

TEMA T4.3: INOVACIJE KAO POLUGA PRIVREDNOG RAZVOJA (Patentna prava na fakultetima, Inovacioni projekti, Digitalne i softverske tehnologije...)

Paper No.T4.3-1
04929

SADRŽAJ KURSEVA IZ OBLASTI ELEKTROTEHNIKE ZA STUDENTE ČISTIH ENERGETSKIH TEHNOLOGIJA

Nemanja Savić¹, Vladimir Katić², Nenad Katić³

^{1,2,3}Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

¹nemanja.savic@uns.ac.rs, ²katav@uns.ac.rs, ³nenadkatic@uns.ac.rs

Kratak sadržaj: Ovaj rad prikazuje specifični pristup i metod izvođenja kursa iz oblasti elektroenergetike, energetske elektronike, tržišta električne energije i distribuiranih izvora energije na studijskom program Čiste energetske tehnologije za studente koji ne poseduju nikakva ili poseduju slaba predznanja iz oblasti elektroenergetskih sistema, elektroprivrede, obnovljivih izvora energije i energetske efikasnosti. Kao izuzetno efikasno i efektivno rešenje ovog problema, navedeni su i detaljno opisani koncept, sadržaj je i organizacija kurseva (predmeta) Ekonomični i energetske efikasni električni sistemi i Čisti izvori električne energije. Konkretni podaci o uspešnosti savladavanja predmeta i polaganja ispita i rezultati anketa o evaluaciji predmeta i predmetnih nastavnika takođe su predmet istraživanja i ovog rada.

Ključne reči: Ekonomični električni sistemi/Energetski efikasni sistemi/Elektroprivreda/Energetska elektronika/Distribuirani izvori energije/Energetska efikasnost/Čiste energetske tehnologije/Ankete studenata

CONTENT OF THE ELECTRICAL ENERGY COURSES FOR THE STUDENTS OF THE CLEAN ENERGY TECHNOLOGIES

Abstract: This paper presents a specific approach and method of carrying out a course in the field of electric power, energy electronics, electricity markets and distributed energy sources in the study program Pure Energy Technologies for students who do not possess any or have any weak knowledge in the field of electric power systems, electric power plants, renewable energy sources and energy efficiency. As an exceptionally efficient and effective solution to this problem, the concept, content and organization of the subjects Economic and Energy Efficient Electric Systems and Clean Energy Sources are described in detail. Specific data on the success of coursework and exams and the results of the Assessment Survey of Subjects and Subject Teachers are also the subject of research and this paper.

Key Words: Economical electrical systems/Energy efficient systems/Electric power systems/Power electronics/Distributed energy sources/Energy efficiency/Clean energy technologies/Student surveys

1. UVOD

Sve veći obim istraživanja, razvoja i promocije korišćenja obnovljivih izvora energije i energetske efikasnosti pokazala se, pokazuje se i u veoma bliskoj budućnosti će se pokazati kao izuzetno efikasno i efektivno rešenje za probleme iz oblasti energetike, ekologije i ekonomije a koji se prvenstveno odnose na problem potrošnje energije (engl. *Energy Consumption*), emisije gasova sa efektom staklene bašte (engl. *Greenhouse Gases*), globalnog zagrevanja (engl. *Global Warming*) i klimatskih promena (engl. *Climate Change*). Ova četiri ključna problema predstavljaju posledicu dinamičnog porasta ljudske populacije na planeti Zemlji, urbanizacije i savremenog dinamičnog razvoja privrede i industrije, a pre svega neracionalnog korišćenja i potrošnje prirodnih resursa tj. neobnovljivih izvora energije (primarno, uglja i nafte) čiji su kapaciteti svakako ograničeni. U cilju rešavanja (ili barem ublažavanja) gore navedenih problema, skoro sve najrazvijenije zemlje Evrope i sveta povećale su interesovanje i ulaganja u oblast obnovljivih izvora energije, energetske efikasnosti, čistih energetske tehnologije i životne sredine. Primera radi, na kraju 2017. godine ukupni instalisani kapaciteti iz obnovljivih izvora energije (OIE) iznosili su 2195,2 GW (udeo fotonaponskih elektrana iznosio je 402 GW, vetroelektrana 539 GW, hidroelektrana 1114 GW, geotermalnih elektrana 12,8 GW, solarnih termoelektrana 4,9 GW, elektrana na biogas, biogas i deponijski otpad 122 GW, elektrana na plimu i oseku u okeanima 0,5 GW) [1].

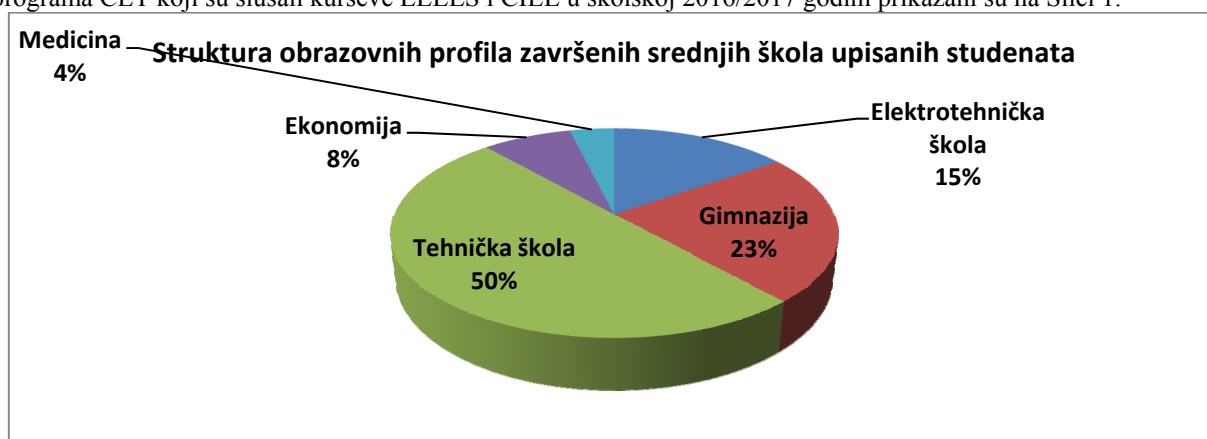
Dodatni problem koji je identifikovan u ovom delu odnosi se na činjenicu da su oblasti distribuiranih izvora energije (DIE), energetske efikasnosti (EE) i čistih energetske tehnologije (ČET) relativno i nove naučne i privredne oblasti kojima se tek u poslednje oko dve decenije posvećuje posebna pažnja. S obzirom na ovu, kao i činjenicu da se poslednjih godina dramatično povećao obim i intenzitet istraživanja, razvoja i promocije korišćenja DIE i ČET, pojavio se novi problem nedostatka kadrova u ovoj oblasti. Pod terminom "kadrovi" podrazumevaju se kako visokoobrazovano

(visokokvalifikovano) osoblje (profesori, asistenti, istraživači, inženjeri i dr.) tako i srednjeobrazovano osoblje (tehničari za distribuirane izvore energije, tehničari za energetske efikasnost, tehničari za zaštitu životne sredine, i dr.). Kao efikasan i efektan odgovor na ove probleme, najveći broj najrazvijenijih zemalja Evrope i sveta izvršio je proces reformisanja oblasti visokog i srednjeg obrazovanja. Glavni ciljevi procesa reformisanja obrazovanja su pre svega rešavanje globalnih problema čovečanstva, stvaranje kvalitetnih kadrova i spoj obrazovanja i privrede. S tim u vezi, glavna baza pomoću koje se mogu rešiti gorenavedeni problemi i na kojoj se mogu izgraditi kvalitetni visokoobrazovani (samim tim i srednjeobrazovani kadrovi) jesu novi (novootvoreni) ili postojeći unapređeni (modernizovani) studijski programi čiji su kurikulumi usmereni na DIE i EE i ČET usklađeni sa potrebama u energetici, ekologiji i ekonomiji.

Prateći evropske i svetske i trendove dinamičnog istraživanja, razvoja, korišćenja i promocije DIE, EE i ČET, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu (FTN) temeljno i uspešno se posvetio istraživanju i praćenju aktuelnog stanja u ovim veoma perspektivnim oblastima novih tehnologija u visokom obrazovanju i privredi. Dokaz tome predstavlja i uspešna akreditacija novog studijskog programa osnovnih i master akademskih studija – studijski program Čiste Energetske Tehnologije (ČET).

U procesu održavanja nastave na studijskom programu ČET identifikovan je veoma ozbiljan i za istraživanje interesantan naučno-pedagoški problem. Ovaj problem se odnosi na sastav, odnosno strukturu i obrazovni profil upisanih studenata i njihova predznanja stečena u srednjoj školi. Na osnovu analiza anketa koje su sprovedene među studentima koji su upisani na studijski program ČET ustanovljeno je da veliki broj studenata ne poseduje adekvatna (dovoljna, pa čak ni osnovna) predznanja za razumevanje gradiva određenih kurseva studijskog programa ČET, pogotovo kurseva (predmeta) iz oblasti elektrotehnike – DIE i EE.

Glavni uzrok problema slabog, pa i nikakvog predznanja studenata identifikovan je u činjenici da je značajan broj studenata završio različite vrste srednjih škola koje nisu tehničke prirode i nisu usmerene na sticanje tehničkih znanja. Rezultati anketa studenata u pogledu vrsta završene srednje škole za generaciju studenata studijskog programa ČET koji su slušali kurseve EEEES i ČIEE u školskoj 2016/2017 godini prikazani su na Slici 1.



Slika 1. Anketni rezultati u pogledu završene srednje škole.

U okviru rezultata ankete u vezi strukture obrazovnih profila srednje škole, od ukupno 27 upisanih studenata, elektrotehničku školu je završilo 4 studenata (udeo oko 15%), gimnaziju 6 (oko 23%), tehničku školu 13 (oko 50%), ekonomsku školu 3 (oko 8%), dok je medicinsku školu završio 1 student (oko 4%). Pri tom, u okviru rezultata ankete vezanih za tehničku školu podrazumevaju se obrazovni profili iz oblasti mašinstva, građevine, arhitekture, saobraćaja, geodezije, metalurgije, i dr.

Na osnovu gore dobijenih rezultata ankete, zaključeno je da je neophodno napraviti specifičan pristup i kompleksan koncept nastavnih aktivnosti koji će harmonizovati znanja studenata i zainteresovati studente za znanja iz oblasti elektrotehnike.

Iz tih razloga, kao potencijalno efikasno i efektno rešenje ovog problema, u kurikulumu studijskog programa ČET, na trećoj godini osnovnih akademskih studija usvojena su dva kursa čiji je fokus usmeren ka energetske efikasnosti i intenzivnijem korišćenju obnovljivih izvora energije, i to:

1. Ekonomični i energetske efikasni električni sistemi (EEEES), i
2. Čisti izvori električne energije (ČIEE).

U nastavku će biti dat opis sadržaja i organizacija kurseva (predmeta) EEEES i ČIEE, kao i rezultati ankete studenata u pogledu evaluacije predmeta i predmetnih nastavnika.

2. OPIS KURSEVA

U cilju maksimalne motivacije studenata i obezbeđivanja maksimalnog razumevanja za odgovarajuće principe, probleme i rešenja iz naučne oblasti DIE, EE i ČET, bilo je neophodno temeljno pristupiti definisanju i kreiranju adekvatnih sadržaja kurseva. Opisi sadržaja kurseva Ekonomični i energetske efikasni električni sistemi i Čisti izvori električne energije dati su u nastavku poglavlja.

2.1 Ekonomični i energetske efikasni električni sistemi

Kurs Ekonomični i energetske efikasni električni sistemi (EEEEES) predstavlja kurs iz oblasti elektroenergetskih sistema i spada u stručno-aplikativnu kategoriju. Kurs EEEEEES se drži na trećoj godini osnovnih akademskih studija u zimskom (petom) semestru i ukupno nosi 6 ESPB. S obzirom da su predznanja studenata iz oblasti elektrotehnike neadekvatna (slaba, pa čak i nikakva), kurs EEEEEES je usmeren ka motivisanju studenata za sticanje teorijskih i praktičnih znanja iz oblasti elektroenergetskih sistema, elektroprivrednog sektora, tržišta električne energije, energetske elektronike, obnovljivih izvora energije i energetske efikasnosti.

U cilju postizanja maksimalne zainteresovanosti studenata za teme koje se analiziraju tokom semestra, kurs EEEEEES se sastoji iz dva dela. Pri tom, ova dva dela kursa EEEEEES se izvode od strane dva profesora i dva asistenta, što na osnovu povratne informacije i utisaka studenata predstavlja interesantan i dinamičan koncept i specifičan pristup nastavnim aktivnostima i držanja kursa. Na ovaj način, studenti se od strane prvog profesora edukuju za oblast elektroenergetskih sistema i tržišta električne energije od strane prvog profesora, dok drugi profesor organizuje i edukuje studente za oblast energetske elektronike i energetske efikasnosti. Takođe, računarske simulacije iz oblasti elektroenergetskih sistema i tržišta električne energije se organizuju od strane prvog asistenta, dok se rešavanje konkretnih matematičkih i inženjerskih računskih zadataka, kao i laboratorijske vežbe organizuju od strane drugog asistenta.

U pogledu konkretnog opisa kursa EEEEEES, sadržaj kursa EEEEEES sa spiskom konkretno definisanih tema je prikazan u Tabeli 1.

Tabela 1 – Sadržaj kursa EEEEEES [2]

Deo	Broj nedelje	Tema
I	1.	Tradicionalni elektroenergetski sistemi, čiste energetske tehnologije i proizvodnja električne energije: struktura i način funkcionisanja
	2.	Energetska politika u Evropi i svetu - procesi deregulacije i tretiranja električne energije na tržištu električne energije
	3.	Prikaz deregulisanog elektroenergetskog sistema i način njegovog funkcionisanja
	4.	Alati i softveri za upravljanje i optimalan rad elektroenergetskih sistema
	5.	Berze električne energije
	6.	Metode formiranja cene električne energije i načini trgovanja električnom energijom
	7.	Povećanje energetske efikasnosti postojećih elektroenergetskih sistema
II	8.	Fleksibilni naizmjenični prenosni sistemi (FACTS) i uloga FACTS uređaja u elektroenergetskim sistemima
	9.	Sistemi sa jednosmernim prenosom na visokim naponima (HVDC sistemi)
	10.	Metode povećavanja kapaciteta elektroenergetskih mreža u cilju veće energetske efikasnosti
	11.	Uloga distribuiranih energetske izvora u deregulisanom elektroenergetskom sistemu
	12.	Načini monitoringa i praćenja distribuiranih izvora energije, proizvodnje i potrošnje električne energije
	13.	Ekonomična potrošnja električne energije i metode podsticaja (tarifni sistemi)
	14.	Stanje u Srbiji i rad tržišta električne energije u jugoistočnoj Evropi

Kompletan sadržaj kursa EEEEEES izvodi se, analizira, obrađuje i analizira kroz međusobno i vremenski sinhronizovan niz koji se sastoji od predavanja, auditornih vežbi, računarskih (demonstracionih) vežbi, laboratorijskih vežbi i individualnog studentskog istraživačkog rada na izradi seminarskog rada.

Cilj kursa EEEEEES je da studentima predstavi uticaj tehnno-ekonomskih kriterijuma u okviru tradicionalnih elektroenergetskih sistema, elektroprivrednog sektora i tržišta električne energije. Posebna pažnja na kursu EEEEEES posvećuje se primeni različitih komponenta energetske elektronike i energetske pretvarača koji za cilj imaju povećanje energetske efikasnosti električnih sistema sa distribuiranim izvorima energije. Na kursu EEEEEES studentima se detaljno opisuju i analiziraju struktura elektroenergetskih sistema, velike promene u tretiranju električne energije na tržištu električne energije, proces deregulacije, formiranje energetske tržišta, a pogotovo berzi električne energije koje su značajno i dalekosežno promenile elektroenergetiku u Evropi i svetu. Takođe, dodatni cilj kursa EEEEEES je i da predstavi čiste energetske tehnologije za efikasno korišćenje postojećih prirodnih resursa, odnosno omogućavanje proširenja kapaciteta radi uključivanja distribuiranih generatora.

2.2 Čisti izvori električne energije

Kurs Čisti izvori električne energije (ČIEE) predstavlja kurs iz oblasti elektroenergetskih sistema i spada u naučno-stručnu kategoriju. Kurs CEES se drži na trećoj godini osnovnih akademskih studija u letnjem (šestom) semestru i ukupno nosi 7 ESPB. S obzirom da su nakon održanog kursa EEEEEES u zimskom semestru predznanja

studenata iz oblasti elektrotehnike poboljšana i harmonizovana, kurs ČIEE predstavlja nastavak edukacije studenata koji je usmeren ka motivisanju studenata za sticanje teorijskih i praktičnih znanja iz oblasti obnovljivih izvora energije, čistih energetske tehnologije, mikromreža, pametnih mreža i energetske efikasnosti. Za razliku od kursa EEEES koji se organizovan i realizovan od strane dva profesora i dva asistenta, kurs ČIEE se organizuje od strane jednog profesora i jednog asistenta. U pogledu konkretnog opisa kursa ČIEE, sadržaj kursa ČIEE sa spisikom konkretno definisanih tema je prikazan u Tabeli 2.

Tabela 1 – Sadržaj kursa ČIEE [3]

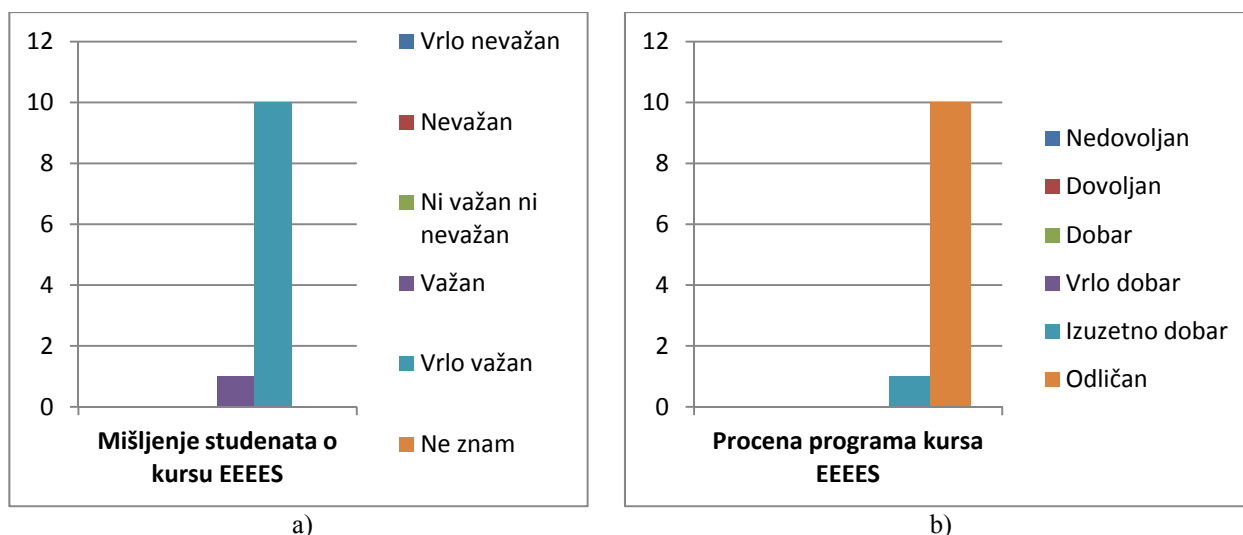
Broj nedelje	Tema
1.	Pojam i vrste čistih izvora energije i mogućnosti konverzije u električnu energiju: Uvod
2.	Metode estimacije energetske potencijala čistih izvora energije država, regija ili određenih lokacija
3.	Pregled raspoloživih softverskih alata za oblast čistih izvora električne energije
4.	Stanje u globalnoj ekonomiji i karakteristični trendovi razvoja čistih izvora električne energije
5.	Pregled realizovanih kapaciteta čistih izvora energije u Evropi, Srbiji i Vojvodini
6.	Konvertori energije Sunca, vetra i vode u električnu energiju: teorija, konstrukcija, modeli i način funkcionisanja
7.	Fotonaponske elektrane: konstrukcija, način rada, havarijski režimi, menadžment, povezivanje sa EES
8.	Vetroelektrane (farme vetrenjača): konstrukcija, način rada, havarijski režimi, menadžment, povezivanje sa EES
9.	Karakteristike i izbor električnih generatora u elektranama na vetar
10.	Male hidroelektrane: način rada, konstrukcija, upravljanje i priključenje na EES
11.	Električna vozila: konstrukcija, način rada, menadžment, povezivanje sa EES
12.	Primena ostalih vrsta čistih izvora električne energije: principi rada i mogućnosti primene
13.	Tehno-ekonomske analize primene čistih izvora električne energije: načini i analize
14.	Stanje na tržištu i primeri realizovanih elektrana za proizvodnju električne energije iz čistih izvora energije u Srbiji i Evropi

Kompletan sadržaj kursa ČIEE izvodi se, analizira, obrađuje i analizira kroz međusobno i vremenski sinhronizovan niz koji se sastoji od predavanja, auditornih vežbi, laboratorijskih vežbi, studentske posete realizovanim projektima i elektranama za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije, kao i individualnog studentskog istraživačkog rada na izradi semestralnog rada.

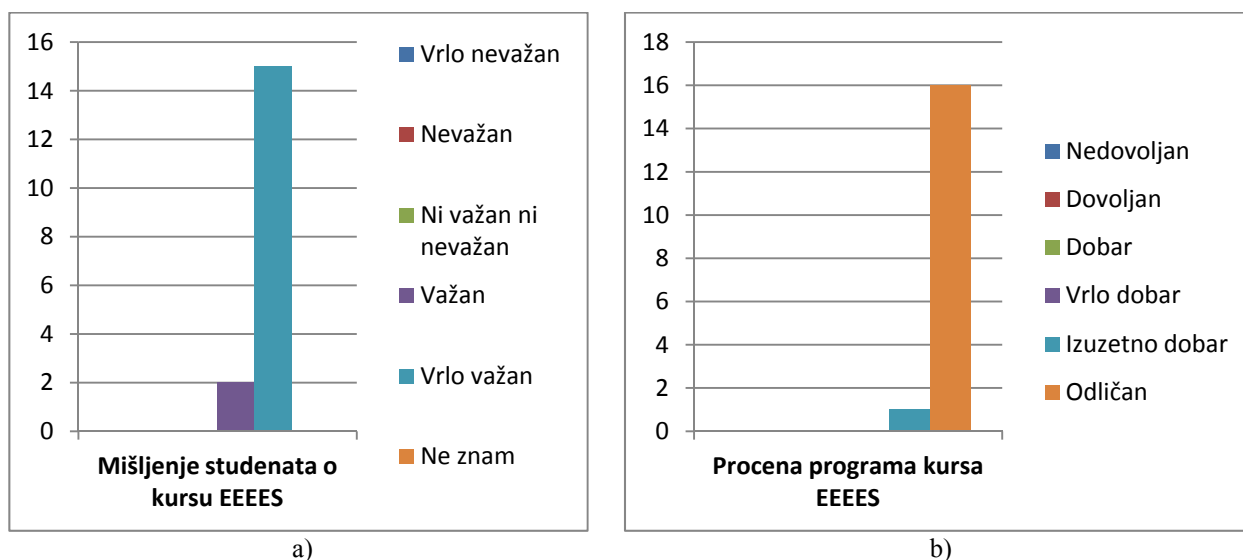
Cilj kursa ČIEE je da studenti steknu osnovna znanja o postojećim potencijalima za eksploataciju čistih izvora električne energije, kao i principa rada i eksploatacije električnih centrala na ovakve energente, pre svega energije Sunca, vetra i vode (male hidroelektrane), ali i energije dobijene iz biomase, geotermalnih izvora i drugih vrsta izvora energije. Studenti treba da se detaljno upoznaju o načinima rada, projektovanja, konstruisanja i tehnno-ekonomskim aspektima njihove primene, a posebno u svetlu raspoloživih kapaciteta u Srbiji, kao i u autonomnoj pokrajini Vojvodini. Pored svega navedenog, studentima se prezentuju i načini uključivanja ovih izvora u postojeći električni distributivni sistem, kao i svi problemi i prednosti ovakvog pristupa.

3. EVALUACIJA KURSEVA – ANKETA STUDENATA

U cilju provere stepena (nivoa) zadovoljstva konceptom i sadržajem kurseva (predmeta) EEEES i ČIEE, na kraju zimskog i letnjeg semestra, među studentima studijskog programa ČET je sprovedena anketa. Pitanja u anketi se sastoje od sledećih detalja u vezi kursa: procena izvođenja nastave, procena rada profesora, procena rada asistenta, procena literature, procena kursa. Zbog zahteva anonimnosti, rezultati anketa u pogledu procene rada profesora i asistenata neće biti prikazani u ovom radu. Ipak, na osnovu svih drugih rezultata ankete, može se izvesti zaključak i u pogledu ovih pitanja. Rezultati ankete o proceni izvođenje nastave pokazali su da se predavanja i vežbe uvek i redovno izvode po zvaničnom rasporedu (odgovor “da” 100% studenata), kao i da profesor i asistent redovno održavaju konsultacije (odgovor “da” 100% studenata). Rezultati ankete o proceni literature pokazali su da postoji odgovarajuća literatura (odgovor “da” 100% studenata) i da literatura nije preobimna (odgovor “da” 90% studenata). S obzirom da se ovaj rad bavi sadržajem kurseva, u nastavku će u vidu grafikona biti prikazani rezultati ankete o proceni kurseva EEEES i ČIEE. Rezultati ankete studenata koji se odnose na procenu kurseva EEEES i ČIEE prikazani su na Slici 2 a) i b) i Slici 3 a) i b).



Slika 2. Anketa studenata o kursu EEEES: a) procena važnosti kursa, b) procena programa kursa.



Slika 3. Anketa studenata o kursu ČIEE: a) procena važnosti kursa, b) procena programa kursa.

4. ZAKLJUČAK

Značajno povećanje obima i intenziteta istraživanja, razvoja, korišćenja i promocije čistih izvora električne energije (Sunce, vetar, voda, biomasa, i dr.), energetske efikasnosti i čistih energetske tehnologije pokazali su se kao izuzetno efikasno i efektno rešenje globalnih problema sa kojima se susreće čovečanstvo poput problema neracionalne potrošnje energije, emisije gasova sa efektom staklene bašte, globalnog zagrevanja i klimatskih promena. Upravo zbog dinamičnih i velikih promena u industriji obnovljivih izvora energije i čistih energetske tehnologije pojavila se velika potreba za visokoobrazovanim kadrovima. Potencijalno efikasno i efektno rešenje za usklađivanje sa potrebama u privredi i industriji i stvaranje novih kadrova jesu novi studijski programi na fakultetima. Kako bi se omogućilo i obezbedilo stvaranje novih kvalitetnih visokoobrazovnih kadrova u oblasti obnovljivih izvora energije i energetske efikasnosti, neophodno je detaljno i kvalitetno kreiranje kurikuluma studijskih programa iz ove oblasti i sadržaja kurseva koji ih čine. Sadržaji sa detaljnim spiskom tema na kursevima Ekonomični i energetske efikasni električni sistemi i Čisti izvori električne energije na studijskom programu Čiste energetske tehnologije na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu pokazali su se kao kvalitetan i uspešan koncept nastave i saradnje sa privredom. Kao potvrda kvaliteta i uspešnosti nastave na kursevima dati su rezultati anketa sprovedenih među studentima ovog studijskog programa.

5. LITERATURA

- [1] REN21. 2018. *Renewables 2018 Global Status Report* (Paris: REN21 Secretariat). ISBN 978-3-9818911-3-3
- [2] <http://www.ftn.uns.ac.rs/n1556005743/ekonomicki-i-energetski-efikasni-elektricni-sistemi>
- [3] <http://www.ftn.uns.ac.rs/n1719656757/cisti-izvori-elektricne-energije>