

Planiranje energetske budućnosti grada: SWOT analiza - Studija slučaja grada Kragujevca

Planning the Energy Future of the City: SWOT Analysis - Case Study of the City of Kragujevac

Jelena Nikolić, Dušan Gordić, Vladimir Vukašinović, Mladen Josijević, Dubravka Živković

Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu

Rezime - Smanjenje emisije ugljen-dioksida i postizanje klimatske neutralnosti jedan je od glavnih izazova današnjice. S tim u vezi, prelazak sa fosilnih goriva na obnovljive izvore energije predstavlja cilj energetske planiranja u različitim zemljama širom sveta. Kao odgovor na globalnu težnju, ali i na pariski sporazum, Republika Srbija je predstavila nacrt dokumenta „Integrirani nacionalni energetski i klimatski plan, za period od 2021. do 2030. godine, uključujući perspektivu do 2050“. Međutim, kada je reč o dugoročnom energetskom planiranju na državnom nivou, važno je osvrnuti se na gradove, jer se u njima, na globalnom nivou, koristi više od 75% primarne energije. Postizanje klimatski neutralnih gradova zahteva vreme, kao i opsežnu analizu energetske potencijala. Cilj ovog rada je sprovođenje SWOT analize planiranja budućeg energetske sistema, na primeru grada Kragujevca. Rad prikazuje sve prednosti i snage na putu smanjenje ugljeničnog otiska, ali i sve nedostatke i pretnje sa kojima se zainteresovane strane mogu suočiti. Sprovedena SWOT analiza je urađena u skladu sa svim dostupnim podacima i, kao takva, rezultira prikazivanjem sadašnjih energetske potreba i uvidom u moguće buduće pravce energetske razvoja Grada Kragujevca, uz osvrt na nacionalnu i lokalnu energetski politiku.

Gljučne reči - Energetsko planiranje, klimatski neutralni gradovi, SWOT analiza, obnovljivi izvori energije

Abstract - Reducing carbon dioxide emissions and achieving climate neutrality is one of the main challenges nowadays. In this regard, the transition from fossil fuels to renewable energy sources is the goal of energy planning in various countries worldwide. The Republic of Serbia announced a draft Integrated National Energy and Climate Plan of the Republic of Serbia for the period 2030 with the projections up to 2050, in response to both the global aspiration and the Paris Agreement. Yet, since cities utilize more than 75% of primary energy globally, they should be considered when it comes to long-term energy planning at the national level. Achieving climate-neutral cities requires time and extensive analysis of energy potential. This paper aims to implement a SWOT analysis of planning the future energy system, with a case study of the city of Kragujevac. The paper outlines all the benefits and factors that can help stakeholders on the road to a climate-neutral city and any potential drawbacks. The utilized SWOT analysis was done in

accordance with all available data and it results in the presentation of current energy needs and an insight into possible future directions of energy development of the City of Kragujevac concerning national and local energy policy.

Index Terms - Energy planning, Climate neutral cities, SWOT analysis, Renewable energy sources

I UVOD

Sve vidljivije posledice klimatskih promena zahtevaju ubranu reakciju po pitanju smanjenja emisija gasova sa efektom staklene bašte. Kako većina svetske populacije naseljava urbane sredine, uz projekciju da će ovaj udeo do 2050. godine dostići 68%, i kako je 60% [1] ukupne svetske emisije skoncentrisano u gradovima, oni predstavljaju glavni izazov kada je reč o klimatskoj naturalizaciji. Shodno tome, energetska tranzicija na nivou lokalnih samouprava je od izuzetne važnosti. Gradovi, koji kreiranjem strategija podržavaju proces energetske promena, pokazuju da on zahteva vreme, značajna finansijska ulaganja i da podrazumeva detaljnu analizu potencijala teritorijalno specifičnih OIE, kao i promovisanje OIE kroz odgovarajuće strategije [2]. Zato održivo planiranje budućih gradskih energetske sistema, treba da uključuje procenu dostupnih tehnologija, ali i društvenih i ekonomskih aspekata sredine. Važno je napomenuti da energetska tranzicija treba da bude sprovedena tako da se zasniva na pravednom i inteligentnom pristupu, poštujući ekološke norme [3]. Postizanje klimatske neutralnosti u gradovima je kompleksan i jedinstven proces, koji je uslovljen klimatskim faktorima i karakteristikama svakog grada. Energetska tranzicija, iako neophodna, drugačija je u svakom regionu i zahteva specifičan pristup [3]. Neuspešna realizacija je uzrokovana odabirom i primenom neadekvatnih tehnologija, kao i usled nedostatka odgovarajućih sistema [4]. Takođe, dekarbonizacija podrazumeva povezivanje svih energetske sektora, koje zahteva ekspertizu i detaljnu analizu energetske potreba i različitog učešća obnovljivih izvora energije (OIE) u energetskom miksu [5]. Stoga je neophodno mapiranje teritorijalno specifičnih energetske potencijala, sa ciljem povećanja implementacije OIE na nivou grada [6], kao i određivanje specifičnih energetske sistema, koji se zasnivaju na rangiranju tehničkih aspekata [7]. Takođe, izazovi korišćenja OIE, poput sistema upravljanja, optimizacije, operacionih i sistemskih karakteristika energetske sistema, moraju biti

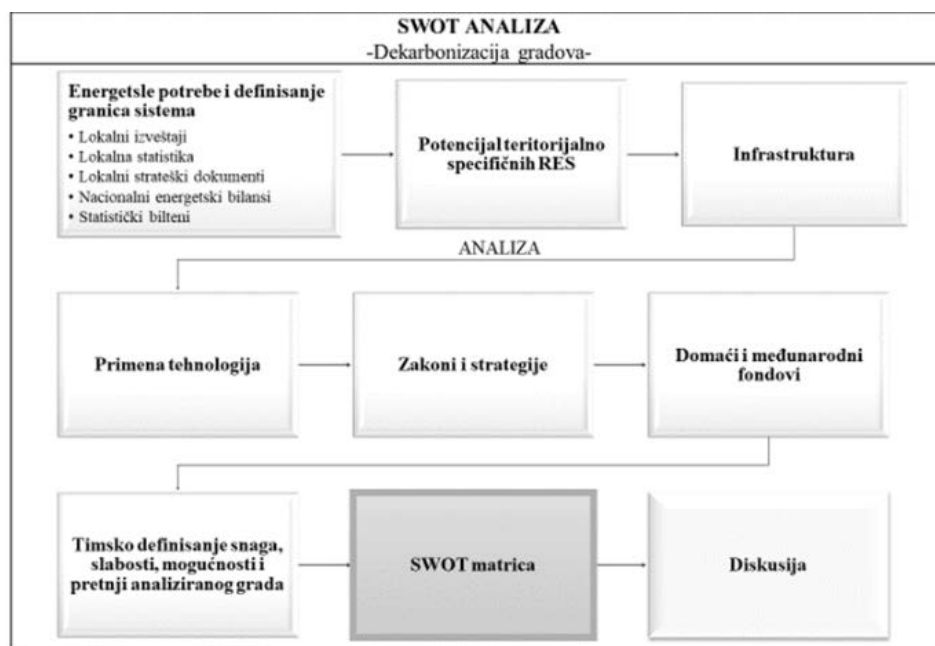
pažljivo analizirani pre instalacije OIE u značajnim razmerama [8]. Na primeru grada Masdar u Ujedinjenim Arapskim Emiratima, novog, održivog i klimatski neutralnog grada, pokazano je da je niskouglenična emisija moguća samo uz uključivanje svih zainteresovanih strana u proces detaljnog energetske planiranja [9]. Sa druge strane, u radu u kome je ispitivana mogućnost ostvarenja klimatske neutralnosti u gradovima, zbog toga što poseduju značajan potencijal za smanjenje upotrebe energije u sektorima transporta i zgradarstva [10], kao glavni razlog neuspešne realizacije navodi se nezastupljenost integralnog pristupa svih zainteresovanih strana od akademije, eksperata i donosioca odluka na gradskom nivou. Pored toga, samo jasne nacionalne i međunarodne regulative za unapređenje energetske održivosti gradova mogu omogućiti razvoj gradova ka ovom cilju [11]. To potvrđuje i primer regulativa u Republici Srbiji na lokalnim nivoima koje ne podstiču uključivanje OIE u sisteme grejanja, jer su nepotpune i nejasno definisane [12].

Na osnovu svega navedenog, zaključuje se da realizaciji klimatske neutralnosti u gradu treba da prethodi integralni pristup, kojim će se sagledati svi zakonodavni okviri, energetske potrebe, mogućnosti i potencijali, kao i infrastruktura. Stoga je predmet ovog rada analiza energetske budućnosti grada Kragujevca na putu ka klimatskoj neutralnosti, uzimajući u obzir sve prednosti, slabosti, prilike i pretnje, kroz analizu trenutne situacije, budućih težnji i postojećih regulativa. Ovakav pristup

zasniva se na utvrđivanju unutrašnjih nedostataka koji mogu sprečiti razvoj, kao i spoljašnjih pretnji koje mogu ugroziti ostvarivanje cilja. Do sada je energetske planiranje uglavnom obuhvatalo nacionalne, ili regionalne nivoe, dok gradske sredine, sa svojim specifičnostima, još uvek nisu dovoljno analizirane [13]. Rezultati ovog rada mogu doprineti proširivanju „kataloga znanja“ u oblasti klimatske naturalizacije u gradovima, jer su, zbog različitosti, rezultati svih studija slučaja na nivoima lokalnih samouprava od važnosti.

II METODOLOGIJA

Analiza energetske budućnosti grada Kragujevca, sprovedena u ovom radu, zasniva se na upotrebi jednostavnog alata - SWOT analize (eng. *Strength, Weaknesses, Opportunities, Treats*), kojom se pokazuje da li grad ima potencijala da nadvlada unutrašnje slabosti i spoljašnje pretnje, ali i da iskoristi svoje prednosti i mogućnosti koje mu se na tom putu otvaraju. Dobro sprovedena SWOT analiza pruža uvid u moguće izazove budućnosti i, kao takva, može da posluži kao predmet budućih diskusija na nivoima donošenja odluka. Zbog svega navedenog, upotreba SWOT analize je široko rasprostranjena u polju energetske sektora i korišćena je u radovima koji se zasnivaju na analizi energetske sistema [14–17], održivog razvoja [18], razvoja i mogućnosti korišćenja određenih OIE [19–21], alternativnih goriva [22] i skladištenja energija [23], kao i energetske politika i strategija [24,25].



Slika 1. Potrebni koraci za sprovođenje SWOT analize na nivou lokalnih samouprava

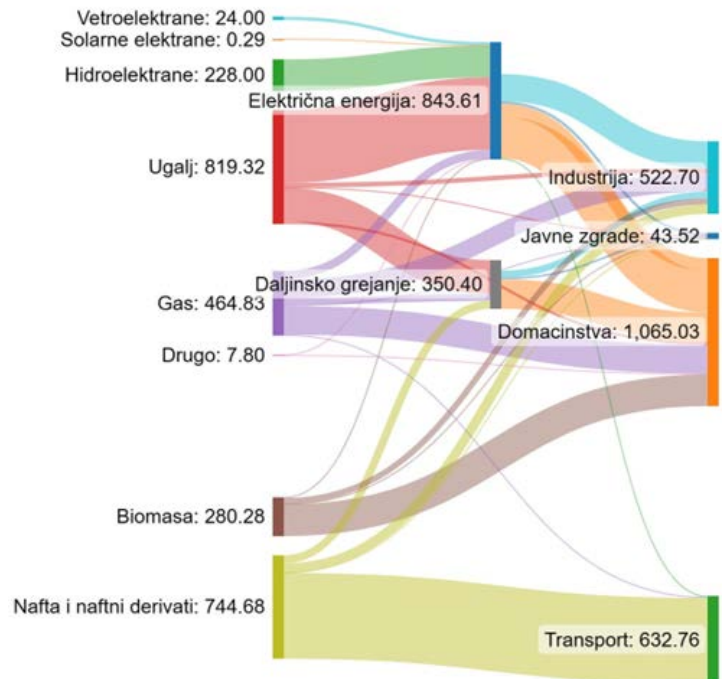
Radi sprovođenja relevantne SWOT analize, neophodno je pravilno identifikovati sve potrebne elemente. Kako bi se to ostvarilo potrebno je, najpre, prikupiti i analizirati podatke o trenutnim energetske potrebama. Iz ovog razloga je važno utvrditi granice lokalne samouprave. Thellufsen i saradnici [26] napominju da je, zbog pravedne raspodele energetske potrošnje, kao i OIE, važno da se grad ne posmatra kao izolovana celina u

državi, već da se energetske potrebe definišu na osnovu ujednačene raspodele državnih energetske potreba, u zavisnosti od populacije. Ovo je posebno važno u sektoru industrije i transporta. Dakle, definisanje energetske potreba podrazumeva pažljivu analizu nacionalnih i lokalnih dokumenata, kao i nacionalnih energetske bilanci. Pored toga, potrebno je utvrditi energetske potencijale svih teritorijalno specifičnih OIE,

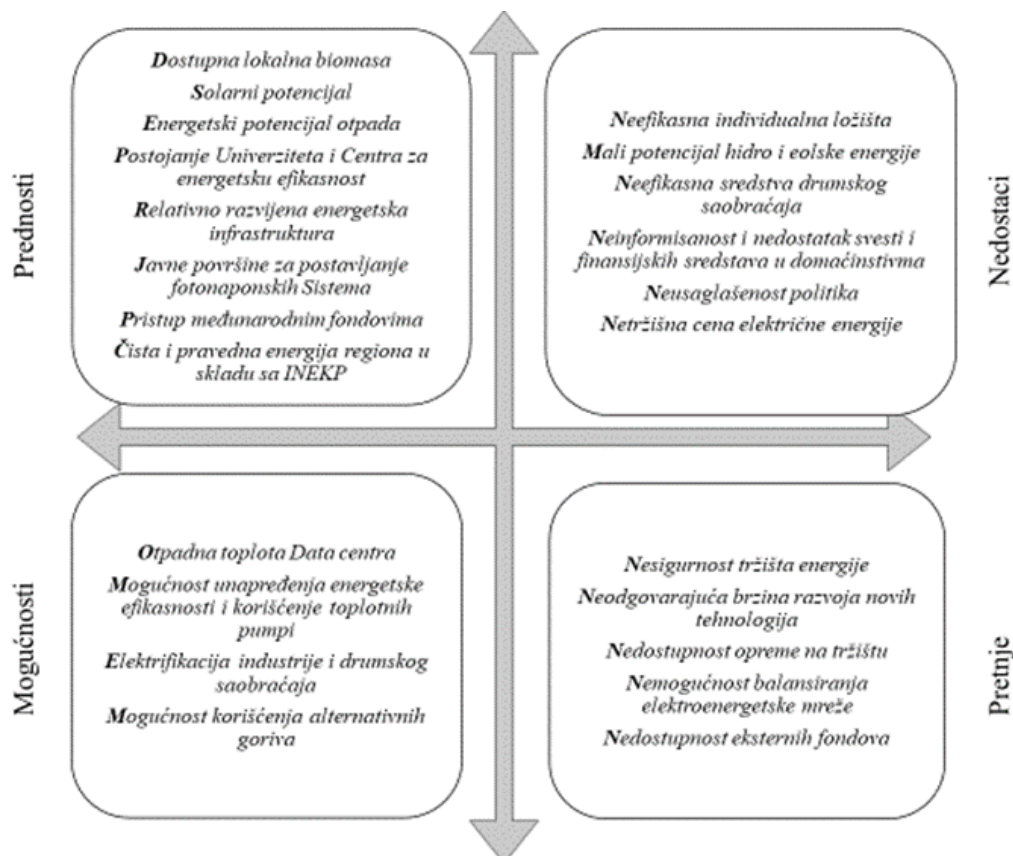
mogućnost korišćenja postojećih tehnologija i tehnologija u razvoju i analizirati postojeću infrastrukturu. Nakon prikupljanja svih potrebnih informacija i sagledavanja postojećeg stanja, uz osvrt na zacrtane strateške ciljeve, participativnim pristupom i diskusijom među članovima tima SWOT analiza može biti definisana (Slika 1.).

III REZULTATI I DISKUSIJA

Na osnovu analize dostupnih dokumenata, kreiran je dijagram energetske tokova u gradu Kragujevcu (Slika 2.). Napominje se da se podaci prikazani u dijagramu odnose na 2021. godinu, poslednju godinu za koju se mogu pronaći relevantni statistički podaci, kao i energetske bilansi utrošene energije na nivou Republike Srbije. Potrošnja energije u individualnim ložištima definisana je na osnovu usmenih saopštenja zaposlenih u Javnom preduzeću „Srbijagas“ [27], podataka o daljinskom grejanju u Kragujevcu [28], kao i na osnovu statističkih podataka određenim prema [29]. Podaci o potrošnji energije u javnim zgradama usvojeni su na osnovu podataka prikazanih u Programu energetske efikasnosti grada Kragujevca [30]. Kako je podatke o potrošnji energije u industriji i transportu teško staviti unutar geografskih granica grada, isti su definisani na osnovu podataka prikazanih u Biltenu o konačnim podacima o energetske bilansu Republike Srbije za 2021. godinu [31] i udela stanovništva Grada u odnosu na ukupan broj stanovnika u Zemlji. Pošto je elektroenergetski sistem Republike Srbije većinski centralizovan, primenom istog principa određeni su izvori električne energije koja se koristi u Gradu.



Slika 2. Dijagram energetske tokova grada Kragujevca za 2021. godinu [GWh]



Slika 3. SWOT faktori energetske sistema grada Kragujevca

3.1. SWOT ANALIZA

Na osnovu diskusije o prednostima, nedostacima, mogućnostima i pretnjama za budući energetska sistem grada Kragujevca, koji se zasniva na upotrebi OIE, kreirana je SWOT matrica prikazana na Slici 3.

Prednosti

- Dostupna lokalna biomasa

Procenjuje se da potencijal biomase u Republici Srbiji čini oko 60% ukupnog potencijala OIE. Na nivou grada Kragujevca, postoji značajan potencijal biomase, koji je prikazan u Tabeli 1. Važno je napomenuti da se, u energetska planiranju, biomasa može smatrati OIE, isključivo ukoliko je način njenog korišćenja u skladu sa konceptom održivog upravljanja resursima.

Tabela 1. Energetska potencijal biomase grada Kragujevca [33]

Vrsta biomase	MWh
Ostaci uzgoja žitarica	81.912
Ostaci rezidbe plantažno uzgajanog voća	24.814
Potencijal biogasa dobijenog iz stajnjaka	110.267
Šumska biomasa	96.455

- Solarni potencijal

Grad Kragujevac poseduje značajan solarni potencijal, sa prosečnom količinom solarne energije pri optimalnom uglu prijelnika od 1.544 kWh/m². Ovaj potencijal može da se koristi za rad solarnih kolektora, ili fotonaponskih sistema. Zbog temperaturnih oscilacija u toku godine, upotreba solarnih kolektora se ne preporučuje za zagrevanje objekata, već za pripremu sanitarne tople vode.

- Energetska potencijal otpada

Prosečna godišnja količina deponovanog otpada na teritoriji Kragujevca iznosi oko 128.687,39 t, od čega je 0,88% biorazgradivog i 36,61 % komunalnog otpada. Sprovedene analize su pokazale da se na deponiji generiše 574 m³/h deponijskog gasa, na osnovu čega se predlaže instaliranje kogeneracionog postrojenja snage 600 kW [33].

- Postojanje Univerziteta i Centra za energetska efikasnost

Zaposleni na Univerzitetu u Kragujevcu mogu da pruže pomoć i ekspertske analize u oblasti OIE, kroz multidisciplinarni pristup. Takođe, u okviru Fakulteta inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu osnovan je Centar za Energetska efikasnost, sa ciljem savetovanja i promocije upravljanja energijom i primene OIE, kao i izradu projekata za unapređenje energetska efikasnosti, kako u sektoru industrije, tako i u sektoru zgradarstva.

- Relativno razvijena energetska infrastruktura

Grad ima razvijen sistem daljinskog grejanja sa 6 kotlarnica, ukupne snage od oko 430 MW, i preko 22.000 priključaka, na

toplovodnoj mreži dužine 89 km. Toplovodna mreža pokriva gradska naselja i zasniva se na sistemima centralizovane i decentralizovane proizvodnje [28].

Pored toplovodne mreže, Kragujevac je dobro pokriven gasovodom, sa više od 290 km distributivne mreže.

Grad je preko dva dalekovoda, iz pravca TE „Nikola Tesla“ (Obrenovac) i Niša, HE „Đerdap, 400 kV, povezan sa elektroenergetskim sistemom Srbije [33].

- Javne površine za postavljanje fotonaponskih sistema

Procenjena površina javnih krovova u Kragujevcu iznosi 45.600 m², sa godišnjim energetska potencijalom od 670,5 MWh [30]. Napominje se da se javne površine mogu koristiti kao mesta zajedničkih građanskih ulaganja u OIE, čime bi se podstakla pravedna energetska tranzicija i aktivno uključivanje građana u energetska sektor.

- Pristup međunarodnim fondovima

Razvoj i uspostavljanje sistema OIE i niskougleničnih sistema u gradovima predstavljaju važan cilj EU. S tim u vezi, sredstva za realizaciju projekata dekarbonizacije u gradovima, pored gradskog budžeta i budžeta Republike Srbije, mogu biti finansirana sredstvima Evropske Unije [34], kreditnih linija Evropske Banke za obnovu i razvoj [35], Nemačke saradnje [36] i slično.

- Čista i pravedna energija regiona u skladu sa Integrisanim Nacionalnim Klimatskim i Energetskim planom Republike Srbije

Nacrt novog strateškog dokumenta Republike Srbije-Integrisanog Nacionalnog energetska i klimatska plana Republike Srbije za period od 2030. godine, sa projekcijama do 2050. godine (INEKP), jasno predviđa unapređenje energetska efikasnosti, povećano učešće OIE i smanjenje upotrebe fosilnih goriva. Shodno tome, dekarbonizacija Kragujevca je u skladu sa strategijom zemlje i zbog toga predstavlja neizbežan proces u koji treba usmeriti znanje, iskustvo i resurse.

Nedostaci

- Neefikasna individualna ložišta

U Republici Srbiji, više od 75% domaćinstava ima individualna ložišta, sa značajnim udelom neefikasnih i dotrajalih grejnih tela na čvrsta goriva [37]. Ovakva situacija u Gradu dovodi do zagađenja vazduha, koji je posebno izražen u toku grejne sezone, ali i do neodržive upotrebe biomase.

- Potencijal hidro i eolske energije

Za razliku od solarnog potencijala, hidro energija i energija vetra imaju vrlo skroman potencijal. Naime, vetrovi koji prevladavaju u Gradu imaju nedovoljne vrednosti srednjih brzina (1,5-2,9 m/s), dok su reke, iako ih ima dosta, siromašne vodama [33].

- Neefikasna sredstva drumskog saobraćaja

Prosečna starost vozila u voznom parku grada Kragujevca je oko 15 godina, pri čemu se kao pogonsko gorivo najčešće koristi benzin, zatim dizel i TNG [30].

- Neinformisanost i nedostatak svesti i finansijskih sredstava u domaćinstvima

Rezultati sprovedene ankete u Republici Srbiji pokazuju da 58% domaćinstava nema dovoljno novca za prelazak na efikasnije sisteme grejanja, dok gotovo 26% ispitanog stanovništva nije zainteresovano za prelazak na efikasnije sisteme grejanja [38]. Ovi podaci jasno upućuju na nedostatak, svesti i finansijskih sredstava, informacija o mogućim subvencijama, ali i finansijske podrške države,.

- Neusaglašenost politika

Na nivou grada Kragujevca je u decembru 2022. godine usvojen Program energetske efikasnosti grada Kragujevca za period 2023-2025 [30], kao strateški dokument kojim se „stvaraju preduslovi za izvršenje zakonskih obaveza grada Kragujevca u oblasti energetike, energetske efikasnosti i korišćenja OIE“. Međutim, iako Dokument sistematično prikazuje potrošnju energenata u javnom sektoru, moguće buduće uštede, kao i karakteristike samog grada, uviđa se da među predloženim merama, planirane za budući period, ne postoji praktično ni jedna koja se odnosi na instalaciju OIE. Postavlja se pitanje da li ovakvo energetske planiranje zadovoljava stremljenja Republike Srbije u procesu dekarbonizacije i da li se na taj način smanjuje mogućnost ostvarivanja ovog cilja?

- Netržišna cena električne energije

Cena električne energije, za sektor domaćinstva, u Republici Srbiji je 2022. godine bila više nego tri puta niža u odnosu na prosečnu cenu u Evropskoj regiji [39]. Iako je se stvarna (puna komercijalna) cena električne energije u Srbiji daleko veća [40], ovakav sistem naplate dovodi u pitanje isplativost ulaganja u OIE, kao i nezainteresovanost među građanima, jer je period otplate često duži od očekivanog.

Mogućnosti

- Otpadna toplota Data centra

U Kragujevcu je 2020. godine otvoren Data centar. Hlađenje Data centra rezultira značajnim količinama otpadne toplote, koja se može koristiti u modernizovanom sistemu daljinskog grejanja uz primenu toplotnih pumpi, čime se postiže značajno smanjenje upotrebe energenata, ali i emisije gasova sa efektom staklene bašte.

- Mogućnost unapređenja energetske efikasnosti i korišćenje toplotnih pumpi

Grad Kragujevac je industrijski grad, koji poseduje potencijal za smanjenje utroška energije i emisije gasova sa efektom staklene bašte kroz unapređenje energetske efikasnosti u industrijskim proizvodnim procesima. Mogući načini za promovisanje energetske efikasnosti su upotreba otpadne toplote, integracija proizvodnih procesa i upotreba toplotnih pumpi, kao što je prikazano u [41]. Međutim, napominje se da je svako preduzeće jedinstvena celina i da se maksimalne energetske uštede mogu ostvariti kroz sprovođenje detaljnih energetske pregleda i integraciju predloženih mera.

- Elektrifikacija industrije i drumskog saobraćaja

Elektrifikacija industrije i drumskog saobraćaja predstavlja važan deo dekarbonizacije u gradovima. Samo se na ovaj način, uz kreiranje pametnih energetskih mreža, može iskoristiti potencijal varijabilnih OIE, na najefikasniji način.

- Mogućnost korišćenja alternativnih goriva

Povećanjem kapaciteta OIE otvara se mogućnost za primenu zelenog vodonika. Zeleni vodonik se može smatrati načinom skladištenja OIE, jer se viškovi proizvedene energije mogu koristiti u procesima elektrolize. Korišćenje vodonika je u skladu sa INEKP.

Pretnje

- Nesigurnost tržišta energije

Porast u potražnji energije može da rezultira nestabilnošću tržišta. Prethodna dešavanja i rat u Ukrajini pokazali su da je nestašica gasa moguća i da se mogu očekivati velike varijacije u cenama, kao i dostupnosti, što može da rezultira osetim posledicama po privredu. Iako prelazak na OIE obezbeđuje energetske nezavisnost zemlje, put energetske tranzicije nije kratak i oslanja se na upotrebu fosilnih goriva.

- Neodgovarajuće brzina razvoja novih tehnologija

Razvoj novih i usavršavanje postojećih tehnologija predstavljaju važan aspekt dekarbonizacije. Samo nova, ekonomski prihvatljivija rešenja, mogu da rezultiraju rešavanjem problema globalnog zagrevanja i balansiranja elektroenergetske mreže.

- Nedostupnost opreme na tržištu

Energetska tranzicija je proces koji se prepoznaje i koji zaživljava u svim krajevima sveta. Stoga može doći do trenutne nedostupnosti potrebne opreme na tržištu, usled velike tražnje, kao što se dogodilo tokom 2022. godine, kada se na solarne panele u Srbiji čekalo i po nekoliko meseci.

- Nemogućnost balansiranja elektroenergetske mreže

Povećana integracija varijabilnih OIE sa sobom nosi potrebu za novim kapacitetima skladištenja, kako bi se izbegao problem balansiranja mreže. Nemogućnost balansiranja elektroenergetske mreže se u javnosti često ističe kao najveća prepreka prelasku na sisteme koji se zasnivaju na upotrebi OIE.

- Nedostatak eksternih fondova

Iako sada dostupni, ukidanje, ili redukcija eksternih fondova u budućnosti može da rezultira nedovoljnom realizacijom gradskih projekata u oblasti unapređenje energetske efikasnosti i OIE i na taj način usporiti proces dekarbonizacije.

VIII ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata dobijenih u radu, zaključuje se da grad Kragujevac poseduje prednosti, kao i potencijal, koji mu mogu omogućiti uspešno sprovođenje energetske tranzicije i ostvarivanje ciljeva propisanih Integracionim klimatskim i energetske planom Republike Srbije. Međutim, na umu treba imati sve navedene sistemske nedostatke, kao i eksterne pretnje, koje mogu ugroziti put ka dekarbonizaciji energetske sistema. Stoga je važno da se:

- promovišu koncepti energetskih strategija i projekata, uz što veće uključivanje svih zainteresovanih strana;
- građani redovno informišu o značaju ostvarivanja energetskih ušteda i mogućnostima korišćenja teritorijalno specifičnih RES;
- građani upoznaju sa dostupnim fondovima, sa ciljem unapređenja energetskih performansi domaćinstava;
- unaprede sistemi daljinskog grejanja, jer oni pružaju mogućnost povećane integracije OIE;
- unaprede mogućnosti za upotrebu otpadne toplote, prvenstveno DATA centra u gradu;
- koriste dostupni međunarodni fondovi i mogućnosti za međunarodnu saradnju sa ciljem razmene znanja i iskustava;

Energetska tranzicija nije moguća bez unapređenja i jačanje ljudskih kapaciteta u oblasti energetike i međusektorske povezanosti na svim gradskim nivoima. Prihvatanje energetske tranzicije i odgovoran odnos prema upotrebi energije moguće je ostvariti samo ukoliko građani budu aktivni učesnici u informisanju, promovisanju i odlučivanju u energetskim projektima.

Na kraju, napominje se da analiza predstavljena u ovom radu može da koristi za pokretanje daljih diskusija prilikom planiranja budućih koraka u donošenju strateških dokumenata, kao i pri realizaciji budućih energetskih projekata.

LITERATURA/REFERENCES

- [1] Generating power. United Nations 2023. <https://www.un.org/en/climatechange/climate-solutions/cities-pollution> [pistupljeno 23.03.2023]
- [2] Ulpiani, G., Veters, N., Shtjefni, D., Kakoulaki, G., Taylor, N. Let's hear it from the cities: on the role of renewable energy in reaching climate neutrality in urban Europe, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 183, pp. 113444, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113444>
- [3] Mandić-Lukić, J., Milovanović, Đ., Stipić, M., Raković, R., Petrović-Bećirović, S. Energetska tranzicija – inteligentna, pravедna i ekološki prihvatljiva, *Energija, ekonomija, ekologija*, Vol. 24, No. 2, pp. 68-74, 2022. <https://doi.org/10.46793/EEE22-2.68ML>
- [4] Ullah, K.R., Prodanovic, V., Pignatta, G., Deletic, A., Santamouris, M. Technological advancements towards the net-zero energy communities: a review on 23 case studies around the globe, *Solar Energy*, Vol. 224, pp. 1107-1126, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.06.056>
- [5] Alberg Østergaard, P., Mathiesen, B.V., Möller, B., Lund, H. A renewable energy scenario for Aalborg Municipality based on low-temperature geothermal heat, wind power and biomass, *Energy*, Vol. 35, No. 12, pp. 4892-901, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.08.041>
- [6] Novosel, T., Pukšec, T., Krajačić, G., Duić, N. Role of district heating in systems with a high share of renewables: case study for the city of Osijek, *Energy Procedia*, Vol. 95, pp. 337-43, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.019>
- [7] Menapace, A., Thellufsen, J.Z., Pernigotto, G., Roberti, F., Gasparella, A., Righetti, M., Baratieri, M., Lund, H. The design of 100 % renewable smart urb an energy systems: the case of Bozen-Bolzano, *Energy*, Vol. 207, pp. 118198, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118198>
- [8] Hoang, A.T., Pham, V.V., Nguyen, X.P. Integrating renewable sources into energy system for smart city as a sagacious strategy towards clean and sustainable process, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 305, pp. 127161, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127161>
- [9] Griffiths, S., Sovacool, B.K. Rethinking the future low-carbon city: Carbon neutrality, green design, and sustainability tensions in the making of Masdar City, *Energy Research & Social Science*, Vol. 62, pp. 101368, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101368>
- [10] Gomez Echeverri, L. Investing for rapid decarbonization in cities. *Current opinion in environmental sustainability*, Vol. 30, pp. 42-51, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.02.010>
- [11] Mauree, D., Naboni, E., Coccolo, S., Perera, A.T.D., Nik, V.M., Scartezzini, J-L. A review of assessment methods for the urban environment and its energy sustainability to guarantee climate adaptation of future cities, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 112, pp. 733-746, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.06.005>
- [12] Latinović, A., Đorđević, M., Surudžić, D., Šiljkut, V. Povećanje učešća obnovljivih izvora energije u sistemima za daljinsko grejanje. *Energija, ekonomija, ekologija*, Vol. 24, No. 2, pp. 61-67, 2022. <https://doi.org/10.46793/EEE22-2.61L>
- [13] Hansen, K., Breyer, C., Lund, H. Status and perspectives on 100% renewable energy systems, *Energy*, Vol. 175, pp. 471-480, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.092>
- [14] Igliński, B., Piechota, G., Iglińska, A., Cichosz, M., Buczkowski, R. The study on the SWOT analysis of renewable energy sector on the example of the Pomorskie Voivodeship (Poland), *Clean Techn Environ Policy*, Vol. 18, pp. 45-61, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10098-015-0989-7>
- [15] Madurai Elavarasan, R., Afridhis, S., Vijayaraghavan, R.R., Subramaniam, U., Nurunnabi, M. SWOT analysis: a framework for comprehensive evaluation of drivers and barriers for renewable energy development in significant countries, *Energy Reports*, Vol. 6, pp. 1838-1864, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.07.007>
- [16] Maihemuti, S., Wang, W., Wu, J., Wang, H. New energy power system operation security evaluation based on the SWOT analysis, *Scientific Reports*, Vol. 12, pp. 12680, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16444-4>
- [17] Markovska, N., Taseska, V., Pop-Jordanov, J. SWOT analyses of the national energy sector for sustainable energy development, *Energy*, Vol. 34, pp. 752-756, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.02.006>
- [18] Pereira, L., Pinto, M., Costa, R.L.D., Dias, Á., Gonçalves, R. The new SWOT for a sustainable world, *Journal of open innovation: technology, market and complexity*, Vol. 7, No. 1, pp. 18, 2021. <https://doi.org/10.3390/joitmc7010018>
- [19] Igliński, B., Iglińska, A., Koziński, G., Skrzatek, M., Buczkowski, R. Wind energy in Poland – History, current state, surveys, *Renewable Energy Sources Act, SWOT analysis*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 64, pp. 19-33, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.081>
- [20] Lei, Y., Lu, X., Shi, M., Wang, L., Lv, H., Chen, S., Hu, C., Yu, Q., da Silveira S.D.H. SWOT analysis for the development of photovoltaic solar power in Africa in comparison with China., *Environmental Impact Assessment Review*, Vol. 77, pp. 122127, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.04.005>
- [21] Tasnim, S.S., Rahman, Md.M., Hasan, M.M., Shammi, M., Tareq, S.M. Current challenges and future perspectives of solar-PV cell waste in Bangladesh, *Heliyon*, Vol.8, pp. e08970, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08970>
- [22] Khan, M.I., Al-Ghamdi, S.G. Hydrogen economy for sustainable development in GCC countries: a SWOT analysis considering current situation, challenges, and prospects, *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 48, No. 28, pp. 10315-10344, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.12.033>
- [23] Olabi, A.G., Wilberforce, T., Sayed, E.T., Abo-Khalil, A.G., Maghrabie, H.M., Elsaid, K., Abdelkareem, M.A. Battery energy storage systems and SWOT (strengths, weakness, opportunities, and threats) analysis of batteries in power transmission, *Energy*, Vol. 254, pp. 123987, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123987>
- [24] Jing, W., Tao, M. Research on clean energy development strategy of China Three Gorges Corporation based on SWOT framework, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Vol. 47, pp. 101335, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101335>
- [25] Mukeshimana, M.C., Zhao, Z-Y., Nshimiyimana, J.P. Evaluating strategies for renewable energy development in Rwanda: An integrated SWOT – ISM analysis, *Renewable Energy*, Vol. 176, pp. 402-414, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.05.104>
- [26] Thellufsen, J.Z., Lund, H., Sorknæs, P., Østergaard, P.A., Chang, M., Drysdale, D., Nielsen, S., Djørup, S.R., Sperling, K. Smart energy cities in a 100% renewable energy context, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 129, pp. 109922, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109922>

- [27] Srbijagas 2023. <https://www.srbijagas.com/> [pistupljeno 30.03.2023]
- [28] Energetika d.o.o 2023. <http://www.energetika-kragujevac.com/tehnickisistem.php> [pistupljeno 30.03.2023]
- [29] Pavlović, B., Ivezić, D., Živković, M. State and perspective of individual household heating in Serbia: a survey-based study, Energy and Buildings, Vol. 247, pp. 111128, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111128>
- [30] "Sl. list grada Kragujevca", br. 39a/2022. Program energetske efikasnosti grada Kragujevca za period 2023-2025. sa planom energetske efikasnosti za 2023. god, Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica, 2022. http://www.eupropisi.com/dokumenti/KG_039A_2022_001.pdf [pistupljeno 30.03.2023]
- [31] Bilten - Energetski bilansi, 2021. Republički zavod za statistiku, Beograd, 2023. <https://publikacije.stat.gov.rs/G2023/Pdfe/G20235693.pdf> [pistupljeno 30.03.2023]
- [32] Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije, "Sl. glasnik RS", br. 40/2021 i 35/2023. <https://www.paragraf.rs/propisi/zakon-o-korisrenju-obnovljivih-izvora-energije.html> [pistupljeno 30.03.2023]
- [33] "Sl. list grada Kragujevca", br. 11/2018. Program energetske efikasnosti grada Kragujevca za period 2018-2020 godine, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Kragujevac, 2018. http://www.eupropisi.com/dokumenti/efikasnostKG11_18.pdf [pistupljeno 30.03.2023]
- [34] Funding opportunities, European Structural and Investment Funds. European Commission 2023. https://commission.europa.eu/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/funding-cities_en [pistupljeno 30.03.2023]
- [35] Project finance, European Bank for Reconstruction and Development 2023. <https://www.ebrd.com/work-with-us/project-finance.html> [pistupljeno 30.03.2023]
- [36] Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH 2023. <https://nemackasaradnja.rs/giz/> [pistupljeno 30.03.2023]
- [37] Pavlović, B., Ivezić, D., Živković, M. Transition pathways of household heating in Serbia: analysis based on an agent-based model, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 163, pp. 112506, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112506>
- [38] Pavlović, B., Ivezić, D., Živković, M. Challenges of energy transition in the individual heating sector, Energija, ekonomija, ekologija, Vol. 24, No. 1, pp. 17-21, 2022. <https://doi.org/10.46793/EEE22-1.17P>
- [39] Electricity price statistics. Eurostat 2023. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_price_statistics [pistupljeno 30.03.2023]
- [40] Batas Bjelić, I., Molnar, D. Puna cena električne energije proizvedene iz lignita u Srbiji. Energija, ekonomija, ekologija, Vol. 23, No. 4, pp. 38-44, 2021. <https://doi.org/10.46793/EEE21-4.38B>
- [41] Živković, D., Končalović, D., Vukašinović, V., Josijević, M., Gordić, D. Integracija toplotnih pumpi u postojeći energetska sistem u malim i srednjim preduzećima. Energija, ekonomija, ekologija, Vol. 24, No. 3, pp. 32-38, 2022. <https://doi.org/10.46793/EEE22-3.32Z>

AUTORI/AUTHORS

Jelena Nikolić – master inženjer maštinstva, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, jelena.nikolic@fink.rs, ORCID [0000-0001-6781-8059](https://orcid.org/0000-0001-6781-8059)

Dušan Gordić – redovni profesor, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, gordic@kg.ac.rs, ORCID [0000-0002-1058-5810](https://orcid.org/0000-0002-1058-5810)

Vladimir Vukašinović – vanredni profesor, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, vladimir.vukasinovic@kg.ac.rs, ORCID [0000-0001-6489-2632](https://orcid.org/0000-0001-6489-2632)

Mladen Josijević - docent, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, mladenjosijevic@gmail.com, ORCID [0000-0001-9619-0897](https://orcid.org/0000-0001-9619-0897)

Dubravka Živković - docent, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, dubravka@uni.kg.ac.rs, ORCID [0000-0002-0266-456X](https://orcid.org/0000-0002-0266-456X)