

Mogućnosti korišćenja otpadne drvene i poljoprivredne biomase u Srbiji u kogeneracionim postrojenjima

Possibilities of Using Waste Wood and Agricultural Biomass in Cogeneration Plants in Serbia

Srećko Ćurčić

Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Univerzitet u Kragujevcu

Rezime - Drvni i poljoprivredni ostaci, kao sirovina mogu da se koriste: za grejanje (30% jeftiniji od gasa iz gasovoda, 50% od struje ili lož ulja), za proizvodnju električne energije kao i za druge potrebe. U ovom radu biće prikazana savremena integrisana rešenja primene gasifikacije biomase i kogeneracije (eng. *solutions for biomass gasification heat and power*). Kod ovakvih rešenja, sintetički gas sa određenim sadržajem metana se dobija u delu za gasifikaciju, a zatim se prečišćava i koristi u nekoj od CHP (Combined Heat and Power) tehnologija (npr. motoru sa unutrašnjim sagorevanjem). Gasifikacija otpadne drvene i poljoprivredne biomase za dobijanja toplotne i/ili električne energije u kogeneracijskom postrojenju, koristi i čuva optimalno raspoložive resurse. Gas dobijen gasifikacijom u kogeneracionom postrojenju koristi se u gasnom motoru (motor sa unutrašnjim sagorevanjem) koji je vratilom vezan za asinhroni generator za proizvodnju električne energije. Što se tiče otpadne drvene i poljoprivredne biomase oni se u energetske svrhe vrlo malo koriste u Srbiji na mnogo teritorija. Glavni razlog nekorisćenja otpadne i poljoprivredne biomase u energetske svrhe (proizvodnja električne i/ili toplotne energije), u pojedinim proizvodnim postrojenjima nastao je zbog nerazvijenog lanaca snabdevanja otpadnom drvnom i poljoprivrednom biomasom u formi goriva koje je pogodno za korišćenje u energetske svrhe ovih proizvođača. Za racionalno korišćenje ovih resursa neophodno je da se uradi Studija za definisane energetske teritorije, koja između ostalog treba da sadrži podatke za: vrste i raspoložive količine, lokacije nastanka i energetske potencijale.

Ključne reči - otpadna drvena biomasa, poljoprivredna biomasa, kogeneraciona postrojenja

Abstract - Wood and agricultural remains, such as raw materials can be used for heating (30% cheaper than gas from gas pipeline, 50% of electricity or heating oil), for electricity production and for other needs. In this paper, modern integrated solutions for the application of biomass and cogeneration will be presented. With such solutions, synthetic gas with certain content of methane is obtained in the gasification area, and then purified and used in a CHP (Combined Heat and Power) e.g., internal combustion engine. The gasification of waste wood and agricultural biomass for heat and / or electricity in the CHP plant preserves and saves optimally available resources. Gas obtained by gasification in the

cogeneration plant is used in the gas engine that has an asynchronous generator for electricity production on its shaft. As for waste wood and agricultural biomass, they are very little used in energy in Serbia for energy purposes. The main reason for the non-use of waste and agricultural biomass for energy purposes in some production existences is due to the underdeveloped supply chains in the form of fuels that is suitable for use for energy purposes of these manufacturers. For the rational use of these resources, it is necessary to perform a study for defined energetic territories, which, among other things, should contain data for types and available quantities, formation of origin and energy potentials.

Index Terms - waste wood biomass, agricultural biomass, cogeneration plants

I UVOD

Korišćenje raspoložive otpadne drvene i poljoprivredne biomase u energetske ili druge svrhe u Srbiji značajno je zbog: siromašnih energetskih potencijala uopšte, kao i zbog smanjenja uvozne zavisnosti, obezbeđenja snabdevanja energijom, smanjenja zagađenja okoline. Korišćenjem raspoloživih resursa imaćemo i smanjenje količina CO₂ i drugih štetnih gasova u atmosferu [1].

Raspoloživi resursi u Srbiji, na prvom mestu mogu se koristiti u energetske svrhe, ali i za druge namene (kompostiranje, proizvodnja termozvučnih izolacionih ploča i dr.).

Takođe, racionalno korišćenje raspoloživih otpadne drvene i biljne biomase u energetske i druge svrhe, značajno bi imalo uticaj na podizanje tehnološkog nivoa energetike, mašinogradnje, prehrambene industrije i dr., bržeg razvoja slabo razvijenih regiona bogatih otpadnom od poljoprivredne drvene i biljne biomase koji se ostvaruje kroz: realizaciju investicija, angažovanjem lokalne radne snage, otvaranjem novih radnih mesta, poboljšanjem lokalne infrastrukture, i ostvarivanjem prihoda kroz razne vrste proizvodnje.

Razvojni koncept korišćenja otpadne drvene i poljoprivredne biomase, na definisanoj teritoriji, treba da obuhvati sve ostatke drvene i poljoprivredne biomase od odgovarajućih sirovina, a oni su:

- drvni poljoprivredni ostaci koji nastaju, na prvom mestu, krčenjem drvnih zasada: neiskorišćeno drvo, ostaci klada, panjevi, granje, kora i dr.,
- poljoprivredni ostaci: slama, lišće, delovi voćaka, otpadi pri proizvodnji maline i kupine, vinove loze, stabljike kukuruza i dr.
- otpadna drvena i biljna biomasa iz: fragmenata šuma, međa, uvala, klizišta, održavanje rečnih tokova, održavanja elektrovodova i sl.,
- komunalni drveni i biljni otpad iz domaćinstava, od prehrambene industrije i sl. [2, 3].

Može se očekivati da će korišćenje otpadne drvene i biljne biomase imati veoma važnu ulogu u proizvodnji energije u Srbiji u narednim godinama, imajući u vidu promenu klimatskih uticaja na životnu sredinu.

Gas koji se dobija u postrojenjima za gasifikaciju od raspoloživih odgovarajućih sirovina, nakon tretmana može se koristiti za različite namene, a između ostalog i u gasnim motorima sa unutrašnjim sagoravanjem.

Pored korišćenja navedenih energenata za proizvodnju toplotne energije ona se može koristiti i za kogeneraciju. Kogeneracija (često se koristi i izraz kombinovana proizvodnja toplotne i električne energije) je istovremeno generisanje korisne toplote i električne energije u jednom procesu. Kod kombinovane proizvodnje toplote i električne energije potrošnja goriva može se smanjiti približno 25–35 % u poređenju sa proizvodnjom električne i toplotne energije u odvojenim procesima. Na taj način emisija CO₂ po proizvedenoj toploti i električnoj energiji je smanjena a ukupan stepen iskorišćenja je veći. Slična je situacija i kod trigeneracijskih postrojenja gde se može proizvoditi toplotna energija, električna energija i energija hlađenja.

U zavisnosti od mesta nastanka, stepena vlažnosti i količina otpadne drvene i biljne biomase potrebno je izvršiti odgovarajuću pripremu za racionalno korišćenje navedenih energenata za odgovarajuća korišćenja.

1.1 Održivost i efekti korišćenja otpadne drvene i poljoprivredne biomase

Korišćenje otpadne drvene i poljoprivredne biomase za kogeneraciona postrojenja, od odgovarajućih sirovina za definisanu teritoriju, može da omogućiti održiv razvoj, jer je konceptualno ugrađen u aktuelne strategije energetike, industrije i zaštite životne sredine ali tek treba da se ugradi u centralne politike ekonomskog i socijalnog razvoja. Koncept održivog razvoja korišćenja navedenih resursa ima generalno tri međusobno povezana aspekta: (1) ekonomsku (ili možda tehnokonomsku) održivost, (2) ekološku održivost i (3) socijalnu održivost. Tako održivi sistemi za razvoj zavisice od praktične primene odgovarajućih tehnologija koje obezbeđuju najbolju “spregu” između tehnokonomske izvodljivosti, društvene prihvatljivosti i ekološki održivog korišćenja raspoloživih resursa.

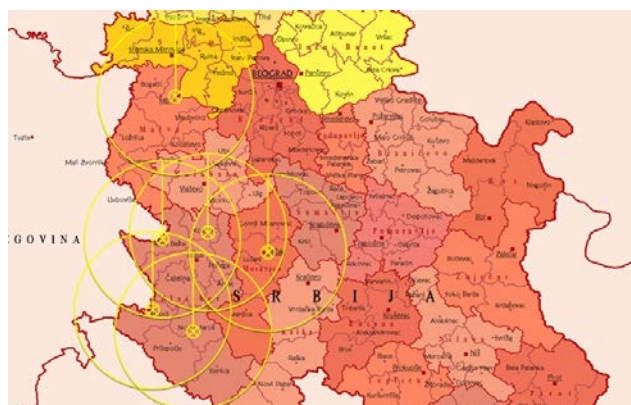
II KORIŠĆENJE OTPADNE DRVNE I BILJNE BIOMASE ZA KOGENERACIONA POSTROJENJA

Za racionalno korišćenje otpadne drvene i poljoprivredne biomase

u kogeneracionim postrojenjima, od odgovarajućih sirovina na definisanoj teritoriji, neophodno je na definisanoj teritoriji (slika 1.), sprovesti niz aktivnosti čiji krajnji rezultat u budućnosti treba da bude korišćenje energetskeg potencijala od raspoloživih resursa.

Pri izradi Studije za korišćenje otpadne drvene i poljoprivredne biomase za kogeneraciona postrojenja biće obuhvaćene, pored ostalih aktivnosti koje će zahtevati značajna terenska istraživanja tokom kojih će se raditi na:

- sagledavanju izvora otpadne drvene i poljoprivredne biomase, kao i postojanje logističkih procesa za njihovo korišćenje za kogeneraciona postrojenja,
- prikupljanje podataka o: količinama, vrstama mestu nastanka i vlažnosti otpadne drvene i poljoprivredne biljne koji se mogu koristiti u kogeneracionom postrojenju,
- proračunu energetskeg potencijala od raspoloživih resursa otpadne drvene i poljoprivredne biomase na definisanoj teritoriji,
- definisanju pripremnih tehnologija otpadne drvene i biljne biomase za potrebe kogeneracionih postrojenja,
- analizi ekonomskih i ekoloških efekata korišćenja otpadne drvene i poljoprivredne biomase za potrebe kogeneracionih postrojenja [3-6].



Slika 1. Izbor teritorija za studije energetskeg korišćenja

III CILJEVI KORIŠĆENJA OTPADNE DRVNE I POLJOPRIVREDNE BIOMASE U ENERGETSKE SVRHE

Opšti ciljevi su funkciji korišćenja otpadne drvene i poljoprivredne biomase za energetske svrhe na definisanoj teritoriji su:

- tehno-ekonomska analiza logističkog lanca snabdevanja raspoloživim odgovarajućim sirovinama od otpadnog drveta i poljoprivredne biomase, za proizvodnju toplotne i/ili električne energije,
- analiza socio-ekonomskih efekata korišćenja otpadne drvene i poljoprivredne biomase i njihov doprinos razvoju ruralnih područja u okruženju u kome treba da se nalazi energetske postrojenje,
- proračun stepena valorizacije polaznih oblika drvene biomase kroz energiju koji će se koristiti za potrebe proizvodnje električne ili toplotne energije na primer: EUR/m³ otpadne drvene i poljoprivredne sirovine prema EUR/kWh iz 1 m³ polazne drvene sirovine).

Posebni ciljevi mogu se podeliti u 3 celine:

- Definisanje selekcije i sakupljanje otpada od drvene i poljoprivredne biomase, na definisanoj teritoriji od odgovarajućih sirovina, za korišćenje u energetske svrhe. Selekcija i sakupljanje raspoloživih materijala je osnovna izuzetno značajna faza konverzije otpadnih materija koje je moguće koristiti u drugim procesima i sa drugim namenama. Dobijanje opštih i specifičnih informacija o selektovanim materijalima i usmeravanje za korišćenje u energetske svrhe.
- Karakterizacija otpada od drvene i poljoprivredne biomase za korišćenje na definisanoj teritoriji od odgovarajućih sirovina, u kogeneracionom postrojenju. Neophodna je identifikacija izvora otpadnih sirovina koje bi mogle da se koriste za energetske svrhe.
- Definisanje pripremnih procesa od raspoloživih resursa u svrhe korišćenja za energetske svrhe. Svi sekundarni proizvodi za koje se utvrdi namena potrebno je transformisati u proizvod koji je lako dostupan, pristupačan za korišćenja, energetski efikasan, ekološki i održivo pogodan.

Krajnji cilj svih neophodnih aktivnosti, treba da bude polazna osnova za izbor odgovarajućeg kogeneracionog postrojenja za korišćenje otpadne drvene i poljoprivredne biomase na definisanoj teritoriji od odgovarajućih sirovina, kao i projektovanje odgovarajućih pratećih projekata koji su neophodni za instaliranje kogeneracionog postrojenja.

Za racionalno korišćenje otpadne drvene i poljoprivredne biomase na definisanoj teritoriji, osnovne aktivnosti su:

- prikupljanje podataka i formiranje baze podataka o potencijalima otpadne drvene i biljne iz poljoprivredne proizvodnje na teritoriji izabranog regiona,
- analiza energetskih potencijala od otpadne drvene i biljne biomase iz poljoprivredne proizvodnje na teritoriji izabranog regiona,
- izrada energetskog bilansa sa identifikacijom izvora otpadne drvene i biljne biomase iz poljoprivredne proizvodnje,
- definisanje modela organizacije: prikupljanja, transporta, sušenja, skladištenja, i dr., otpadne drvene i biljne biomase u izabranom regionu,
- tehno-ekonomska analiza pojedinih segmenata i celine logističkog lanca snabdevanja otpadnom drvnom biomasom iz poljoprivredne proizvodnje u izabranom regionu sa ciljem sagledavanja troškova i njene cene koštanja. Na bazi rezultata analize biće definisan optimalni model lanca snabdevanja na definisanoj lokaciji kogeneracionog postrojenja,
- analiza socio-ekonomskih i ekoloških efekata korišćenja otpadne drvene poljoprivredne biomase za energetske potrebe korišćenja na definisanoj teritoriji.

IV KORIŠĆENJE OTPADNE DRVNE I POLJOPRIVREDNE BIOMASE U KOGENERACIONIM POSTROJENJIMA

Osnovu procesa kogeneracije (CHP) čini jedinstven termodinamički proces kombinovane proizvodnje toplotne i električne energije uz korišćenje samo jednog pogonskog goriva. Izgradnja kogeneracionog postrojenja predstavlja tehničko

tehnološko rešenje kojim se pored obezbeđenja kvalitetnog i kontinuiranog snabdevanja energentima, zbog veće efikasnosti korišćenja primarnog goriva ostvaruju i značajne uštede u operativnim i ukupnim troškovima industrijskog postrojenja.

U konvencionalnim sistemima za proizvodnju električne energije ostvaruje se efikasnost goriva, odnosno faktor iskorišćenja od 30% do 50%, što znači da se samo trećina njegovog potencijala konvertuje u korisnu energiju. Neiskorišćeni energetski potencijal od oko 70% se u vidu toplotne energije oslobađa bez iskorišćenja i ima tretman suviše - otpadne toplote.

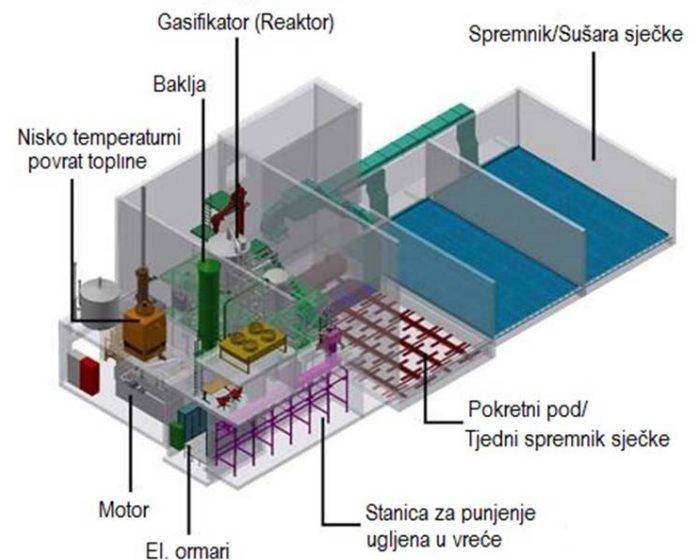
Ostale prednosti kogeneracionog postrojenja su pouzdanost u radu i mala potreba za održavanjem, fleksibilnost u pogledu opterećenja, bezbednost i efikasnost.

Kogeneraciona je pogodna za primenu u sledećim oblastima:

- industrija: prehrambena industrija, građevinska industrija, industrija papira, hemijska i farmaceutska, pivare i dr.
- objekti: bolnice, hoteli i restorani, stambene zgrade, škole, sportski centri i sl.

Stepen iskorišćenja energetskih potencijala u kogeneracionim postrojenjima je maksimalan.

Na slici 2. dat je šematski izgled integrisanog postrojenja za gasifikaciju i gasnog motora.

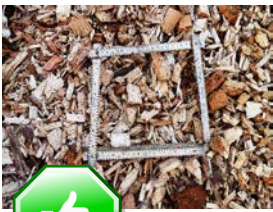


Slika 2. Šematski izgled integrisanog postrojenja za gasifikaciju i gasnog motora [7]

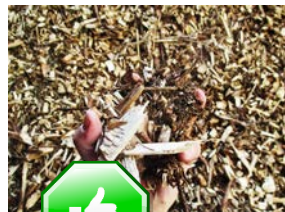
U kogeneracionim postrojenjima se generišu toplota i električna energije. Ostatak, odnosno nus-proizvode iz kogeneracionih postrojenja čine izduvni (dimni) gasovi i pepeo (ukoliko se koriste čvrsta goriva). Stepenn iskorišćenja energetskog potencijala u kogeneracionim postrojenjima je značajno viši nego kod odvojenog generisanja električne energije i toplote, i zavisi od vrste tehnologije koja se koristi.

Na slici 3. date su neke od ulaznih sirovina za kogeneraciona postrojenja kao i pregled podnošljivih i loših sirovina.

Faze procesa gasifikacije, tretman i upotreba generisanog gasa su:



Podnošljivo: Drvne sečke iz celog debla uključujući koru



Podnošljivo: Drvne sečke uključivši sitne nepravilne komadiće i koru



Loše: Vlakanasti, vunasti materijal bez grube strukture

Slika 3. Ulazne sirovine za kogeneraciona postrojenja od čvrste otpadne biomase [7]

Sušenje - Prva faza procesa gasifikacije je sušenje, u kojoj se vrši redukcija sadržaja vlaga do vrednosti od oko 5%. Faza sušenja ima veliki uticaj na efikasnost i vreme trajanja ukupnog procesa, pa je poželjno da tretirana sirovina ima što manji sadržaj vlage. To se može postići i u pripremnoj fazi, ali se moraju uzeti u obzir ukupni ekonomski efekti. Biomasa se može sušiti do sadržaja vlage od 20-30% pre nego što se koristi u procesu gasifikacije. Potrebna energija može se, na primer, preuzeti iz hladnjaka proizvođačkog gasa ili iz mreže daljinskog grejanja.

Piroliza - U procesu pirolize mali deo osušene biomase izgori dodavanjem vazduha (tinjajući na oko 500 °C). Visoke temperature razlažu biomasu na čvrste i gasovite sastojke. Gas proizveden u ovom koraku još uvek ima visok deo nečistoća. Svi čvrsti i gasoviti međuprodukti iz pirolize se unose u reaktor za gasifikaciju.

Oksidacija - Oksidacija proizvoda pirolize odvija se u podnožju reaktora za gasifikaciju. U oksidacionoj zoni komponente iz pirolize su delomično spaljene daljim dodavanjem vazduha. Tako dobijenim visokim temperaturama do 900 °C gotovo se cela količina katrana eliminiše odnosno termički razložen. Dakle, značajan deo čišćenja gasa se odvija u oksidacionoj zoni.

Redukcija - U zoni redukcije generišu se gorivi gasovi i ona faza predstavlja osnovnu fazu procesa gasifikacije biomase. Čvrsti ugljenik iz faze pirolize stvara lebdeći fiksni deo unutar zone redukcije. Prolazeći kroz ovaj fiksni sloj gas se hladi zahvaljujući endotermičkoj gasifikacionoj reakciji na oko 750 °C i izlazi iz reaktora na vrhu.

Filtriranje - U gasnom filteru se vrući gas oslobađa prašine. Dobijeni bioćumur, vredan je nusproizvod koji se može koristiti u razne svrhe. Ćumur se ispušta iz filtera i, ako je potrebno vlaži,

i priprema za prodaju u velikim vrećama. Prečišćavanje gasa vrši se načelom površinske filtracije.

Hlađenje - U hladnjaku za proizvodnju gasa, odvija se hlađenje gasa od 750 do 100 °C. Toplotne energija generisana iz procesa hlađenja gasa se, na primer, isporučuje u grejnu mrežu ili se može koristiti za sušenje biomase.

Prečišćivač gasa - U uređaju za pročišćavanje gasa postiže se hlađenje gasa na temperaturu od 25 do 30 °C, što je uslov za visoko iskorišćenje plinske motore. Kondenzat, koji služi kao sredstvo za pranje, može se ispustiti bez ikakvog daljeg tretmana u kanalizaciju. Korišćenjem vode ili kondenzata kao medija za pranje, odvaja se visok udeo amonijaka prisutnog u gasu.

Hlađenje kondenzacijskog ciklusa prečišćivača sprovodi se pomoću vodom hlađenim pločastim izmenjivačem topote.

Gasni motor - Proizvodnja električne energije odvija se u kombinovanoj jedinici koja proizvodi toplotnu i električnu energiju kroz vrlo produktivan, supercharged, motor s svećicama. Generisana električna energija se predaje u električnu mrežu. Generirana toplota se dovodi u mrežu grejanja.

Tokom pokretanja i isključivanja, kao i za rad bez CHP-a, proizvodni gas gori u baklji.

V ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Za korišćenje raspoloživih resursa otpadne drvene i poljoprivredne biomase na definisanoj teritoriji, u kogeneracionom postrojenju, ima niz prednosti u odnosu na ustaljene načine snabdevanja energijom. U ovim postrojenjima stepen efikasnosti je znatno veći, a u zavisnosti od konkretnih uslova može dostići i 85%.

Izradom Studije za korišćenje otpadne drvene i biljne biomase za definisanu teritoriju, od raspoloživih sirovina, najznačajniji rezultati korišćenja su:

- mogućnosti racionalnog korišćenja sirovina za grejanje koje su oko 30% jeftiniji od gasa iz gasovoda, a 50% od struje ili lož ulja, uz istovremenu proizvodnju električne energije,
- tehno-ekonomske analize racionalnog korišćenja otpadne drvene i poljoprivredne biomase u energetske svrhe,
- izrada praktičnih uputstava i vodiča za korišćenje otpadne drvene i poljoprivredne biomase u energetske svrhe.

ZAHVALNICA

This paper is supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia, and these results are part of the Grant No. 451-03-68/2020-14/200132 with University of Kragujevac, Faculty of Technical Sciences Čačak.

LITERATURA

- [1] Studija (2002), Energetski potencijal i karakteristike ostataka biomase, tehnologije za njihovu pripremu i energetske iskorišćenje u Srbiji, Ministarstva nauke, tehnologije i razvoja (NP EE611-113A), 2002.
- [2] Vučević S, Vučković, M. Other forest greenery in the function of timber production and environmental protection, *Forestry*, Vol. 53, Issue 1, pp. 1-8, 2000.
- [3] Ćurčić, S., Vučević, S. Raspoloživi energetske potencijali od drvene i biljne biomase sa omeđenog dela planine Rudnik, *Energija, ekologija, ekonomija*, Vol. XVI, No. 3-4, pp. 35-42, 2014.

- [4] Ćurčić, S., Gavrilović, R., Nikolić, D., Trifunović, I. Raspoloživi energetske potencijali od drvene i biljne biomase sa teritorije opštine Čačak, *Energija, ekologija, ekonomija*, Vol. XVIII, No. 3-4, pp. 333-339, 2016.
- [5] Ćurčić, S., Stanić G. Raspoloživi energetske potencijali od drvene i biljne biomase sa teritorije opštine Užice, *Energija, ekologija, ekonomija*, Vol. XIX, No. 3-4, pp. 177-183, 2017.
- [6] Ćurčić, S., Vučićević, S., Jović, D. Raspoloživi energetske potencijali od drvene i biljne biomase sa teritorije opštine Bajina Bašta, *Energija, ekologija, ekonomija*, Vol. XVII, No. 3-4, pp. 241-247, 2015.
- [7] Ddelectric, www.ddelectric.hr [pristupljeno 29.01.2021]

AUTOR

dr Srećko Ćurčić - redovni profesor, Fakultet tehničkih nauka u Čačku, srecko.curcic@ftn.kg.ac.r