1. **Dr Dušan Golubović, redovni profesor,Mašinski fakultet IstočnoSarajevo**
2. **Dr Stojan Simić, vanredni profesor, Mašinski fakultet Istočno Sarajevo**
3. **Dr Nebojša Lukić, redovni profesor, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac**
4. **Dr Mirko Dobrnjac, vanredni profesor, Mašinski fakultet Banja Luka**
5. **Dr Anto Gajić, docent, Mašinski fakultet IstočnoSarajevo**

**Naučno-nastavnom vijeću Mašinskog fakulteta Univerziteta u Istočnom**

**Sarajevu**

 Odlukom Naučno-nastavnog vijeća Mašinskog fakulteta Univerziteta u Istočnom Sarajevu br.143-S-2/16od 02.06.2016. godine imenovani smo u Komisiju za ocjenu podobnosti teme i kandidata mr Alojza Tovarovića, dipl. inž. maš. za izradu doktorske disertacije pod radnim nazivom **„Optimizacija alternativnih rješenja u procesu održavanja termičkog komfora u niskoenergetskim zgradama".**

 Uvidom u dostavljeni materijal prijave i ostalu potrebnu dokumentaciju za prijavu doktorske disertacije kandidata mr Alojza Tovarovića, Komisija u gore imenovanom sastavu podnosi sljedeći

**IZVJEŠTAJ**

**o ocjeni podobnosti kandidata i naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije kandidata mr Alojza Tovarovića**

1. **KRATKA BIOGRAFIJA KANDIDATA**

Alojz Tovarović, rođen je 24.04.1971. godine u Rušanima, opština Virovitica. Srednju vojnu školu i dvije godine Vojno-tehničke akademije završio je u Zagrebu do početka sukoba u SFRJ. Studije je nastavio na Mašinskom fakultetu u Istočnom Sarajevu, gdje je i diplomirao 2007. godine sa ocjenom 10 i stekao zvanje diplomiranog inženjera mašinstva. Na istom fakultetu je upisao magistarski studij školske 2009/2010 godine, koji je završio sa prosječnom ocjenom 9,33. Magistarski rad pod nazivom „Povećanje efikasnosti automatski upravljanih KGH sistema promjenom kontrolnih parametara“ odbranio je 02.04.2014. godine.

Alojz Tovarović je u tokom svoje službe kao profesionalno vojno lice od 1997. godine obavljao niz dužnosti koje su uglavnom vezane za obuku te održavanje opreme i materijalno tehničkih sredstava. Trenutno obavlja dužnost Načelnika odsjeka podoficirskih kurseva u Centru za obuku za operacije podrške miru Oružanih snaga BiH.

1. **PRIJAVA TEME DOKTORSKE DISERTACIJE**
	1. **Opis problema**

Veliki gradovi spadaju u gusto naselјene urbane oblasti i samim tim predstavljaju velike potrošače finalne energije. Globalna urbana tranzicija koja se odvija u poslednjih nekoliko decenija je pojava sa kojom se, više ili manje, susreće cjelokupna populacija naše planete. 2008. godine, po prvi put u istoriji čovječanstva, više od polovine svjetske populacije živjelo je u urbanim područjima, a prema sadašnjim projekcijama, do 2050. godine u urbanim sredinama će živjeti oko 70% stanovnika.

UNEP (*United Nations Environment Programme)* je 2007. godine u okviru inicijative za održivo zgradarstvo i građenje definisao zgradarstvo kao ključni sektor za održivi razvoj, dok je Svjetski poslovni savjet za održivi razvoj (The World Business Council for Sustainable Development - WBCSD) 2009. godine identifikovao zgradarstvo kao jedan od pet glavnih potrošača energije sa najvećim potencijalom za povećanje energetske efikasnosti u kratkom roku.

Prema Direktivi Evropske komisije o energetskim karakteristikama zgrada iz 2002. godine (EPBD 91/2002/EC) sektor zgradarstva u EU odgovoran je za 40% ukupne potrošnje energije i 36% ukupne emisije CO2, čime je postao najveći pojedinačni izvor gasova sa efektom staklene bašte sa tendencijom daljeg širenja. Zbog toga, unapređenje energetskih karakteristika zgrada predstavlja ključni cilj unutar okvirne evropske politike tranzicije u nisko-karbonsko društvo. Za postizanje ovog cilja Evropska komisija (EC) je usvojila plan tri puta dvadeset, a odmah nakon toga, akcionim planom je projiciran najveći potencijal za uštede, od oko 27 % u stambenim zgradama i oko 30% u javnim zgradama. Modifikovana Direktiva iz 2010. godine (EPBD 31/2010/EU) obavezuje zemlje članice da sve nove zgrade nakon 31. decembra 2020. godine budu nulte potrošnje, dok javne zgrade treba da ispune ovaj uslov dvije godine ranije. Pored zahtjeva za ostvarenje ovih uslova u Direktivi se naglašava da posebnu pažnju treba obratiti na izvore energije koji se koriste za grijanje i hlađenje, potencirajući upotrebu obnovljivih izvora energije i visoko efikasne tehnologije kao što su solarne ploče za zagrijavanje sanitarne vode ili toplotne pumpe (vazdušne ili zemne). Kroz Direktivu o energetskoj efikasnosti (2012/27/EU) naglašena je težina uticaja javnog sektora na ukupnu potrošnju u zgradarstvu na dugoročnom nivou. Prihvatanjem obaveze zemalja članica da renoviraju minimalno 3% od ukupne površine javnih zgrada svake godine, javni sektor postaje lider u primjeni mjera povećanja energetske efikasnosti.

Sudeći prema razvoju energetskog plana EU direktive postaju sve rigoroznije u pogledu potrošnje energenata i emisija CO2. Sa druge strane insistira se na ostvarivanju visokih standarda termičkog komfora (shodno EN 15251), u skladu sa njihovom namjenom, a u cilju ostvarivanja uslova za maksimalnu efikasnost uposlenika i očuvanje njihova zdravlja. Obje verzije direktiva naglašavaju suštinu energetske efikasnosti odnosno sadrže klauzule prema kojima smanjenje potrošnje energije ne smije biti ostvareno na uštrb termičkog komfora, odnosno termička obnova zgrada ne smije ugroziti zdravlje njenih korisnika, pri čemu se u procesu postizanja i održanja termičkog komfora treba voditi računa o održivosti energetskih izvora i samog sistema. Idealan pravac djelovanja u ostvarenju ovog cilja je izgradnja novih javnih objekata sa savremenim klimatizacionim postrojenjem, no ovakvo rješenje nije ostvarivo po više osnova. Sa druge strane, analiza potrošnje novih i renoviranih zgrada ne pokazuju očekivane rezultate smanjenja potrošnje energenata, niti značajno povećanje zadovoljstva korisnika ovih modernih zdanja [4].

Dobro izolovane, vazdušno-nepropusne zgrade nameću niz novih nekarakterističnih problema sa kojima se ne susrećemo u tradicionalnoj gradnji. Niske toplotne potrebe, reda veličine odate toplote nekoliko ljudi ili malih električnih uređaja, mogu dovesti do velike varijacije unutrašnje temperature ukoliko odgovor sistema za grijanje nije pravilno podešen. U stambenim zgradama konstantan, povremen i nasumičan raspored korištenja su jednako mogući ili zastupljeni dok kod javnih i poslovnih zgrada preovladava povremeni predeterminisani raspored. Vrijeme korištenja kao i slobodno vrijeme karakterišu različiti temperaturni zahtjevi, a njihova dužina i način postizanja predstavljaju područje potencijalne uštede energije. Zbog svega toga neophodno je što tačnije prejudicirati karakter promjene termodinamičkog ponašanja zgrade prije njene gradnje ili obnove i unapređenje njenih energetskih karakteristika.

Eksploatacioni troškovi klimatizacionog postrojenja se vrlo teško mogu tačno izračunati, jer se zasnivaju na nizu slučajnih varijabli, čija fluktuacija se uprošćava u proračunima, a ni metode samog proračuna ne mogu da obuhvate sve specifičnosti pogona. Takođe, treba imati u vidu, da projektni uslovi i prvobitna namjena objekta nisu nužno istovjetni eksploatacionim, što u manjoj ili većoj mjeri umanjuje efikasnost rada ugrađene opreme.

Isticanjem dvostepenih zahtjeva u Direktivi iz 2010. godine, nameće se potreba istraživanja vezanih za održanje termičkog komfora u zgradama u zavisnosti od njihove namjene jer ovaj sektor ima značajan potencijal za pozitivne promjene kojima bi postao mnogo efikasniji u smislu korištenja manje intenzivnih energetskih resursa sa stanovišta okoline, a ujedno i mnogo profitabilniji. Energetska efikasnost je jedan od najefikasnijih i najisplativijih načina za postizanje održivog razvoja i dostizanje prihvaćenih standarda u zgradarstvu i u direktnoj je vezi sa procesom približavanja Bosne i Hercegovine ka Evropskoj uniji. Na globalnom nivou povećanje energetske efikasnosti ostaje i dalje najveći resurs održivog razvoja, obzirom da je ona uzrok 40 %-tnog smanjenja potrošnje primarne energije u periodu od 1980. do 2006.

Konvencionalne metode analize upotrebe energije u zgradama obično su fokusirane na čisto kvantitativni aspekt energije (prvi zakon termodinamike), sa ciljem minimiziranja energetskih gubitaka ili smanjenjem vezanih zahtjeva za primarnom energijom. Ovakav pristup često dovodi do pogrešnog razumijevanja samog procesa jer ne omogućava identifikaciju problema. Problemi i zabune u vezi sa određivanjem energetskog stepena korisnosti nekog procesa i njegove savršenosti (dobrote) nastaju gotovo uvijek kada je u tom procesu prisutna toplotna energija. Zabuna nastaje zato što se „gubici energije“ pogrešno definišu kao energija predata iz procesa okolini, a ne kao nepovratna transformacija energije koja se može desiti u sistemu i bez razmjene energije sa okolinom. Zbog toga eksergijska, a ne energetska analiza daje informaciju o savršenosti izvođenja energetskog procesa [15].

Motivacija predložene teze je unapređenje mjera energetske efikasnosti u zgradarstvu uključujući kvantitativne i kvalitativne aspekte upotrebe energije, naglašavajući važnost unapređivanja nisko-eksergijskih tehnologija, upotrebu obnovljivih i nisko temperaturnih izvora toplote u skladu sa stvarnim energetskim potrebama u zgradarstvu ili odzivom sistema. Pored toga, eksergijska analiza igra važnu ulogu u održivom razvoju jer predstavlja jednu od dodatnih mogućnosti za sprječavanje bespotrebnog osiromašenja energetskih izvora, smanjenje gubitaka i povećanje efikasnosti sistema za konverziju energije [6].

U sektoru zgradarstva je prepoznat veliki potencijal za unapređenje usklađivanja kvaliteta energije potražnje i snabdijevanja, posebno u slučaju korištenja visoko eksergijskih izvora za zadovoljavanje niskotemperaturnih (nisko-eksergijskih) zahtjeva. Krajnji korisnici unutar zgrade traže različit nivo kvaliteta energije, stoga treba odabrati adekvatan izvor energije sa ciljem minimiziranja razlike kvaliteta energije potražnje i snabdijevanja. Pored toga, struktura energetskog snabdijevanja zgrade nije sofisticirana kao potrošačka strana, zbog čega se zgrade snabdijevaju električnom energijom ili visoko eksergijskim izvorima kao što su fosilna goriva, koji treba da ispune i visoko eksergijske i nisko temperaturne zahtjeve.

Pošto fosilna goriva sagorjevaju na izuzetno visokoj temperaturi, dostupan postignuti rad se u velikoj mjeri gubi kada se fosilna goriva koriste za zagrijavanje radnog ili životnog prostora, sanitarne vode, pa čak i za dobijanje vodene pare u industrijske svrhe [3]. Iako je ovaj problem već dugo poznat, još uvijek nije riješen na zadovoljavajući način, naročito u sektoru zgradarstva gdje se najveći dio godišnje utrošene energije koristi sa veoma niskim koeficijentom eksergijske efikasnosti, te se sagorjevanjem visoko kvalitetnih fosilnih goriva nepotrebno zagađuje atmosfera [24].

Trenutna praksa minimizira navedenu problematiku kroz upotrebu konverzijskih faktora za svaki energent pretvarajući količinu upotrijebljene finalne energije u primarnu energiju i pripadajuću količinu emisije ugljen-dioksida. Jedan od načina rješavanja ovog problema je direktno korištenje izvora niske eksergije ili alternativnih, obnovljivih izvora energije sa nivom temperature kompatibilnim energetskim zahtjevima. Unatoč neupitnom benefitu upotrebe eksergijske metode pri analizi karakteristika zgrada naglašavanoj od strane više autora u domenu istraživačkog rada nije došlo do njene široke primjene u praksi.

Aktuelnost teme i potencijal povećanja energetske efikasnosti u zgradarstvu pokazuju i šest tekućih projekta Međunarodne agencije za energiju u okviru programa Energija u zgradarstvu i zajednicama (EBC), a to su:

1. Poslovni i tehnički koncept za duboku energetsku rekonstrukciju javnih zgrada - Aneks 61, , (2012 - 2016)
2. Optimizacija karakteristika sistema javnog snabdijevanja energijom primjenom eksergijskih principa - Aneks 64, (2013 - 2017)
3. Karakteristike primjene super-izolacionih materijala u zgradarstvu na dugoročnoj osnovi - Aneks 65, (2013 - 2017)
4. Dizajniranje i strategija rada sistema za održanje visokog kvaliteta vazduha u nisko-energetskim zgradama - Aneks 68, (2014 - 2019)
5. Strategija i praksa adaptivnog termičkog komfora u nisko-energetskim zgradama - Aneks 69, (2014 - 2018)
6. Epidemiologija energije zgrada: Detaljna analiza stvarne potrošnje energije u zgradama - Aneks 70, (2016 - 2019)
	1. **Pregled dosadašnjih istraživanja**

Obezbijediti komforno okruženje u radnom prostoru zvuči kao jednostavan zadatak sve dok se ne razmotre svi faktori koji utiču na komfor pojedinca. Klimatizaciono postrojenje treba da obezbjedi dinamičan odgovor na nelinearne promjene uticajnih parametara i ispuni visoke zahtjeve regulacije parametara vazduha tokom radnog vremena, no time se regulišu samo termičke vrijednosti, kvalitet vazduha i djelimično buka. Pored toga, pojedinac ne doživljava prostor samo na osnovu navedenih karakteristika prostora već i na osnovu starosne dobi, osjetljivosti i vlastitih očekivanja, koji mogu uticati na različito doživljavanje i rangiranje jednog radnog prostora, te uzrokovati različite simptome i direktno uticati na njegovu produktivnost.

Uzevši u obzir stroge standarde energetskih karakteristika zgrada, kako njene ovojnice tako i odabira optimalnih segmenata klimatizacionog postrojenja, za adekvatno rješenje navedenog problema i postizanje optimizacije potrošnje i izbora energetskih izvora tokom životnog ciklusa javnih zgrada neophodno je primijeniti holistički pristup, odnosno obezbijediti visok nivo saradnje između različitih naučnih disciplina. Sa rastućom brigom za svjetske energetske rezerve i zaštitu okoline, za pretpostaviti je da će u bliskoj budućnosti okolišni indeksigrati sve veću ulogu unutar procjene troškova energenata, tako da istraživanja u domeni primjene mjera za konzervaciju energije i upotrebi obnovljivih izvora energije u zgradarstvu trebaju obuhvatiti troškove tokom životnog ciklusa zgrade uključujući i potencijalno zagađenje okoline.

Prema [17] tri su najuticajnija faktora na okolinu tokom životnog ciklusa zgrada: potrošnja energije, potrošnja resursa i proizvodnja/odlaganje otpada razmatrano sa aspekta upotrijebljene energije sa jedne i materijala sa druge strane. Kako bi se ocijenila samoodrživost zgrada, njihov eksergijski otisak i uticaj na okolinu u radu je predstavljen je generički model eksergijske ocjene okolišnog uticaja zgrade tokom životnog ciklusa. Pokazano je da je 70-80% ukupnog uticaja na okolinu posljedica potrošnje energije tokom izgradnje i njenog korištenja u vremenu od 50 godina. Shodno predloženom modelu eksergijske ocjene rangirani su razmatrani izvori energije prema iskorištenoj eksergijskoj vrijednosti kao i prema količini otpada i njegovog uticaju na okolinu.

Model ponašanja korisnika stambenog, a naročito poslovnog prostora, takođe ima snažan uticaj na potrošnju energije i predstavlja potencijalno plodno područje za povećanje energetske efikasnosti. Referentna vrijednost energetske simulacije predstavljene u radu [13] uzima u obzir ponašanje i aktivnosti korisnika u kancelarijskom prostoru prema unaprijed definisanom profilu. Model ponašanja korisnika u ovoj platformi je zasnovan na Brahms-ovoj okolini. Predefinisani termički model preračunava povećanje/smanjenje temperature unutar radnog prostora na osnovu unutrašnjih dobitaka toplote kroz simulaciju ponašanja korisnika i uređaja, te se ove informacije proslijeđuju upravljačkom dijelu klimatizacionog postrojenja i prati se njihova reakcija. Uspješno je demonstrirano da je dinamički model ponašanja neophodan za preciznu energetsku simulaciju sa ciljem predviđanja trenda energetskog toka i smanjenja nepotrebne potrošnje.

Ocjena ugodnosti i zadovoljstava ostvarenim termičkim komforom u nisko-energetskim zgradama razmatrana je i u radu [32]. Na osnovu rezultata istraživanja sprovedenog u Njemačkoj zaključeno je da korisnici poslovnih prostora u zgradama sa pasivnim hlađenjem i prirodnom ventilacijom pokazuju veći procenat zadovoljstva čak iako su temperature više od propisanih za klimatizovane zgrade, što potvrđuje da adaptivni modeli termičkog komfora, koji uzimaju u obzir i unutrašnju i vanjsku temperaturu, bolje predviđaju termičku osjetljivost korisnika nego modeli sa fiksnim granicama. Buduća istraživanja trebaju biti usmjerena na ocjenu efektivnosti preduzetih mjera od strane korisnika uzimajući u obzir uticaj faktora kao što su pol, struktura poslova koji mogu biti i važniji od samih građevinskih i tehničkih rješenja.

Slične zaključke daje i analiza podataka iz 12 poslovnih zgrada [20], koja pokazuje da pasivno hlađenje u nisko-energetskim poslovnim zgradama obezbjeđuje zadovoljavajući termički komfor (kategorija I i II prema standardu EN 15251) u uslovima umjerene kontinentalne klime u Evropi. Ovakav koncept gradnje nema centralni klimatizacioni sistem i mehanički pogonjene rashladne mašine. Akumulisana toplota tokom ljeta se odstranjuje iz zgrada koristeći toplotni kapacitet zemlje i povećanu noćnu ventilaciju. Tokom umjerenih i uobičajeno toplih ljetnih perioda, ovakvim načinom je moguće obezbjediti radne uslove unutar radnog prostora u okviru granica termičkog komfora za više od 95% ukupnog radnog vremena, uzimajući u obzir stvarne radne uslove kao i ponašanje korisnika. U ekstremnim meteorološki uslovima zahtjevi za hlađenjem prevazilaze vazdušne sisteme pasivnog hlađenja, ali čak i u ovakvim uslovima, vodeni termički aktivni sistemi hlađenja u poslovnim zgradama mogu obezbijediti termički komfor. Ukoliko se prilikom konstrukcije zgrade strogo vodilo računa o klimatskim uslovima i njenoj stvarnoj namjeni pasivno hlađenje može biti adekvatno tehničko rješenje za različite klimatske zone.

Sumiranje rezultata UNEP-ovog istraživanja o nisko-eksergijskim sistemima za dostizanje visokih energetskih karakteristika zgrada i zajednica (Aneks 49) dato je u radu [24]. Osnovni cilj ovog istraživačkog projekta je upotreba eksergijske analize kao osnove za pronalaženje alata, smjernica, preporuka, najboljih primjera iz prakse i ostalog potrebnog materijala za konstruktore, menadžere, inženjere i sve ostale stručnjake uključene u proces izgradnje zgrada, proizvodnju i distribuciju energije i kreiranje politike i regulative u ovom polju. Drugi važan cilj je promovisanje upotrebe kvalitativne analize energetskih tokova u svrhu dobijanja cjenovno isplativih ulaganja pri obnovi starih i izgradnji novih zgrada. Primjenom eksergijskog koncepta ukupna emisija ugljen-dioksida u zgradarstvu bi se značajno smanjila uz uspostavljanje održivog i sigurnog snabdijevanja energijom za buduće stambene i javne zgrade.

I Međunarodna agencija za energiju (IEA), pored čisto kvantitativnih metoda, preporučuje upotrebu alata za razmatranje kvaliteta upotrijebljene energije [12]. Do kvaliteta energije se dolazi kombinacijom prvog i drugog zakona termodinamike kroz proces koji se naziva eksergijska analiza. U stvarnom energetskom sistemu, dio eksergije se "potroši" ili “uništi” kao posljedica nepovratnosti svakog procesa transformacije ili prenosa energije (3). U ovakvim procesima visoki eksergijski potencijal fosilnih goriva se nepovratno gubi, što dovodi do visokog udjela eksergijske destrukcije ili niske eksergijske efikasnosti (12).

Rezutati projekta razvoja sistemskog koncepta unapređenja iskorištenja otpadne toplote u sistemu daljinskog grijanja dati su u radu [29], prema kojem trenutna tehnička rješenja niske termičke potrebe u zgradarstvu uglavnom zadovoljavaju koristeći visoko kvalitetne izvore kao što su fosilna goriva. Eksergijska analiza nameće podudaranje kvalitativnog nivoa upotrijebljenog energetskog izvora sa zahtijevanim, naglašavajući potrebu zamjene visoko kvalitetnih fosilnih goriva sa energetskim tokovima niskog kvaliteta, kao što je otpadna toplota. Prezentovani su rezultati preliminarne statičke i dinamičke energetske i eksergijske analize sistema te su izvedene smjernice za unapređenje iskorištenja otpadne toplote daljinskog sistema grijanja. Rezultati pokazuju da se smanjenjem temperature radnog medija polazne grane za oko 40°C povećava ukupna eksergijska efikasnost sistema preko 7%, dok se smanjenjem temperature medija u povratnom vodu za samo 3°C eksergijska efikasnost povećava za 3,7%, pri čemu se značajno ne mijenja efikasnost ukupnog sistema [29]. Ovaj rad jasno pokazuje dodatnu vrijednost eksergijske analize za karakterisanje i unapređenje efikasnosti sistema daljinskog grijanja.

Eksergijska analiza klimatizacionih sistema baziranih na obnovljivim izvorima energije može se smatrati kao područje istraživanja od posebnog interesa, gdje su primjenjuju različiti, a često i suprotni pristupi u ramatranju ovog problema. U radu [28] predstavljen je sveobuhvatan kritički osvrt prethodnih studija iz ove oblasti. Posebna pažnja je posvećena metodološkom pristupu i poređenju rezultata obuvaćenih radova vezanih za obnovljive izvore energije i klimatizacione sisteme. Glavni predstavnici sistema za grijanje i hlađenje baziranih na obnovljivim izvorima energije su detaljno obrađeni. U zaključku su obuhvaćeni trendovi u ovom polju sa naglaskom na probleme za buduća istraživanja i promovisanju daljnjeg razvoja metoda eksergijske analize, te njene upotrebne vrijednosti kao alata za efikasniju upotrebu dostupnih energetskih izvora.

Tokom poslednjih 50 godina, korisnost koncepta eksergije je otišla daleko iznad termodinamičke analize industrijskih i energetskih postrojenja, pa je eksergija postala koristan koncept u inženjerstvu i zaštiti životne okoline, za specifičnu analizu nacionalnih ekonomija i za izučavanje uticaja okoline na proizvodna postrojenja [6]. Pored toga, razvijene su metode koje kombinuju eksergijsku analizu s ekonomijom u literaturi poznate pod različitim imenima: termoekonomija, eksergoekonomija, proračun cijene po Drugom zakonu, eksergetski ekonomski proračun i eksergetska ekonomska optimizacija [16]. Osnovna ideja ovih metoda je primjena uobičajenih postupaka inženjerskog proračuna povezivanjem cijene komponenti sa njihovim operativnim parametrima i njihovom efikasnošću.

Eksergijska analiza je sistemska metoda zasnovana na konceptu eksergije koja kombinuje upotrebu Prvog i Drugog zakona termodinamike u cilju analize, vrednovanja, razvoja i projektovanja energetskih sistema. Po Valeru [6] eksergijska analiza se smatra inženjerskim alatom za analizu u sklopu šireg metodološkog okvira za koncept eksergije. Glavna svrha ove analize je detektovanje i kvantitativno izračunavanje uzroka termodinamičke nesavršenosti i obezbjeđivanje okvira za projektovanje i unapređenje procesa [31]. Eksergijska analiza predstavlja pravu mjeru za približavanje realnog procesa idealnom i jasnije identifikuje uzroke, lokacije i količinu procesnih neefikasnosti od energetske analize. Povećana primjena i prepoznavanje korisnosti metoda eksergije u industriji i akademskoj javnosti je evidentna prethodnih godina širom svijeta. Mnogi autori su proučavali metodologije eksergijske analize i primjenili ih na: industrijske sisteme [21], uštedu toplotne energije [22], zaštitu životne sredine [22] i probleme projektovanja i analize geotermalnih postrojenja [5], [30].

* 1. **Ciljevi rada i osnovne hipoteze**

Na osnovu pregleda navedene literature i na osnovu dosadašnjeg istraživanja pokazalo se da u povećanju energetske efikasnosti u zgradarstvu leži veliki potencijal za smanjenje potrošnje, što na kraju rezultuje očuvanjem energetskih izvora i smanjenjem zagađenja okoline.

Predmet ovog rada je da se kroz analizu procesa održanja termičkog komfora u javnim zgradama identifikuju područja najvećih gubitaka i uzroci njihovog nastajanja.

Cilj ovog istraživanja je prezentovanje problema u procesu klimatizacije javnih zgrada, promocija korištenja kvalitativne (eksergijske) analize u zgradarstvu i prijedlog mjera za optimizaciju samog procesa, a samim tim i povećanje energetske efikasnosti sistema.

Eksergijska analiza teži ka dubljem razumijevanju prirode energetskog toka ili procesa prenosa toplote, maksimizirajući kompatimibilnost zmeđu izvora energije i njegove upotrebe (24). U ovom radu, eksergijska analiza će se primjenjivati sa ciljem predstavljanja doprinosa eksergijskog pristupa u poređenju sa konvencionalnom metodom energetske analize, te mogućnošću dobijanja dodatnih ili specifičnih podataka, a u cilju dobijanja racionalnije upotrebe energije u zgradarstvu.

Opšti ciljevi rada:

* Sagledavanje uticajnih faktora u procesu održavanja termičkog komfora u niskoenergetskim zgradama
* Definisanje promjene procentualnog udjela izvora toplote u procesu održavanju termičkog komfora nakon unapređenja energetskih karakteristika zgrada
* Analiza potreba za toplotnom energijom pri različitim modulima rada niskoenergetskih zgrada
* Sumiranje i rangiranje investicionih alternativa u funkciji povećanja energetske efikasnosti niskoenergetskih zgrada

Pored navedenih opštih ciljeva, posebni ciljevi rada su:

* Rezultati istraživanja će pokazati stvarne potrebe za energijom u procesu postizanja i održavanja termičkog komfora u novim i obnovljenim niskoenergetskim zgradama
* Prijedlog optimalnih izvora energije dobijenih na osnovu identifikovanog obima energetskih potreba može poslužiti kao smjernica u predstojećoj obnovi i izgradnji javnih zgrada u BiH
* Dobijeni rezultati istraživanja problematike održavanja termičkog komfora mogu se upotrijebiti kao polazna tačka za daljnja istraživanja u ovom području.
* Kroz praktične primjere pokazati korisnost i komplementarnost eksergijske metode sa klasičnim konvencionalnim pristupom i učiniti eksergijski koncept poznatijim i pristupačnijim za korištenje u inženjerskoj praksi.

Na osnovu obrazloženja predložene teme, pregleda dosadašnjih istraživanja i ciljeva rada mogu se usvojiti sljedeće hipoteze:

* Smanjenje vazdušne propusnosti i veći nivo izolacije ovojnice zgrade mijenja i apsolutne potrebe za energijom i relativni udio pojedinih izvora (naročito internih dobitaka), te povećava rizik od pregrijavanja tokom ljeta i nameće pitanje održanja kvaliteta unutrašnjeg vazduha.
* Održavanje termičkog komfora u niskoenergetskim zgradama moguće je ostvariti bez ili uz minimalnu upotrebu visokokvalitetnih izvora energije kao što su fosilna goriva.
* Eksergijska analiza predstavlja koristan alat za unapređenje efikasnosti konverzije energetskih izvora, pošto se pomoću nje identifikuju lokacije, tipovi i pravi značaj otpada i gubitaka, kao i razlikovanje kvaliteta energetskih izvora.
	1. **Sadržaj rada i metode**

Okvirni sadržaj disertacije može se iskazati sljedećim naslovima:

1. Uvodna razmatranja
2. Zakonska regulativa EU i BiH u oblasti energetske efikasnosti zgrada
3. Svrha rada, hipoteze i metode istraživanja
4. Prikaz dosadašnjih istraživanja i dostignuća u oblasti energetske efikasnosti u zgradarstvu
5. Prikaz tipologije zgrada u BiH
6. Izbor i analiza karakteristika reprezentativnih uzoraka zgrada
7. Komparativna analiza investicionih alternativa u funkciji povećanja EE izabranih uzoraka
8. Analiza i diskusija dobijenih rezultata
9. Zaključna razmatranja i prijedlog za dalja istraživanja

Tokom istraživačkog rada, kao i u fazi analize i diskusije rezultata primjeniće se odgovarajuće kombinacije naučnih metoda. Kao polazna osnova koristiće se relevantna literatura, dosadašnji rezultati naučno-istraživačkog rada, praktična, naučna i tehnička dostignuća, kao i rezultati simulacija i izvedenih eksperimenata. Proces istraživanja i prezentovanja rezultata zahtjeva primjenu više kombinovanih metoda naučno-istraživačkog rada. Pored inženjerskih metoda rješavanja termodinamičkog ponašanja zgrada, primjeniće se induktivno i deduktivno zaključivanje, metode analize i sinteze, kao i uporedna i deskriptivna metoda.

* 1. **Očekivani rezultati i nučni doprinos**

Unatoč naporima međunarodnih agencija kao i tijela i organa u okviru organizacije Ujedinjenih naroda i Evropske unije u donošenju preporuka, smjernica i zakonodavnog okvira za povećanje energetske efikasnosti u zgradarstvu, proces postizanja i održanja termičkog komfora u praksi još je daleko od savršenog, a i ispunjenje plana tri puta dvadeset do 2020. godine je upitno. Sve ovo pokazuje kompleksnost navedene tematike za čije rješavanje i praktičnu primjenu je potreban sveobuhvatan, holistički pristup sa krajnjim ciljem dostizanja nisko-karbonskog društva.

Rezultati istraživanja će obuhvatiti detaljnu analizu energetskih potreba u zgradarstvu na osnovu prezentovane tipologije sadašnjeg stanja, kao i sagledavanje promjene kvantiteta i kvaliteta potrebne energije nakon unapređenja energetskih karakteristika javnih zgrada u BiH. Završetkom istraživanja dobiće se kompletnija slika trenda promjene energetskih potreba u zgradarstvu u budućnosti.

Rezultati komparativne analize investicionih alternativa u funkciji povećanja energetske efikasnosti treba da identifikuju optimalne izvore energije kako sa stanovišta potrošnje, tako i sa stanovišta kompatibilnosti sa zahtjevima, stepenu osiromašenja prirodnih resursa i uticaja na okolinu u toku životnog ciklusa.

Naučni doprinos doktorske disertacije se ogleda u razvoju šireg pristupa problematici energetske efikasnosti u zgradarstvu te prikazu mogućnosti i promociji kvalitativne analize kao dodatnog alata za dobijanje kompletnije slike i jasnije identifikacije problema u ovoj oblasti.

1. **LITERATURA**
2. Ala-Juusela, M.: Low Exergy Systems for An exergy application for analysis of buildings and HVACsystems, Guidebook to IEA ECBCS Annex 37, 2004.

Balta T., M., Kalinci, Y., Hepbasli, A., Balta, M.T.: Evaluating a low exergy heating system from the power plant through the heat pump to the building envelope, Energy and Buildings, Vol. 40, pg. 1799–1804, 2008

1. Bejan, A.: Advanced engineering thermodynamics, 3rd ed. John Wiley & Sons, Hoboken, 2006.
2. Burman, E., Mumovic, D., Kimpian, J.: Towards measurement and verification of energy performance under the framework of the European directive for energy performance of buildings, Energy 2014, Vol. 77, pg. 153-163
3. Dincer, I., Hussain, M.M., Al-Zaharnah, I.: Analysis of sectoral energy and exergy use of Saudi Ara-bia, International Journal for Energy Resources, 2004, Vol. 28, pg.205−243.
4. Dincer, I., Rosen, M.A.,; Exergy, energy, environment, and sustainable development, Oxford (UK) Elsevier, 2007
5. EC,: Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings. Official Journal of the European Communities
6. EC, 2006. Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential. European Commission.
7. EU,: Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. Official Journal of the European Union

Hepbasli, A., 2012. Low exergy (LowEx) heating and cooling systems for sustainable buildings and societies. Renewable and Sustainable Energy Reviews 16, 73–104.

Houvila, P., UNEP,: Building and climate change - Status, challenges and opportunities. United Nations Environment Programme, Paris, France, 2007

IEA, 2008. ECBCS Annex 49: Low Exergy Systems for High-Performance Buildings and Communities. (http://www.annex49.com).

Kashif, A., Ploix, S., Dugdale, J., Le X.: Simulating the dynamics of occupant behaviour for power management in residential buildings, Energy and Buildings, Vol. 56, pg. 85–93, 2013

Kilkis, S.: A net-zero building application and its role in exergy-aware local energy strategies for sustainability, Energy Conversion and Management, Vol.63, pg. 208-217, 2012

Kostić, M.: Eksergija, a ne energija, Tehnika, br. 11, Beograd, 1978.

Lazzaretto, A., Tsatsaronis, G.: A systematic and general methodology for calculating efficiencies and costs in thermal systems, Energy International Journal, Vol. 31, pg. 1257−1289, 2006

Liu, M., Li, B., Yao, R.: A generic model of exergy assessment for the environmental Impact of building lifecycle, Energy and Buildings, Vol. 42, pg. 1482–1490, 2010

Nassif, N.: A robust CO2-based demand-controlled ventilation control strategy for multi-zone HVAC systems, Energy and Buildings, Vol. 45, pg. 72–81, 2012

OCDE,: Environmentally Sustainable Buildings: Challenges and Policies. Organization for Economic Cooperation and Development, Paris, 2002

Pfafferott, J. U., Herkel, S., Kalz, D. E., Zeuschner, A.,: Comparison of low-energy office buildings in summer using different thermal comfort criteria, Energy and Buildings, Vol. 39, pg. 750–757, 2007

Rosen, M.A., Dincer, I.: Exergoeconomic analysis of power plants operating on various fuels, Applied Thermal Energy, Vol. 23, pg. 643–58., 2003

Rosen, M.A., Dincer, I.: Exergy as the confluence of energy, environment and sustainable development, Exergy, Vol. 1, pg. 3−13, 2001

Rosen, M.A., Dincer, I., Kanoglu, M.,: Role of exergy in increasing efficiency and sustainability and reducing environmental impact, Energy Policy, Vol. 36, pg. 128–137, 2008

Schmidt, D.: Low exergy systems for high-performance buildings and communities, Energy and Buildings, Vol. 41, pg. 331–336, 2009

Schmidt, D., Shukuya, M.: New ways towards increased efficiency in the utilization of energy flows in buildings, Int. Building Physics Conference, 2003

Todorović, M.: The Air-Conditioning Energy Savings Achieved by Application of Time-Predicted Driven Night Ventilation, FME Transactions, Vol. 42, pg. 161-166, 2014

Todorović, M. i dr. Uticaj režima korišćenja zgrade na ukupnu potrošnju energije, Termotehnika XXXVIII, br. 2, str. 109-119, 2012.

Torío, H., Angelotti, A., Schmidt, D.: Exergy analysis of renewable energy-based climatisation systems for buildings - a critical view, Energy and Buildings, Vol. 41, pg. 248–271, 2009

Torío, H., Schmidt, D.: Development of system concepts for improving the performance of a waste heat district heating network with exergy analysis, Energy and Buildings, Vol 42, pg. 1601–1609, 2010

Utlu, Z., Hepbasli, A.: A review on analyzing and evaluating the energy utilization efficiency of countries, Renewable and Sustainable Energy Review, Vol. 11, pg. 1−29, 2007

Valero, A.: Exergy accounting: capabilities and drawbacks, Energy, Vol. 31, pg.164−180, 2006

Wagner, A. at all: Thermal comfort and workplace occupant satisfaction—results Of field studies in german low energy office buildings, Energy and Buildings, Vol.39, pg. 758–769, 2007

WBCSD,: Energy Efficiency in Buildings - Transforming the Market. World Business Council for Sustainable Development, 2009

1. **PODOBNOST KANDIDATA**

Objavljeni radovi u zbornicima sa naučno-stručnih skupova:

1. Tovarović, A., Golubović, D.: *Primjena SCADA sistema u optimizaciji rada klimatizacionih postrojenja,* INFOTEH, Jahorina, 02 – 05.02.2014
2. Tovarović, A., Mastilo, V.: *Povrat toplote u klimatizacionim postrojenjima,* COMETa, Jahorina, 02 – 05.12.2014., str. 267 - 273
3. Tovarović, A., Mastilo, V.: *Strategija i mjere Evropske Unije ka energetski efikasnijim zgradama* , COMETa, Jahorina, 02 – 05.12.2014., str. 273 - 281
4. Tovarović, A.: *Klimatizacija podzemnih objekata posebne namjene – na primjeru objekta „D-0“,* 45. KGH konferencija, SMEITS Beograd, 03 – 05.12.2014.
5. Tovarović, A.: *Karakteristični problemi početnog perioda eksploatacije klimatizacionih postrojenja,* 45. KGH konferencija, SMEITS Beograd, 03 – 05.12.2014.
6. Tovarović, A., Golubović, D.: *Optimizacija rada klimatizacionih postrojenja – praktičan pristup,* PROCESING 2014, SMEITS, Inđija, 02 – 03.06.2015.
7. **BIOGRAFSKE I BIBLIOGRAFSKE JEDINICE ČLANOVA KOMISIJE**

Za mentora doktorske disertacije pod nazivom: **„Optimizacija alternativnih rješenja u procesu održavanja termičkog komfora u niskoenergetskim zgradama".**predlaže se:

Dr Dušan Golubović, redovni profesor, Mašinski fakultet, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, uža naučna oblast: Hidrotermika i termoenergetika

1. **Golubovic, D.:** *Testing the tribological characteristics of the nodular cast iron austempered by a conventional and an isothermal procedure,* Materijali in Tehnologije, Vol 48, No 2., ISSN 1580-2949, pp. 293-299, Ljubljana 2014.
2. **Golubovic, D.:** *Optimum solutions of the municipal wastewaters mechanical treatment system for medium-sized and smaller settlements on the Adriatic coast,* Journal of the Balkan tribological association, Vol 19, No 3., pp. 476-485, 2013.
3. **Golubovic, D.**: *Aerodynamic calculation of hyperbolic cooling tower,* Termotehnika, Vol.38, No 2, pp. 247-254, Beograd, 2012.
4. **Golubovic, D.**: *One dimensional model of cooling water in counter flow cooling tower*, 15th Symposium on thermal science and engineering of Serbia, Sokobanja, 2011.
5. **Golubovic, D.**: *Technological parameters and zones of water cooling in wet cooling towers*, 24th International Congress Procesing, Fruska gora, Serbia, 2011.
6. **Golubovic, D.**, Cerovina, A.: *Improving energy efficiency using waste heat and geothermal energy sources,* Scientific International Symposium INFOTEH, Jahorina, 2011.
7. **Golubovic, D.**: *Water cooling efficiency in power plant hyperbolic cooling tower,* 2nd International Conference IEEP, Zlatibor, Serbia, 2010.
8. **Golubovic, D.**, *Revitalization of thermal power plants’ ventilation cooling tower selections,* 40th HVAC&R Congress KGH, Belgrade, Serbia, 2009.
9. Tovarović, A., **Golubović, D**.: *Primjena SCADA sistema u optimizaciji rada klimatizacionih postrojenja,* INFOTEH, Jahorina, 02 – 05.02.2014
10. Tovarović, A., **Golubović, D**.: *Optimizacija rada klimatizacionih postrojenja – praktičan pristup,* PROCESING 2014, SMEITS, Inđija, 02 – 03.06.2015.

Dr Stojan Simić, vanredni profesor, Mašinski fakultet, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, uža naučna oblast: Hidrotermika i termoenergetika

1. **Simic, S.,** Sevaljevic, M., Stanojevic, M., Sevaljevic, P.: *Thermodynamic diagnostics of the depolarization overpotential and electron temperature of contact surfaces in aerated refinery wastewater,* DESWATER-Desalination and Water Treatment, 52, 37-39 (2014), pp. 7065-7081. (DOI: 10.1080/19443994.2013.830685, Impact Factor = 0,752)
2. Sevaljevic, V. M., **Simic, S.,** Stanojevic, M., Pavlovic, M., Sevaljevic, M. M.: *Diagnostic of water vapor adsorption molar heat and accumulation at bubble surface during aeration treatment in saturation period,* Applied Engineering Science, 13 (2015) 4, 333, pp. 225-234. (DOI: 10.5937/JAES 13-8696, ISSN 1451-4117 UDC 33)
3. **Simić, S.,** Stanojević, M., Džudželija, Ž.: *Razmatranje mogućnosti iskorišćenja otpadnog kondenzata u cilju racionalizacije potrošnje energije u rafinerijama,* “Procesna tehnika“, SMEITS Beograd, 27. Međunarodni kongres o procesnoj industriji, Procesing 2014., Beograd, 22-24.09.2014.
4. **Simić, S.,** Mitrović, D., Džudželija, Ž., Vujić, S.: *Energetska efikasnost u rafinerijama kao mjera zaštite životne sredine,* Zaštita životne sredine između nauke i prakse-stanje i perspektive, Institut zaštite, ekologije i informatike, Banjaluka, 13.12.2013., str. 465-471.
5. **Simić, S.,** Stanojević, M., Vujičić, P.: *Razmatranje mogućnosti optimizacije rada rafinerijske cevne peći,* “Procesna tehnika“, SMEITS Beograd, 28. Međunarodni kongres o procesnoj industriji, Procesing 2015., Inđija, 04-05.06.2015., str. 79-83.

Dr Nebojša Lukić, redovni profesor, Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, uža naučna oblast: Termodinamika i termotehnika

1. **Lukić, N.**: *The Transient House Heating Condition – The Building Envelope Response Factor (BER),* Renewable Energy, Vol. 28, No 4, 2003, pp. 523-532.
2. **Lukić, N.**: *The Transient House Heating Condition – The Daily Changes of The Building Envelope Response Factor (BER),* Renewable Energy, Vol. 30, No 4, 2005, pp. 537-549.
3. Nikolić, N., **Lukić, N.**: *Mathematical Model for Determining The Optimal Reflector Position of the Double Exposure Flat-Plate Solar Collector,* Renewable Energy, Vol. 51, 2013, pp.292-301.
4. Nikolić, N., **Lukić, N.**: *Theoretical and Experimental Investigation of the Thermal Performance of a Double Exposure Flat-Plate Solar Collector,* Solar Energy, Vol. 119, 2015, pp.100-113.
5. **Lukić, N.**, Jurišević, N., Nikolić, N., Gordić, D.: *Specific Heating Consumption in the Residential Sector of Serbia – Example of the Kragujevac City,* Energy and Buildings, Vol. 107, 2015, pp.163-171

Dr Mirko Dobrnjac, vanredni profesor, Mašinski fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci, uža naučna oblast: Hidrotermički sistemi

1. Turanjanin, V., Stevanović, Ž., Cvetinović, D., Marković, Z., Pavlović, Z., **Dobrnjac, M.**: *Eksperimentalno ispitivanje i numerička simulacija rada hladnjaka radnog ulja u TE „Kostolac“,* Simpozijum „Elektrane 2004", Društvo termičara Srbije i Crne Gore, 2004.
2. Genić, S., Jaćimović, B., Jarić, M., Budimir, N., **Dobrnjac, М.**:*Research on the shell-side thermal performances of heat exchangers with helical tube coils,* International Journal of Heat and Mass Transfer, Volume 55, Issues 15–16, pp. 4295-4300, 2012.
3. Saljnikov, A., Gojak, M., Trifunović, M., Andrejević, S., **Dobrnjac, М.**: *Research on Infrared Emission Spectra of Pulverized Coal Ash Deposits*, FME Transactions (ISSN 1451-2092), Vol.41, No 1, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, pp. 41-48, Belgrade, 2013

Dr Anto Gajić, docent, Mašinski fakultet, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, uža naučna oblast: Hidrotermika i termoenergetika

1. Đuković, J., Jotanović, M., **Gajić, A.,** Stojanović, B., Smiljanić, S.: *Study of the production and use of gypsum from the proces of desulfurization of flue gases in Thermo power plant,* Ugljevik XII YUKOR
2. **Gajić, A.,** Tomić, M., Pavlović, Lj., Pavlović, M.: *Neki od postupaka ocjene integriteta kotlovskih postrojenja,* ZAŠTITA MATERIJALA, br.2, 2010.
3. Tadić, G., Pejović, B., **Gajić, A.,** Mićić, V., Perušić M.: *A Proposal for Solving One Mathematical Problem in the Design of Chemical Reaction Engineering by Graphical Method,* International Journal of Latest Research in Science and Technology - ISSN (Online):2278-5299, Vol. 4, Issue 2, pp. 56-64 , March-April 2015
4. **IZJAVA DA LI JE PRIJAVLjENA TEMA POD ISTIM NAZIVOM NA DRUGOJ VISOKOŠKOLSKOJ INSTITUCIJI**

Daje se izjava da prijavljena tema doktorske disertacije pod ovim istim nazivom nije prijavljena na drugoj visokoškolskoj ustanovi.

1. **PROCJENA POTREBNOG VREMENA IZRADE DISERTACIJE, MJESTO ISTRAŽIVANjA**

S obzirom na pregledanu prijavu disertacije, vrstu problema i njegov obim kojim će se kandidat pozabaviti, realno je očekivati da se rad na izradi ove doktorske disertacije može završiti u roku od 24 mjeseca.

1. **ZAKLJUČAK I PRIJEDLOG KOMISIJE**

Na osnovu uvida u dosadašnji rad kandidata, priloženu dokumentaciju, biografiju kandidata i spisak objavljenih radova, Komisija konstatuje da kandidat mr Alojz Tovarović ispunjava formalne uslove za odobrenje teme za izradu doktorske disertacije u skladu sa važećim propisima i Statutom Univerziteta u Istočnom Sarajevu.

Na osnovu podnesene prijave za odobrenje teme doktorske disertacije i datog obrazloženja, Komisija konstatuje da će kandidat pri obradi predložene teme koristiti savremena naučna dostignuća iz oblasti kojom se bavi disertacija i da će u toj oblasti dati odgovarajući naučni doprinos. Predložena tema je aktuelna i značajna kako sa naučnog stanovišta, tako i sa stanovišta mogućnosti primjene. Rad će imati teorijski i praktični značaj iz razloga što će se sveobuhvatno sagledati savremena tehnička rješenja u cilju optimizacije potrošnje energije u zgradarstvu. U radu će biti prezentovana teorijska razmatranja, kao i pregled najsavremenijih praktičnih rješenja koja se primjenjuju u ovoj oblasti.

Navedene metode istraživanja predstavljaju zadovoljavajuće i pouzdane tehnike istraživanja pomoću kojih je moguće dobiti dovoljno pouzdane rezultate. Takođe, datu tematiku je kandidat obrađivao i u objavljenim radovima. Komisija smatra da postoje realni uslovi da kandidat u daljem istraživanju može uspješno da realizuje sve postavljene zahtjeve vezane za izradu doktorske teze.

Dajući pozitivno mišljenje o uslovima kandidata i podobnosti predložene teme za izradu doktorske disertacije, Komisija konstatuje da kandidat ispunjava uslove predviđene Zakonom o visokom obrazovanju, Pravilima Univerziteta u Istočnom Sarajevu i Pravilima Mašinskog fakulteta u Istočnom Sarajevu, te

**PREDLAŽE**

Nastavno-naučnom vijeću Mašinskog fakulteta u Istočnom Sarajevu i Senatu Univerziteta u Istočnom Sarajevu da se kandidatu mr Alojzu Tovaroviću, dipl. inž. maš. odobri rad na doktorskoj disertaciji pod radnim naslovom: **„OPTIMIZACIJA ALTERNATIVNIH RJEŠENJA U PROCESU ODRŽAVANJA TERMIČKOG KOMFORA U NISKOENERGETSKIM ZGRADAMA".**

Komisija, takođe, predlaže da se za mentora ove doktorske disertacije imenuje Dr Dušan Golubović, redovni profesor, Mašinski fakultet, Univerzitet u Istočnom Sarajevu s obzirom da ispunjava sve zakonske i druge uslove.

Istočno Sarajevo, 14.07.2016. godine

Članovi Komisije:

**Dr Stojan Simić, vanredni profesor**

 Mašinski fakultet, Univerzitet u Istočnom Sarajevu

 uža naučna oblast: Hidrotermika i termoenergetika, predsjednik

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Dr Dušan Golubović, redovni profesor**

Mašinski fakultet, Univerzitet u Istočnom Sarajevu

 uža naučna oblast: Hidrotermika i termoenergetika, član

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Dr Nebojša Lukić, redovni profesor**

Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu

uža naučna oblast: Termodinamika i termotehnika, član

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Dr Mirko Dobrnjac, vanredni profesor**

Mašinski fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci

 uža naučna oblast: Hidrotermički sistemi, član

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Dr Anto Gajić, docent**

Mašinski fakultet, Univerzitet u Istočnom Sarajevu,

uža naučna oblast: Hidrotermika i termoenergetika, član

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_