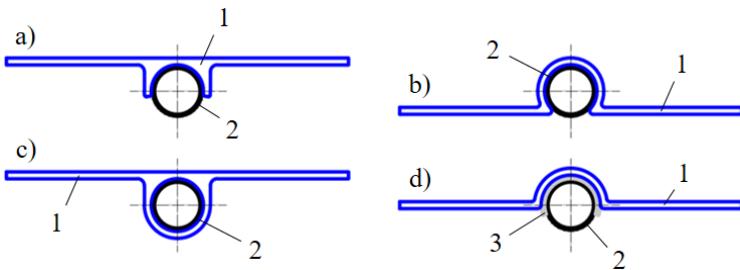
Slika 1. Najčešće korišćeni tipovi ravnog apsorbera [3-6].

- a) Kružni protočni kanali sa gornje strane, b) Kružni protočni kanali sa donje strane,
- c) Kružni protočni kanali u ravni, d) Pravougaoni protočni kanali sa gornje strane,
- e) Šestougaoni protočni kanali u ravni, f) Romboidni protočni kanali u ravni.

Ravan apsorber nastaje spajanjem većeg broja (elementarnih) ravnih apsorberskih ploča (Sl. 2), izrađenih raznim tehnološkim postupcima, najčešće od bakra i aluminijuma [5-9].

Da bi se došlo do optimalne konstrukcije apsorbera, još u fazi projektovanja, u obzir treba uzeti veliki broj uticajnih parametara, podeljenih u tri osnovne grupe: grupa dizajnerskih parametara (geometrijske karakteristike, dimenzije, materijali izrade, itd.), grupa operativnih parametara (tip, maseni protok, brzina i temperatura radnog fluida na ulazu) i grupa meteoroloških parametara (intenzitet ukupno dolznog solarnog zračenja, pravac i brzina veta, ambijentalna temperatura, itd.).

U literaturi [10-17] postoje eksperimentalni, teorijski i numerički radovi u kojima se ispituje uticaj vremenskih prilika, tj. uticaj veta, na performanse solarnih prijemnika.



Slika 2. Najčešće korišćene tehnologije spajanja ravne apsorberske ploče i protočnog kanala [5-9].

1) Ravna apsorberska ploča, 2) Protočni kanal, 3) Lem.

a) Pričvršćivanje, b) Mehaničko pričvršćivanje, c) Hladno izvlačenje, d) Lemljenje.

Za razliku od pomenutih istraživanja, u ovom radu se aluminijumska ravna apsorberska ploča posmatra izolovano (ne u sklopu konstrukcije solarnog prijemnika), i to kao rekuperativni razmenjivač topoteke tipa voda-vazduh, koji pritom nema jasno definisan tok strujanja radnih fluida, jer je on u funkciji od napadnog ugla veta.

Da bi se složeni mehanizmi prostiranja topoteke, tj. topotni gubici, u kojima učestvuje apsorberska ploča, opisali u ovakvim situacijama, autori problem aproksimiraju, i to njenim izdvojenim posmatranjem, u slučaju istosmernog (prvi slučaj), suprotosmernog (drugi slučaj) i unakrsnog (treći slučaj) proticanja radnih fluida. Istraživanje je sprovedeno u softveru *Ansys Fluent*, jer se savremeni solarni dizajn danas ne može zamisliti bez korišćenja simulacionih (numeričkih) alata.

2 ALUMINIJUMSKA RAVNA APSORBERSKA PLOČA

2.1 CATIA model

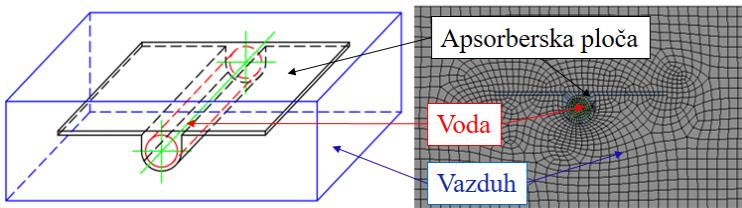
Ravna aluminijumska apsorberska ploča (dimenzija 800x100 mm i debljine 2 mm), poseduje protočni kanal kružnog poprečnog preseka (unutrašnjeg prečnika Ø15 mm) sa njene donje strane. Ravna ploča i protočni kanal međusobno su integrisani u postupku hladnog izvlačenja (Sl. 3).



Slika 3. Izometrijski prikaz aluminijumske ravne apsorberske ploče.

2.2 ANSYS model

Termičkoj analizi prethodi formiranje i definisanje sledećih domena (Sl. 4): dva fluidna (za vazduh i za vodu) i jedan solidni (za aluminijumsku ravnu apsorbersku ploču) domen.



Slika 4. Fluidni i solidni domeni.

Globalni parametri mreže (metoda – opcija *automatska*) koriste se za stvaranje mreže diskretizacionih elemenata, tzv. kontrolnih zapremina (Sl. 4) sledećih dimenzija (veličina): relevantni centar – opcija *fino*, izglađivanje – opcija *visoko* i centar ugla raspona – opcija *fino*.

2.3 Principi konzervativnosti

Mehanizmi prostiranja topote (zračenje je zanemareno), za slučaj turbulentnog režima strujanja (standardni model – opcija *k-ε*) radnih fluida (u ovom slučaju vode i vazduha), moraju biti u skladu sa Zakonima održanja, tj. Principima konzervativnosti. Termičke karakteristike korišćenih materijala (Sl. 4) prikazane su u Tab. 1.

Tabela 1. Termičke karakteristike korišćenih materijala.

Materijal	ρ [kg/m ³]	c_p [J/(kg·K)]	λ [W/(m·K)]	μ [Pa·s]
Vazduh	1,225	1006,43	0,0242	0,0000179
Aluminijum	2719	871	202,4	-
Voda	998,2	4182	0,6	0,001003

Zakon održanja mase (prvi Princip konzervativnosti) može se opisati preko Jed. (1). Drugi Princip konzervativnosti, odnosno Zakon održanja momenta definiše se Navie-Stoksovim jednačinama, tj. Jed. (2)-(4), dok se treći Princip konzervativnosti odnosi se na Zakon održanja energije Jed. (5) [18]:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = - \frac{\partial P}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) + X \quad (2)$$

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) = - \frac{\partial P}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) + Y \quad (3)$$

$$\rho \left(\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) = - \frac{\partial P}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) + Z \quad (4)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (5)$$

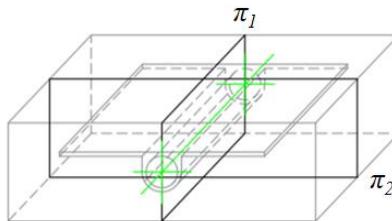
Sada se toplotni gubici, koji nastaju kao posledica hlađenja vode u aluminijumskoj ravnoj apsorberskoj ploči, mogu odrediti analitički, primenom Prvog

zakona Termodinamike za otvorene termodinamičke sisteme Jed. (6) [19]:

$$\dot{Q}_W = \dot{m}_W \cdot c_p \cdot |\Delta T_W| = \dot{m}_W \cdot c_p \cdot (|T_{W-out} - T_{W-in}|) \quad (6)$$

3 SCENARIO SIMULACIJA

U termičkoj analizi topotnih gubitaka (početni granični uslovi ispitivanja dati u Tab. 2) apsorberske ploče koriste se dve ravnini (Sl. 5): uzdužna π_1 i poprečna π_2 .

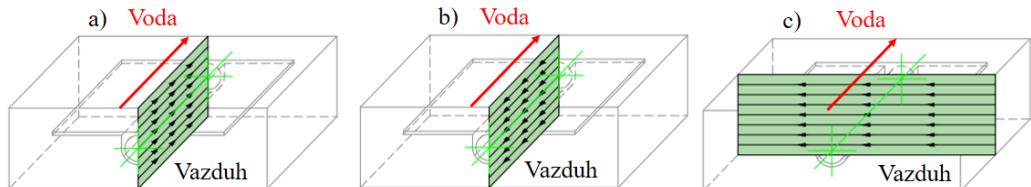


Sl. 5. Uzdužna i poprečna ravan.

Tabela 2. Početni granični uslovi numeričkog simuliranja.

Scenario	c_{W-in} [m/s]	c_{A-in} [m/s]	T_{W-in} [K]	T_{A-in} [K]
Prvi slučaj	0,0068			
Drugi slučaj		0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3		
Treći slučaj	Preporuka [5]: 0,015 kg/(s·m ²)		313	298

U uzdužnoj ravni razmatraju se topotni gubici koji nastaju u aluminijumskoj ravnoj apsorberskoj ploči pri rekuperativnom istosmernom (prvi slučaj, Sl. 6a) i suprotnosmernom (drugi slučaj, Sl. 6b) strujanju vode i vazduha. U poprečnoj ravni razmatra se rekuperativno unakrsno (treći slučaj, Sl. 6c) strujanje radnih fluida.



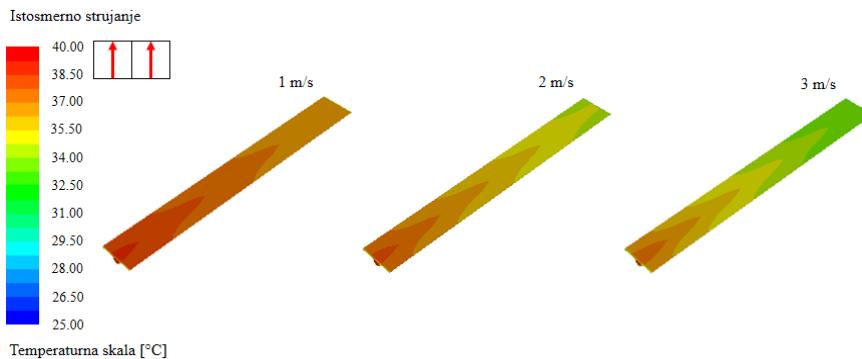
Sl. 6. Šeme strujanja radnih fluida.
a) Istosmerno strujanje, b) Suprotnosmerno strujanje, c) Unakrsno strujanje.

4 REZULTATI I DISKUSIJA

Na Sl. 7 prikazano je površinsko temperaturno polje aluminijumske ravne apsorberske ploče (slučaj istosmernog strujanja) u zavisnosti od brzine strujanja vazduha: $c_{A-in}=1$ m/s, $c_{A-in}=2$ m/s i $c_{A-in}=3$ m/s.

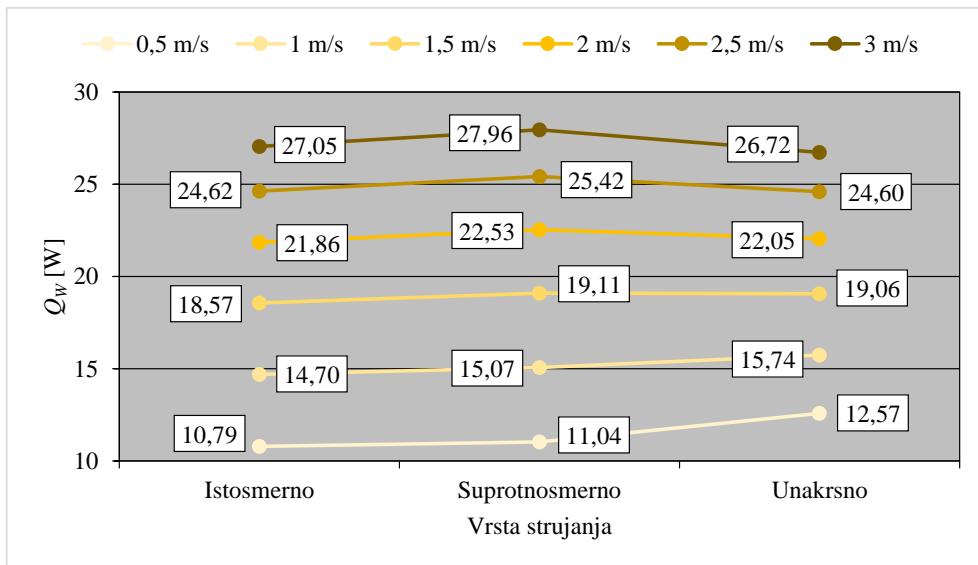
Sa priložene slike (Sl. 7) može se uočiti da, uzdužno gledano, temperaturni gradijent površine apsorberske ploče raste sa porastom brzine strujanja vazduha. Zbog toga je temperatura površine apsorberske ploče najneravnomernija za $c_{A-in}=3$ m/s.

(najveća usvojena brzina strujanja vazduha). Bez izuzetka, isti zaključci se mogu izvesti i za preostale slučajeve (suprotnosmernog i unakrsnog) strujanja.



Slika 7. Temperatura slobodne površine aluminijumske ravne apsorberske ploče (prvi slučaj – istosmerno strujanje).

Na narednom dijagramu (Sl. 8) prikazano je poređenje toplotnih gubitaka rekuperativnog razmenjivača topline sa istosmernim, suprotnosmernim i unakrsnim strujanjem vode i vazduha, za različite brzine strujanja.



Slika 8. Toplotni gubici aluminijumske ravne apsorberske ploče.

Prvo što se može uočiti sa dijagrama (Sl. 8) je povećanje toplotnih gubitaka sa povećanjem brzine vazduha. Tako se pri istosmernom strujanju, toplotni gubici mogu povećati sa $10,79 \text{ W}$ ($c_{A-in}=0,5 \text{ m/s}$) na $27,05 \text{ W}$ ($c_{A-in}=3 \text{ m/s}$). U slučaju suprotnosmernog strujanja, toplotni gubici mogu biti veći do $2,53x$ ($11,04 \text{ W}$ kada je $c_{A-in}=0,5 \text{ m/s}$ i $27,96 \text{ W}$ kada je $c_{A-in}=3 \text{ m/s}$), dok je kod unakrsnog strujanja to povećanje $2,13x$ (u odnosu na $12,57 \text{ W}$ za $c_{A-in}=0,5 \text{ m/s}$).

Kada je brzina vazduha $0,5 \text{ m/s}$, toplotni gubici su najmanji u slučaju istosmernog strujanja ($10,79 \text{ W}$). Pri istoj brzini vazduha, za $2,29\%$ su veći u slučaju suprotnosmernog strujanja ($11,04 \text{ W}$). Kod unakrsnog strujanja, toplotni gubici su

najveći i iznose 12,27 W. To je za 13,92% i 16,53% više od suprotnosmernog i istosmernog, respektivno. Pri brzinama vazduha $c_{A-in}=1$ m/s, toplotni gubici su i dalje najveći kod unakrsnog strujanja (15,74 W), ali su oni sada za 4,45% veći u odnosu na suprotnosmerno, odnosno za 7,08% veći u odnosu na istosmerno strujanje. Drugim rečima, razlike među njima su umanjene.

Iako se u literaturi mogu pronaći (eksperimentalni) podaci da su mehanizmi prostiranja topote najizraženiji kod suprotnosmernog, a najmanje kod istosmernog strujanja, numeričke analize su pokazale da u slučaju apsorberske ploče to važi kada je brzina vazduha 1,5-2,5 m/s (simulacioni korak).

Prvi „diskontinuitet“ uočava se pri brzinama vazduha do $c_{A-in}=1,5$ m/s. U ovom opsegu, toplotni gubici pri unakrsnom strujanju veći su od toplotnih gubitaka pri suprotnosmernom strujanju (13,92% za $c_{A-in}=0,5$ m/s i 4,45% za $c_{A-in}=1$ m/s). Drugi „diskontinuitet“ dešava se kada je ulazna brzina vazduha 2,5 m/s. Pri ovim, i većim brzinama (u ovom slučaju $c_{A-in}=3$ m/s), dijagram na Sl. 8 pokazuje da su toplotni gubici pri istosmernom strujanju veći od onih koji nastaju pri unakrsnom strujanju (0,09% za $c_{A-in}=2,5$ m/s i 1,22% za $c_{A-in}=3$ m/s). Topotni gubici pri suprotnosmernom strujanju i dalje su najveći: 25,42 W ($c_{A-in}=2,5$ m/s) i 27,96 W ($c_{A-in}=3$ m/s).

Navedene pojave, tj. diskontinuiteti, mogu se objasniti specifičnim oblikom ravne apsorberske ploče, zbog čega se pri unakrsnom obstrujuvanju vazduha, u prostoru između protočnog kanala i leve strane apsorberske ploče (smer strujanja, Sl. 6c), javlja tzv. zona recirkulacije (zona pada pritiska sa vazdušne strane). Ova zona pri manjim brzinama vazduha više učestvuje (i pospešuje) u razmeni topote putem konvekcije. Kako brzina strujanja raste, količina (masa) „zarobljenog“ vazduha sve je veća, zona recirkulacije se povećava, a njen učešće u konvektivnoj razmeni topote opada.

5 ZAKLJUČAK

Upotreba softverskih alata u početnim fazama istraživanja danas je postala nezaobilana, jer se na taj način štede vreme i novac. Takođe se dolazi do prvih rezultata koji usmeravaju njegov dalji tok – prelazak na naredne faze koje mogu uključivati i dodatna (dopunska) eksperimentalna istraživanja, ili obustavljanje istih.

U ovom radu, predmet istraživanja bili su toplotni gubici aluminijumske ravne apsorberske ploče (veoma bitan deo u konstrukciji svakog solarnog prijemnika) koji nastaju kao posledica uticaja vetra. Korišćenjem softvera *Ansys Fluent* dobijeni su zanimljivi rezultati koji pokazuju da se apsorberska ploča različito ponaša u zavisnosti od vektorskih karakteristika vetra, što bi bilo zanimljivo eksperimentalno ispitati.

Naime, pri brzinama vetra do 1 m/s, toplotni gubici su najveći u slučaju unakrsnog strujanja. Pri većim brzinama, simulacije su pokazale da se isti efekat postiže pri suprotnosmernom strujanju. Sa druge strane, najmanji toplotni gubici dešavaju se pri istosmernom strujanju (brzina vetra do 2 m/s), odnosno pri unakrsnom strujanju (brzine >2 m/s).

ZAHVALNOST

Ovo je rezultat rada u okviru dva projekta: projekat TR 33015 Tehnološkog razvoja Republike Srbije, projekat III 42006 Integralna i interdisciplinarna istraživanja Republike Srbije. Prvi projekat je pod nazivom „Istraživanje i razvoj Srpske kuće nulte neto postrošnje energije“. Drugi projekat je pod nazivom „Istraživanje i razvoj energijski i ekološki visoko efikasnih sistema poligeneracije zasnovanoj na obnovljivim

energijskim izvorima“. Želim da se zahvalim Ministarsvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije na njihovoj finansijskoj podršci tokom ovog istraživanja.

LITERATURA:

- [1] Fernando, T. L., Xavier, A. A., Sarzosa, Q. W. (2020) CFD Analysis of a solar flat plate collector with different cross sections, *Enfoque UTE*, 11, pp. 95-108.
- [2] Ekramian, E., Etemad, S. G., Haghshenasfard, M. (2014) Numerical analysis of heat transfer performance of flat plate solar collectors, *Journal of Fluid Flow, Heat and Mass Transfer (JFFHMT)*, 1, pp. 38-42.
- [3] Martinopoulos, G., Tsilingiridis, G., Kyriakis, N. (2013) Identification of the environmental impact from the use of different materials in domestic solar hot water systems, *Applied Energy*, 102, pp. 545-555.
- [4] Vanek, F. M., Albright, L. D. (2008) *Energy systems engineering: Evaluation & Implementation*, New York.
- [5] Lukić N., Babić, M. (2008) *Solar energy – Monograph*, Faculty of Engineering, Kragujevac.
- [6] Pavlović, T. M., Čabrić, B. D. (2007) *Physics and technique of solar energy*, Construction book, Belgrade.
- [7] Ekechukwu, O. V., Norton, B. (1999) Review of solar-energy drying system III: Low temperature air-heating solar collectors for crop drying applications, *Energy Conversion and Management*, 40, pp. 657-667.
- [8] Weast, R. C. (1985) *Handbooks of Chemistry and Physics*, The Chemical Rubber, Cleveland.
- [9] Harris, N., Miller, C., Thomas, I. (1985) *Solar energy systems design*, John Wiley, New York, 1985.
- [10] Radu, A., Axinte, E. (1989) Wind forces on structures supporting solar collectors, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 32, pp. 93-100.
- [11] Kind, R. J., Gladstone, D. H., Moizer, A. D. (1983) Convective heat losses from flat-plate solar collectors in turbulent winds, 1, pp. 80-85.
- [12] Sharples, S., Charlesworth, P. S. (1998) Full-scale measurements of wind-induced convective heat transfer from a roof-mounted flat plate solar collector, *Solar Energy*, 62, pp. 69-77.
- [13] Fleck, B. A., R. M. Meier, Matović, M. D. (2002) A field study of the wind effects on the performance of an unglazed transpired solar collector, *Solar Energy*, 73, pp. 209-216.
- [14] Kutscher, C., Christensen, C., Gawlik, K. (2003) A field study of the wind effects on the performance of an unglazed transpired solar collector-Reply, *Solar Energy*, 74, pp. 353-354.
- [15] Chung, K., Chang, K., Liu, Y. (2008) Reduction of wind uplift of a solar collector model, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 96, pp. 1294-1306.
- [16] Kumar, S., Mullick, S. C. (2010) Wind heat transfer coefficient in solar collectors in outdoor conditions, *Solar Energy*, 84, pp. 956-963.
- [17] Stathopoulos, T., Ioannis Z., Xypnou, E. (2012) *Wind loads on solar collectors: a review*, Structures Congress.
- [18] Munson, B. R., Okiishi, T. H., Huebsch, W. W., Rothmayer, A. P. (2013) *Fluid mechanics*, Wiley, Singapore.
- [19] Bojić, M. (2011) *Thermodynamics*, Faculty of Engineering, Kragujevac.



UNIVERSITY OF EAST SARAJEVO
FACULTY OF MECHANICAL
ENGINEERING



6th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



COMETa 2022

*, „Conference on Mechanical Engineering
Technologies and Applications“*

PROCEEDINGS

17th-19th November
East Sarajevo, RS, B&H

COMET α 2022

6th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

17th - 19th December 2022
Jahorina, B&H, Republic of Srpska



University of East Sarajevo

Faculty of Mechanical Engineering

Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications

ZBORNIK RADOVA

PROCEEDINGS

Istočno Sarajevo, BiH, RS
17 - 19. novembar 2022.

East Sarajevo, B&H, RS
17th – 19th November, 2022

ZBORNIK RADOVA SA 6. MEĐUNARODNE
NAUČNE KONFERENCIJE
"Primijenjene tehnologije u mašinskom inženjerstvu"
COMETa2022, Istočno Sarajevo, 2022.

PROCEEDINGS OF THE 6th INTERNATIONAL
SCIENTIFIC CONFERENCE
"Conference on Mechanical Engineering
Technologies and Applications"
COMETa2022, East Sarajevo, 2022

<i>Organizator:</i>	Univerzitet u Istočnom Sarajevu Mašinski fakultet Istočno Sarajevo
<i>Organization:</i>	University of East Sarajevo Faculty of Mechanical Engineering East Sarajevo
<i>Izdavač:</i>	Univerzitet u Istočnom Sarajevu Mašinski fakultet Istočno Sarajevo
<i>Publisher:</i>	University of East Sarajevo Faculty of Mechanical Engineering East Sarajevo
<i>Za izdavača:</i> <i>For publisher:</i>	PhD Milija Krašnik, associate professor
<i>Urednici:</i> <i>Editors:</i>	PhD Dušan Golubović, full professor PhD Miroslav Milutinović, associate professor PhD Saša Prodanović, associate professor
<i>Tehnička obrada i dizajn:</i> <i>Technical treatment and desing:</i>	PhD Aleksije Đurić, senior assistant MSc Jovana Blagojević, senior assistant MSc Milica Bošković, senior assistant Krsto Batinić, assistant
<i>Izdanje:</i> <i>Printing:</i>	Prvo 1 st
<i>Register:</i> <i>Register:</i>	ISBN 978-99976-947-6-8 COBISS.RS-ID 137162497

REVIEWERS

PhD Dušan Golubović, FME UES (B&H)
PhD Dušan Gordić, FE Kragujevac (Serbia)
PhD Ljubiša Dubonjić, FMCE Kraljevo (Serbia)
PhD Mirko Blagojević, FE Kragujevac (Serbia)
PhD Miroslav Stanojević, FME Belgrade (Serbia)
PhD Adisa Vučina, FMEC Mostar (B&H)
PhD Aleksandar Jovović , FME Belgrade (Serbia)
PhD Aleksandar Košarac , FME UES (B&H)
PhD Aleksandar Živković, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Biljana Marković, FME UES (B&H)
PhD Bogdan Marić, FME UES (B&H)
PhD Branimir Krstić , University of Difence, Military Academy (Serbia)
PhD Damjan Klobčar , FME Ljubljana (Slovenia)
PhD Darko Bajić , FME Podgorica (MNE)
PhD Dejan Jeremić , FME UES (B&H)
PhD Dragan Milčić, FME Nis (Serbia)
PhD Dragan Pršić, FMCE Kraljevo (Serbia)
PhD Goran Orašanin, FME UES (B&H)
PhD Jasmina Pekez, TF "Mihajlo Pupin" Zrenjanin (Serbia)
PhD Jelena Jovanović, FME Podgorica (MNE)
PhD Lozica Ivanović, FE Kragujevac (Serbia)
PhD Milan Banić , FME Niš (Serbia)
PhD Milan Rackov, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Milan Tica, FME Banja Luka (B&H)
PhD Milan Zejković, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Milija Kraišnik , FME UES (B&H)
PhD Milomir Šoja, FEE UES (B&H)
PhD Miloš Milovančević, FME Nis (Serbia)
PhD Miodrag Žigić, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Mirko Dobrnjac , FME Banja Luka (B&H)
PhD Miroslav Milutinović, FME UES (B&H)
PhD Mladen Josijević, FE Kragujevac (Serbia)
PhD Mladen Tomicić, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Mladomir Milutinović, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Nebojša Radić, FME UES (B&H)
PhD Nenad Grahovac , FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Nikola Tanasić, FME Belgrade (Serbia)
PhD Nikola Vučetić, FME UES (B&H)
PhD Ranka Gojković , FME UES (B&H)
PhD Ranko Antunović , FME UES (B&H)
PhD Saša Prodanović, FME UES (B&H)
PhD Saša Živanović, FME Belgrade (Serbia)
PhD Silva Lozančić , Faculty of Civil Engineering Osijek (Croatia)
PhD Slaviša Moljević, FME UES (B&H)
PhD Slobodan Lubura, FEE UES (B&H)
PhD Slobodan Tabaković, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Snežana Nestić, FE Kragujevac (Serbia)
PhD Spasoje Trifković, FME UES (B&H)
PhD Srđan Vasković, FME UES (B&H)
PhD Stojan Simić, FME UES (B&H)
PhD Uroš Karadžić , FME Podgorica (MNE)

PhD Vladimir Milovanović, FE Kragujevac (Serbia)
PhD Vladimir Stojanović, FMCE Kraljevo (Serbia)
PhD Vlado Medaković, FME UES (B&H)
PhD Zdravko Pandur, FFWT UZ (Croatia)

INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE

PhD Dušan Golubović, FME UES (B&H) – president
PhD Adisa Vučina, FMEC Mostar (B&H)
PhD Aleksandar Aleksić, FE Kragujevac (Serbia)
PhD Aleksandar Jovović, FME Belgrade (Serbia)
PhD Aleksandar Košarac, FME UES (B&H)
PhD Balasaheb M. Patre, SGGS IET (India)
PhD Biljana Marković, FME UES (B&H)
PhD Bogdan Marić, FME UES (B&H)
PhD Borut Kosec, NTF Ljubljana, (Slovenia)
PhD Božidar Rosić, FME Belgrade (Serbia)
PhD Branimir Krstić, Military academy, University of Defence in Belgrade (Serbia)
PhD Branko Vučijak, FME Sarajevo (B&H)
PhD Bratislav Blagojević, FME Niš (Serbia)
PhD Damjan Klobčar, FME Ljubljana (Slovenia)
PhD Danijela Tadić, FE Kragujevac (Serbia)
PhD Darko Knežević, FME Banja Luka (B&H)
PhD Dejan Jeremić, FME UES (B&H)
PhD Dragan Milčić, FME Niš (Serbia)
PhD Dragan Spasić, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD George Nenes, UOWM (Greece)
PhD Goran Janevski, FME Niš (Serbia)
PhD Goran Orašanin, FME UES (B&H)
PhD Goran Putnik, University of Minho, (Portugal)
PhD Goran Šimunović, MEFSB (Croatia)
PhD Indiran Thirunavukkarasu, Manipal Institute of Technology, Indija
PhD Isak Karabegović, FTS Bihać (B&H)
PhD Ivan Samardžić, MEFSB (Croatia)
PhD Izet Bjelonja, FME Sarajevo (B&H)
PhD Jozsef Nyers, The Obuda University Budapest (Hungary)
PhD Kyros Yakinthos, AUTH, (Greece)
PhD Lozica Ivanović, FE Kragujevac (Serbia)
PhD Ljubodrag Tanović, FME Belgrade (Serbia)
PhD Ljubomir Miladinović, FME Belgrade (Serbia)
PhD Mathias Liewald, IFU, (Germany)
PhD Milan Rackov, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Milan Rakita, Purdue Univerzitet, SAD
PhD Milan Tica, FME Banja Luka (B&H)
PhD Milan Zeljković, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Mile Savković, FMCE Kraljevo (Serbia)
PhD Milorad Milovančević, FME Belgrade (Serbia)
PhD Milosav Ognjanović, FME Belgrade (Serbia)
PhD Mirko Blagojević, FE Kragujevac (Serbia)
PhD Mirko Dobrnjac, FME Banja Luka (B&H)
PhD Mirko Ficko, UM FPME, (Slovenia)
PhD Miroslav Stanojević, FME Belgrade (Serbia)

PhD Miroslav Živković, FE Kragujevac (Serbia)
PhD Mladen Tomić, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Mladomir Milutinović, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Nebojša Lukić, FE Kragujevac (Serbia)
PhD Nebojša Radić, FME UES (B&H)
PhD Nenad Pavlović, FME Niš (Serbia)
PhD Nikola Vučetić, FME UES (B&H)
PhD Nina Anđelić, FME Belgrade (Serbia)
PhD Novak Nedić, FMCE Kraljevo (Serbia)
PhD Obrad Spaić, UES PFM, (B&H)
PhD Pavel Kovač, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Ranislav Bulatović, FME Podgorica (MNE)
PhD Radivoje Mitrović, FME Belgrade (Serbia)
PhD Radoslav Tomović, FME Podgorica (MNE)
PhD Radovan Radovanović, The Academy of criminalistic and police studies Belgrade (Serbia)
PhD Ranko Antunović, FME UES (B&H)
PhD Risto Ciconkov, FME Skopje (Macedonia)
PhD Saša Randelović, FME Niš (Serbia)
PhD Sergej Alexandrov, Institute for Problems in Mechanics (Russia)
PhD Siniša Kuzmanović, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Slaviša Moljević, FME UES (B&H)
PhD Slavko Arsovski, FE Kragujevac (Serbia)
PhD Snežana Nestić, FE Kragujevac (Serbia)
PhD Spasoje Trifković, FME UES (B&H)
PhD Srđan Vasković, FME UES (B&H)
PhD Sreten Perić, Military academy, University of Defence in Belgrade (Serbia)
PhD Stanislav Karapetrović, University of Alberta (Canada)
PhD Stevan Stankovski, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Stojan Simić, FME UES (B&H)
PhD Strain Posavljak, FME Banja Luka (B&H)
PhD Velimir Stefanović, FME Niš (Serbia)
PhD Vencislav Grabulov, Institut IMS, Srbija
PhD Vladimir Popović, FME Belgrade (Serbia)
PhD Vlado Medaković, FME UES (B&H)
PhD Vojislav Miltenović, FME Niš (Serbia)
PhD Zdravko Krivokapić, FME Podgorica (MNE)
PhD Zorana Tanasić, FME Banja Luka (B&H)

ORGANIZING COMMITTEE

PhD Milija Kraišnik, FME UES – president
PhD Miroslav Milutinović, FME UES
PhD Saša Prodanović, FME UES
PhD Nikola Vučetić, FME UES
PhD Davor Milić, FME UES
PhD Aleksije Đurić, FME UES
Krsto Batinić, FME UES - Technical Secretary
Milica Bošković, ma, FME UES - Technical Secretary
Stanišić Vera – Secretary

C O N T E N T

PLENARY LECTURES

1. Alkiviadis Tsamis MICROSTRUCTURE-BASED ENGINEERING OF SOFT	2
BIOLOGICAL MATERIALS	
2. Tomaž Vuherer DIFFERENT WAYS FOR HAZ MICROSTRUCTURE PREPARATION AND TESTING ON HIGH ALLOY STEEL	13
3. Sanjin Troha, Željko Vrcan, Milan Tica, Miroslav Milutinović POSSIBILITIES FOR THE APPLICATION OF REVERSIBLE PLANETARY TWO-SPEED GEARBOXES	25

MANUFACTURING TECHNOLOGIES AND ADVANCED MATERIALS

4. Panagiotis Chatzisavvas, Stefanos Gerardis, Alkiviadis Tsamis INVESTIGATING MECHANICAL RESPONSE AND COLLAGEN STRUCTURE IN THE INTESTINAL WALL	38
5. Saša Živanović, Goran Vasilić, Branko Kokotović, Nikola Vorkapić, Zoran Dimic, Nikola Slavković CONFIGURING AND VERIFICATION OF A RECONFIGURABLE MACHINE WITH HYBRID KINEMATICS MOMA V3	46
6. Slobodan Tabaković, Saša Živanović COLLABORATIVE ROBOTS IN MACHINING TASKS APPLICATION AND PROGRAMMING	56
7. Milan Zeljković, Slobodan Tabaković ABOUT ACCURACY OF MACHINE TOOL – ACCURACY OF POSITIONING	63
8. Ivica Kladarić, Stjepan Golubić, Goran Šimunović, Katica Šimunović, Slavica Kladarić, Tomislav Šarić THE INFLUENCE OF APPLYING PVD COATINGS ON ADHESION WEAR RESISTANCE OF STRUCTURALS STEEL 45S20	91
9. Tomasz Węgrzyn, Bożena Szczucka-Lasota, Wojciech Tarasiuk, Piotr Cybulko, Adam Jurek, Adam Döring, Aleksandar Kosarac MAG WELDING OF DUPLEX STEEL FOR THE CONSTRUCTION OF ANTENNA MOUNTS	99
10. Aleksandar Vencl, Blaža Stojanović, Slavica Miladinović, Damjan Klobčar PREDICTION OF THE WEAR CHARACTERISTICS OF ZA-27/SiC NANOCOMPOSITES USING THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK	107

RENEWABLE ENERGY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

79. **Stojan Simić, Goran Orašanin, Davor Milić, Srđan Vasković, Jovana Blagojević, Krsto Batinić**
BASIC ASPECTS OF ENERGY PRODUCTION BY BURNING WASTE AGRICULTURAL BIOMASS IN BURNES 663
80. **Aleksandar Nešović**
NUMERICAL ANALYSIS OF THE TOTAL INCIDENT SOLAR RADIATION ON THE FLAT-PLATE SOLAR COLLECTOR WITH SINGLE-AXIS TRACKING – CASE WITH INCLINED N-S AXIS AND E-W TRACKING 672
81. **Aleksandar Nešović, Mladen Josijević, Nebojša Lukić, Novak Nikolić, Dušan Gordić**
HEAT LOSSES OF THE ALUMINUM FLAT ABSORBER PLATE AS A FUNCTION OF THE VECTOR WIND CHARACTERISTICS – NUMERICAL ANALYSIS 681
82. **Velid Halilović, Jusuf Mušić, Muhamed Bajrić, Jelena Knežević, Maida Jaganjac, Dino Hadžidervišagić, Srđan Vasković, Gojko Krunić**
ANALYSIS OF TECHNOLOGIES AND TECHNOLOGICAL PROCESS OF FOREST HARVESTING – CASE STUDY ZE-DO CANTON 689
83. **Tatyana Sereda, Sergey Kostarev, Oksana Fotina**
RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES AND ANALYSIS OF THE USE OF SECONDARY RAW MATERIALS EXTRACTED FROM SOLID MUNICIPAL WASTE DURING THE 2020 PANDEMIC IN THE PERM KRAY (RUSSIA) 697
84. **Ana Radojević, Marko Janjušević, Danijela Nikolić, Jasmina Skerlić**
CITIES IN THE FIGHT AGAINST CLIMATE CHANGE USING RENEWABLE ENERGY SOURCES: CASE STUDY OF PRIBOJ MUNICIPALITY 704
85. **Eleonora Desnica, Jasmina Pekez, Dalibor Dobrilović, Ljiljana Radovanović, Dragica Radosav, Luka Đorđević, Milica Mazalica, Siniša Mihajlović**
RESEARCH IN THE FIELD OF RENEWABLE ENERGY THROUGH THE APPLICATION OF MODERN ICT TECHNOLOGIES 712
86. **Jelena Svorcan, Dragoljub Tanović, Aleksandar Kovačević**
COMPUTATIONAL AERODYNAMIC ANALYSIS OF A SMALL WIND TURBINE 719

MAINTENANCE AND TECHNICAL DIAGNOSTICS

87. **Bogdan Marić, Vlado Medaković**
OVERVIEW OF MAINTENANCE STRATEGIES 727
88. **Deda Đelović**
AN OVERVIEW ON PORT MACHINERY PREDICTIVE MAINTENANCE 735