

CIRCULAR ECONOMY AND STEM PROFESSIONALS COMPETENCIES

Milica Stanković

The Academy of Applied Technical and Preschool Studies, Republic of Serbia,
milica.stankovic@akademijanis.edu.rs

Jovana Džoljić

The Academy of Applied Technical and Preschool Studies, Republic of Serbia,
jovana.dzoljic@akademijanis.edu.rs

Branislav Dimitrijević

The Academy of Applied Technical and Preschool Studies, Republic of Serbia,
branislav.dimitrijevic@akademijanis.edu.rs

Abstract: The concept of the circular economy is high on the political agenda at EU level and globally, as this new economic system provides solutions to urgent problems caused by overproduction and consumption. Solutions used in traditional or linear economic systems are not sustainable. The advantages of switching to a circular economy far outweigh the disadvantages. However, a lot of effort is needed to move from conceptualization to implementation. This, of course, requires prioritizing investment in innovation, using new technological solutions and an adequate set of skills and competencies. Engineers and STEM professionals are at the forefront of new technological development and innovation. Therefore, it is assumed that the transition to a circular economy will increase the demand for new skills within the engineering and STEM sectors. However, there is very limited knowledge about what skills are needed for this transition and whether these skills are provided in the STEM field of education. Business leaders, policy makers, academics and NGOs argue that it is necessary to turn to the circular economy in order to address global environmental, climate and economic challenges. Global trends are moving towards a circular economy to replace linear economy and waste management. The transition to a circular economy implies significant changes in current industrial systems and business models. Transitions are defined as shifts from one socio-technical system to another, and require multiple changes in technologies, markets, legislation, and common practices. Technological innovations are at the core of such transitions where system changes occur through the intertwining of technology and society. STEM professionals and engineers therefore have a key role to play in developing the necessary innovations and initiating the transition to a circular economy. Studies emphasize that in the future, every STEM professional should be able to implement circular thinking in their work. STEM professionals are key stakeholders in the circular economy, due to their central position and role in the design and development of technology. It is important to develop the competencies of STEM professionals in order to use the full potential of the circular economy. Circular thinking should be incorporated into engineering practices. All STEM professionals should have at least knowledge of technical and analytical frameworks related to circular design and business models, as well as digitization that supports the creation of circular solutions. Interdisciplinary cooperation is fundamental to circular transition. The paper presents the framework of circular economy competencies (CEC). The aim of this paper is to point out the importance of circular economy and the competencies of STEM professionals.

Keywords: circular economics, STEM, engineering, linear economics

CIRKULARNA EKONOMIJA I KOMPETENCIJE STEM PROFESIONALACA

Milica Stanković

Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, milica.stankovic@akademijanis.edu.rs

Jovana Džoljić

Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, jovana.dzoljic@akademijanis.edu.rs

Branislav Dimitrijević

Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, branislav.dimitrijevic@akademijanis.edu.rs

Rezime: Koncept cirkularne ekonomije se nalazi visoko na političkoj agendi na nivou EU i globalno, jer ovaj novi ekonomski sistem pruža rešenja za hitne probleme izazvane prekomernom proizvodnjom i potrošnjom. Rešenja koja se koriste u tradicionalnim ili linearnim ekonomskim sistemima nisu održiva. Prednosti prelaska na cirkularnu ekonomiju su daleko veće od nedostataka. Međutim, potrebno je dosta napora da se pređe sa konceptualizacije na implementaciju. Za to je, naravno, potrebno i određivanje prioriteta ulaganja u inovacije, korišćenje novih

tehnoloških rešenja i adekvatnog skupa veština i kompetencija. Inženjeri i STEM profesionalci su predvodnici novog tehnološkog razvoja i inovacija. Stoga se pretpostavlja da će prelazak na cirkularnu ekonomiju povećati potražnju za novim veštinama u okviru inženjeringa i STEM sektora. Međutim, postoji veoma ograničeno znanje o tome koje veštine su potrebne za ovu tranziciju i da li su ove veštine obezbeđene u STEM obrazovnoj oblasti. Poslovni lideri, kreatori politika, akademici i nevladine organizacije tvrde da je neophodno okrenuti se cirkularnoj ekonomiji sa ciljem rešavanja globalnih ekoloških, klimatskih i ekonomskih izazova. Globalni trendovi se kreću ka tome da cirkularna ekonomija zameni duboko utemeljenu linearnu ekonomiju i upravljanje otpadom. Prelazak na cirkularnu ekonomiju podrazumeva značajne promene u sadašnjim industrijskim sistemima i poslovnim modelima. Tranzicije se definišu kao pomeranja iz jednog društveno-tehničkog sistema ka drugom, i zahteva višestruke promene u tehnologijama, tržištima, zakonodavstvu i uobičajenim praksama. Tehnološke inovacije su u osnovi takvih tranzicije gde promene sistema nastaju kroz međusobno preplitanje tehnologije i društva. STEM profesionalci i inženjeri stoga imaju ključnu ulogu u razvoju neophodnih inovacija i pokretanju tranzicije ka cirkularnoj ekonomiji. Studije naglašavaju da bi u budućnosti svaki STEM profesionalac trebalo da bude u mogućnosti da implementira cirkularno razmišljanje u svom radu. STEM profesionalci su ključni stejkholderi u cirkularnoj ekonomiji, zbog svog centralnog položaja i uloge u dizajnu i razvoju tehnologije. Važno je razvijati kompetencije STEM profesionalaca kako bi se iskoristio pun potencijal cirkularne ekonomije. Cirkularno razmišljanje treba da bude ugrađeno u inženjerske prakse. Svi STEM profesionalci treba da imaju bar znanje o tehničkim i analitičkim okvirima vezanim za cirkularni dizajn i poslone modele, ka oi digitalizaciju koja podržava kreiranje cirkularnih rešenja. Interdisciplinarna kooperacija je fundamentalna za cirkularnu tranziciju. U radu je prezentovan okvir kompetencija cirkularne ekonomije circular economy competence (CEC). Cilj rada je da ukaže na značaj cirkularne ekonomije i kompetencija STEM profesionalaca.

Ključne reči: cirkularna ekonomija, STEM, inženjerstvo, linearna ekonomija

1. UVOD

Globalni trendovi se kreću ka tome da cirkularna ekonomija zameni duboko utemeljenu linearnu ekonomiju i upravljanje otpadom. Cirkularna ekonomija podrazumeva i zaštitu ljudskih prava i to kroz održivi razvoj, globalnu sigurnost prirodnih resursa, borbu sa klimatskim promenama, energetska sigurnost, osiguravanje dovoljnih količina hrane, smanjivanje nejednakosti, transparentnije javne finansije i socijalnu sigurnost građana, očuvanje zdravlja i čistije okruženje i prava budućih generacija na resurse. Rešenja koja se koriste u tradicionalnim ili linearnim ekonomskim sistemima nisu održiva. Prednosti prelaska na cirkularnu ekonomiju su daleko veće od nedostataka. Međutim, potrebno je dosta napora da se pređe sa konceptualizacije na implementaciju. Za to je, naravno, potrebno i određivanje prioriteta ulaganja u inovacije, korišćenje novih tehnoloških rešenja i adekvatnog skupa veština i kompetencija. Inženjeri i STEM profesionalci su predvodnici novog tehnološkog razvoja i inovacija. Stoga se pretpostavlja da će prelazak na cirkularnu ekonomiju povećati potražnju za novim veštinama u okviru inženjeringa i STEM sektora. Međutim, postoji veoma ograničeno znanje o tome koje veštine su potrebne za ovu tranziciju i da li su ove veštine obezbeđene u STEM obrazovnoj oblasti. Studije naglašavaju da bi u budućnosti svaki STEM profesionalac trebalo da bude u mogućnosti da implementira cirkularno razmišljanje u svom radu. STEM profesionalci su ključni stejkholderi u cirkularnoj ekonomiji, zbog svog centralnog položaja i uloge u dizajnu i razvoju tehnologije. Važno je razvijati kompetencije STEM profesionalaca kako bi se iskoristio pun potencijal cirkularne ekonomije. Cirkularno razmišljanje treba da bude ugrađeno u inženjerske prakse. Svi STEM profesionalci treba da imaju bar znanje o tehničkim i analitičkim okvirima vezanim za cirkularni dizajn i poslone modele, ka oi digitalizaciju koja podržava kreiranje cirkularnih rešenja. Interdisciplinarna kooperacija je fundamentalna za cirkularnu tranziciju. U radu je prezentovan okvir kompetencija cirkularne ekonomije circular economy competence (CEC). Cilj rada je da ukaže na značaj cirkularne ekonomije i kompetencija STEM profesionalaca.

2. LINEARNA I CIRKULARNA EKONOMIJA

Linearni ekonomski model se zasniva se na principu efikasnosti životne sredine i prati otvoreni proces u kome su prirodni resursi kontinuirano nabavljaju i koriste se do njihovog krajnjeg potencijala, izazivajući zagađenje i proizvodeći veliku količinu otpada (EMF, 2013). U linearnoj ekonomiji glavna paradigma glasi: uzmi – napravi/koristi – odloži (eng. take – make/use – dispose). U linearnom modelu ekonomije, nakon isteka „životnog veka” proizvoda, isti se dugo vremena odlagao na deponije, te se zajedno sa eksploatacijom prirodnih resursa povećavala i količina generisanog otpada (Mitrović, Radosavljević, Veselinov, 2020). Model linearne ekonomije bio je prevashodno vođen ostvarivanjem profita bez obzira na negativni uticaj po životnu sredinu i prirodne resurse. U privredama zasnovanim na linearnoj ekonomiji deo materijala se reciklira, dok ostali delovi koji se ne recikliraju (najčešće zbog dizajna i sastava materijala), završavaju na deponijama. Da bi se rešili problem prekomernog

iskorišćavanja prirodnih resursa, stvaranja otpada i zabrinutost za životnu sredinu, cirkularna ekonomija je usvojena kao najprihvatljiviji pristup (Geissdoerfer et al., 2017; Kazancoglu et al., 2021a, b).

Cirkularna ekonomija nudi novi model „proizvod – otpad - proizvod“. Osnovni izvor ekonomskog rasta jeste što veća ponovna upotreba materijala iz proizvoda koji su završili svoj „životni ciklus“ i što manje korišćenje novih resursa. Cirkularna ekonomija podrazumeva kruženje materijala i njegovu ponovnu upotrebu, čime se istovremeno koristi i drastično manje energije i vode (u nekim slučajevima i preko 90%) (Mitrović, Radosavljević, Veselinov, 2020). Trenutno postoji sve veća potreba za rešenjima koja su sposobna da smanje uticaj ljudske aktivnosti na planetu (Castro et al., 2022). Cirkularna ekonomija (CE) nastoji da odvoji ekonomski rast od eksploatacije prirodnih resursa, minimizirajući negativan uticaj na životnu sredinu uzrokovan ljudskim aktivnostima (Bressanelli et al., 2019; Lieder i Rashid, 2016). Na kraju, zajednički cilj cirkularne ekonomije je da se „maksimizira vrednost resursa u upotrebi“ (Kalmikova et al., 2018), da se smanje emisije štetnih gasova, potrošnja energije i odlaganje otpada. Cirkularna ekonomija je paradigma koja naglašava zaštitu resursa sa ciljem da se smanje štetne emisije u životnu sredinu (Elia et al., 2017).

U literaturi postoji velika debata oko cirkularne ekonomije i različitih načina na koje se može upravljati resursima (Blomsma, Brennan, 2017). Cirkularna ekonomija predstavlja optimističku mogućnost da se smanje tokovi, sačuva priroda i minimizira ekstenzivna upotreba energije za transformaciju primarnih materijala (Calisto Friant et al., 2020). Prednosti usvajanja cirkularne ekonomije su izražajne, a trenutno su dostupni različiti cirkularni poslovni modeli koji podržavaju tranziciju (Pieroni et al., 2019, 2020; Rosa et al., 2019b). Prema Rosa i dr. (2019a), kada kompanije slede principe cirkularnosti, one mogu poboljšati ekonomske, ekološke i socijalne aspekte poslovanja. Na primer, neke potencijalne koristi od cirkularne ekonomije su smanjenje troškova i rizika, povećanje konkurentске prednosti, minimiziranje uticaja na životnu sredinu, poboljšanje efikasnosti resursa i radnog mesta, razvoj veština i znanja radnika itd. (Rosa et al., 2019a). Cirkularna ekonomija ima za cilj stvaranje ekonomije koja stvara nula otpada (zero waste). Otuda se može nazvati i „ekonomijom nultog otpada“ (zeto waste economy) (Batista et al., 2018). Cirkularna ekonomija je ukorenjena u širokom spektru teorijskih konteksta: od ekološke ekonomije do industrijske ekologije (Ghisellini et al., 2016). Cirkularna ekonomija ima za cilj da minimizira opasne emisije, karbonski otisak, zagađenje i otpad, a da maksimizira efikasnost upotrebe resursa i stvaranje ravnoteže između prirode i društva (Gupta et al., 2019; Rosa et al., 2019b).

Glavni fokus cirkularne ekonomije je da transformiše tradicionalne linearne lance snabdevanja u zatvorenu kružnu petlju. To promoviše ideju restaurativnih i regenerativnih metoda poslovanja. Ova strategija zatvorenog sistema radi na komplementarnoj integraciji proizvodnih aktivnosti u različitim fazama proizvodnog ciklusa, gde se otpad ili nusproizvod na jednom nivou može koristiti kao ulazni materijal za drugi nivo, dakle minimizira se otpad i obezbeđuje inovativnije korišćenje raspoloživih resursa. (Agarwal, Tyagi, Garg, 2021). Cirkularna ekonomija se fokusira na zaštitu resursa po svom inherentnom 3R principu – smanji, ponovo koristi i recikliraj (reduce, reuse and recycle) (Tian, Chen, 2014). Slika 1 daje uporedni prikaz kretanja proizvoda i energije u linearnoj i cirkularnoj ekonomiji.

Slika 1: Uporedni prikaz linearne i cirkularne ekonomije



Izvor: Mitrović, Radosavljević, Veselinov, 2020

Linearni model se u Republici Srbiji primenjivao tokom ekspanzivnog rasta ekonomije, kada je upotreba resursa bila nekontrolisana, potrošnja energije po proizvodu visoka, dok se pritisak na životnu okolinu nije ni merio. Tako su nastajale velike količine otpada koji je neadekvatno tretiran i odlagan. Kao posledica dugogodišnjeg privređivanja zasnovanog na linearnoj ekonomiji Srbija danas ima 3.500 divljih smetlišta i samo 8 sanitarnih regionalnih deponija. Reciklira se samo 5-7% otpada, dok se na godišnjem nivou materijal u vrednosti od 50 miliona eura odlaže na nesanitarnu deponiju kojih ima preko 150. Srbija bi modelom cirkularne ekonomije dobila šansu za razvoj, a njeni građani ekološku bezbednost, „zelena” radna mesta, novi kvalitet vode i vazduha, zdravu hranu i novi kvalitet života. Procene su da se uvođenjem cirkularne ekonomije u Srbiji može otvoriti 30.000 novih radnih mesta i povećati konkurentnost privrede čime bi zemlja postala regionalni lider u razvoju i investicijama. (Mitrović, Radosavljević, Veselinov, 2020).

3. KA CIRKULARNOJ EKONOMIJI: POTREBNE KOMPETENCIJE STEM PROFESIONALACA

Prelazak na cirkularnu ekonomiju će povećati potražnju za novim veštinama u okviru inženjeringa i STEM sektora. Međutim, postoji veoma ograničeno znanje o tome koje veštine su potrebne za ovu tranziciju i da li su ove veštine obezbeđene u STEM obrazovnoj oblasti. STEM je akronim koji se odnosi na nekoliko akademskih disciplina: Science (nauka), Technology (tehnologija), Engineering (inženjerstvo) i Mathematics (matematika). Umesto da se ove discipline proučavaju zasebno, STEM teži da ih ujedini da se uče zajedno. STEM se zalaže da se sa učenjem ovih oblasti kreće u najranijem uzrastu i da STEM programi postanu dostupni svim učenicima, a ne samo nadarenim. Jedan od ciljeva STEM programa je da učenici steknu obrazovanje rešavanjem realnih problema iz okruženja (ANE, 2021). STEM profesionalci su ključni stejkholderi u cirkularnoj ekonomiji, zbog svog centralnog položaja i uloge u dizajnu i razvoju tehnologije. Važno je razvijati kompetencije STEM profesionalaca kako bi se iskoristio pun potencijal cirkularne ekonomije. U radu je prezentovan okvir kompetencija cirkularne ekonomije (engl. circular economy competence, CEC). Cirkularno razmišljanje treba da bude ugrađeno u inženjerske prakse. Svi STEM profesionalci treba da imaju bar znanje o tehničkim i analitičkim okvirima vezanim za cirkularni dizajn i poslovne modele, kao i digitalizaciju koja podržava kreiranje cirkularnih rešenja. Interdisciplinarna kooperacija je fundamentalna za cirkularnu tranziciju (ANE, 2021).

Jedan od globalnih zagovornika cirkularne ekonomije, Fondacija Ellen McArthur, opisuje cirkularnu ekonomiju kao sistem koji je regenerativan po nameri i dizajnu. Cirkularna ekonomija se može postići: eliminisanjem otpada i zagađenja kroz vrhunski dizajn materijala, proizvoda i sistema, održavanjem upotrebe proizvoda i materijala sa novim poslovnim modelima i fokusiranjem na regeneraciju prirodnih sistema. Prelazak na cirkularnu ekonomiju podrazumeva značajne promene u sadašnjim industrijskim sistemima i poslovnim modelima. Tranzicije se definišu kao pomeranja iz jednog društveno-tehničkog sistema ka drugom, i zahteva višestruke promene u tehnologijama, tržištima, zakonodavstvu i uobičajenim praksama. Tehnološke inovacije su u osnovi takvih tranzicije gde promene sistema nastaju kroz međusobno preplitanje tehnologije i društva. STEM profesionalci i inženjeri stoga imaju ključnu ulogu u razvoju neophodnih inovacija i pokretanju tranzicije ka cirkularnoj ekonomiji. Studije naglašavaju da bi u budućnosti svaki STEM profesionalac trebalo da bude u mogućnosti da implementira cirkularno razmišljanje u svom radu. (ANE, 2021).

Predlaže se univerzalni okvir kompetencija cirkularne ekonomije Circular Economy Competence (CEC) za sve inženjere i STEM profesionalce. Okvir uvodi set tehničkih i analitičkih veština koje su važne u kreiranju cirkularnih rešenja. U središtu CEC okvira su svest i način razmišljanja, odnosno „razumevanje cirkularne ekonomije“. Uloga dizajna igra ključnu ulogu u tranziciji ka cirkularnoj ekonomiji. Čak 80% uticaja proizvoda na životnu sredinu određuje se još u fazi dizajniranja. Cirkularne strategije dizajna proizvoda se odnose na skup pristupa koji imaju za cilj da se zadrže pravi (bezbedni i netoksični za živa bića i životnu sredinu) materijali u cirkulaciju kroz različite karakteristike proizvoda. Razmišljanje o više životnih ciklusa izaziva trenutni način razmišljanja STEM profesionalaca. Od njih se zahteva da gledaju unapred i predvide kako će se proizvod koristiti nakon prvog ciklusa upotrebe čime će se produžiti životni vek proizvoda ili njegovih komponenti, i koju strategiju oporavka vrednosti primeniti. Razmišljanje o više životnih ciklusa podrazumeva razmatranja modularnosti, izdržljivosti i bezbednosti, kao i mogućnosti održavanja, mogućnost popravke, ažuriranja, ponovne upotrebe i recikliranja proizvoda i materijala. Osnovni nivo razumevanja onoga što čini materijal pogodnim za cirkularnu ekonomiju je da se za materijale koji nisu razgradivi uvek koriste alternative, odnosno obnovljivi materijali. Dizajn za cirkularnu ekonomiju dodatno naglašava potrebu za holističkim pogledom na potrošnju resursa i povezanost ekoloških i društvenih uticaja proizvoda. (ANE, 2021).

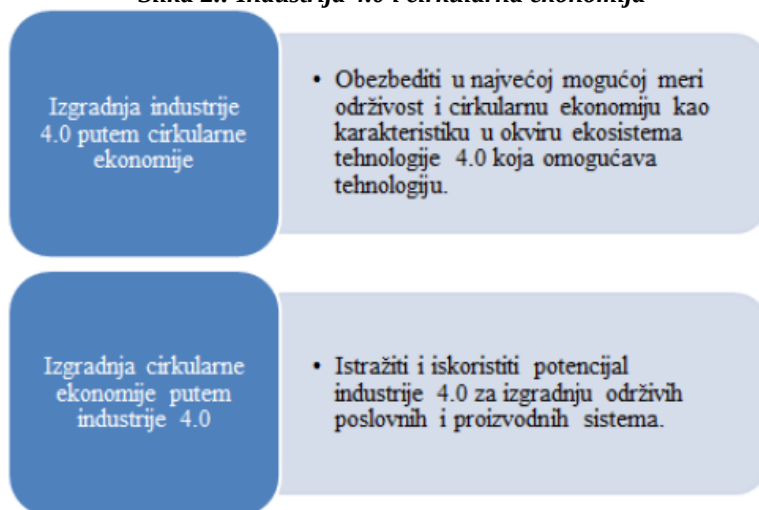
Cirkularna ekonomija je ekonomski model, i shodno tome, moramo razumeti ekonomski aspekt. Linearni poslovni model je zasnovan na poslovnoj logici „prodaj više, prodaj brže“ i zahteva sve više sirovina i prirodnih resurse za poslovanje i stvaranje rasta. Cirkularni poslovni modeli (CBM) insistiraju na poslovnom rastu uz minimalnu

upotrebu sirovina i minimiziranje svih negativnih ekoloških faktora. Cirkularna ekonomija zahteva fundamentalnu promenu umesto inkrementalnih izmena sadašnjeg sistema. Stoga je jako važno da STEM profesionalci razumeju međusobnu povezanost privrede, životne sredine i društva, te da prepoznaju digitalna rešenja kao pokretača cirkularne ekonomije.

STEM profesionalci i inženjeri bi trebalo da budu uključeni u ranu fazu procesa projektovanja i uspešnog integrisanja savremene tehnologije u proizvodne i uslužne sisteme i optimizaciju procesa. Postoji značajan potencijal da se postojeći procesi učini efikasnijim, imajući u vidu da se većina podataka koje prikupljaju kompanije ne koriste efikasno. Deljenje podataka između kompanija bi omogućilo racionalizaciju čitavih lanaca snabdevanja. Cirkularna ekonomija pojačava neke buduće potrebe za veštinama koje su međusobno povezane kao što su rešavanje problema, saradnja i komunikacija. Interdisciplinarnost je veoma važna kao veština budućnosti cirkularne ekonomije. Gradeći cirkularna rešenja, uspostavljaju se nove veze između klijenata, dobavljača, proizvođača. (ANE, 2021).

Nova akademska istraživanja odnose se na to kako tehnologije koje omogućavaju industriju 4.0 mogu otkriti potencijale cirkularne ekonomije i održive proizvodnje. Digitalizacija i upotreba velikih podataka (big data) smatraju se ključnim faktorima za povećanje održivosti i za implementaciju cirkularne ekonomije. Tehnologija je neophodan faktor za prelazak na sisteme proizvodnih usluga i očigledna činjenica je da kombinacija cirkularne ekonomije i industrije 4.0 vodi ka viziji zelene ekonomije. Digitalne inovacije u društvenom, mobilnom, analitičkom, oblaku (cloud), M2M tehnologijom omogućavaju lakšu i efikasniju povezanost između fizičkih i digitalnih komponenata. (Frosch, Gallopoulos, 1989). Izgradnja održive industrije 4.0 ili korišćenje industrije 4.0 da bi se ostvarila održivost predstavlja veliki izazov. Da bi se postigla jedna ili obe opcije potrebno je da društvo: osigura u najširem mogućem opsegu održivost i cirkularnu ekonomiju kao značajnu tačku u ekosistemu tehnologija koje omogućavaju industriju 4.0. i istražuje i eksploatiše potencijale industrije 4.0 za izgradnju održivog poslovanja. Potpuna aplikacija „Industrije 4.0“ vodi nas u pravcu „pametnih“ fabrika što je i cilj, a razlog je da bi kompanije ostale konkurentne na globalnom tržištu (Grubor, 2011, Karabegović, 2019). (Slika 2).

Slika 2.: Industrija 4.0 i cirkularna ekonomija



Izvor: Karabegović, 2019

4. ZAKLJUČAK

Linearni ekonomski model se zasniva se na principu efikasnosti životne sredine i prati otvoreni proces u kome su prirodni resursi kontinuirano nabavljaju i koriste se do njihovog krajnjeg potencijala, izazivajući zagađenje i proizvodeći veliku količinu otpada. Cirkularna ekonomija (CE) nastoji da odvoji ekonomski rast od eksploatacije prirodnih resursa, minimizirajući negativan uticaj na životnu sredinu uzrokovan ljudskim aktivnostima. Glavni fokus cirkularne ekonomije je da transformiše tradicionalne linearne lance snabdevanja u zatvorenu kružnu petlju. STEM profesionalci su ključni stakeholderi u cirkularnoj ekonomiji, zbog svog centralnog položaja i uloge u dizajnu i razvoju tehnologije. Važno je razvijati kompetencije STEM profesionalaca kako bi se iskoristio pun potencijal cirkularne ekonomije. U radu je prezentovan okvir kompetencija cirkularne ekonomije (engl. circular economy competence, CEC). Cirkularno razmišljanje treba da bude ugrađeno u inženjerske prakse. Poslovni lideri, kreatori politika, akademici i nevladine organizacije tvrde da je neophodno okrenuti se cirkularnoj ekonomiji sa ciljem

rešavanja globalnih ekoloških, klimatskih i ekonomskih izazova. Globalni trendovi se kreću ka tome da cirkularna ekonomija zameni duboko utemeljenu linearnu ekonomiju i upravljanje otpadom. Prelazak na cirkularnu ekonomiju podrazumeva značajne promene u sadašnjim industrijskim sistemima i poslovnim modelima. STEM profesionalci i inženjeri imaju ključnu ulogu u razvoju neophodnih inovacija i pokretanju tranzicije ka cirkularnoj ekonomiji. Nova akademska istraživanja odnose se na to kako tehnologije koje omogućavaju industriju 4.0 mogu otkriti potencijale cirkularne ekonomije i održive proizvodnje. Digitalizacija i upotreba velikih podataka (big data) smatraju se ključnim faktorima za povećanje održivosti i za implementaciju cirkularne ekonomije.

LITERATURA

- Agarwal, S., Tyagi, M., & Garg, R.K. (2021). Conception of circular economy obstacles in context of supply chain: a case of rubber industry, *International Journal of Productivity and Performance Management*, 1741-0401
- ANE (2021). Towards a circular economy: Skills and competences for STEM professionals, Association of Nordic Engineers.
- Batista, L., Bourlakis, M., Smart, P., & Maull, R. (2018). "In search of a circular supply chain archetype—a content-analysis-based literature review", *Production Planning and Control*, Taylor & Francis, Vol. 29 No. 6, pp. 438-451.
- Blomsma, F., & Brennan, G. (2017). The emergence of circular economy: a new framing around prolonging resource productivity. *J. Ind. Ecol.* 21 (3), 603–614.
- Bressanelli, G., Perona, M., & Saccani, N. (2019). Challenges in supply chain redesign for the Circular Economy: a literature review and a multiple case study. *Int. J. Prod. Res.* 57 (23), 7395–7422.
- Calisto Friant, M., Vermeulen, W.J.V., & Salomone, R. (2020). A typology of circular economy discourses: navigating the diverse visions of a contested paradigm. *Resour. Conserv. Recycl.* 161 (June), 104-1
- Castro, C., Trevisan, A., Pigosso, D., & Mascarenhas, J. (2022). The rebound effect of circular economy: Definitions, mechanisms and a research agenda, *Journal of Cleaner Production*, 345, pp. 131-136
- Elia, V., Gnoni, M.G., & Tornese, F. (2017). "Measuring circular economy strategies through index methods: a critical analysis", *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, Vol. 142, pp. 2741-2751.
- EMF (2013). Towards the Circular Economy: Opportunities for the Consumer Goods Sector, Ellen MacArthur Foundation,
- Frosch, R.A., & Gallopoulos, N. (1989). Strategies for manufacturing. *Scientific American* 261(3):144-152
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N.M.P. & Hultink, E.J. (2017). "The Circular Economy – a new sustainability paradigm?", *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, Vol. 143, pp. 757-768.
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). "A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems", *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, Vol. 114, pp. 11-32.
- Grubor, A. (2011). Globalna marketing konkurentnost, *Ekonomске teme*, br. 4., str. 651-666.
- Gupta, S., Chen, H., Hazen, B.T., Kaur, S., & Santibañez Gonzalez, E.D.R. (2019). "Circular economy and big data analytics: a stakeholder perspective", *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier, Vol. 144, pp. 466-474.
- Kalmykova, Y., Sadagopan, M., & Rosado, L. (2018). Circular economy - from review of theories and practices to development of implementation tools. *Resour. Conserv. Recycl.* 135, 190–201.
- Karabegović, I. (2019). Industrija 4.0 koncept do pametnih fabrika, *Cirkularna ekonomija - prilika za održivi razvoj*, Zrenjanin.
- Kazancoglu, I., Sagnak, M., Kumar Mangla, S., & Kazancoglu, Y. (2021a). "Circular economy and the policy: a framework for improving the corporate environmental management in supply chains", *Business Strategy and the Environment*, John Wiley and Sons, Vol. 30 No. 1, pp. 590-608.
- Kazancoglu, Y., Sagnak, M., Mangla, S.K., Sezer, M.D. & Pala, M.O. (2021b). "A fuzzy based hybrid decision framework to circularity in dairy supply chains through big data solutions", *Technological Forecasting and Social Change*, North-Holland, Vol. 170, p. 120927.
- Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *J. Clean. Prod.* 115, 36–51.
- Mitrović, S., Radosavljević, I., & Veselinov, M. (2020). Cirkularna ekonomija kao šansa za razvoj Srbije, OEBS.
- Perović, S., & Vučinić, A. (2020). Mapa puta za cirkularnu ekonomiju u Srbiji, Ministarstvo zaštite životne sredine Republike Srbije
- Pieroni, M.P.P., McAloone, T.C., & Pigosso, D.C.A. (2019). Business model innovation for circular economy and sustainability: a review of approaches. *J. Clean. Prod.* 215, 198–216.

- Pieroni, M.P.P., McAloone, T.C., & Pigosso, D.C.A. (2020). From theory to practice: systematising and testing business model archetypes for circular economy. *Resour. Conserv. Recycl.* 162 (July), 105029.
- Rosa, P., Sassanelli, C., & Terzi, S. (2019a). Circular business models versus circular benefits: an assessment in the waste from electrical and electronic equipments sector. *J. Clean. Prod.* 231, 940–952.
- Rosa, P., Sassanelli, C., & Terzi, S. (2019b). Towards Circular Business Models: a systematic literature review on classification frameworks and archetypes. *J. Clean. Prod.* 236, 117696.
- Tian, J., & Chen, M. (2014). “Sustainable design for automotive products: dismantling and recycling of end-of-life vehicles”, *Waste Management*, Elsevier, Vol. 34 No. 2, pp. 458-467.