

osvrti i mišljenja

Uređuje: dr. sc. Zvonko Benčić

Budućnost inženjerskog obrazovanja i novi nastavni program Fakulteta elektrotehnike i računarstva

U članku su opisane uloge i odgovornosti inženjera u razvoju društva, te temeljne značajke sadašnjeg i budućeg profesionalnog okoliša inženjera: eksplozivni rast tehnoloških znanja, multidisciplinarni razvoj i globalizirano tržište. Stoga se danas obrazovanje inženjera intenzivno preoblikuje u cijelom svijetu. Na usmjerenje i harmonizaciju tog procesa najviše utječu akreditacijski kriteriji. U Europi se zajedničkim projektima usuglašava konačni oblik zajedničkih kriterija koji je usredotočen na rezultate obrazovnog procesa i sukladan kriterijima u SAD-u.

Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu (FER) se aktivno uključio u prilagođavanje studija bolonjskom procesu, uz želju da se u potpunosti uključi u europski prostor visokoškolskog obrazovanja za inženjere. Stoga su pri formiranju novog nastavnog programa poštovani europski akreditacijski kriteriji. Novi studij je akreditirala njemačka agencija ASIIN. On je strukturiran u dva ciklusa: preddiplomski studijski program sa studijima elektrotehnika i informacijska tehnologija, te računarstvo u trajanju od tri godine; i diplomski studijski program sa studijima elektrotehnika i informacijska tehnologija, informacijska i komunikacijska tehnologija, te računarstvo u trajanju od dvije godine.

1. UVOD

Razvoj suvremenog društva bitno ovisi o inženjerima. Oni su odgovorni za kvalitetu i sigurnost proizvoda koji se svakodnevno koriste (voda, električna energija, transport, zaštita okoliša, informacijska i komunikacijska tehnologija ...) i značajno utječu na daljnji društveni razvoj. Uloga inženjera se redefinira, oni više ne razvijaju tehnologiju za društvo, već postaju sudionici u socijalnom procesu kojim tehnologija oblikuje društvo. Današnji i budućni inženjeri moraju preuzeti tu ulogu i odgovornost u brzo promjenjivom i složenom profesionalnom okolišu karakteriziranom eksplozivnim rastom novih tehničkih znanja. Obujam tehničkih znanja iz 1750. se udvostručio do 1900. godine. Za sljedeće udvostručenje trebalo je 50 godina, a danas se ta znanja udvostručuju svakih pet godina. Za 2020. godinu se predviđa udvostručenje tehnoloških znanja svaka 72 dana [1].

Moderni tehnološki razvoj karakterizira multidisciplinarnost. U prošlom stoljeću se inženjerstvo organiziralo u naoko odvojene discipline. Osnovna znanja pojedinih disciplina (elektrotehnika, strojarstvo, građevina ...) bila su dobro definirana i međusobno različita, iako ne u toj mjeri kao što bi se moglo zaključiti iz nastavnih programa na odgovarajućim fakultetima. Danas je situacija mnogo složenija, inovacije i tehnološki proboji (nanotehnologija, biotehnologija ...) izvedeni su konver-

gencijom različitih disciplina. Učinkovit rad inženjera u interdisciplinarnim poljima temelji se na vladanju temeljnim inženjerskim znanjima i poznavanju širokih područja primjene.

Tehnološko tržište je globalizirano, pa poduzeća moraju biti konkurentna u globalnom okolišu, inače neće moći uspjeti ni na nacionalnom tržištu. Temelj međunarodne uspješnosti je, uz tehnološku izvrsnost, razumijevanje kulturoloških i ekonomskih različitosti u svijetu.

Ove značajke današnje i buduće tehnologije bitno utječu na obrazovanje budućih inženjera. Njihov se profesionalni profil može prikazati u tri komponente [2]:

- *Znanja* i činjenice kojima vladaju i koncepti koje razumiju;
- *Vještine* koje koriste pri primjeni svojih znanja i upravljanju;
- *Stavovi* koji definiraju ciljeve kojima će njihova znanja i vještine biti usmjereni.

Budući inženjeri će raditi u okolišu kojim će dominirati industrija temeljena na znanju, a ekonomski uspjeh će ovisiti o sposobnostima inženjera za rješavanje novih problema korištenjem temeljnih znanja. Stoga oni moraju biti prilagodljivi i sposobni za usvajanje novih znanja i vještina tijekom cijele profesionalne karijere, te donositi odluke uzimajući u obzir njihove društvene, etičke i moralne posljedice.

2. AKREDITACIJA INŽENJERSKIH PROGRAMA

Svijest o složenim izazovima za buduće inženjere pokrenula je intenzivno preoblikovanje inženjerskog obrazovanja u cijelom svijetu. U SAD-u na to najviše utječu akreditacijski kriteriji ABET-a (*Accreditation Board for Engineering and Technology*). U Europi na preoblikovanje djelomično, ali bitno, utječe bolonjski proces koji je formalno započeo deklaracijom europskih ministara obrazovanja 19. lipnja 1999. Njegovi osnovni ciljevi su harmonizacija europskog sustava visokog školstva, uvođenjem prepoznatljivih i usporedivih akademskih naziva, usvajanjem dva ciklusa u visokoškolskom obrazovanju, uporabom sustava akumulacije i prijenosa bodova, promicanjem mobilnosti i europske dimenzije, te promicanjem europske suradnje u osiguranju kvalitete visokog školstva. Najšire je prihvaćeno obrazovanje inženjera kroz preddiplomski studij u trajanju od tri godine kojim se stječe akademski stupanj *baccalaureus* i u nastavku diplomski studij u trajanju od dvije godine kojim se stječe akademski stupanj magistra. U nastajanju je i europski akreditacijski sustav za inženjersko obrazovanje.

Temelj za ujednačavanje i akreditaciju sveučilišnih programa je ECTS bodovni sustav (*ECTS – European Credit Transfer System*), a njegove osnovne značajke su:

- 1 ECTS bod odgovara opterećenju studenta od 25 do 30 sati.
- Opterećenje studenta u jednom semestru je 30 ECTS-a i sastoji se od pohađanja nastave i samostalnog rada.
- Kumulativnost – akademski nazivi stječu se nakon što se skupi propisani broj ECTS bodova. Bodovi se dodjeljuju kolegijima, a stječu se nakon uspješno odrađenih svih obaveza predviđenih za kolegij, uključujući i provjere znanja.
- Prenosivost – ECTS bodovi se mogu prenositi između sveučilišta, pa proračun bodova po kolegiju mora biti jednostavan i transparentan.

U okviru projekta »*European Accredited Engineer (EUR-ACE)*« [3] predložen je opći okvir za akreditaciju inženjerskih programa u Europi koji se temelji na šest rezultata obrazovnog procesa:

- *Znanje i razumijevanje* prirodnih znanosti, matematike i temelja inženjerstva.
- *Inženjerska analiza* koja uključuje identifikaciju problema i specifikacija, te izbor i korektnu primjenu metodologije rješavanja.

- *Inženjersko projektiranje* koje uključuje sposobnost realizacije naprava, procesa i metoda u suradnji s drugim osobama vodeći računa o tehničkim, društvenim, zdravstvenim, ekološkim i komercijalnim ograničenjima.
- *Istraživanje* kao sposobnost korištenja literature, oblikovanja i provođenja eksperimenata i interpretacije rezultata, te računalnih simulacija, za pronalaženje novih tehnoloških rješenja.
- *Inženjerska praksa* kao sposobnost primjene znanja i razumijevanja pri razvoju praktičnih vještina za rješavanje problema, istraživanje i projektiranje naprava i procesa.
- *Opće vještine* koje su nužne za inženjersku praksu a ujedno i široko primjenjive (sposobnost timskog rada, komunikativnost s inženjerima i društvom u cjelini, svijest o zdravstvenim, sigurnosnim i zakonskim posljedicama inženjerskog rada, te utjecaju inženjerskih rješenja na društvo i okoliš ...).

Njemačka akreditacijska agencija ASIIN (*Akkreditierungsagentur für Studiengänge der Ingenieurwissenschaften, der Informatik, der Naturwissenschaften und Mathematik*) za programe iz inženjerstva, računarstva i prirodnih znanosti definirala je rezultate obrazovnog procesa koji se ocjenjuju pri akreditaciji. Rezultati preddiplomskog studija trebaju biti [4]:

- Specijalističke kompetencije
 - stečena temeljna znanja u izabranoj disciplini,
 - poznavanje odnosa izabrane i srodnih disciplina,
 - sposobnost identifikacije, formuliranja, analiziranja i rješavanja problema u okviru izabrane discipline,
 - sposobnost obavljanja analitičkih ili sintetičkih poslova uzimajući u obzir znanstvene, tehničke, društvene, ekološke i ekonomske uvjete i standarde korištenjem odgovarajućih metoda i postupaka,
 - razumijevanje učinka njihovih aktivnosti na okoliš i prepoznavanje potrebe za održivim razvojem,
 - sposobnost rada u različitim profesionalnim područjima zahvaljujući metodološkim, specijalističkim i općim kompetencijama.
- Socijalne kompetencije
 - sposobnost komuniciranja s kolegama i javnošću o ključnim problemima iz njihove discipline, sposobnost komuniciranja na stranim jezicima i s različitim kulturama,
 - svijest o društvenoj i etičkoj odgovornosti,

Tablica 1. ASIIN – preporučena struktura preddiplomskog studija (3 godine)

Sadržaji	%	ECTS
Temelji matematike i prirodnih znanosti	20	36
Osnove elektrotehnike i informacijske tehnologije	25	45
Jezgreni i specijalistički predmeti usmjerenja	30	54
Interdisciplinarni (ne tehnički) predmeti	10	18
Slobodni izborni sadržaji	8	15
Završni rad	7	12

- sposobnost samostalnog rada kao i rada u grupi, učinkovitog organiziranja i vođenja projekata, kao i preuzimanja odgovornosti,
- dobra priprema za ispunjavanje društvenih i radnih obaveza u industrijskom ili akademskom kontekstu nakon zapošljavanja,
- sposobnost cjeloživotnog učenja.

Rezultati diplomskog studija, uz prethodno navedene, trebaju biti:

- Specijalističke kompetencije
 - produbljeno specijalističko i interdisciplinarno znanje,
 - sposobnost rješavanja složenih problema i poslova,
 - vještina prepoznavanja budućih problema, tehnologija i znanstvenih dostignuća.
- Socijalne kompetencije
 - sposobnost samostalnog rada, kao i organiziranja i vođenja složenih projekata,
 - sposobnost preuzimanja odgovornosti za vođenje zahvaljujući usvojenim znanstvenim, tehničkim i socijalnim kompetencijama.

Za područja elektrotehnike i računarstva ASIIN [5] je definirao okvire za strukturu nastavnog programa preddiplomskog (tablica 1) i diplomskog studija (tablica 2).

3. NOVI NASTAVNI PROGRAM FER-a

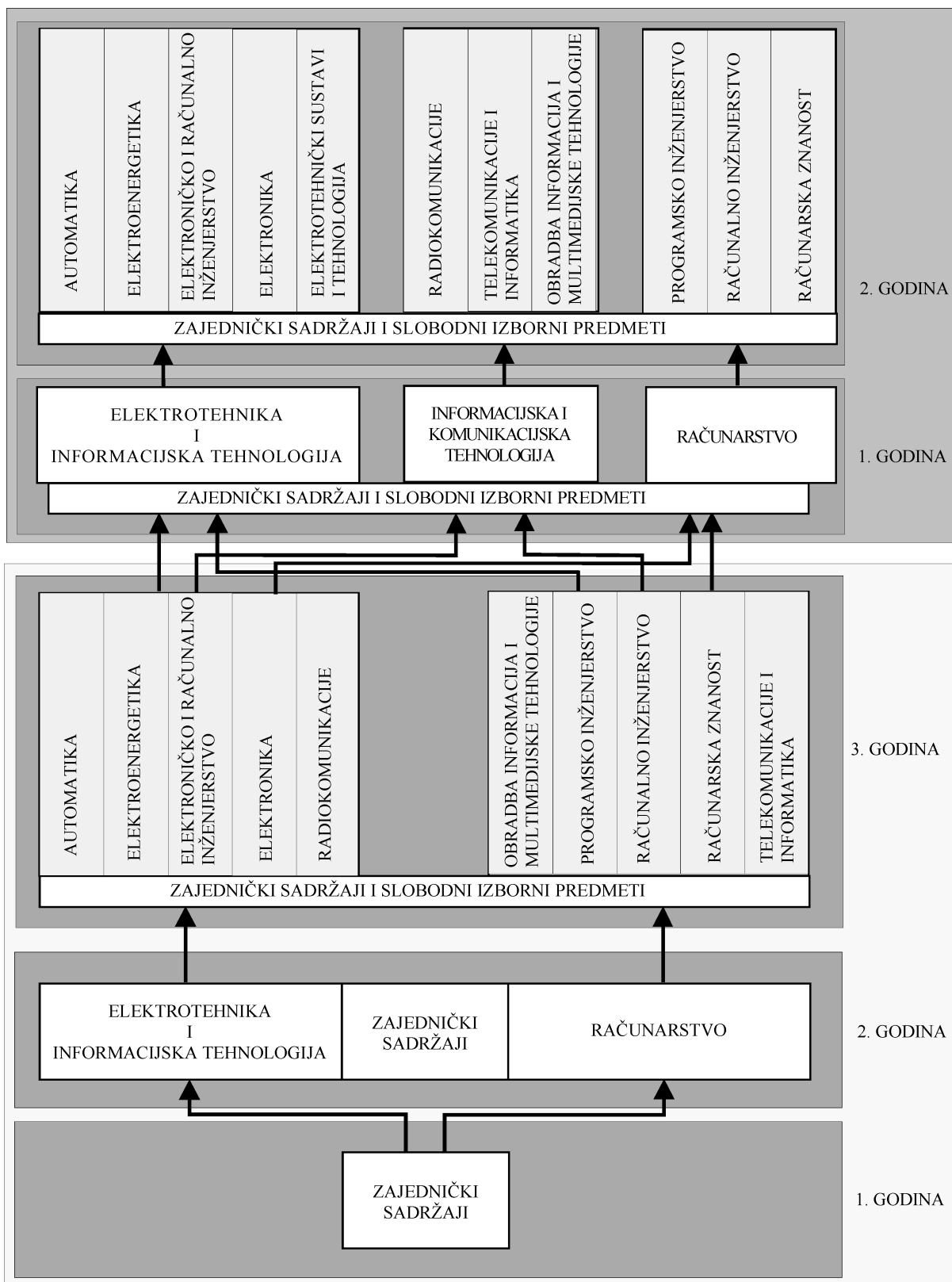
FER je pristupio izradi novog nastavnog programa sa željom da se u potpunosti uključi u europski prostor visokog obrazovanja, pa je jedna od temeljnih pretpostavki za njegovo donošenje bilo uklapanje u europske akreditacijske kriterije. U izradi programa sudjelovali su gotovo svi nastavnici FER-a, a njihove je napore koordinirao i usmjeravao Odbor za nove studijske programe i razvoj Fakulteta u sastavu: prof. dr. sc. Mirta Baranović, prof. dr. sc. Nikola Bogunović, prof. dr. sc. Gorislav Erceg, prof. dr. sc. Branko Jeren, prof. dr. sc. Mladen

Tablica 2. ASIIN – preporučena struktura diplomskog studija (2 godine)

Sadržaji	%	ECTS
Teorijski predmeti elektrotehnike i informacijske tehnologije	30	36
Specijalistički predmeti usmjerenja	25	30
Slobodni izborni sadržaji	20	24
Magistarski rad	25	30

Kos, prof. dr. sc. Mario Kovač, prof. dr. sc. Slavko Krajcar, prof. dr. sc. Ignac Lovrek, prof. dr. sc. Borivoj Modlic, prof. dr. sc. Vedran Mornar, prof. dr. sc. Nedjeljko Perić i prof. dr. sc. Željko Štih. Novi studij se sastoji od dva ciklusa: preddiplomski u trajanju od tri godine i diplomski u trajanju od dvije godine (slika 1). Preddiplomski studij je organiziran u dva studijska programa [6], a blago profiliranje se postiže modulima predmeta na trećoj godini:

- *Elektrotehnika i informacijska tehnologija.* Danas ne postoji djelatnost unutar elektrotehnike koja nije isprepletana s informacijskom tehnologijom, pa su ta dva područja udružena u ovaj preddiplomski studijski program. On omogućava stjecanje kompetencija za analizu i rješavanje srednje složenih inženjerskih problema, za rad u timu, te za doprinos oblikovanju sustava, komponenata i procesa, uz korištenje temeljnih znanja iz matematike, fizike, elektrotehnike i informacijske tehnologije. Završetkom ovog programa stječe se akademski stupanj *baccalaureus elektrotehnike i informacijske tehnologije*, a moduli predmeta koji se mogu izabrati na trećoj godini su:
 - radiokomunikacije,
 - elektronika,
 - elektroničko i računalno inženjerstvo,
 - automatika,
 - elektroenergetika.
- *Računarstvo* obuhvaća teoriju, metode analize i sinteze, projektiranje i konstrukciju, primjenu i djelovanje računalskih sustava. Ovaj preddiplomski studijski program omogućava stjecanje kompetencija za analizu i rješavanje srednje složenih inženjerskih problema, za rad u timu, te za doprinos oblikovanju sustava i procesa s područja računarstva, uz korištenje temeljnih znanja iz matematike, fizike, elektrotehnike i računarstva te suvremenih računarskih alata. Završetkom ovog programa stječe se akademski stupanj *baccalaureus računarstva*, a moduli predmeta koji se mogu izabrati na trećoj godini su:



Slika 1. Organizacija studija FER-2

- programsko inženjerstvo,
- računalno inženjerstvo,
- telekomunikacije i informatika,
- računarska znanost,
- obradba informacija i multimedijske tehnologije.

Diplomski studij je organiziran u tri studijska programa [7]:

- *Elektrotehnika i informacijska tehnologija* s profilima:
 - automatika,
 - elektrotehnički sustavi i tehnologija,
 - elektroenergetika,
 - elektroničko i računalno inženjerstvo,
 - elektronika.

Završetkom ovog programa stječe se akademski stupanj *magistar elektrotehnike i informacijske tehnologije*.

- *Informacijska i komunikacijska tehnologija* s profilima:
 - obradba informacija,
 - radiokomunikacijske tehnologije,
 - telekomunikacije i informatika.

Završetkom ovog programa stječe se akademski stupanj *magistar informacijske i komunikacijske tehnologije*.

- *Računarstvo* s profilima:
 - programsko inženjerstvo i informacijski sustavi,
 - računalno inženjerstvo,
 - računarska znanost.

Završetkom ovog programa stječe se akademski stupanj *magistar računarstva*.

Struktura nastavnih sadržaja za preddiplomski i diplomski studij dana je u tablicama 3 i 4 i 5.

Uveden je i novi model studiranja kojim se studente potiče na samostalni i kontinuirani rad tijekom semestra. Semestar je podijeljen u tri ciklusa:

1. ciklus: pet tjedana nastave + tjedan laboratorija + tjedan prvih međuispita
2. ciklus: četiri tjedna nastave + tjedan laboratorija + tjedan drugih međuispita
3. ciklus: četiri tjedna nastave + tjedan laboratorija + tjedan završnih ispita + tjedan ponovljenih završnih ispita.

U jednom tjednu studenti slušaju dvadesetak sati izravne nastave u kojima je spojena teorija i primjena. Time se omogućava prelazak na problemski orijentirano poučavanje, a ostavlja se studentima dovoljno vremena za samostalni rad. Ocjenjivanje se temelji na kontinuiranoj provjeri znanja putem

Tablica 3. Struktura preddiplomskog studija Elektrotehnika i informacijska tehnologija

Sadržaji	%	ECTS
Matematika i fizika	20	36
Elektrotehnika	28	50
Elektrotehnika/Računarstvo	8	14
Računarstvo	8	15
Društveni predmeti	9	17
Laboratorij i vještine	13	24
Slobodni izborni predmeti	7	12
Završni rad	7	12
Ukupno	100	180

Tablica 4. Struktura preddiplomskog studija Računarstvo

Sadržaji	%	ECTS
Matematika i fizika	20	36
Elektrotehnika	9	17
Elektrotehnika/Računarstvo	8	14
Računarstvo	27	48
Društveni predmeti	9	17
Laboratorij i vještine	13	24
Slobodni izborni predmeti	7	12
Završni rad	7	12
Ukupno	100	180

Tablica 5. Struktura diplomskog studija

Sadržaji	%	ECTS
Teorijski predmeti profila	21	25
Matematika i prirodoslovlje	7	8
Predmeti specijalizacije profila	20	24
Slobodni izborni predmeti	13	16
Slobodni društveni predmeti	6	7
Laboratorij i vještine	8	10
Magistarski rad	25	30
Ukupno	100	120

prisutnosti i aktivnosti na nastavi, domaćih i školskih zadaća, testova na računalu, samostalnih i timskih projekata, međuispita i završnih ispita. Svaka od ovih aktivnosti može donijeti unaprijed propisani broj bodova, a prolaznu ocjenu i ECTS bodove predviđene za kolegij stječu studenti koji ukupno steknu barem 50 % od maksimalnog broja bodova. S obzirom na to svi studenti imaju jednake provjere znanja, koje se u pravilu pišu u isto vri-

jeme za sve studente, te da se sve aktivnosti povezane s predmetom završavaju nakon ponovljenog završnog ispita, pozitivne ocjene dodjeljuju se po relativnoj skali i to:

- izvrstan – najboljih 15 % studenata u generaciji
- vrlo dobar – sljedećih 35 % studenata
- dobar – sljedećih 35 % studenata
- dovoljan – sljedećih 15 % studenata.

Njemačka akreditacijska agencija ASIIN je akreditirala novi program FER-a u lipnju 2006. godine, a FER je svrstala u istraživački orijentirane fakultete, koji su ovlašteni dodjeljivati akademske nazive *bachelor of science* i *master of science*.

4. ZAKLJUČAK

Profesionalni okoliš inženjera u dvadeset i prvom stoljeću se brzo mijenja i postaje sve složeniji, a inženjeri postaju sudionici u socijalnom procesu kojim tehnologija oblikuje društvo. Time se bitno mijenja uloga i odgovornost inženjera u budućnosti pa je nužno preoblikovanje inženjerskog obrazovanja. U Europi je u tijeku preoblikovanje cjelokupnog visokoškolskog obrazovanja na načelima bolonjskog procesa, a harmonizaciju obrazovanja europskih inženjera nastoji se dodatno usmjeriti europskim akreditacijskim kriterijima.

FER je izradio novi nastavni program koji je usklađen s bolonjskim procesom i sadašnjim oblikom europskih akreditacijskih kriterija. Uveden je

i novi model studiranja kojim se studente potiče na samostalan i kontinuirani rad tijekom semestra. Novi nastavni program je akreditirala njemačka agencija ASIIN.

5. LITERATURA

- [1] E. Staudt, **Key note address**, 20th ICDE World Conference Dusseldorf, Germany, Plenary Session, 2 April 2001.
- [2] A. Rugarcia, R. M. Felder, D. R. Woods, J. E. Stice, **The Future of Engineering Education**, Chem. Engr. Education, 34 (1), 2000.
- [3] ..., **EUR-ACE Framework Standards for the Accreditation of Engineering Programs**, 2005
- [4] ..., **ASIIN Accreditation for International Applicants – Requirements and Procedural Principles for the Accreditation of Bachelor's and Master's Degree Programmes in Engineering, Architecture, Informatics, the Natural Sciences and Mathematics**, 2005.
- [5] ..., **ASIIN Subject-Specific Supplementary Notes for the Accreditation of Bachelor's and Master's Study Programs in the Field of Electrical Engineering and Information Technology**, 2005.
- [6] ..., **FER-2: Preddiplomski studij**, www.fer.hr, 2006.
- [7] ..., **FER-2: Diplomski studij**, www.fer.hr, 2006.

prof. dr. sc. Željko ŠTIH
Fakultet elektrotehnike i računarstva (FER)
Sveučilišta u Zagrebu