

UNIVERZITET CRNE GORE
MAŠINSKI FAKULTET

ELABORAT
o opravdanosti osnivanja
Laboratorije za termotehniku i energetiku

Podgorica, novembar 2021. godine

SADRŽAJ

1. Naziv laboratorije za termotehniku i energetiku
2. Djelatnost laboratorije za termotehniku i energetiku
3. Rukovodstvo laboratorije za termotehniku i energetiku
 - a. Nadležnosti rukovodioca laboratorije za termotehniku i energetiku
 - b. Nadležnosti zamjenika rukovodioca laboratorije za termotehniku i energetiku
4. Kadrovi
5. Prostor
6. Oprema
7. Očekivani nastavni, naučno-istraživački i stručni rezultati
8. Finasijski aspekt (sredstva, način nabavke, povraćaj sredstava)

1. Naziv organizacione jedinice

Univerzitet Crne Gore

Mašinski fakultet - Podgorica

Centar za energetiku

Laboratorija za termotehniku i energetiku

Adresa: Cetinjski put 2, 81000 Podgorica, Crna Gora

2. Djelatnost

Članovi laboratorije za termotehniku i energetiku su svi članovi Centra za energetiku Mašinskog fakulteta. Oni su profesionalno orijentisani na izučavanje procesa i fenomena koju su u vezi sa toplotnom tehnikom (termotehnika), energetske postojenja svih vrsta (energetika) i energetske efikasnosti (EE) kao djelatnosti koja ima za cilj povećanje performansi uređaja i postojenja koji su potrošači energije. Zbog toga će se u okviru laboratorije vršiti mjerenja i ispitivanja koja su iz oblasti toplotnih procesa: kod svih vrsta postrojenja i uređaja, u zgradarstvu, kao najznačajnijoj oblasti energetske potrošnje, kao i u sektoru energetike, kao jednom od ključnih privrednih grana u Crnoj Gori. Očekujemo da u okviru laboratorije njen kadar sa svojim naučno-istraživačkim i stručnim kapacitetima da svoj ključni doprinos u segmentima gdje su znanja i vještine iz termotehnike i energetike neophodni studentima fakulteta i drugim zainteresovanim. Oprema sa kojom već raspolaže laboratorija i realizovani projekti daje nam za pravo da smatramo da se možemo dalje razvijati kao savremena naučno-istraživačka cjelina Centra za energetiku Mašinskog fakulteta i da u tom smislu može biti konkurentna ne samo na prostorima naše zemlje, već i šire.

Laboratorija će imati potencijal za pružanje podrške svim institucijama u Crnoj Gori kao i našem Centru za saobraćajno-mašinska vještačenja.

Pored predhodno navedenog Laboratorija za termotehniku i energetiku će svoju komercijalnu aktivnost usmjeriti na sljedeće oblasti:

1. Ispitivanje i kontrola rashladnih objekata za skladištenje hrane i lijekova u Crnoj Gori;
2. Ispitivanje i kontrola pokretnih hladnjača za distribuciju hrane i lijekova u Crnoj Gori;
3. Mjerenja toplotnih karakteristika objekata u Crnoj Gori za potrebe izrade energetske elaborata i drugih dokumenata predviđenih zakonom o efikasnom korišćenju energije;
4. Ispitivanje energetske instalacija za proizvodnju toplote kao finalne energije;
5. Ispitivanja hidrauličnih instalacija vodovoda i drugih hidroenergetskih objekata u Crnoj Gori i šire;
6. Analiza emisija uslijed zagađenja od energetske emitere u Crnoj Gori,
7. Analiza buke i zagađenja u saobraćajnim tunelima u Crnoj Gori,

8. Ventilacija saobraćajnih tunela i garaža i protivpožarna bezbjednost.

3. Rukovodstvo Laboratorije za termotehniku i energetiku

Predviđeno je da laboratorija za termotehniku i energetiku bude sastavni dio Centra za energetiku Mašinskog fakulteta na Univerzitetu Crne Gore. Položaj Masinskog fakulteta u okviru Univerziteta Crne Gore definisan je Zakonom i Statutom Univerziteta, dok je položaj Centra za energetiku u okviru Mašinskog fakulteta definisan Pravilnikom o naučno-istraživačkoj i stručnoj djelatnosti Mašinskog fakulteta.

Laboratorijom rukovodi rukovodilac u saradnji sa zamjenikom rukovodioca laboratorije. Rukovodilac i zamjenik rukovodioca se biraju isključivo iz reda članova Laboratorije za termotehniku i energetiku.

Svaki zaposleni, od rukovodioca do izvršioca, upoznat je sa svojim pravima, zaduženjima, obimom i ograničenjima svojih ovlašćenja i odgovornosti.

Pravnu odgovornost za funkcionisanje Laboratorije snosi Mašinski fakultet i Univerzitet Crne Gore kao jedinstveno pravno lice.

3.1. Nadležnosti rukovodioca laboratorije za termotehniku i energetiku

- U saradnji sa dekanom, prodekanom za naučno-istraživački rad i rukovodiocem Centra za energetiku sprovodi opštu politiku kvaliteta u laboratoriji u sklopu Centra za energetiku Mašinskog fakulteta,
- Definiše i predlaže metode mjerenja i analiza vodeći računa o standardima i smjernicama kvaliteta na nivou laboratorije ,
- Predlaže zamjenika rukovodioca laboratorije,
- Rukovodi i koordinira poslovima kontrolisanja u okviru laboratorije,
- Verifikuje isprave o kontrolisanju i/ili usaglasenosti iz domena svoje odgovornosti,
- Rukovodi obezbjeđivanjem sistema menadžmenta kvalitetom laboratorije,
- Rukovodi programom stručnog usavršavanja osoblja,
- Prati izvještaje o povratnim informacijama od strane korisnika,
- Upravlja postupkom za rješavanje žalbi i rješavanja neusaglasenosti,
- Predlaže cijenu usluga laboratorije.

3.2. Nadležnosti zamjenika rukovodioca Laboratorije za termotehniku i energetiku

- Sprovodi politiku kvaliteta iz domena svog rada,
- U saradnji sa rukovodiocem laboratorije rukovodi poslovima kontrolisanja iz domena svoje nadležnosti,

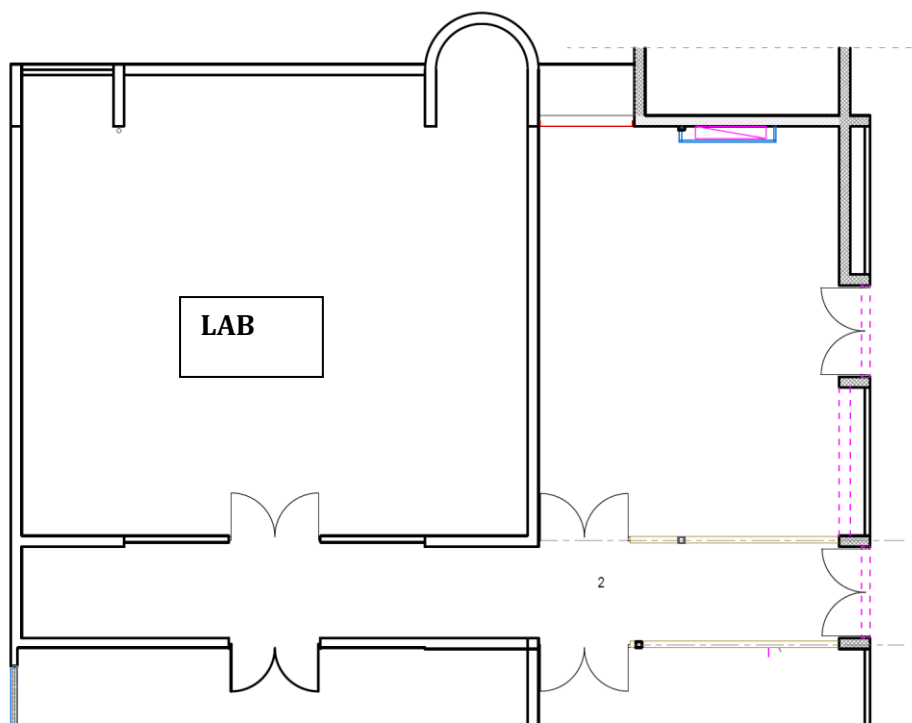
- Verifikuje isprave o kontrolisanju i/ili usaglasenosti iz domena svoje nadležnosti,
- Prati izvještaje o povratnim informacijama od strane korisnika iz domena svoje odgovornosti.

4. Kadrovi laboratorije za termotehniku i energetiku

Kadrovski potencijal laboratorije čine svi članovi Centra za energetiku Mašinskog fakulteta. Pored toga za pojedine vrste ad-hoc aktivnosti mogu biti angažovani i ostali zaposleni na Mašinskom fakultetu u skladu sa svojim kompetencijama.

5. Prostor

Lokacija radnog prostora Laboratorije za termotehniku i energetiku čine laboratorijski prostor i kabineti članova laboratorije u okviru zgrade Tehničkih fakulteta Univerziteta Crne Gore, na adresi Cetinjski put 2, 81000 Podgorica, i prikazani su na sljedećoj slici:



Slika 1. Prostori predviđeni za novu laboratoriju za termotehniku i energetiku na Mašinskom fakultetu

6. Postojeća oprema u laboratoriji Mašinskog fakulteta

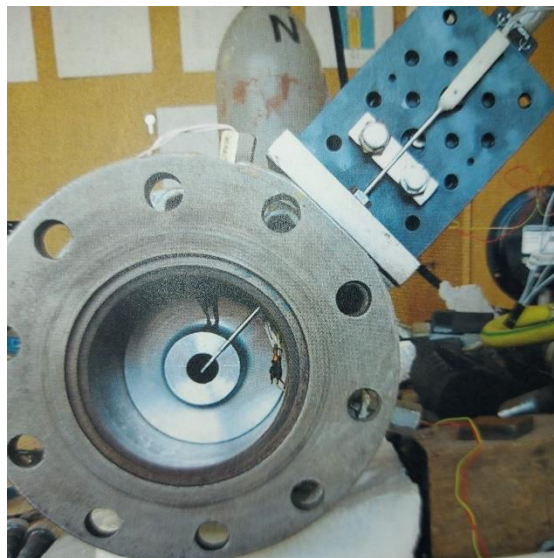
Centar za energetiku Mašinskog fakulteta ima sledeće eksperimentalne instalacije:

6.1 Aerodinamički tunel. Omogućuje indukovanje mlaza vazduha sa nivoom turbulencije manjim od 1% brzine do 60m/s. Služi za ispitivanje i kalibraciju instrumenata za mjerenje brzine strujanja vazduha. Na ovom tunelu su razvijene, ispitivane i kalibrisane najsloženije sonde sa zagrijanim vlaknom za mjerenje karakteristika turbulentnih strujnih polja i druge vrste sonde za brzinu vazduha.



Slika 1. Aero tunel za kalibraciju sonde za mjerenje brzine vazduha

6.2 Instalacija za kalibraciju sonde u superkritičnim uslovima strujanja fluida. Jedna od varijanti najnovije, IV generacije nuklearnih reaktora za proizvodnju toplotne energije je bazirana na transportu toplote superkritičnim fluidom. Navedena instalacije predstavlja jedinstveno rješenje koje omogućuje kalibraciju sonde sa zagrijanim vlaknom u superkritičnim uslovima (fluid pod pritiskom). Ispitivanje prve sonde za mjerenje brzine u superkritičnim uslovima je obavljeno na ovom tunelu korištenjem CO₂ u superkritičnim uslovima. Integritet instalacija je testiran na 160bar.



Slika 2. Instalacija za kalibraciju sonde u superkritičnim uslovima strujanja fluida.

6.3 Toplotne pumpe vazduh-voda. Instalacija služi za proučavanje ljevokretnih kružnih procesa (grijanje/hlađenje) kod kojih su izvor/ponor toplote voda odnosno vazduh. Instalacije se koriste za naučnoistraživački rad i za nastavu .



Slika 3. Toplotne pumpe vazduh voda u laboratoriji

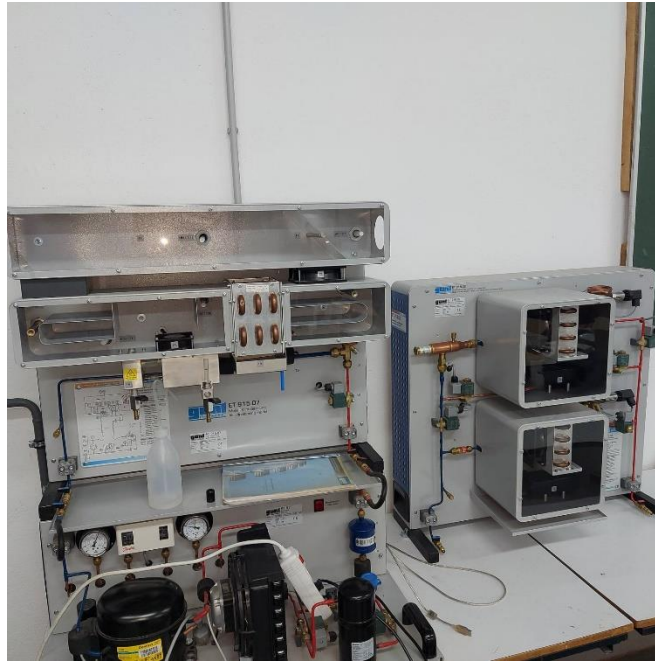
6.4 Ventilaciona klima komora. Služi za kondicioniranje svježeg vazduha za potrebe klimatizacije. Klima komora sadrži grijač/hladnjak koji je povezan sa toplotnom pumpom, rekuperator za iskorišćavanje otpadne toplote, kompletnu automatiku za praćenje i upravljanje njenim radom. Na ovoj instalaciji se istražuje efikasnost izmenjivača toplote vazduh-voda, strujanje u kanalima i mogućnosti iskorišćenja otpadne toplote putem rekuperacije. Pored istraživačke svrhe, instalacija se koristi i za nastavu.



Slika 4. Klima komora sa akumulatorom toplote za ispitivanje rada sistema za klimatizaciju

6.5 Didaktičke KGH instalacije „GUNT“ za ispitivanje rashladnih uređaja i razmjenjivača toplote

Didaktička rashladna instalacija proizvođača GUNT koja se sastoji od kompresorsko-kondenzatorske jedinice sa modelom hladnjače i sa modelom klima komore.



Slika 5. Didaktička instalacija „GUNT“ za mjerenje performansi tipskih razmjenjivača toplote. Omogućava montažu jednog od sledećih tipova razmjenjivača toplote: a) „cijev u cijev“; b) dobošasti; c) pločasti; d) kombinovani.



Slika 6. Izmenjivači toplote na „GUNT“ instalaciji.

6.6 Didaktička instalacija proizvođača Schreiner Didaktik, model „Compact model heating control system – 572040-M“



Slika 7. Instalacija za simulaciju i kontrolu sistema centralnog grijanja i pripreme STV.

6.7 Didaktička instalacija proizvođača Schreiner Didaktik, model „Controlled air ventilation system with home installation – 572224-H“. Predstavlja model rekuperatora toplote kod sistema mehaničke ventilacije.



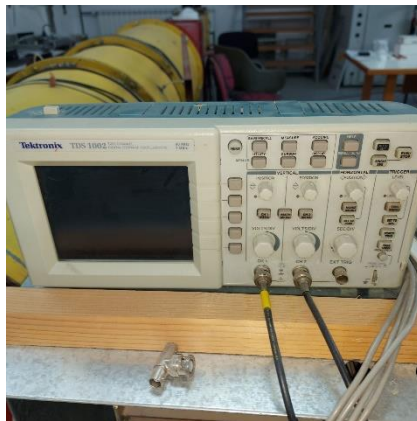
Slika 8. Instalacija za demonstraciju rekuperacije kod vazdušnih sistema grijanja

Laboratorija raspolaže sledećom kapitalnom mjernom opremom za realizaciju naučno istraživačkih poslova iz oblasti **mehanike fluida i energetike**:

1. **DAQ akviziteri**: Data Translation 100 kHz sampling rate, na 8 kanala i **DAQ akviziter** za akviziciju signala sa davača pritiska na instalaciji za hidrauličke udare



2. **Osciloskop** Tektronix 100MHz i **digitalni osciloskop** Rohde & Schwarz RTB2004 300MHz



3. **Softveri za DAQ:** DataTranslation, LabView, GlobalLab
4. **National Instruments kartica** sa 16 kanala za mjerenje temperature



5. **Paleta različitih hot wire sondi** za mjerenje komponenti vektora brzine, cijelog vektora brzine, temperature, i tenzora gradijenta brzine. Sonde za simultano mjerenje brzine i temperature u turbulentnom polju fluida. Laboratorija raspolaže opremom i kapacitetima za izradu sondi, održavanje (zavarivanje senzora pod mikroskopom), kalibraciju sondi i upotrebu - sve unutar jedinstvene laboratorije



6. **Keithley DAQ akviziter** za mjerenje temperatura na max 2 x 40kanala



7. **Extech** ručni uređaji za mjerenje električnih veličina ("*clamp-on*" meter), 2 kom



8. **HOBO oprema:** Jednokanalni 10 bit Temper. Data Logger -2 kom; Jednokanalni 12 bit Temper./Rel. vlažnost Data Logger; Četvorokanalni 12 bit Data Logger



9. Elektromagnetni mjerac protoka



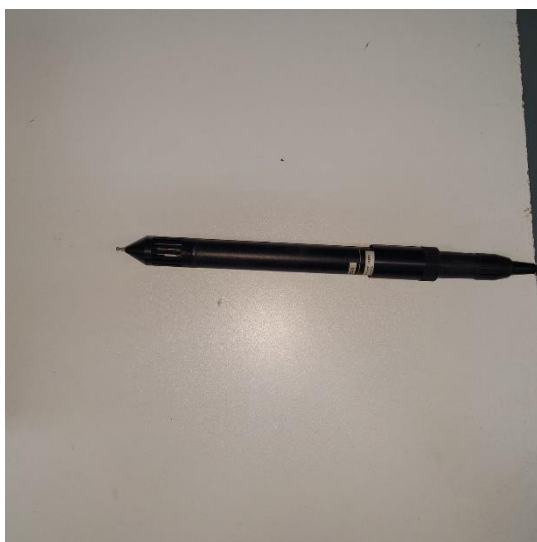
10. Veći broj termoparova različitih vrsta proizvođača Omega



Laboratorija raspolaže i sledećom opremom za rad na terenu, u poslovima mjerenja na HVAC (KGH) sistemima grijanja, hlađenja i ventilacije, te u poslovima energetske audita zgrada:

1. Razni komercijalni uređaji **TESTO** za mjerenje: **brzine** (turbinski anemometri), **pritiska** vazduha (apsolutni i dinamički), Pitot sonde u više varijanti,

mjerjenja **temperature** kontaktnim putem i **optički (pirometri)**, IR (termo) **kamera**, relativne vlažnosti.





2. Uređaj za standardizovanu **kalibraciju manometara** - firme DRUCK (*dead weight tester*)



3. **Blower door** tester (testiranje zaptivenosti građevinskih objekata)



4. **Fluksmetar** model HB-100 sa sondom za mjerenje U vrijednosti zidova



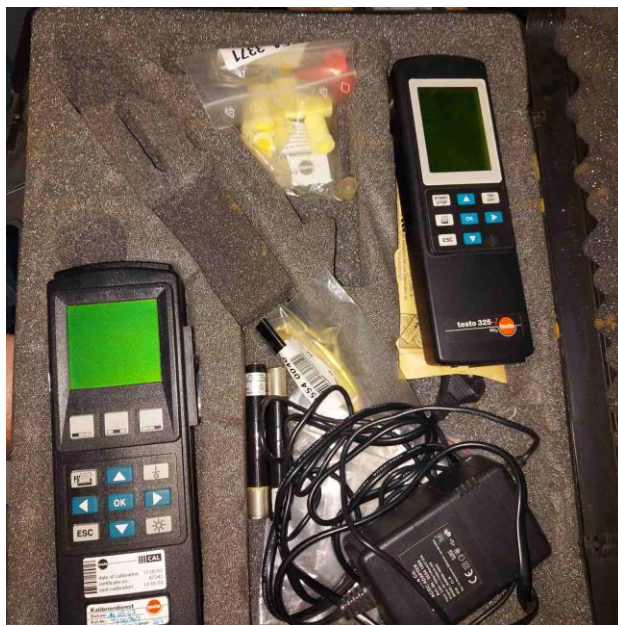
5. **Mjerač buke** Testo 816



6. Ultrazvučni mjerac protoka



7. Testo analizator dimnih gasova



8. Sonde za mjerenje CO₂



6.8 Instalacija za ispitivanje nestacionarnih hidrauličkih procesa. Instalacija služi za istraživanje nestacionarnih procesa kod hidrauličkih sistema. Pored svoje osnovne namjene za istraživanje fenomena hidrauličkog udara služi i za kalibraciju uređaja za mjerenje protoka tečnosti kao i za određivanje koeficijenta otpora raznih vrsta ventila. Centar za energetiku posjeduje:

- a. Ultrazvučni mjerač protoka UFM 610 P, Krohne, Njemačka,
- b. Davači za mjerenje pritiska 0-10 bar, 0-40 bar, 0-100 bar, PMP 131, Endress+Hauser, Njemačka,
- c. Sistem za akviziciju podataka Ecograph T RSG30, Endress+Hauser, Njemačka
- d. Regulator pritiska IR3020-F04, SMC, Japan,
- e. Iglasti ventil za regulaciju protoka, Swagelok, Austrija, cijena 610,00 €.

6.9 Model saobraćajnog tunela sa longitudinalnom ventilacijom radi izvođenja eksperimenata sa požarom u saobraćajnom tunelu, kritične brzine za kontrolu dima, uzgonskih sila i raspodjele temperature u tunelu odgovarajućih zidova;

6.10 CFD softver (ANSYS „Fluent“, „CFX“) za simulaciju složenih strujanja, prostiranja toplote i mase u realnim fizičkim sistemima.

6.11 Model saobraćajnog tunela sa longitudinalnom ventilacijom. Model saobraćajnog tunela u razmjeri 1:20 radi eksperimenata na polju definisanja

raspodjele temperature, uzgonskih sila i različitih režima odimljavanja tokom požara u tunelu. Instalaciju prati odgovarajuća elektronika za upravljanje ventilatorima, akviziciju brzine i statičkog pritiska, koncentracije CO₂ i dr.

TESTO oprema

- Analizator gasova 300 M-1
- Stroboskop 475
- Sound_Level_Meter 816
- Quick_Temperature 825
- Sonde za postojeći TESTO 445 (sa kompletom davača za pritisak i temperaturu)
- Integrirani mjerač rel. vlažnosti i temperature vazduha
- Integrirani mjerač brzine i temperature vazduha
- Turbinski mjerač brzine vazduha HOB0 oprema
- Jednokanalni 10 bit Temper. Data Logger -2 kom
- Jednokanalni 12 bit Temper./Rel. vlažnost Data Logger
- Četvorokanalni 12 bit Data Logger
- Prateći software za povezivanje sa računarom
- Uređaj za mjerenje infiltracije vazduha (napravljen u laboratoriji).

Pored prethodno pobrojane opreme Centar za energetiku posjeduje i sledeću opremu i softvere:

- Dead-weight tester, GE Sensing, USA, uređaj za kalibraciju manometara i davača za mjerenje pritiska, cijena 6 580,00 €,
- Lab View, National instruments, Republika Irska, softver za akviziciju signala, simulaciju i upravljanje, cijena 1 650,00 €,
- Wanda, Deltares, Holandija, softver za proračun nestacionarnih režima u hidrauličkim sistemima, cijena 650,00 €,
- AFT Fathom 6.0, Applied Flow Technology, USA, softver za proračun strujanja nestišljivog fluida u cjevovodima, cijena 1 730,00 €,
- Termalna anemometrija AAA Lab system, cijena 11 000,00 €,
- Dva 3-D mikroskopa, tipa KRUS, 2400,00 €,

- Diferencijalni mjerač pritiska Druck, cijena 1000,00€,
- Digitalni osciloskop, 1100,00 €,

Postojeća oprema Centra za energetiku je uglavnom korišćena u naučno-istraživačke svrhe a manjim dijelom i za izradu stručnih projekata i elaborata. Oprema i postojeće laboratorijske instalacije su do sada korišćeni prilikom izrade tri doktorske disertacije (Petrović Dragan, Vušanović Igor, Karadžić Uroš, Šekularac Milan, Tombarević Esad), deset magistarskih radova (Radulović Ivana, Karadžić Uroš, Šekularac Milan, Đukić Zdravko, Tombarević Esad, Nikolić Zoran, Jokić Slobodan, Strunjaš Filip, Janković Marko, Radulović Predrag) i većeg broja diplomskih radova. Iz doktorskih i magistarskih teza objavljen je značajan broj radova u časopisima i međunarodnim i domaćim konferencijama. U stručnom dijelu postojeća oprema je uglavnom korišćena za mjerenja na osnovu kojih su izrađivani elaborati energetske efikasnosti stambenih i poslovnih objekata kao i javnih ustanova škola i bolnica.

7. Nedostajuća oprema

Laboratorija za termotehniku i energetiku će se oslanjati u radu na opremu koju već posjeduje, kao i na ostaloj potrebnoj opremi koju posjeduje Mašinski fakultet.

Za funkcionisanje i akreditovanje Laboratorije kao i metoda za mjerenje temperature i vlažnosti prema standardu EN ISO 17025. Pored postojeće, potrebno je nabaviti:

1. Mobilni kalibrator za temperaturu kombi vozila, komore i sl.
<https://www.omega.com/en-us/calibration/temperature-calibrators/dry-block-and-bath-calibrators/p/DBCL-400> **1kom.**
2. Komora za t/rh kalibraciju
<http://m.climatictestchambers.com/sale-10444777-bench-top-temperature-humidity-chamber-for-calibration-of-thermos-36l.html> ili **1 kom.**
3. Komora za t/rh kalibraciju
<https://www.coowor.com/p/202001151601072KLL/DEARTO-DTSL-Temperature-and-Humidity-Calibration-Chamber.htm> **1 kom.**
4. Logeri za praćenje temperature, za mapiranje vozila, komora i frizidera
<https://logtagrecorders.com/products/utrix-16/> **50 kom.**
5. Zamjenski data logeri za praćenje temperature i relativne vlažnosti
<https://www.logtag-recorders.com/de/hardware/haxo-8/> **40kom.**

Navedena oprema predstavlja osnovnu opremu, a koja bi po potrebi bila proširena i dodatnom opremom.

Detaljan popis raspoložive opreme, etalona i referentnih materijala sa šiframa, mjernim opsezima i drugim bitnim karakteristikama, bice definisan u Proceduri za rukovanje i održavanje opreme koja predstavlja dio materijala potrebnog za postupak akreditacije laboratorije.

8. Očekivani nastavni, naučno-istraživački i stručni rezultati

U pogledu poboljšanja kvaliteta nastave, kvaliteta naučno-istraživačkog rada, kao i dobijanja stručnih rezultata, Laboratorija će biti od izuzetnog značaja za Mašinski fakultet i Univerzitet Cme Gore. Osnivanjem Laboratorije se prije svega pruža mogućnost značajnog unapređenja nastave na energetskej grupi predmeta na master i doktorskim studijama. Oprema i uređaji laboratorije otvaraju mogućnosti za proširivanje istraživanja u okviru oblasti termotehnika i energetika na Mašinskom fakultetu.

Vrhunski stručni rezultati u ovoj djelatnosti postizaće se organizovanjem obuka i osposobljavanjem svih zaposlenih u Laboratoriji, i korisnika njenih usluga. Obuke se realizuju u okviru postojećeg Centra za energetiku u partnerstvu sa MKI.

9. Finasijski aspekt (neophodna sredstva, način nabavke, povraćaj sredstava)

Na osnovu prikupljenih ponuda za opremu koju je potrebno nabaviti (tačka 6) potrebno je obezbijediti do 10.000 EUR. Sredstva za ove potrebe biće obezbijedena iz Erasmus+ Projekta koji Mašinski fakultet trenutno ima sa TU Keln i prof. dr Hasanom Smajićem.

U dosadašnjem radu na poslovima koji se realizuju u Centru za energetiku, a koji su u domenu rada Laboratorije, u periodu 2012 - 2020. godine ostvareni su sledeći prihodi:

Godina	Obuke	Ekspertize	Tržište
2017	-	-	-
2018	-	-	-
2019	2.250,00	1.600,00	-
2020	11.900,00	-	-
2021	-	2.480,50	-
Ukupno	14.150,00	4.080,50	0.0

TABELA 1. Prihodi Centra za energetiku 2017 – 2021

U narednom periodu fokus Laboratorije biće na mjerenjima i kalibraciji temperaturskih senzora u farmaceutskoj oblasti. Prema preliminarnim informacijama na teritoriji Crne Gore postoji 32 velike komore za skladištenje lijekova, najmanje 50 dostavnih hladnjača za lijekove

koje se kontrolišu 2 puta godišnje. Potrebne su i kalibracije 2 senzora za mjerenje u komorama, kao i kalibracije tzv. data logera za snimanje temperatura. Prema informacijama sa tržišta o navedenim mjerenjima potrebno je vršiti preglede:

1. Stacionarnih komora,
2. Mobilnih komora za dostavna vozila,
3. Kalibracije data logera iz komora.

Ukupna procjena prihoda od navedenih mjerenja je cca. 30,000 eur/god. dok su izdvajanja za opremu cca. 10.000 eur/god, pa je jasno da posao više nego isplativ.

Posebno je važno da napomenemo da će uskoro i apoteke koje prodaju termolabilne lijekove (insulin, citostatici itd.) morati da mapiraju a zatim i kalibrišu rashladne uređaje u kojima skladište lijekove. U nekoj od faza razvijanja standarda vezanih za lijekove (tzv. GDP – good distributive practice) u Crnoj Gori trebaće da ovo isto odrade i za prostore u kojem čuvaju lijekove i preparate na temperaturama od 15 – 25 °C, što znači da se očekuje značajno povećanje obima posla.

Iz navedene analize se jasno vidi da je posao veoma zahtjevan i značajan, da se usljed nedostatka adekvatne Laboratorije u Crnoj Gori godišnje odlivaju značajna sredstva i da je osnivanje i akreditacija ovakve Laboratorije neophodna i održiva.

Podnosioci predloga:

Prof. dr Igor Vušanović, dekan



rukovodilac Centra za energetiku



Doc. dr Esad Tombarević