

ZBORNIK RADOVA

STRUČNO-NAUČNA KONFERENCIJA TOPS 2025

Zlatibor, jun 2025

Zbornik radova

Stručno-naučna konferencija TOPS 2025

Izdavač

Poslovno udruženje „Toplane Srbije“, Šabac 2025

Za izdavača

Dejan Stojanović

Urednik

Dušan Macura, 1973

Grafički urednik

Demo group Šabac

Izbor tema za radove po pozivu

Prof. dr Maja Todorović, dipl.maš.inž.

Dejan Stojanović, dipl.maš.inž.

Dušan Macura dipl.elekt. inž.

Štampa

Demo group Šabac

Tiraž: 200

Organizatori

Poslovno udruženje „Toplane Srbije“

Evropska banka za obnovu i razvoj (EBRD)

SWITZERLAND - STATE SECRETARIAT FOR ECONOMIC AFFAIRS – SECO

Društvo termičara Srbije

Programski odbor

Dejan Stojanović

Maja Todorović

Tomica Jovanović

Uvodna reč	4
SISTEMI DALJINSKOG GREJANJA U SKLADU SA PROMENJENOM DIREKTIVOM O ENERGETSKOJ EFIKASNOSTI (EU) 2023/1791	5
ENERGETSKA TRANZICIJA U SEKTORU DOMAĆINSTAVA U SRBIJI – PROJEKAT FF GREEN	16
EKONOMSKO-FINANSIJSKA ANALIZA SISTEMA DALJINSKOG GREJANJA U REPUBLICI SRBIJI ZA 2023. GODINU.....	25
PREDLOG METODOLOGIJE ZA ODREĐIVANJE INDIKATORA ENERGETSKOG RAZREDA ZGRADE I USKLAĐENOST SA STRATEŠKIM I PLANSKIM DOKUMENTIMA REPUBLIKE SRBIJE.....	36
TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA KORIŠĆENJA OTPADNE TOPLOTE IZ ŽELEZARE ZA DALJINSKO GREJANJE	47
UTICAJ SISTEMA AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA NA ENERGETSKE PERFORMANSE ZGRADA.....	58
INTEGRACIJA SOLAR-TERMAL POSTROJENJA SA SEZONSKIM SKLADIŠTEM TOPLOTE U SISTEM DALJINSKOG GREJANJA NOVOG SADA.....	68

Uvodna reč

Poslovno udruženje “Toplane Srbije” ove godine organizuje 23. Susrete toplana i stručno-naučnu konferenciju TOPS 2025 u periodu od 1. do 5. juna 2025. godine na Zlatiboru.

Konferencija TOPS 2025 podvlači stručno/naučnu nijansu događaja.

Fokus ovogodišnje Konferencije TOPS 2025 je na implementaciji mera koje omogućavaju značajno smanjenje potrošnje toplotne energije, čime se doprinosi održivom razvoju i smanjenju emisije štetnih gasova.

Na konferenciji će govoriti istaknuti eksperti iz oblasti energetike, predstavnici sistema daljinskog grejanja i renomiranih kompanija iz energetskeg sektora, uz Panel “Dinamika realizacije projekata dekarbonizacije SDG u Srbiji”.

Umrežavanjem velikog broja aktera uspešnije možemo prevazići barijere energetske tranzicije.

TOPS je dobio svoj regionalni i međunarodni karakter i tako se dodatno pozicionira na mapi skupova koji se bave daljinskom energetikom.

Uz dužno poštovanje na razumevanju značaja sistema daljinskog grejanja u Republici Srbiji zahvaljujemo se na punoj podršci Evropskoj banci za obnovu i razvoj (EBRD) i SWITZERLAND - STATE SECRETARIAT FOR ECONOMIC AFFAIRS – SECO, stalnom partneru Društvu termičara Srbije i svim prezenterima/izlagačima.

Poslovno udruženje “Toplane Srbije”

SISTEMI DALJINSKOG GREJANJA U SKLADU SA PROMENJENOM DIREKTIVOM O ENERGETSKOJ EFIKASNOSTI (EU) 2023/1791

Dr Branislava Lepotić Kovačević¹, prof. dr Miloš Banjac²

Udruženje za pravo energetike Srbije, Beograd, Srbija¹

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, Srbija²

branislava.lepotickovacevic@upes.rs, mbanjac@mas.bg.ac.rs

REZIME

Da bi stvorila pravni okvir za realizaciju Evropskog zelenog plana i visokih ciljeva dekarbonizacije postavljenih ovim planom, Evropska unija je 2023. godine usvojila Direktivu o energetske efikasnosti (EU) 2023/1791, kojom je stavila van snage prethodnu, Direktivu o energetske efikasnosti 2012/27/EU. Novom Direktivom o energetske efikasnosti su postavljeni novi ciljevi energetske efikasnosti koji su povezani za smanjenje emisija CO₂. Centralni moto ove direktive je primena principa „energetska efikasnost na prvom mestu“, koji se preliva u sve segmente energetske ciklusa. Posebna pažnja u Direktivi je posvećena „grejanju, hlađenju i toploj vodi u domaćinstvima“ i dekarbonizaciji ovih sektora, kroz povećanje energetske efikasnosti.

Transponovanje i implementacija Direktive (EU) 2023/1791 još nije postala obaveza za Republiku Srbiju, ali je na poslednjoj sednici Ministarskog saveta Energetske zajednice, iz 2024. godine, doneta odluka da se preporuči primena principa „energetska efikasnost na prvom mestu“.

U ovom radu će se analizirati obaveze koje se uspostavljaju Direktivom (EU) 2023/1791 za države članice Evropske unije u oblasti toplotne energije i sistema daljinskog grejanja i potencijalne mogućnosti implementacije ovih obaveza za sisteme daljinskog grejanja u Republici Srbiji.

Ključne reči: sistemi daljinskog grejanja; princip energetska efikasnost na prvom mestu; Direktiva o energetske efikasnosti

1. UVOD

Energetska efikasnost je odnos između ostvarenog rezultata u uslugama, dobrima ili energiji i za to utrošene energije¹[1]. Značaj energetske efikasnosti je višestruk, jer obezbeđuje sigurnost snabdevanja smanjivanjem upotrebe postojećih dostupnih resursa, istovremeno doprinoseći smanjenju emisija gasova staklene bašte putem uštede energije za isti rezultata u uslugama, dobrima ili energiji.

Energetska efikasnost pomaže u smanjenju ukupne potrošnje energije i stoga je ključna za postizanje klimatskih ambicija Evropske unije, istovremeno povećavajući sadašnju i buduću energetske sigurnost i pristupačnost. Kako bi osigurala da cilj Evropske unije do 2030. godine o smanjenju emisije gasova staklene bašte za najmanje 55% (u poređenju sa 1990. godinom) bude ispunjen, Evropska komisija je revidirala Direktivu o energetske efikasnosti 2012/27/EU [2], zajedno sa drugim energetskim i klimatskim pravilima. Revidirajući ovu direktivu, Evropska unija je donela novu Direktivu o energetske efikasnosti (EU) 2023/1791 [3] (u daljem tekstu: Direktiva (EU)

¹ Član 3. stav 1. tačka 10) Zakona o energetske efikasnosti i racionalnoj upotrebi energije [1]

2023/1791) sa ciljem da se njenom primenom ostvare značajno povećane ambicije Evropske unije u oblasti energetske efikasnosti.

U metodologiji normativnog koncepta Direktive (EU) 2023/1791 jasno se uočava promena u pravcu da ova direktiva kao normativni akt ne sadrži samo norme koje uređuju konkretne pravne odnose, već sadrži definisanje i razradu principa prava energetike. Princip „energetska efikasnost na prvom mestu“^{2,3} je sveobuhvatni princip korišćenja energije koji se primenjuje u svim segmentima energetskog ciklusa od proizvodnje, prenosa, transporta, skladištenja, snabdevanja, trgovine i korišćenja energije i energenata. Ovaj princip je već sa Uredbom o upravljanju (EU) 2018/1999 [4] i Direktivom (EU) 2018/2001 o promociji korišćenja obnovljivih izvora energije [5] ušao u pravni sistem Evropske unije, ali je nužnost njegove primene dobila svoj puni značaj i pravnu zaštitu obaveznosti primene sa novom Direktivom (EU) 2023/1791 o energetske efikasnosti [3].

Ostale odredbe Direktive (EU) 2023/1791 su sa mnogo više detalja uredile osnovne poluge energetske efikasnosti prethodne Direktive, dodatnu pažnju posvećujući onim instrumentima, čija primena se u prethodnom periodu nije u ostvarila u očekivanoj meri. Takođe, mnogo značajnija pažnja je posvećena energetske efikasnosti u oblasti grejanja i hlađenja i planiranju energetske efikasnosti grejanja i hlađenja, kao značajnoj podoblasti sektora energetike, čiji rast se očekuje uz istovremeno postojanje potencijala i potrebe za primenom mera energetske efikasnosti.

Takođe, odredbama Direktive (EU) 2023/1791 je u pogledu obaveznosti primene mera energetske efikasnosti posebno podvučen značaj dekarbonizacije kao uzroka i efekta primene ovih mera.

2. OSNOVNI ELEMENTI DIREKTIVE (EU) 2023/1791

Osnovni elementi Direktive (EU) 2023/1791 su: instrumenti politike energetske efikasnosti i mere energetske efikasnosti. U cilju podsticanja i olakšanja primene odredaba ove direktive Evropska komisija je donela devet Preporuka/Smernica.

U oblasti politike energetske efikasnosti, pored principa „energetske efikasnost na prvom mestu“ je i definisanje ciljeva energetske efikasnosti i nacionalnih doprinosa. Evropska komisija je u cilju praktične primene principa „energetska efikasnost na prvom mestu“ donela Preporuku (EU) 2024/1722 o definisanju uslova za njegovu praktičnu primenu u zakonodavstva država članica [6]. Ovaj princip se pre svega treba primenjivati u svim relevantnim scenarijima i odlukama o politikama, planiranju i velikim ulaganjima – to znači ulaganja velikih razmera pojedinačne vrednosti veće od 100 000 000 EUR, odnosno 175 000 000 EUR ako je reč o projektima saobraćajne infrastrukture – koji utiču na potrošnju energije ili snabdevanje energijom. Ovo načelo mora se primenjivati i u energetske i u neenergetskom sektoru. Evropska komisija je i za drugi segmente politike energetske efikasnosti, utvrđivanje ciljeva energetske efikasnosti i nacionalnih doprinosa, donela posebnu Preporuku (EU) 2024/1722 [7].

U pogledu primene mera energetske efikasnosti i dalje je pravilo da javni sektor pruža primer primene energetske efikasnosti postavljeno u pogledu uloge javnog sektora na način da sve javne institucije i tela treba da zajedno smanje krajnju potrošnju energije za barem 1,9% svake godine u odnosu na 2021. godinu. Primena mera energetske efikasnosti na zgrade u vlasništvu javnog sektora putem renoviranja je i dalje veoma potrebna, uz jedno proširenje da javni sektor treba da preduzme aktivnosti i da primeni mere energetske efikasnosti i u slučajevima kada nije vlasnik zgrada koje

² „Energetska efikasnost na prvom mestu“ znači u najvećoj mogućoj meri uzimanje u obzir pri planiranju i pri donošenju politika i investicionih odluka, alternativne troškovno opravdane mere koje će učiniti potražnju za energijom i snabdevanje energijom efikasnijim, posebno uz pomoć troškovno opravdane uštede energije u krajnjoj potrošnji, inicijative za upravljanje potrošnjom, kao i efikasnije transformacije, prenosa i distribucije energije, pri čemu se i dalje ostvaruju ciljevi tih odluka. – član 2. tačka 18) Uredbe o upravljanju (EU) 2018/1999 [4].

³ Član 3. Direktive (EU) 2023/1791.

koristi. U pogledu primene javnih nabavke u javnom sektoru na efikasne uređaje i poslovne prostore i zgrade, Direktivom su značajno razvili ova pitanja ukazujući na potrebe i efekte javnih nabavki na dekarbonizaciju. Evropska komisija je donela Preporuku (EU) 2024/1716 [8], kojom je detaljnije preporučila načine primene mere potrošnje energije u javnom sektoru, renoviranju javnih zgrada i javnom nabavkama.

Efikasnost u krajnjoj potrošnje i dalje se zasniva na instrumentima: obaveze uštede energije, sistemima obaveze energetske efikasnosti i primeni alternativnih mera. Šema obavezne uštede energije je detaljno pripisana prema periodima i procentima obavezne uštede koji se vremenom povećava, što znači da se, kumulativno posmatrano, efekat uštede dodatno povećava. Radi realizacije šema obaveze ušteda energije potrebno je da se uspostave sistemi obaveze energetske efikasnosti, što podrazumeva celinu utvrđenih obaveza i aktivnosti zajedno sa definisanom institucionalnom strukturom. Evropska komisija je donela Preporuku (EU) 2024/1590 [9] u pogledu definisanja obaveze uštede energije.

Kao posebna mera energetske efikasnosti sa mnogo više detalja nego ranije, propisana je obaveza organizovanja sistema energetskog menadžmenta i sprovođenja energetskih pregleda. Evropska komisija je donela Preporuku (EU) 2024/2002 [10] u pogledu organizovanja sistema energetskog menadžmenta i sprovođenja energetskih pregleda.

Direktiva (EU) 2023/1791 je značajnu pažnju posvetila informativnim centrima kao energetski intenzivnim subjektima. Uspostavljena je obaveza da ovi centri snage instalirane informacione tehnologije od najmanje 500 kW imaju obavezu da čuvaju tajnost podataka, ali i da dostavljaju podatke o potrošnji energije.

Pitanje merenja potrošnje prirodnog gasa, kao i grejanja i hlađenja i potrošnje potrošne tople vode u domaćinstvima su i dalje značajna mera. Ova mera je, u pojedinim segmentima, Direktivom (EU) 2023/1791 detaljnije propisana nego ranije, sa ciljem da se informacije o potrošnji dostavljaju kupcima energije, kako bi mogli pratiti svoju potrošnju energije i potrošne tople vode i shodno tome uticati na njeno smanjivanje.

Direktiva (EU) 2023/1791, prateći pravce razvoja energetskog tržišta, i u oblasti energetske efikasnosti propisuje mere za informisanjem i osnaživanjem potrošača. Ona propisuje osnovna ugovorna prava za grejanje, hlađenje i potrošnu toplu vodu u domaćinstvu, u cilju pružanja ugovorne zaštite potrošača u pogledu ostvarivanja kvaliteta usluge koja im se pruža i mogućnosti praćenja potrošnje, uz obavezu snabdevača da omogući potrošačima više načina plaćanja usluge isporuke energije ili snabdevanja potrošnom toplom vodom. Informisanje potrošača o mogućnostima primene mera energetske efikasnosti i načina finansiranja primene ovih mera je takođe propisano. Posebni vidovi osnaživanja potrošača su zaštita ugroženih kupaca i ublažavanje energetskog siromaštva, koji su zajedno sa prethodno opisanim merama osnaživanja potrošača predmet posebne Preporuke Evropske komisije [11].

Radi ostvarivanja energetske efikasnosti u snabdevanju energijom Direktiva (EU) 2023/1791 detaljno uređuje: planiranje u oblasti grejanje i hlađenja i snabdevanje grejanjem i hlađenjem, kao i transformaciju, prenos, odnosno transport i distribuciju energije i obaveze energetske efikasnosti u ovim oblastima uz primenu principa „energetske efikasnost na prvom mestu“. Evropska komisija je donela Preporuku za snabdevanje grejanjem i hlađenjem [12]. Ove odredbe se primenjuju na sisteme daljinskog grejanja i hlađenja što će detaljnije biti razmatrano u ovom radu.

Energetske usluge zauzimaju značajno mesto i u Direktivi 2023/1791, usmeravajući javni sektor da koristi energetske usluge posebno za preuređenje zgrada. Evropska komisija je donela Preporuku sa smernicama za tumačenje člana 29. ove direktive u pogledu energetskih usluga [13].

Finansiranje mera energetske efikasnosti i dalje je preduslov za primeni mera energetske efikasnosti i jedan od izazova za ovu oblast, koja je uzrok primene mera energetske efikasnosti u manjem obimu od planiranog. Zbog toga je i u tekstu Direktive ovo pitanje razrađeno mogućnostima za realizaciju obaveza država članica u pogledu omogućavanja različitih formi finansiranja mera energetske

efikasnosti kroz nacionalne fondove, tehničke podrške i druge vidove podrške. Evropska komisija je donela Preporuku za nacionalne fondove energetske efikasnosti, finansiranje i tehničku podršku [14].

3. SISTEMI DALJINSKOG GREJANJA U DIREKTIVI

Članovi 25 i 26. Direktive (EU) 2023/1791 su detaljno i u celini posvećeni uređenju procenjivanja i planiranju u oblasti grejanje i hlađenja, kao i snabdevanju grejanjem i hlađenjem koji se direktno odnose na sisteme daljinskog grejanja i hlađenja. Ipak, skoro svi članovi ove direktive se direktno ili indirektno mogu primeniti u sektoru grejanja i hlađenja.

U članu 2. i 3. Direktive (EU) 2023/1791 se postavljaju opšta pravila za prioritarno sprovođenje energetske efikasnosti u svim sektorima, uključujući sve sektore energetskog ciklusa (proizvodnja, distribucija, snabdevanje, skladištenje i korišćenje energije) i primenu principa „energetska efikasnost na prvom mestu”. Ova opšta pravila se, kada su u pitanju sistemi daljinskog grejanja realizuju uklanjanjem prepreka na tržištu energije i prevazilaženjem svih tržišnih nedostataka koji ograničavaju energetske efikasnosti. Ove aktivnosti se sprovode direktnom primenom principa „energetska efikasnost na prvom mestu“ u obavljanju delatnosti samih Komunalnih preduzeća, kao opšteg pravila, u svim segmentima energetskog ciklusa sistema daljinskog grejanja.

U oblasti politike energetske efikasnosti i utvrđivanja ciljeva energetske efikasnosti član 4. Direktive (EU) 2023/1791 za sisteme daljinskog grejanja i hlađenja se realizuje kroz planiranje u nacionalnim integrisanim energetske i klimatskim planovima i strateškim pravcima razvoja energetike koji obuhvataju i sisteme daljinskog grejanja.

Članom 5. Direktive (EU) 2023/1791 koji uređuje ulogu javnog sektora koji treba da bude predvodnik u energetske efikasnosti, utvrđeno je da komunalna preduzeća sektora daljinskog grejanja, kao subjekti javnog sektora, u svojim planovima planiraju primenu mera energetske efikasnosti uzimajući u obzir i perspektivu klimatske neutralnosti, primenom načela cirkularne ekonomije u prelazu na klimatsku neutralnost. Ova preduzeća kao primer bi trebale da javnosti prikazuju efekte realizovanih projekata. Takođe treba da primenjuju energetske efikasnosti u oblasti javnih nabavki (član 7. Direktive (EU) 2023/1791) koje sprovode na način da, primenom principa energetske efikasnosti na prvom mestu, kriterijum energetske efikasnosti stavljaju uvek u konkursnu dokumentaciju za javne nabavke svih uređaja, poslovnog prostora, ali i prilikom planiranja primenu projekata dekarbonizacije na svom sistemu.

Članovi 8-10. Direktive (EU) 2023/1791 kojima se uređuje obaveza uštede energije i sistemi energetske efikasnosti i primena alternativnih mera, direktno se primenjuju na sisteme daljinskog grejanja. Sistemi daljinskog grejanja, kao vertikalno integrisani sistemi koji obavljaju energetske delatnosti od proizvodnje, distribucije, snabdevanja i skladištenja toplotne energije, koji su istovremeno i kupci energenata za proizvodnju toplotne energije, zauzimaju značajno mesto u sistemima obaveze uštede energije, tamo gde su uspostavljeni. Istovremeno ovi sistemi imaju obavezu preduzimanja alternativnih mera, ukoliko su propisani planskim i strateškim aktima, ali i sopstvenim planskim i operativnim aktima radi realizacije obaveza koje su im propisane ili interno postavljene.

Sistemi daljinskog grejanja i hlađenja treba da sa više aspekata budu obveznici istima energetske menadžmenta i energetske pregleda, s jedne strane kao komunalno preduzeće jedinice lokalne samouprave, s druge strane kao subjekti koji obavljaju energetske delatnosti i snabdevaju potrošače energijom i s treće strane kao potrošači energenata preko određenog praga. Shodno tome, imaju obavezu da realizuju odredbe člana 14. Direktive (EU) 2023/1791 o sistemima energetske menadžmenta i energetske pregledima.

Članovi 14, 15, 16, 18. i 20. Direktive (EU) 2023/1791 direktno se odnose na sisteme daljinskog grejanja i hlađenja propisujući merenje grejanja i potrošne tople vode u domaćinstvima, obavezu zasebnog merenja i raspodelu troškova za grejanje i potrošnu toplu vodu u domaćinstvu, zahteve za

očitavanjem na daljinu, informacijama o obračunu i potrošnji za grejanje, i potrošnu toplu vodu u domaćinstvu, uz regulisanje troškova pristupa informacijama o merenju, obračunu i potrošnji za grejanje i potrošnu toplu vodu u domaćinstvu. U višestambenim zgradama i stambeno-poslovnim zgradama koje se snabdevanju toplotnom energijom iz sistema daljinskog grejanja, (komunalna preduzeća sektora daljinskog grejanja) treba da se ugrađuju pojedinačna brojila radi merenja potrošnje toplotne energije ili potrošne tople vode u domaćinstvima u svakoj samostalnoj upotrebnoj celini zgrade, ako je to tehnički izvodljivo i troškovno opravdano u smislu srazmernosti u odnosu na potencijalnu uštedu energije. Ukoliko to nije moguće, kada je u pitanju merenje potrošnje toplotne energije na svakom radijatoru, upotrebljavaju se pojedinačni razdelnici troškova grejanja. Brojila i razdelnici troškova grejanja, koje postavljaju komunalna preduzeća sektora daljinskog grejanja novopostavljena brojila moraju se čitati na daljinu. Brojila i razdelnici koji nisu novi, do 1. januara 2027. godine treba da dobiju očitavanje na daljinu. Takođe, u novim višestambenim zgradama i u stambenim delovima stambeno-poslovnih zgrada, gde postoji snabdevanje potrošnom toplom vodom, treba da se za potrošnu toplu vodu postave posebna brojila. Ako su ugrađena brojila ili razdelnici troškova grejanja, komunalna preduzeća sektora daljinskog grejanja obezbeđuju da su informacije o obračunu i potrošnji pouzdane, tačne i zasnovane na stvarnoj potrošnji ili rezultatima očitavanja razdelnika troškova grejanja za sve krajnje korisnike. Ova obaveza se može, osim u slučaju zasebnog merenja potrošnje putem razdelnika, ostvariti pomoću sistema redovnog samoočitavanja od strane krajnjeg kupca. Izdavanje računa i pružanje informacija o obračunu potrošnje energije od strane komunalnih preduzeća sektora daljinskog grejanja, kao i pristup podacima o potrošnji na odgovarajući način – treba da bude besplatno za krajnje kupce. Informacije o obračunu za individualnu potrošnju, kao i raspodela zajedničke potrošnje energije i potrošne tople vode je besplatna za krajnje kupce.

Komunalna preduzeća sektora daljinskog grejanja imaju obavezu zaključivanja transparentnih ugovora sa unapred minimalno propisanim elementima, uz obavezu davanja mogućnosti za različite načine plaćanja krajnjim kupcima, na nediskriminatornoj osnovi kroz primenu člana 21. Direktive (EU) 2023/1791.

Član 23. Direktive (EU) 2023/1791, komunalna preduzeća sektora daljinskog grejanja primenjuju na način da učestvuju u partnerstvima za energetske efikasnosti radi olakšavanja dijaloga o klimi i energetske tranziciji u cilju mapiranja dostupnih mera i tehnoloških mogućnosti za postizanje uštede energije, pripreme za povećanja korišćenja energije iz obnovljivih izvora i dekarbonizaciju sektora.

Procenjivanje i planiranje u sektoru grejanja iz člana 25. Direktive (EU) 2023/1791 realizuje se na način da komunalna preduzeća sektora daljinskog grejanja učestvuju u pripremi planova za grejanje i hlađenje i u sveobuhvatnoj proceni ovog sektora prilikom izveštavanja o realizaciji integrisanih nacionalnih energetskih i klimatskih planova. Ova preduzeća imaju sličnu ulogu i prilikom izrade i realizacije planova jedinica lokalne samouprave za daljinska grejanja. Ti planovi treba da obuhvate primenu principa energetske efikasnosti na prvom mestu i spremnost za primenu niskotemperaturnog centralnog grejanja, visokoefikasnu kogeneraciju, korišćenje otpadne toplote, kao i energije iz obnovljivih izvora u grejanju i hlađenju na tom području.

Član 26. Direktive (EU) 2023/1791 propisuje da komunalna preduzeća sektora daljinskog grejanja treba da u cilju obezbeđenja energetske efikasnosti potrošnje primarne energije i povećanja udela energije iz obnovljivih izvora u snabdevanju grejanjem, u propisanoj dinamici radi dekarbonizacije svojih sistema, postepeno povećavaju korišćenja energije iz obnovljivih izvora počev sa 50%, otpadne toplote počev sa 50%, učešća toplote dobijene iz kogeneracije počev sa 75% ili kombinacije takve energije i toplote sa ciljem da 2050. godine sistem grejanja koristi samo energiju iz obnovljivih izvora, samo otpadnu toplotu ili samo kombinaciju energije iz obnovljivih izvora i otpadne toplote. Uz navedene kriterijuma efikasan sistem centralnog grejanja mora smanjivati količine emisija gasova sa efektom staklene bašte, sa maksimalnih 200 g/kWh na kraju 2025. godine do 0 g/kWh na početku 2050. godine.

4. EFEKTI PRIMENE PRAVILA DIREKTIVE NA SISTEME DALJINSKOG GREJANJA U REPUBLICI SRBIJI

Za slučaj prihvatanja svih obaveza koje slede iz Direktive (EU) 2023/1791 [3], osim za ispunjavanje obaveza o propisnih članom 26 koji propisuje udele pojedinih izvora energije u strukturi proizvedene toplotne energije, odnosno Preporuci Komisije (EU) 2024/2395 [12] o smernicama za tumačenje člana 26, obaveze za sva komunalna preduzeća sektora daljinskog grejanja u Srbiji, u najvećoj meri svešće se na dosledno ispunjavanje obaveza i nešto pooštrenih uslova iz već postojeće zakonske regulative, Zakona o energetskej efikasnosti i racionalnoj upotrebi energije [1], Zakona o energetici [19] i pratećih podzakonskih akata.

Naime, prethodnim Zakonom o efikasnom korišćenju energije usvojenim još 2013. godine [16] u Srbiji uspostavljen Sistem energetskeg menadžmenta. Prema Uredbi o obveznicima Sistema energetskeg menadžmenta [17] iz 2022. godine sve toplane, tj. javna preduzeća koja obavljaju komunalne delatnosti proizvodnje, distribucije i snabdevanja toplotnom energijom su obveznici ovog Sistema. Kao obveznici Sistema, prema istoj uredbi, ova preduzeća su dužna da za tekuću kalendarsku godinu ostvare uštedu od 1% primarne energije koja je utrošena na nivou javnog preduzeća u prethodnoj kalendarskoj godini po jedinici proizvoda. Ova obaveza veoma je slična obavezi iz preambule Direktive (EU) 2023/1791, po kojoj da javni sektor pruža primer primene energetske efikasnosti postavljeno u pogledu uloge javnog sektora na način da sve javne institucije i tela treba da zajedno smanje krajnju potrošnju energije za barem 1,9% svake godine u odnosu na 2021. godinu.

Takođe, obavezu da realizuju odredbe člana 11 i člana 28 Direktive (EU) 2023/1791 uspostavljaju Sistema energetskeg menadžmenta i mreže kojom se osigurava odgovarajuća kompetencija za zanimanja povezana s energetskej efikasnošću, sertifikacioni ili kvalifikacioni sistemi, uključujući prema potrebi odgovarajuće programe osposobljavanja, dostupna za zanimanja povezana s energetskej efikasnosti, koja uključuju pružaoce energetskeg usluga i energetskeg pregleda, menadžere u području energetike, ona je takođe već dobrim delom regulisana Zakonom o energetskej efikasnosti i racionalnoj upotrebi energije [1] i pratećim podzakonskeg aktima. Kao što je već navedeno, prethodno spomenutom uredbom sve toplane u Srbiji, kao obveznici uključeni su u Sistem energetskeg menadžmenta, a njihove obaveze od smanjenja potrošnje energije, preko imenovanja energetskeg menadžera, godišnjeg izveštavanja Ministarstava rudarstva i energetike o ostvarenim uštedama energije, pravljenja planova i programa energetske efikasnosti, propisna su članom 14 Zakona o energetskej efikasnosti i racionalnoj upotrebi energije [1]. Vredno je spomenuti da je od 2015. godine do danas je na Mašinskej fakultetu Univerziteta u Beogradu, kao organizaciji ovlašćenoj za sprovođenje obuka do sada održano 28 obuka za energetske menadžere (14 za menadžere za oblast industrijske energetike, 7 za menadžere za oblast energetike javnog sektora i 5 za menadžere za oblast energetike zgrada). Obuke je prošlo ukupno 691 kandidata (377 za menadžere za oblast industrijske energetike, 187 za menadžere za oblast energetike javnog sektora i 127 za menadžere za oblast energetike zgrada). Ispit je polagalo ukupno 781 kandidata, a položilo 578 (292 za menadžera za oblast industrijske energetike, 177 za menadžera za oblast energetike javnog sektora i 109 za menadžera za oblast energetike zgrada).

Kada je reč o sprovođenju energetskeg pregleda i ova obaveze već je predviđena članom 14 Zakona o energetskej efikasnosti i racionalnoj upotrebi energije [1], pri čemu je propisano da preglede mogu da sprovode samo energetskej savetnici, odnosno pravna lica koja imaju zaposlene odgovarajuće energetskej savetnike. Što se tiče energetskeg savetnika, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, upravo je u periodu od 9. do 12. maja 2025. godine održao prve obuke za energetskej savetnike i to za sve tri vrste savetnika, tj. za energetskej savetnike za oblast mašinske tehnike, elektrotehnike i oblast arhitekture. To znači da će u za otprilike mesec i po dana biti promovisani prvi energetskej savetnici, koji će u skladu sa zakonom moći da sprovede energetike preglede obveznika Sistema energetskeg menadžmenta i velikih pravne lica.

U vezi sa obavezom zasebnog merenja i raspodele troškova za grejanje i potrošnu toplu vodu u domaćinstvu, zahteve za očitavanjem na daljinu, informacijama o obračunu i potrošnji za grejanje i potrošnu toplu vodu u domaćinstvu, uz regulisanje troškova pristupa informacijama o merenju, obračunu i potrošnji za grejanje i potrošnu toplu vodu u domaćinstvu, članovi 14, 15, 16, 18. i 20 Direktive (EU) 2023/1791, kao i u prethodnim slučajevima, i one su u većoj meri već propisne članovima 51 do 53 Zakona o energetske efikasnosti i racionalnoj upotrebi energije [1]. U manjoj meri potrebno njihovo dodano usklađivanje i preciziranje, posebno u delu ugradnje brojila i razdelnika i očitavanja na daljinu.

Obaveza zaključivanja transparentnih ugovora, takođe već propisana članom 361 i 361a Zakona o energetici [18], a koji treba dodano uskladiti sa zahtevima Direktive (EU) 2023/1791.

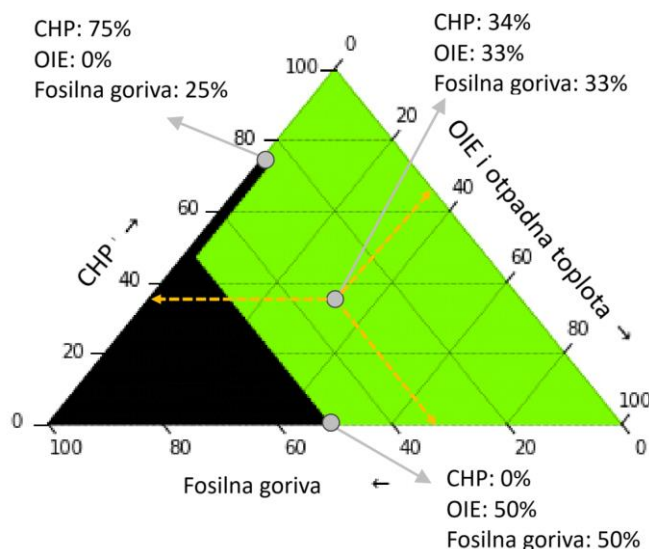
Kada je reč o javnim nabavkama i primeni kriterijuma energetske efikasnosti, u okviru obaveze korisnika javnih sredstava, Zakonom o energetske efikasnosti i racionalnoj upotrebi energije [1], članom 60. propisno je da su naručioci javne nabavke dužni su da prilikom izrade tehničke specifikacije, kriterijuma za dodelu ugovora ili uslova za izvršenje ugovora, u postupku javne nabavke dobara ili usluga, kao i prilikom dodele ugovora primenjuju zahteve u pogledu energetske efikasnosti, u meri u kojoj je to troškovno isplativo, ekonomski opravdano, održivo u širem smislu, tehnički izvodljivo i obezbeđuje dovoljnu konkurentnost.

Procenjivanje i planiranje u sektoru grejanja iz članovi 8-10 člana i 25. Direktive (EU) 2023/1791 na način da komunalna preduzeća sektora daljinskog grejanja učestvuju u pripremi planova za grejanje i hlađenje i u sveobuhvatnoj proceni ovog sektora prilikom izveštavanja o realizaciji integriranih nacionalnih energetskih i klimatskih planova, već je ostvareno kroz rad radnih grupa Ministarstva rudarstva i energetike. Posebno, donošenje planova i programa energetske efikasnosti za svaku toplanu kao obveznika Sistema energetskog menadžmenta, propisno je članom 14 Zakona o energetske efikasnosti i racionalnoj upotrebi energije [1]. Prilikom izrade ovih planskih dokumenta, u skladu sa zahtevima Direktive (EU) 2023/1791, veću pažnju potrebno je usmeriti na planiranje uvođenja niskotemperaturnog centralnog grejanja, visokoefikasne kogeneracije⁴, korišćenje otpadne toplote, kao i energije iz obnovljivih izvora u grejanju i hlađenju na tom području.

Kao što je već navedeno, najveći izazov za komunalna preduzeća sektora daljinskog grejanja u Srbiji, predstavljaće ispunjavanje obaveza o propisnih članom 26 Direktive (EU) 2023/1791, koji propisuje udele pojedinih izvora energije u strukturi proizvedene toplotne energije i dozvoljenim emisijama CO₂, odnosno Preporuci Komisije (EU) 2024/2395 [12]. o smernicama za tumačenje člana 26. Naime ovaj član, u cilju da se osigura efikasnija potrošnja primarne energije i poveća udeo energije iz obnovljivih izvora u sistemima daljinskog grejanja i hlađenja, zahteva da:

- a) do 31. decembra 2027. godine, sistem daljinskog grejanja i hlađenja koristi najmanje 50 % energije iz obnovljivih izvori energije ili 50 % otpadne toplote ili 75 % toplote iz kogeneracije ili 50 % kombinovano energije iz obnovljivih izvora energije, otpadne toplota ili toplote iz kogeneracije;

⁴ U skladu sa odredbama Direktive (EU) 2023/179, visokoefiksanom kogeneracija smatra se kogeneracija koja sa proizvodnjom iz kogeneracijskih jedinica osigurava se uštedu primarne energije od najmanje 10 % u odnosu na referentne vrijednosti za odvojenu proizvodnju toplote i električne energije. Pri tome, u skladu sa Aneks III Direktive (EU) 2023/1791, za visokoefikasnu se smatra samo kogeneracija na fosilna goriva koja ima direktne emisije ugljen dioksida manje od 270 g CO₂/kWh proizvedene energije iz kombinovane proizvodnje (grejanje/hlađenje, električna energija i mehanička energiju). Za kogeneraciona postrojenja koja su radile pre 10. oktobra 2023. godine, dozvoljeni je odstupanje od ovog zahteva do 1. januara 2034. godine, pod uslovom da imaju plan za progresivno smanjenje emisija kako bi dostigle prag manji od 270 gCO₂/kWh do 1. januara 2034. godine i da su o ovom planu obavestili nadležne organe.



Slika 1 Šematski prikaz propisnog miksa izvora energije u strukturi proizvedene toplotne energije članom 26 Direktive (EU) 2023/1791 za 31. decembar 2027. godine

- b) od 1. januara 2028.godine, sistemi daljinskog grejanja i hlađenja treba da koriste najmanje 50 % energije iz obnovljivih izvora energije ili 50 % otpadne toplote ili 50 % energije iz obnovljivih izvora energije i otpadne toplote ili 80 % toplote dobivene iz visoko efikasne kogeneracije ili kombinaciju toplotne energije u kojoj je udeo energije iz obnovljivih izvora energije 5 % i udeo otpadne toplote ili toplote dobivene iz visoko efikasne kogeneracije 50 %;
- c) od 1. januara 2035. godine, sistemi daljinskog grejanja i hlađenja treba da koriste najmanje 50 % energije iz obnovljivih izvora energije ili 50 % otpadne toplote ili 50 % energije iz obnovljivih izvora energije i otpadne toplote, ili kombinaciju u kojoj je ukupan udeo energije iz obnovljivih izvora energije, otpadne toplote i toplote dobivene iz visoko efikasne kogeneracije najmanje 80 % i osim toga, ukupan udeo energije iz obnovljivih izvora energije ili otpadne toplote najmanje 35 %;
- d) od 1. januara 2040. godine, sistemi daljinskog grejanja i hlađenja treba da koriste najmanje 75 % energije iz obnovljivih izvora energije ili 75 % otpadne toplote ili 75 % energije iz obnovljivi izvora energije i otpadne toplote, ili kombinaciju od najmanje 95 % energije iz obnovljivih izvora energije, , otpadna toplota i toplote dobivene visoko efikasnom kogeneracije i osim toga, ukupan udeo energije iz obnovljivih izvora energije ili otpadne toplote treba da iznosi najmanje 35 %;
- e) od 1. januara 2045. godine, sistemi daljinskog grejanja i hlađenja treba da koriste najmanje 75 % energije iz obnovljivih izvora energije ili 75 % otpadne toplote ili 75 % energije iz obnovljivih izvora energije i otpadne toplote;
- f) od 1. januara 2050. godine, sistemi daljinskog grejanja i hlađenja treba da koriste samo energiju iz obnovljivih izvora, samo otpadnu toplotu ili kombinaciju energije iz obnovljivih izvora i otpadne toplote

Tabela 1. Potrebni udeli pojedinih izvora energije u strukturi proizvedene toplotne energije sistema daljinskog grejanja i hlađenja [12]

Izvori energije za ispunjavanje kriterijuma za efikasno centralizovano grejanje i hlađenje	Energija iz obnovljivih izvora	Otpadna toplota	Energija iz obnovljivih izvora i otpadna toplota	Kombinacija obnovljivih izvora energije, otpadna toplota i (visokoeffikasne) kogeneracije	Visokoeffikasna kogeneracija
Period					
Do 31.12.2027.					
1.1.2028. – 31.12.2034.					
1.1. 2035. – 31.12.2039.					
1.1.2040. – 31.12.2044.					
1.1.2045. – 31.12.2049.					
Nakon 1.1.2050.					
Napomene: 1. Za ispunjenje ciljeva računa se samo visokoeffikasna kogeneracija.. Udeo energije iz obnovljivih izvora u snabdevanju toplotom za grejanje i hlađenjem ne sme biti manji od 5 %. 2. Za ispunjenje ciljeva računa se samo visokoeffikasna kogeneracija. 3. Za ispunjenje ciljeva računa se samo visokoeffikasna kogeneracija. Udeo energije iz obnovljivih izvora u snabdevanju toplotom za grejanje i hlađenjem ne sme biti manji od 35 %.					

Drugim rečima, u perspektivi svi sistemi daljinskog grejanja i hlađenja u potpunosti moraju preći na korišćenje obnovljivih izvora energije ili otpadne toplote, a već od 1. januara 2035. godine sva nova kogeneraciona postojanja moraju biti visoko efikasna, pošto se od te godine toplota u energetsom miksu izvora toplote koji se računaju u ispunjenje obaveza, poreklom mora biti isključivo iz visoko efikasne a ne obične kogeneracije.

Uzimajući u obzir oba kriterijuma iz Direktive (EU) 2023/179, i za uštedu primarne energije od najmanje 10 % u odnosu na referentne vrednosti za odvojenu proizvodnju toplote i električne energije, i za direktne emisije ugljen dioksida manje od 270 g CO₂/kWh proizvedene energije, kao i trenutne tehničke karakteristike kogeneracionih postojanja, jasno je da je dostizanje kriterijuma visoke efikasnosti kogeneracionih postrojenja moguće ostvariti jedino kod kogeneracionih postrojenja na prirodni gas i to samo pod uslovom:

- 1) da postrojenja rade dominantino, a više od 75% za proizvodnju toplotne energije i preostalim delom za proizvodnju električne energije, ili

- 2) da se u prirodni gas u dovoljnom procentu dodaju bio-metan, zeleni vodonik, odnosno sintetički gasovi dobijeni iz zelenog vodonika.

Alternativno, članom 26 Direktive (EU) 2023/1791 propisno je da prethodni uslovi mogu ispuniti i na drugi način, zadovoljavanjem kriterijuma maksimalno dozvoljene količine emisija gasova sa efektom staklene bašte (GHG), tako što će se po jedinici toplotne energije isporučene kupcima maksimalno emitovati:

- a) do 31. decembra 2025.: 200 g CO₂/kWh;
- b) od 1. januara 2026.: 150 g CO₂/kWh;
- c) od 1. januara 2035.: 100 g CO₂/kWh;
- d) od 1. januara 2045.: 50 g CO₂/kWh;
- e) od 1. januara 2050.: 0 g CO₂/kWh.

Ovaj alternativni kriterijum još je teže ostvariti pošto ni najefikasnije kogeneracije na prirodni gas emituju ne manje od 230 grama g CO₂/kWh, dok su emisije koje nastaju pri spaljivanja uglja kreću između 1000 i 1200 g CO₂/kWh, a nafte ili mazuta između 700 i 900 g CO₂/kWh. To znači da je i za ispunjenje ovog alternativnog kriterijum neophodno u velikoj meri koristiti obnovljive izvore energije i otpadnu toplotu, samo je proračun i način dokazivanja ispunjenosti ovog kriterijuma drugačiji.

5. ZAKLJUČAK

U slučaju prihvatanja obaveza iz Direktive (EU) 2023/1791, najveći izazov za komunalna preduzeća sektora daljinskog grejanja u Srbiji, predstavljaće ispunjavanje obaveza o propisnih članom 26 ove Direktive, koji propisuje udele pojedinih izvora energije u strukturi proizvedene toplotne energije i dozvoljenim emisijama CO₂, odnosno povećanje korišćenja energije iz obnovljivih izvora i otpadne toplote. Već od 2028. godine, za ispunjavanje propisanih zahteva, potrebno je da u energetsom miksu izvora toplote u sistemima daljinskog grejanja i hlađenja, najmanje 50 % energije u zbiru potiče iz obnovljivih izvora energije, otpadne toplote i kogeneracije ili da 75 % toplote potiče iz kogeneracije.

Konačan cilj je da 2050. godine sistemi daljinskog grejanja i hlađenja u potpunosti pređu na korišćenje energije poreklom isključivo iz obnovljivih izvora energije i otpadne toplote.

Ostale obaveze koje slede iz Direktive (EU) 2023/1791, a tiču se komunalnih preduzeća sektora daljinskog grejanja biće moguće daleko lakše ostvariti, budući da je u Srbiji već uspostavljen Sistem energetske menadžmenta i da se mnoge od ovih obaveza predstavljaju već postojeće obaveze ovih preduzeća kao obveznika ovog Sistema, kao i da su ostale obaveze na neki način već propisane postojećom zakonskom regulativom.

LITERATURA

- [1] Zakon o energetske efikasnosti i racionalnoj upotrebi energije, „Sl. glasnik RS“, br. 40/2021
- [2] Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC
- [3] Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on energy efficiency and amending Regulation (EU) 2023/955 (recast).
- [4] Regulation (EU) 2018/1999 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the Governance of the Energy Union and Climate Action, amending Regulations (EC) No 663/2009 and (EC) No 715/2009 of the European Parliament and of the Council, Directives 94/22/EC, 98/70/EC, 2009/31/EC, 2009/73/EC, 2010/31/EU, 2012/27/EU and 2013/30/EU of the European Parliament and of the Council, Council Directives 2009/119/EC and (EU) 2015/652 and repealing Regulation (EU) No 525/2013 of the European Parliament and of the Council
- [5] Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast)

- [6] Commission Recommendation (EU) 2024/2143 of 29 July 2024 setting out guidelines for the interpretation of Article 3 of Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council as regards the energy efficiency first principle
- [7] Commission Recommendation (EU) 2024/1722 of 17 June 2024 setting out guidelines for the interpretation of Article 4 of Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council as regards energy efficiency targets and national contributions
- [8] Commission Recommendation (EU) 2024/1716 of 19 June 2024 setting out guidelines for the interpretation of Articles 5, 6 and 7 of Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council as regards energy consumption in the public sector, renovation of public buildings and public procurement
- [9] Commission Recommendation (EU) 2024/1590 of 28 May 2024 on transposing Articles 8, 9 and 10 on the energy saving obligation's provisions of the Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council on energy efficiency
- [10] Commission Recommendation (EU) 2024/2002 of 24 July 2024 setting out guidelines for the interpretation of Article 11 of Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council as regards energy management systems and energy audits
- [11] Commission Recommendation (EU) 2024/2481 of 13 September 2024 setting out guidelines for the interpretation of Articles 21, 22 and 24 of Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council as regards the consumer related provisions
- [12] Commission Recommendation (EU) 2024/2395 of 2 September 2024 setting out guidelines for the interpretation of Article 26 of Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council as regards the heating and cooling supply
- [13] Commission Recommendation (EU) 2024/2476 of 13 September 2024 setting out guidelines for the interpretation of Article 29 of Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council as regards energy services
- [14] Commission Recommendation of 12 December 2023 on transposing Article 30 on national energy efficiency funds, financing and technical support of the Directive (EU) 2023/1791 on energy efficiency
- [15] https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive_en, 14.05.2025. godine
- [16] Zakon o efikasnom korišćenju energije, „Sl. glasnik RS“, br. 25/2013 i 40/2021 - dr. zakon
- [17] Uredba o obveznicima sistema energetskeg menadžmenta, „Sl. glasnik RS“, br. 59/2022
- [18] Zakon o energetici, „Sl. glasnik RS“, br. 145/2014, 95/2018 - dr. zakon, 40/2021, 35/2023 - dr. zakon, 62/2023 i 94/2024

ENERGETSKA TRANZICIJA U SEKTORU DOMAĆINSTAVA U SRBIJI – PROJEKAT FF GREEN

Dejan Ivezić¹, Boban Pavlović¹, Dimitrije Manić³, Marija Živković¹, Dušan Mojić², Mirko Komatina⁴,
Aleksandar Madžarević¹, Dragi Antonijević³, Miroslav Crnogorac¹, Olivera Ećim-Đurić⁵, Dušan
Danilović¹

¹Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Srbija

²Univerzitet u Beogradu, Filozofski fakultet, Beograd, Srbija

³Inovacioni centar Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu

⁴Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, Srbija

⁵Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd, Srbija

dejan.ivezic@rgf.bg.ac.rs

REZIME

Usvajanjem Integrisanog nacionalnog plana za klimu i energiju i nove Strategije razvoja energetike u 2024. godini, Republika Srbija se zvanično opredelila da krene putem energetske tranzicije. S obzirom da je struktura finalne potrošnje energije u Republici Srbiji je takva da se više od 30% energije troši u sektoru domaćinstava, jasno je o značaju ovog sektora za uspeh procesa tranzicije.

Projekat Forward-Looking Framework for Accelerating Households' Green Energy Transition - FF GreEN (Novi okvir za unapređenje zelene energetske tranzicije u sektoru domaćinstava) koji se realizuje sredstvima Fonda za nauku Republike Srbije ima za cilj da analizira mogućnosti i prepreke u energetske tranziciji ovog sektora, ali i da taj proces olakša i ubrza. U radu su predstavljene opšti ciljevi projekta i rezultati rada koji se odnose na prvu godinu njegove realizacije.

Prvi skup rezultata se odnosi na dinamičku simulaciju energetske performansi zgrada i daje precizniju i detaljnu evaluaciju grupe mera za uštedu energije, a koje se odnose na energetske sanacije termičkog omotača objekta kao i implementaciju obnovljivih izvora energije. Analizirana su dva tipa objekta karakterističnih za Novi Beograd, a to su stambena zgrada tipa lamela i stambena zgrada velike spratnosti – soliter. Rezultati pokazuju da osim mera za uštedu energije koje se odnose na termički omotač objekta razmatranje treba uzimati i mere koje se odnose na modernizaciju sistema grejanja, pre svega na hibridne sisteme sa toplotnim pumpama.

Drugi skup rezultata se odnosi na rezultate ankete koja je sprovedena sa ciljem dobijanja dubljeg uvida u energetske navike, ponašanja i stavove u sektoru domaćinstava u Srbiji. Dobijene rezultati ukazuju na ključne pokretače i prepreke koje oblikuju potrošnju energije u domaćinstvu, pružajući okvir u kome treba raditi na unapređenju mera energetske politike da bi proces tranzicije bio efikasniji i intenzivniji.

Ključne reči: energetska tranzicija; domaćinstva; grejanje; mere za uštedu energije; anketa

1 UVOD

Domaćinstva su jedan od ključnih aktera u procesu energetske tranzicije. Ovaj sektor zauzima najveći udeo u finalnoj potrošnji energije i ima veliku mogućnost za smanjenje energetske intenziteta, emisije zagađujućih materija i gasova sa efektom staklene bašte, prelazak na obnovljive izvore energije (OIE) i povećanje energetske samodovoljnosti. Usmeravanje i upravljanje energetskom

tranzicijom domaćinstava je zadatak koji se može ostvariti samo sinergijom tehničkog znanja i pažljivog planiranja – što je u osnovi projekta Forward-Looking Framework for Accelerating Households' Green Energy Transition - FF GreEN (Novi okvir za unapređenje zelene energetske tranzicije u sektoru domaćinstava) koji se realizuje sredstvima Fonda za nauku Republike Srbije u periodu 2024-2026. godina [1].

Tehnički aspekt istraživanja predstavljen je kroz primenu metoda energetskog modeliranja zgrada (engl. *Building Energy Modelling* – BEM), koji omogućava sveobuhvatnu analizu potencijala za unapređenje energetske efikasnosti postojećeg fonda zgrada [2]. Za razliku od Proračuna godišnje energije potrebne za grejanje kvazistacionarnom metodom [3], karakterističnih za ranije studije kao što je Nacionalna tipologija stambenih zgrada Srbije [4], dinamičko modeliranje putem BEM pristupa omogućava detaljnije razmatranje vremenski promenljivih parametara, uključujući fluktuacije u toplotnim gubicima, promenljive obrasce korišćenja prostora i rad termotehničkih sistema u stvarnim uslovima eksploatacije [5]. U okviru ovog rada, BEM metodologija je korišćena za evaluaciju mera za poboljšanje energetske efikasnosti (ECM) na dva reprezentativna tipa višeporodičnih stambenih objekata u urbanom kontekstu Novog Beograda: linearnog bloka (tip D4) i visokog solitera (tip E6). Analizom efekata unapređenja termičkog omotača i uvođenja hibridnih sistema grejanja zasnovanih na obnovljivim izvorima energije (OIE), ovaj pristup pruža relevantne informacije za donosiocel odluka i druge aktere u procesu zelene energetske tranzicije Srbije.

S druge strane, proces tranzicije u domaćinstvima je vođen odlukama i povezanim ishodima tih odluka ogromnog broja heterogenih potrošača. Na odluke utiču kupovna moć, navike, stavovi domaćinstava, kao i međusobna interakcija domaćinstava između sebe. Usmeravanje i upravljanje energetskom tranzicijom domaćinstava je zadatak koji se ne može ostvariti oslanjanjem samo na tehničko znanje. Zbog toga je drugi deo aktivnosti u prvoj godini rada na projektu posvećen analizi navika i stavova domaćinstava.

Na nacionalnom nivou, podaci o energetskim navikama domaćinstava prikupljaju se svake godine posredno kroz kroz "Anketu o potrošnji domaćinstava", koju sprovodi Nacionalni statistički zavod [6]. Međutim, ova anketa se fokusira na osnovne informacije o prihodima, troškovima i demografiji domaćinstava, dok se energija i energetske navike ne razmatraju detaljnije. U 2020. godini sprovedeno je specijalizovana anketa o potrošnji energije u domaćinstvima u Republici Srbiji [7], koja je obuhvatila više od 6.000 domaćinstava i imala je za cilj prikupljanje informacija o upotrebi različitih izvora energije, posebno o biomasi i drugim obnovljivim izvorima. Ovo istraživanje je pružilo vredne podatke o energetskoj potrošnji domaćinstava u vezi sa grejanjem, hlađenjem, kuvanjem, kao i o merama energetske efikasnosti. Iako je ovo istraživanje omogućilo značajan uvid u potrošnju energije, sprovedeno je samo jednom i nije usledilo drugo istraživanje koje bi pratilo promene i trendove u potrošnji energije. Osim toga, kroz anketiranje nisu dublje analizirani stavovi domaćinstava o energetskoj tranziciji, potencijalni pokretači i prepreke za bržu tranziciju ka efikasnijim i ekološki prihvatljivijim alternativama.

Druga istraživanja koja su sprovedena su se bavila specifičnim temama kao što su grejanje domaćinstava sa individualnim sistemima grejanja [8], energetsko siromaštvo [9] i potreba za energetskom obnovom stambenih objekata [10]. Iako su ove studije bile korisne, njihov fokus je uglavnom bio na grejanju, dok su druga pitanja vezana za energetske navike i odnos građana prema drugim aspektima energetske tranzicije bila manje zastupljena.

Zbog toga je u okviru projekta FF GreEN sprovedeno novo istraživanje, prikazano u ovom radu [11], koje obuhvata celokupni sektor domaćinstava u Srbiji, sa ciljem da se popune postojeće praznine i obezbede dodatne informacije u odnosu na prethodne studije, kako bi se stekao što precizniji uvid u trenutne energetske navike, stavove i izazove sa kojima se domaćinstva suočavaju tokom energetske tranzicije, istovremeno donoseći potrebne informacije za oblikovanje politika koje će omogućiti efikasniju i održiviju energetsku tranziciju u domaćinstvima.

2 ENERGETSKO MODELIRANJE ZGRADA

2.1 Metodologija

Metodološki okvir za energetska modeliranje zgrada i evaluaciju mera za poboljšanje energetske efikasnosti zasniva se na međunarodnim standardima ASHRAE 211-2018 i ISO 52000 [12, 13], pri čemu se integrišu empirijski podaci, analiza lokacije i rezultati dinamičkih simulacija, čime se obezbeđuje pouzdanost i robusnost dobijenih rezultata.

Prikupljanje podataka i analiza postojećeg stanja. Osnovni ulazni podaci o energetskim karakteristikama objekata prikupljeni su na osnovu tehničke dokumentacije (arhitektonski i tehnički crteži, istorijski podaci o potrošnji energije), kao i terenskih obilazaka. Terenski uvid omogućava precizniju identifikaciju obrazaca korišćenja objekata i verifikaciju podataka o energetskom ponašanju zgrada. Meteorološki ulazni podaci uzeti su iz tipične meteorološke godine (TMY), čime se obezbeđuje reprezentativnost vremenskih uslova i omogućava poređenje u regionalnom kontekstu [14].

Modeliranje potrošnje energije. Računarska simulacija energetske potrošnje sprovedena je korišćenjem softverskog paketa *Integrated Environmental Solutions Virtual Environment* (IES VE), u skladu sa validacionim protokolima iz standarda ASHRAE 140 i preporukama CIBSE AM11 [15]. Modeliranje je obuhvatilo formiranje:

- **Kalibrisanog osnovnog modela**, izrađenog na osnovu dostupnih arhitektonskih i konstrukcionih podataka, koji je kalibrisan prema standardu ASHRAE Guideline 14 [16], upoređivanjem sa stvarnim (merenim) podacima o godišnjoj potrošnji toplotne energije;
- **Podešenog osnovnog modela**, koji sadrži modifikacije kalibrisanog modela u skladu sa implementiranim merama za uštedu energije (MUE), uključujući TMY vremenske podatke i pretpostavljenu godišnju stopu zamene prozora od 1%.

Infiltracija vazduha, kao jedan od dominantnih faktora toplotnih gubitaka u starijim objektima, modelovana je kao konstantan protok vazduha po jedinici površine fasade ($l/(s \cdot m^2 \text{ fas})$) i dodatno podešavana tokom procesa kalibracije.

Mere za uštedu energije (MUE). Odabrane mere su zasnovane na preporukama prethodnih studija [9] i kriterijumima praktične primenljivosti u kontekstu stambenog fonda Srbije. Evaluirane su sledeće intervencije:

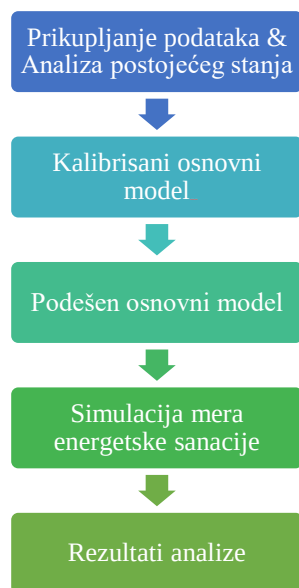
- **Poboljšanje termoizolacije spoljašnjih zidova**, kroz dodatak izolacije debljine 10 cm (Poboljšanje 1) i 20 cm (Poboljšanje 2), što odgovara tipičnim praksama sanacije u regionu [17];
- **Zamena prozora** unapređenim varijantama sa niskoemisionim dvoslojnim ($U = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$) i troslojnim staklom ($U = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$), radi smanjenja toplotnih gubitaka i povećanja vazdušne nepropusnosti [18].;
- **Smanjenje infiltracije**, analizirano kao zasebna mera u odnosu na termoizolaciju i zamenu prozora, kako bi se preciznije kvantifikovao uticaj konvekcionih gubitaka. Iako se u praksi smanjenje infiltracije često ostvaruje kao sporedni efekat navedenih mera, njegova eksplicitna evaluacija je ključna za razumevanje ukupnih energetskih gubitaka u postojećem fondu objekata [19].

Hibridni sistemi grejanja.

Pored unapređenja termičkog omotača, razmatrana je i primena hibridnog sistema grejanja koji kombinuje toplotnu pumpu vazduh-voda (air-source heat pump - ASHP) i postojeći sistem daljinskog grejanja [20]. Pretpostavljeno je da će toplotna pumpa pokrivati potrebe za grejanjem pri spoljnim temperaturama iznad $+4^\circ\text{C}$, dok će pri nižim temperaturama automatski doći do prelaska na sistem daljinskog grejanja. Granična temperatura definisana je u skladu sa karakteristikama sekundarnog

kruga grejanja i maksimalnim izlaznim temperaturama tople vode kod toplotnih pumpi koje koriste radne fluide R134a i R410a.

Metodološki tok analize i simulacije prikazan je dijagramom na Slici 1.



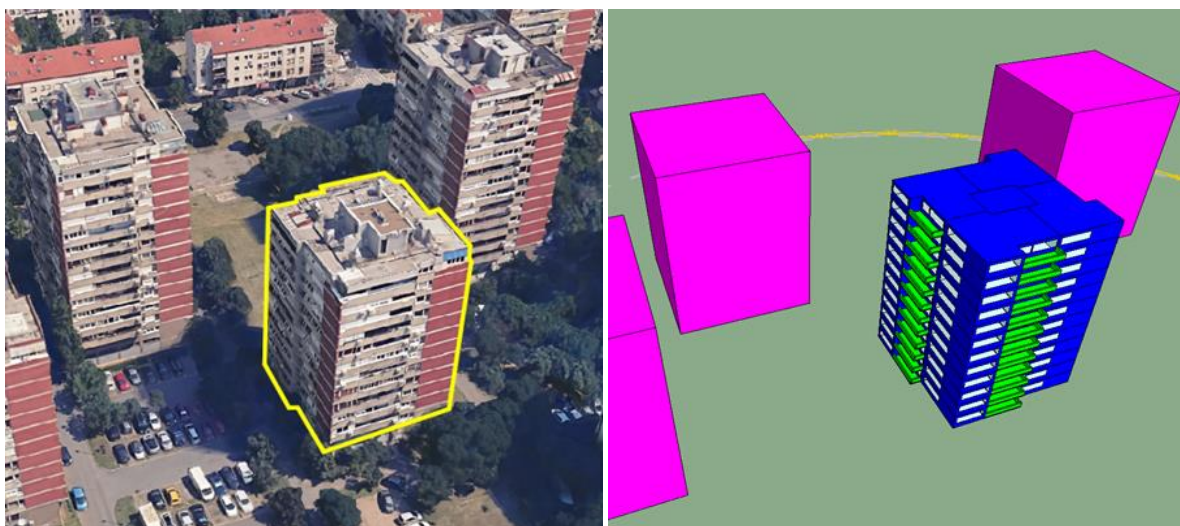
Slika 1 Algoritam za evaluaciju mera za uštedu energije

2.2 Rezultati

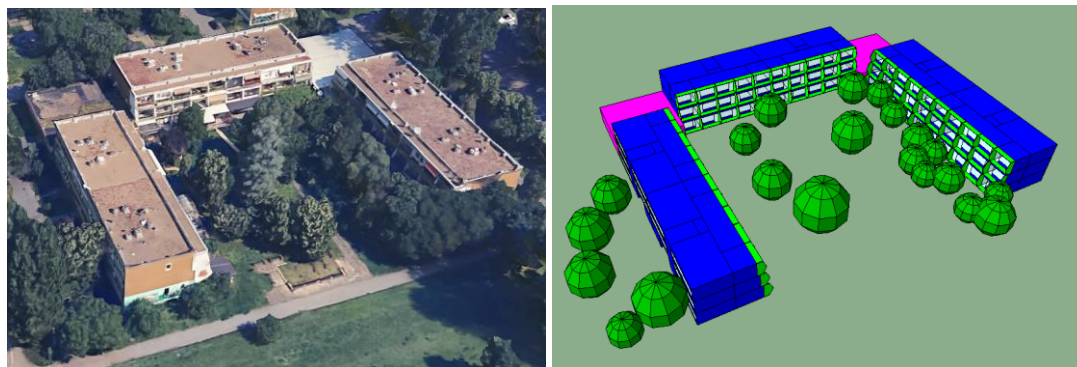
U analizi su obuhvaćena dva reprezentativna tipa višeporodičnih stambenih objekata u Novom Beogradu: lamelna zgrada (tip D4, Blok 45) i soliter (tip E6, Blok 70). Ovi objekti su izabrani zbog svoje rasprostranjenosti u urbanom kontekstu i različitih termičkih karakteristika — lamelne zgrade karakteriše veća specifična izložena površina omotača, dok su soliteri podložniji gubicima usled infiltracije vazduha, posebno pri vetrovitim uslovima [21].

Početni modeli su kalibrisani u skladu sa smernicama ASHRAE Guideline 14, korišćenjem podataka o potrošnji toplotne energije za grejnu sezonu 2014/2015. Prilagođeni (podešeni) modeli su zatim rekonfigurisani prema standardizovanim klimatskim podacima (TMY), čime je omogućeno neutralno poređenje mera energetske efikasnosti.

Na Slici 2 prikazana je visoka stambena zgrada tipa E6, zajedno sa geometrijom njenog 3D modela, dok Slika 3 prikazuje lamelnu zgradu (D4) sa odgovarajućim prikazom 3D geometrije.



Slika 2 Stambena zgrada – soliter (kategorija E6, Novi Beograd, Blok 70) i odgovarajući 3D model



Slika 3 Stambena zgrada – lamela (kategorija D4, Novi Beograd, Blok 45) i odgovarajući 3D model

Ušteda energije kvantifikovana je kao razlika između potrošnje energije u prilagođenom referentnom modelu i potrošnje energije nakon primene pojedinačnih ili kombinovanih mera za unapređenje energetske efikasnosti (ECM):

$$\text{Ušteda energije} = \text{Prilagođena referentna potrošnja} - \text{Potrošnja nakon sanacije}$$

Rezultati analize prikazani su u Tabelama 2 i 3.

Za soliter (tip E6), sprovođenjem paketa mera za uštedu energije ostvareno je smanjenje potrošnje toplotne energije za grejanje od 59% (Poboljšanje 1) i 75% (Poboljšanje 2). Ova visoka ušteda objašnjava se nižom početnom potrošnjom i izraženim gubicima usled infiltracije, koji se uspešno umanjuju implementiranim merama.

Kod lamelne zgrade (tip D4), ostvarene uštede iznose 48% i 57%, što odražava njen veći koeficijent oblik-površina i viši početni nivo potrošnje energije.

Dodatna integracija hibridnog sistema grejanja, koji kombinuje toplotnu pumpu sa sistemom daljinskog grejanja, doprinosi dodatnom smanjenju potrošnje energije na lokaciji za 27% do 38% kod oba analizirana tipa objekata. Ovakvi rezultati su u skladu sa savremenim istraživanjima o efikasnosti integracije obnovljivih izvora energije (OIE) u višeporodičnom stambenom sektoru istočne Evrope [22].

Dobijeni nalazi potvrđuju postojanje sinergijskog efekta između unapređenja termičkog omotača objekata i modernizacije sistema grejanja, što je posebno značajno za revitalizaciju stambenog fonda izgrađenog tokom druge polovine 20. veka [23].

Tabela 1. Informacije o objektima i potrošnji toplotne energije (merena, kalibrisana i prilagođena referentna vrednost)

Osnovni podaci					Grejna sezona 2014/2015			TMY
Blok	Adresa	Godina izgradnje	Zagrevana površina	Broj zagrevanih zgrada	Izmerena potrošnja	Specifična potrošnja za stambeni prostor	Kalibrisana referentna potrošnja	Normalizovana referentna potrošnja
			[m ²]		[MWh]	[kWh/m ²]	[MWh]	[MWh]
45	Dr. Ivana Ribara 191-193-195-197-199-201	1973	3086	6	674.569	210	673.9902	638.602
70	Jurija Gagarina 59	1975	4523	1	504.426	112	503.173	462.040

Tabela 2. Potrošnja energije i ušteda energije za Podešeni osnovni model i sa primenjenim MUE – Soliter (E6)

		Izolacija spoljašnjih zidova		Zamena prozora		Smanjenje infiltracije		Paketi MUE	
	Norm.	Pob. 1	Pob. 2	Pob. 1	Pob. 2	Pob. 1	Pob. 2	Pob. 1	Pob. 2

	Ref.								
Godišnja specifična potrošnja toplotne energije za grejanje prostora [kWh/m ²]	102.2	77.8	74.3	90.8	86.1	77.2	67.9	41.5	25.2
Uštede energije [%]	0%	24%	27%	11%	16%	24%	34%	59%	75%

Tabela 3. Potrošnja energije i ušteda energije za Podešeni osnovni model i sa primenjenim MUE – Lamela (D4)

	Norm. Ref.	Izolacija spoljašnjih zidova		Zamena prozora		Smanjenje infiltracije		Paketi MUE	
		Pob. 1	Pob. 2	Pob. 1	Pob. 2	Pob. 1	Pob. 2	Pob. 1	Pob. 2
Godišnja specifična potrošnja toplotne energije za grejanje prostora [kWh/m ²]	206.9	111.7	109.6	129.3	124.9	115.1	109.7	73.4	61.1
Uštede energije [%]	0%	21%	22%	8%	12%	18%	22%	48%	57%

Tabela 4. Karakteristike hibridnog sistema grejanja sa vazdušnom toplotnom pumpom

	Soliter		Lamela	
	Package 1	Package 2	Package 1	Package 2
Ukupna toplotna energija za grejanje [kWh]	187,546	114,189	331,804	276,228
Toplotna energija za grejanje iz toplane [kWh]	91,113	60,867	124,367	103,454
Toplotna energija za grejanje iz lokalne toplotne pumpe [kWh]	96,433	53,322	207,437	172,775
Potrošnja električne energije za toplotne pumpe [kWh]	39,450	22,259	80,428	67,364
Sezonski COP [kWh]	2.44	2.40	2.58	2.56
Ukupna ušteda energije [kWh]	56,984	31,063	127,009	105,411
Ukupna ušteda energije [%]	30%	27%	38%	38%

3 ANKETA DOMAĆINSTAVA

3.1 Metodologija

Anketa o energetskej tranziciji u domaćinstvima Republike Srbije sprovedena je tokom 2024. godine, obuhvatajući četiri glavne teritorijalne celine: Beograd, Vojvodinu, Šumadiju i zapadnu Srbiju, kao i južnu i istočnu Srbiju. Domaćinstva su odabrana prema unapred definisanom planu uzorka.

Primenjen je dvostepeni stratifikovani metod uzorkovanja, pri čemu su domaćinstva razvrstana prema vrsti naselja (urbana i ostala) i teritorijalnoj pripadnosti. Popisni okruzi su izabrani proporcionalno broju domaćinstava u njima, a domaćinstva su potom selektovana prostim slučajnim uzorkovanjem. Ovaj pristup obezbedio je reprezentativnost i raznovrsnost prikupljenih podataka.

Anketiranje je sprovedeno telefonskim putem, koristeći usmeni upitnik koji su popunjavali anketari na osnovu dobijenih odgovora. Upitnik je sadržao više celina i ukupno 27 pitanja. Prikupljeno je 1033 popunjena upitnika, što čini uzorak u odnosu na ukupno 2.589.344 domaćinstva u Srbiji [24]. Za postavljeni nivo poverenja od 95%, dobijena je margina greške od 3,05%, što znači da se prava vrednost određene karakteristike domaćinstava nalazi unutar raspona od $\pm 3\%$ od vrednosti dobijene iz uzorka.

3.2. Rezultati

Rezultati ankete pokazuju značajnu raznolikost u obrascima potrošnje energije među domaćinstvima, kao i specifične trendove u korišćenju različitih izvora energije. Prema podacima iz 2022. godine, električna energija je univerzalno prisutna, koristeći se u 100% domaćinstava za osvetljenje, rad električnih uređaja i hlađenje, dok je za grejanje vode koristi 93% domaćinstava. U oblasti kuvanja, električna energija učestvuje sa 50%, dok značajan udeo imaju i drva za ogrev (44%) i prirodni gas [25].

Grejanje prostora predstavlja najveći deo ukupne potrošnje energije (preko 65%), pri čemu drva za ogrev dominiraju sa 59%, zatim slede toplotna energija sa 16%, prirodni gas sa 12%, električna energija sa 6% i ugalj sa 5%.

Većina domaćinstava koristi individualne sisteme grejanja poput kotlova i peći na čvrsta goriva (44%), pri čemu 10% izražava nezadovoljstvo toplotnim komforom. Polovina domaćinstava poseduje klima uređaje, ali više od polovine stanovništva i dalje trpi zbog neadekvatnog hlađenja tokom letnjih meseci. Više od polovine domaćinstava sprovedo je određene mere energetske efikasnosti, dok 66% prati svoju potrošnju energije, što ukazuje na rast svesti o značaju energetske efikasnosti.

Anketa je takođe ispitala spremnost domaćinstava za učestvovanje u energetskej tranziciji, uključujući instalaciju modernih sistema grejanja i solarnih panela, kao i uticaj subvencija kao potencijalnog podsticaja. Među domaćinstvima koja nisu priključena na daljinsko grejanje, niti koriste energetske efikasne uređaje poput toplotnih pumpi ili peći na pelet, 72% nije spremno na prelazak na ove tehnologije čak ni u slučaju potrebe za zamenom starih sistema. Samo 28% je spremno da uloži više u efikasniji sistem, dok je 12% spremno da plati do 50% više od najpovoljnije opcije. Čak 57% domaćinstava izjavljuje da ih ni subvencije ne bi motivisale na zamenu sistema grejanja, dok bi 14% prihvatilo subvenciju do 50%, a 29% subvenciju veću od 50%.

Kada je reč o instalaciji solarnih panela, oko 19% domaćinstava pokazuje spremnost, sa ili bez subvencija, dok preko 80% nije sigurno u tehničke uslove ili nije voljno da investira. Glavni razlozi za to su manjak finansijskih sredstava za početnu investiciju, kao i niska motivacija i informisanost, a ne tehničke prepreke.

Poseban segment istraživanja bio je usmeren na stavove domaćinstava prema zaštiti životne sredine. Rezultati pokazuju izraženu skepsu i otpor prema ideji smanjenja životnog standarda kao sredstva zaštite prirode, jer značajan broj ispitanika nije spreman da žrtvuje postojeći nivo udobnosti ili finansijske sigurnosti zarad ekoloških ciljeva.

Na kraju, na osnovu predstavljenih rezultata o socio-ekonomskim i kulturnim faktorima energetske tranzicije ka obnovljivim izvorima energije, ponuđena je preliminarne tipologija domaćinstava u Srbiji u pogledu njihovih očekivanih aktivnosti u tom pravcu (Tabela 5).

Tabela 5. Tipologija domaćinstava u Srbiji u pogledu očekivanih aktivnosti prema energetskej tranziciji

Verovatnoća aktivnosti	Socio-ekonomski i kulturni prediktori
Vrlo verovatna	Dobro žive sa trenutnim prihodom (24%), potpuno poverenje ili neko poverenje u relevantna ministarstva (33%), potpuno poverenje ili neko poverenje u lokalne vlasti (26%), kolektivizam (53%), međuljudsko poverenje (53%)
Donekle verovatna	Snalaze se sa trenutnim prihodom (51%), neutralni u pogledu poverenja u relevantna ministarstva (20%), neutralni u pogledu poverenja u lokalne vlasti (18%), ambivalentni u pogledu individualizma/kolektivizma (10%), ambivalentni u pogledu međuljudskog poverenja (10%)
Nije verovatna	Teško ili veoma teško izdržavaju se sa trenutnim prihodom (20%), potpuno nepoverenje ili neko nepoverenje u relevantna ministarstva (31%), potpuno nepoverenje ili neko nepoverenje u lokalne vlasti

Detljni rezultati ankete se nalaze na sajtu projekta [26].

ZAKLJUČAK

U radu su prikazani neki od rezultata ostvarenih tokom rada na prvoj godini projekta FF GreEN. Analiza mogućnosti uštede energije primenom mera energetske efikasnosti na konkretnim objektima je pokazala da integrisane MUE mogu da smanje potrošnju energije za grejanje do 75% u visokim (E6) i 57% u zgradama tipa lamele (D4) na Novom Beogradu. Dinamički BEM otkriva da su smanjenje infiltracije i nadogradnja termičkog omotača, kao i modernizacija sistema grejanja ključni za postizanje ovakvog nivoa uštede energije.

Što se tiče rezultata ankete, ona je ukazala da je u velikom broju domaćinstava prisutna značajna ambivalencija i nesigurnost u vezi sa usvajanjem novih energetske tehnologije, kao što su energetske efikasni sistemi grejanja i korišćenje obnovljivih izvora energije (OIE), naročito kada se uzmu u obzir visoki početni troškovi tih tehnologija. Načelno, anketa pokazuje i da je oko jedne trećine stanovništva „spremno“ da prihvati izazove energetske tranzicije, približno isto toliko iz različitih razloga nikako ne želi promene, dok je ostatak onaj deo stanovništva prema kojem treba formirati instrumente energetske politike da bi se proces tranzicije ubrzao. S obzirom na to da veliki broj domaćinstava nije spreman da investira u ove tehnologije bez odgovarajuće finansijske pomoći ili subvencija, ovo istraživanje ukazuje da je jedan od instrumenata te politike i kreiranje finansijskih mehanizama za prelazak na energetske efikasnije sisteme koji koriste OIE, ali i potreba boljeg informisanja stanovništva o efektima primene mera energetske efikasnosti i korišćenja OIE, njihovo vezi sa lokalnim zagađenjem i sl.

U daljem radu na projektu, cilj je u konkretnoj lokalnoj samoupravi predložiti niz instrumenata lokalne energetske politike koji bi podstakli efikasnije korišćenje i uštedu energije između ostalog i opisanim merama za uštedu energije i hibridnim sistema grejanja.

ZAHVALNICA

Istraživanje je sprovedeno uz podršku Fonda za nauku Republike Srbije, br. projekta 4344, Forward-Looking Framework for Accelerating Households' Green Energy Transition – FF GreEN

LITERATURA

- [1] Projekat Fonda za nauku Republike Srbije: “Forward-Looking Framework for Accelerating Households' Green Energy Transition”, <https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/>
- [2] Manić D., Komatina M., Antonijević D., Ećim-Đurić O., Ivezić D.: Evaluacija mera za uštedu energije na postojećim stambenim zgradama na Novom Beogradu upotrebom modeliranja energetske performansi zgrada, Međunarodno Savetovanje Energetika 2025, Zlatibor, 14 – 17. April 2025, Srbija.
- [3] Crawley D.B., et al.: Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs, Building and Environment, 43, 2008, pp. 661–673.
- [4] Jovanović Popović, M., et al.: National Typology of Residential Buildings in Serbia. University of Belgrade, 2013.
- [5] Maile T., et al.: Dynamic simulation for building energy performance: A review, Energy and Buildings, 148, 2017, pp. 342–354.
- [6] Republički Zavod za Statistiku: Anketa o potrošnji domaćinstava 2024, <https://publikacije.stat.gov.rs/G2024/Pdf/G20245710.pdf>

- [7] Republički Zavod za Statistiku: Potrošnja energije u domaćinstvima u Republici Srbiji, 2021, <https://www.stat.gov.rs/media/B8-2020.pdf>
- [8] Pavlović B., Ivezić D., Živković M.: State and perspective of individual household heating in Serbia: A survey-based study, *Energy and Buildings*, 247, 2021, 111128.
- [9] RES Fondacija: Sve što ste hteli da znate o energetsom siromaštvu u Srbiji, 2021, <https://resfoundation.org/rs/wp-content/uploads/2021/10/Sve-sto-ste-hteli-da-znate-o-energetskom-siromastvu-u-Srbiji.pdf>
- [10] Čolić-Damjanović V.M., Šišović G.: Energy Efficiency in Social Housing Sector in Serbia: Problems and Benefits, 6th International Symposium on Environment-Friendly Energies and Applications (EFEA), Sofia 2021, Bulgaria, pp. 1-4.
- [11] Madžarević A., Pavlović B., Mojić D., Ivezić D., Živković M.: Domaćinstva i energetska tranzicija u Republici Srbiji: Pravni okvir i stvarna praksa, Međunarodno Savetovanje Energetika 2025, Zlatibor, 14 – 17. April 2025, Srbija.
- [12] ASHRAE Standard 211-2018: Standard for Commercial Building Energy Audits, ASHRAE.
- [13] ISO 52000-1:2017. Energy performance of buildings. International Organization for Standardization.
- [14] Climate OneBuilding: TMY data for Belgrade. 2021, <http://climate.onebuilding.org> [accessed 15.03.2021].
- [15] CIBSE AM11: Building Performance Modelling, Chartered Institution of Building Services Engineers, 2015.
- [16] ASHRAE Guideline 14-2014: Measurement of Energy, Demand, and Water Savings, ASHRAE.
- [17] Kolaitis, D.I.: Comparative assessment of insulation materials in Mediterranean buildings, *Energy and Buildings*, 65, 2013, pp. 429–436.
- [18] Gustavsen A., et al.: Key elements of high-performance windows, *Energy and Buildings*, 43, 2011, pp. 1213–1222.
- [19] Jokisalo J., et al.: Impact of infiltration on building energy consumption: A review, *Energy and Buildings*, 201, 2019, pp. 1–15.
- [20] Ostergaard P.A., et al.: Renewable energy integration in district heating systems, *Renewable Energy*, 153, 2020, pp. 345–356.
- [21] Santamouris M.: Innovating to zero the building sector in Europe by 2050, *Energy and Buildings*, 128, 2016, pp. 1–10.
- [22] Lund H., et al.: Smart energy systems for coherent 100% renewable energy and transport solutions, *Applied Energy*, 145, 2017, pp. 139–154.
- [23] Verbeke S., et al.: Retrofit solutions for residential buildings: A systemic approach, *Energy and Buildings*, 210, 2020, pp 109–123.
- [24] Republički Zavod za Statistiku: Popis 2022, <https://popis2022.stat.gov.rs/sr-Latn/>
- [25] Eurostat: Energy, Final energy consumption by sector, <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ten00124/default/table?lang=en>
- [26] Forward-Looking Framework for Accelerating Households' Green Energy Transition – FF GreEN, https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2025/03/REZULTATI-ANKETE_za-sajt_novo.pdf

EKONOMSKO-FINANSIJSKA ANALIZA SISTEMA DALJINSKOG GREJANJA U REPUBLICI SRBIJI ZA 2023. GODINU

Miroslav Vujnović

Konsultant

mvujnovic@outlook.com

REZIME

Prvi put se u 2023. godini desilo da Sektor daljinskog grejanja, kao celina, ostvari veće troškove od prihoda – gubici su iznosili 1,2 milijarde dinara (10 miliona EUR). U isto vreme Sektor se pokazao ka vrlo nelikvidan i ostvario je nedostatak obrtnih sredstava u iznosu od 23,7 milijardi dinara (202,3 miliona EUR). Uprkos tim rezultatima Sektor je ostvario svoju osnovnu ulogu – adekvatno grejanje, pre svega zahvaljujući stručnosti i zalaganju zaposlenih i mudrom korišćenju unutrašnjih rezervi, ali i dodatnom zaduživanju od 4,3 milijarde dinara (36,4 miliona EUR). Sve to nas dovodi do zaključka da je prioritet, pre novih, i nužnih, investicija u pogledu korišćenja novih tehnologija, alternativnih izvora energije i dekarbonizacije, ekonomska konsolidacija i restrukturiranje sektora kako bi postao sposoban da odgovori na te nove izazove i da prihvati buduće investicije.

Ključne reči: prihodi, troškovi, dobit, komparativna analiza

UVOD

Analiza je rađena na osnovu završnih računa toplana i tehničkih podataka TOPS-a i odnosi se na ekonomsko stanje u 2023. godini, s jedne strane, i na trendove u desetogodišnjem periodu 2014-23. godina, s druge strane. Rađena je u tekućim cenama i tekućem kursu EUR, ali zbog velike kumulativne inflacije u desetogodišnjem periodu (52,44%) i aprecijacije dinara prema EUR (54,73%), realnost kretanja nađena je u analizi u dinarima iz 2014. godine. Koliko ove činjenice utiču na analizu može da se vidi iz podataka u Tabeli 1, i Grafu 1.

U periodu 2014-23. godina posmatrali smo iznose, njihove trendove i strukturu. Kao dodatna mera realnosti u analizu smo uneli i iznose po m² grejane površine, zaposlenom, instalisanoj snazi i isporučenoj toplinskoj energiji. Ovi parametri nas dodatno uvode u komparativnu analizu efikasnosti i produktivnosti toplana. Zbog velikih razlika između toplana, opšti zaključci Sektora daljinskog grejanja često dobijaju različita značenja u različitim segmentima. Zbog toga smo uveli segmentaciju i podelili smo toplane u sedam grupa. Potrebno je napomenuti da se ova podela unekoliko razlikuje od tehničke i uzrokovana je jasnim ekonomskim parametrima. Kriterijum podele je instalisana snaga grejanja, tj. sopstveni proizvodni kapacitet ostvarena u 2022. godini. To su sledeće grupe:

Grupa 1: Beograd – 2867 MW;

Grupa 2: Novi Sad – 693 MW;

Grupa 3: 6 toplana - Kragujevac, Niš, Subotica, Kruševac, Pančevo i Bor – 100 – 500 MW;

Grupa 4: 10 toplana - Čačak, Kraljevo, Užice, Valjevo, Zrenjanin, Šabac, Smederevo, Leskovac, Jagodina i Kikinda – 50 – 100 MW;

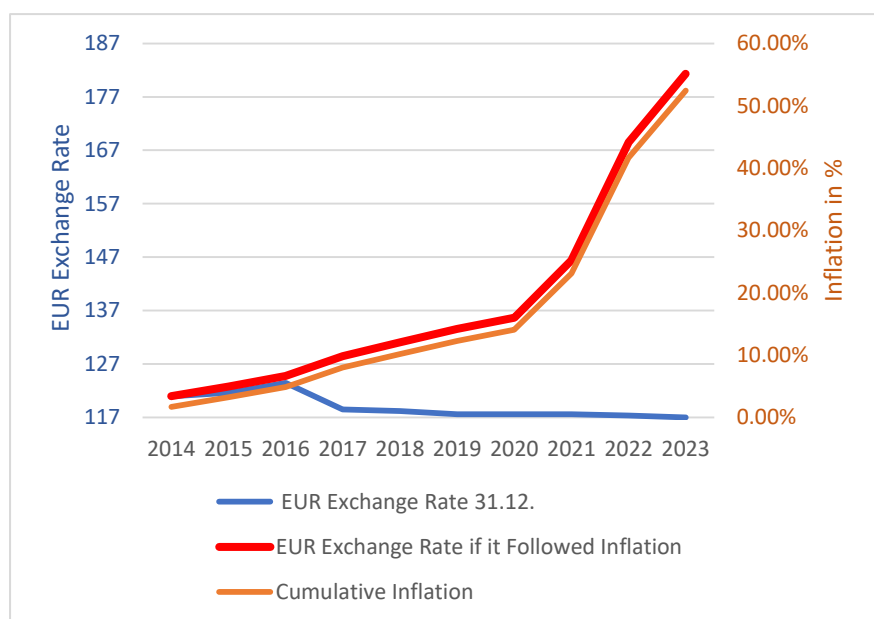
Grupa 5: 24 toplane⁵ - 10 – 50 MW;

Grupa 6: 7 toplana – Velika Plana, Temerin, Kovin, Kosjerić, Srbobran, Mali Zvornik i Pećinci – manje od 10 MW;

Grupa 7: Obrenovac i Požarevac – bez sopstvenih kapaciteta.

Tabela 1: Međusobni odnosi kursa EUR i inflacije

No	Opis	Jed.mere	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Srednji kurs EUR 31.12.	1 eur = din	120.9583	121.6261	123.4723	118.4727	118.1946	117.5928	117.5802	117.5821	117.3224	117.0149
2	Lančani indeks	koef.		1.005521	1.015179	0.959508	0.997653	0.994908	0.999893	1.000016	0.997791	0.997379
3	Bazni indeks (2014=100)	koef.		1.005521	1.020784	0.979451	0.977152	0.972176	0.972072	0.972088	0.969941	0.967399
4	Inflacija	%	1.70%	1.50%	1.60%	3.00%	2.00%	1.90%	1.60%	7.90%	15.10%	7.60%
5	Kumulativna inflacija	%	1.70%	3.23%	4.88%	8.02%	10.18%	12.28%	14.07%	23.09%	41.67%	52.44%
6	Kurs EUR da se kretao prema inflaciji	1 eur = din	120.9583	122.7727	124.737	128.4791	131.0487	133.5387	135.6753	146.3936	168.4991	181.305
7	Razlika 6-1	din		1.15	1.26	10.01	12.85	15.95	18.10	28.81	51.18	64.29
8	Razlika 6-1 u %	%		0.943%	1.024%	8.446%	10.875%	13.560%	15.390%	24.503%	43.621%	54.942%



Graf 1: Kretanje inflacije i kursa dinara

Kako izgleda foto-robot prosečne toplane i Sektora?

	Toplana	Sektor
• Instalisana snaga, MW:	120	5.879
• Isporučena toplotna energija, MWh	107.197	5.467.033
• Grejana površina, m ²	912.715	46.548.461
• Broj zaposlenih	113	5.787
• Ukupan prihod, 000 dinara	1.312.309	66.927.738
• Ukupan prihod od grejanja, 000 din	1.214.834	59.526.890
• Ukupni troškovi, 000 dinara	1.331.118	67.887.023
• Troškovi goriva, 000 dinara	858.009	43.758.476
• Neto obrtni fond, 000 dinara	-464.882	-23.709.000

⁵ To su sledeće toplane: Vranje, Loznica, Sombor, Zaječar, Zemun Pirot, Kladovo, Ruma, Priboj, Trstenik, Vrbas, Novi Pazar, Negotin, Majdanpek, Bečej, Stara Pazova, Prijepolje, Knjaževac, Nova Varoš, Senta, Beočin, Bajina Bašta, Sremska Mitrovica i Gornji Milanovac.

PRIHODI

Prihodi toplana u period 2014-23. godina nisu se mnogo menjali – malo su nominalno rasli (2,48%), a još više realno opadali (-5,64%). Nominalno su se kretali od 53,7 (2014. godina) 66,9 (2023. godina) milijardi dinara. Prihodi od grejanja su u periodu 2019-23. godina nominalno rasli po stopi od 2,48%, a realno opadali po stopi od -5,64%.

Tabela 2: Prihodi toplana

U 000 RSD													
Toplane	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		Stopa rasta	Stopa rasta
												Nominalno	Realno
Nominalne vrednosti													
Toplane ukupno	53,681,869	57,238,124	56,247,987	57,738,411	56,193,372	54,599,289	55,265,363	58,042,025	60,330,025	66,927,738		2.48%	-5.64%
I Beograd (1)	27,490,330	29,227,488	29,175,875	30,661,161	29,288,007	28,770,102	28,480,936	29,590,082	29,624,891	31,390,353		1.48%	-6.56%
II Novi Sad (1)	7,723,907	7,797,429	7,909,282	8,020,353	7,845,110	6,560,751	7,540,268	7,983,167	8,653,254	9,652,696		2.51%	-5.62%
III 100-500 MW (6)	7,091,012	7,640,926	7,134,678	7,215,858	7,015,044	7,135,024	7,369,503	7,862,153	8,637,541	10,560,746		4.53%	-3.76%
IV 50-100 MW (10)	5,364,350	5,612,363	5,215,758	5,192,104	5,223,914	5,234,563	4,791,526	4,749,909	5,004,441	5,913,793		1.09%	-6.92%
V 10-50 MW (24)	4,275,847	5,095,353	4,756,935	4,765,186	4,868,329	4,862,986	4,946,462	5,469,139	5,893,508	6,815,369		5.32%	-3.03%
VI >10 MW (7)	781,466	972,121	926,443	879,428	924,583	994,339	1,067,993	1,180,070	1,266,937	1,287,977		5.71%	-2.67%
VII Bez kotlova (2)	954,957	892,444	1,129,016	1,004,321	1,028,385	1,041,524	1,068,675	1,207,505	1,249,453	1,306,804		3.55%	-4.66%
Ukupno bez Bgd	26,191,539	28,010,636	27,072,112	27,077,250	26,905,365	25,829,187	26,784,427	28,451,943	30,705,134	35,537,385		3.45%	-4.75%
Maksimum	27,490,330	29,227,488	29,175,875	30,661,161	29,288,007	28,770,102	28,480,936	29,590,082	29,624,891	31,390,353		24.20%	13.40%
Minimum	27,244	26,929	25,024	25,221	26,046	27,248	27,305	27,879	36,868	52,282		-9.27%	-16.47%
Prosečno	1,166,997	1,120,719	1,101,180	1,131,086	1,100,818	1,068,872	1,081,709	1,135,845	1,180,897	1,312,309		3.99%	-4.34%
Prosečno bez Beog	582,034	558,584	539,686	540,485	537,074	514,848	533,725	566,760	612,017	710,748		3.99%	-4.29%
Mediana	310,825	303,882	286,880	284,434	276,720	292,413	287,948	311,875	332,263	366,377		3.67%	-4.55%

Sagledavajući ostvaren prihod u 2023. godini, prvo moramo istaći ogromnu disproporciju u veličini ostvarenog prihoda – razlika između najvećeg (Beograd) i najmanjeg (Kosjerić) iznosi 600 puta. Razlika u prihodima od grejanja je još veća i ona iznosi 930 puta (Beograd prema Žitištu). Prihod ostvaren u 2023. godini je nominalno veći od prihoda u 2022. godini za 11,1%, ali realno znatno manji -9,4%. Slično je i sa prihodom samo od grejanja - porastao je u odnosu na prethodnu godinu nominalno i realno opao: 9,6% i -10,6%, respektivno. Najveće povećanje prihoda, u odnosu na prethodnu godinu, ostvarila je toplana Vranje (78,7%). Najveći pad prihoda primećuje se kod Rume (-21,8%). Prosečan prihod ostvaren u 2023. godini iznosi 1,3 milijarde dinara, a najčešći (mediana) iznosi 366 miliona, 3,6 puta manje. Ta razlika između prosečne i najčešće veličine govori o ogromnim razlikama – velika većina toplana ima prihode ispod naznačenog proseka.

Pravi indikator produktivnosti toplana jeste odnos prihoda i zaposlenih, realno i nominalno. Tu se slika unekoliko menja. Kretanje nominalnog iznosa po zaposlenom dato je na Grafu 6. Razlike između pojedinih toplana se smanjuju, isplivavaju nove činjenice. Prvo što možemo da uočimo jeste da se broj zaposlenih smanjuje, a i da se smanjuje, po nešto većoj stopi, i realan prihod po zaposlenom. Pogledajmo kako sve ovo izgleda kod deset najvećih toplana, mereno iznosom realnog prihoda, brojem zaposlenih i iznosom realnog prihoda po zaposlenom (Tabela 3).

Tabela 3: 2023 – Realan prihod po zaposlenom, zaposlenost i prihod po zaposlenom

Rang	Realan prihod		Broj zaposlenih		Realan prihod po zaposlenom	
		U 000 RSD (2014)			U 000 RSD (2014)	
1	Beograd	14,929,683	Beograd	1,956	Novi Sad	14,302
2	Novi Sad	4,590,955	Kragujevac	337	Bor	12,485
3	Bor	1,648,044	Novi Sad	321	Beograd	7,633
4	Niš	1,079,459	Niš	227	Vranje	7,580
5	Kragujevac	882,747	Negotin	186	Majdanpek	6,223
6	Pančevo	541,910	Kruševac	179	Subotica	5,885

7	Kruševac	482,261	Zaječar	143	Šabac	5,813
8	Šabac	424,337	Temerin	136	Valjevo	5,335
9	Subotica	388,416	Bor	132	Zrenjanin	5,011
10	Obrenovac	342,001	Obrenovac	131	Užice	4,845
	Prosečno	624,152	Prosečno	113	Prosečno	3,938
	Mediana	174,254	Mediana	56	Mediana	3,555

Sada u analizu uvodimo efikasnost i merimo je prihodom po jedinici grejane površine i taj pregled dat je u Tabeli 6. I ovde su razlike između toplana velike, ali ni približno razlikama u veličini samih prihoda. Ipak, u ovom sagledavanju potrebno je dodati i jednu važnu ogradu. Naime, dobar broj toplana su deo komunalnih organizacija koje se bave i drugim uslugama tako da prihodi po m² nisu samo odraz usluge grejanja, već i prihoda koji se dobijaju drugim uslugama.

Cene grejanja se razlikuju od toplane do toplane, a postoje i razlike unutar toplane gde se naplaćuje po potrošnji, po grejanoj površini, beneficirane tarife, itd. Najbolji parametar je realno ostvaren prihod od grejanja po isporučenom MWh. Pokazuje sa da što više tehničkih parametara uvodimo u analizu to su razlike manje, u poređenju sa razlikama u finansijskim indikatorima. To nam govori i medijana, u Tabeli 4, koja je vrlo blizu prosečnoj veličini. Činjenica koju ne bi trebalo zaobići jeste da je nasuprot nominalnom rastu realan prihod u periodu 2019-23. godina opadao kod gotovo svih toplana i to po prosečnoj godišnjoj stopi od -11,8%. Očit je nesrazmer između cene grejanja i inflacije. Do sada se ta činjenica moglo nekako prevazići internim merama, subvencijama i dotacijama, ali izgleda da je jedino rešenje usklađivanje cena sa realnom situacijom.

Tabela 4: 2023 – Prihod od grejanja po MWh

5 sa najvišim prihodom				5 sa najvišom stopom rasta		
	000 RSD/MWh	Nomin	Realno	2019-23	Nomin	Realno
1	Zaječar	22.5	10.7	Zaječar	28.1%	9.9%
2	Kladovo	21.1	10.0	Kladovo	22.2%	4.8%
3	Velika Plana	19.0	9.1	Prijepolje	16.6%	0.0%
4	Zemun	17.4	8.3	Bajina Bašta	15.9%	-0.5%
5	Bečej	16.6	7.9	Vranje	15.6%	-0.8%
5 sa najmanjim prihodom				5 sa najmanjom stopom rasta		
1	Kruševac	6.8	3.2	Kragujevac	-2.5%	16.3%
2	Gornji Milanovac	6.2	2.9	Gornji Milanovac	-2.6%	16.4%
3	Majdanpek	6.0	2.9	Jagodina	-4.4%	18.0%
4	Obrenovac	3.3	1.6	Temerin	-7.7%	20.8%
5	Požarevac	3.1	1.5	Priboj	12.3%	24.8%
	Toplane ukupno	10.9	5.2		2.8%	11.8%
I	Beograd (1)	11.6	5.5		-1.5%	15.5%
II	Novi Sad (1)	13.2	6.3		15.4%	-1.0%
III	100-500 MW (6)	9.2	4.4		2.4%	12.2%
IV	50-100 MW (10)	10.8	5.1		4.1%	-

					10.7%
V	10-50 MW (24)	13.2	6.3	7.8%	-7.5%
VI	>10 MW (7)	10.0	4.8	0.1%	14.1%
VII	Bez kotlova (2)	3.2	1.5	6.2%	-8.8%
	Ukupno bez Bgd	10.2	4.9	7.5%	-7.8%
	Maksimum	22.5	10.7	28.1%	-6.7%
				-	-
	Minimum	3.1	1.5	12.3%	24.8%
	Prosečno	11.7	5.6	5.5%	-9.4%
	Prosečno bez Bgd	11.7	5.6	5.7%	-9.3%
					-
	Mediana	11.6	5.5	4.8%	10.1%

Ukratko, da sažmemo činjenice kada su u pitanju prihodi:

	Nominalno	Realno
• Ukupni prihodi, 000 dinara	66.927.738	31.831.750
• Stopa rasta prihoda 2014-23	2,48%	-5,64%
• Prihod po zaposlenom, 000 din	11.565	5.501
• Stopa rasta prihoda po zaposlenom	2,77%	-5,38
• Prihod po MWh isporučene toplote, 000 d	10,9	5,2
• Stopa rasta 2019-23. po MWh	2,8%	-11,8%

Sumirajući analizu prihoda, možemo da konstatujemo:

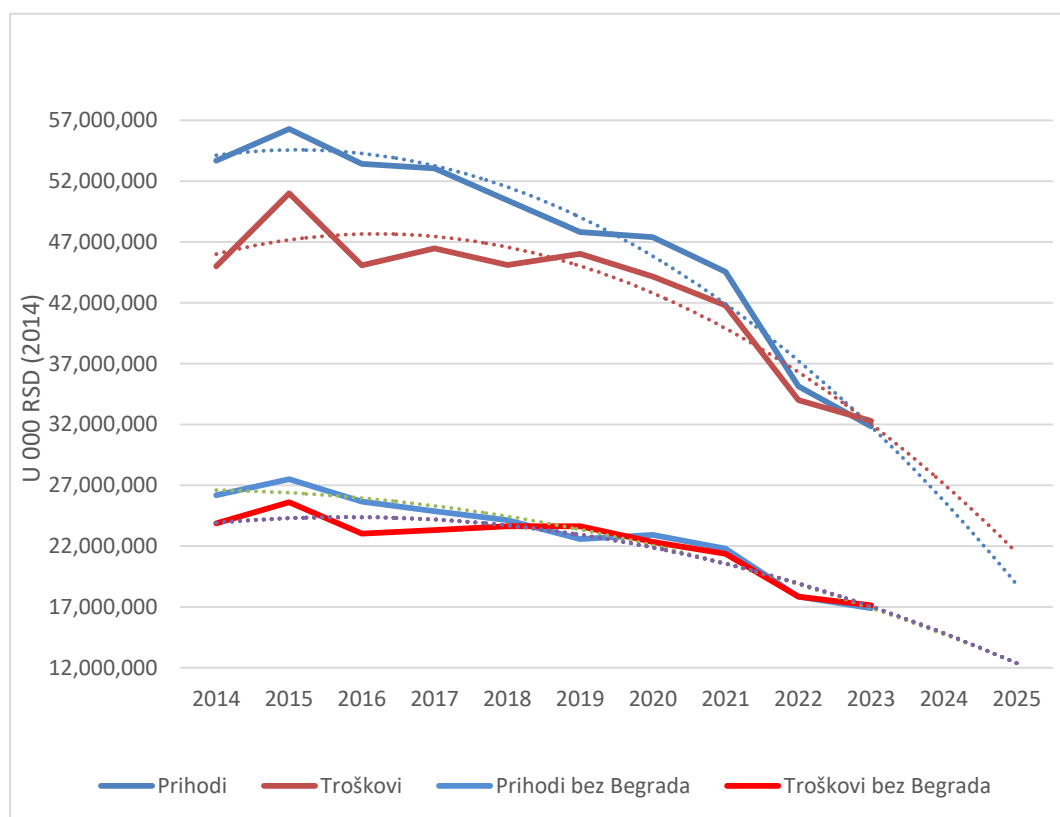
- U 2023. godini posledice kovida i inflacije se manje osećaju, ali jak dodatni uticaj na nestabilnost i na sve finansijske iznose imao je rat u Ukrajini.
- Ogromne međusobne razlike u veličini prihoda – 600 puta.
- U periodu 2014-23. godina prihodi su malo nominalno rasli (2,48%), a više realno opadali (-5,64%).
- Prosečno učešće prihoda od grejanja u ukupnom prihodu iznosi 88,94%, ali kod manjih toplana prisutne su i druge komunalne i trgovačke delatnosti. Postoje i toplane kojima je usluga grejanja sporedna delatnost (Temerin, Pećinci, ...) i u toj grupi učešće prihoda od grejanja je tek 22,5%.
- Uočavaju se velike disproporcije u ceni grejanja (1:4) i cene su u sve većem zaostatku za inflacijom. Prosečan ostvaren prihod po MWh isporučene toplotne energije iznosi 10,9 hilj.dinara i kreće se od 3,1 do 22,5 hilj.din/MWh.
- Produktivnost merena prihodom po zaposlenom je smanjila razlike između toplana, ali se i ovde uočava njihov realan pad.
- Nasuprot malom rastu grejane površine od 0,9% u 2023. godini, nominalni prihodi po m2 su porasli za 8,6%. Ipak, u desetogodišnjem periodu realno su opadali po stopi od 11,4%.
- Instalirana snaga toplana se već dugo ne menja, investira se u zamenu i optimizaciju, a prihod po MW je to veći što je instalirana snaga veća.

TROŠKOVI

U analizi troškova polazimo od iznosa glavnih komponenti troškova: gorivo, zaposleni, usluge i amortizacija. Analizirali smo sedam aspekata ovih troškova: nominalne iznose, realne iznose, trendove, strukturu, iznose po m² grejane površine, iznose po zaposlenom i iznose po MW instalisane snage. U ovom radu prikazaćemo samo osnovne činjenice.

Kretanje troškova u posmatраних deset godina bilo je slično kao i kod prihoda: nominalno su rasli (4,68%), a realno opadali (-3,62%). Ovde je dobro da se podsetimo da su prihodi u istom periodu nominalno rasli po prosečnoj godišnjoj stopi od 2,48%, a realno po opadali po stopi od -5,64%, što nas dovodi do konstatacije da ukupni troškovi rastu brže od rasta prihoda, što objektivno ima svoje realne granice. Ukoliko ekstrapoliramo prihode i troškove na sledeće dve godine, što je prikazano na Grafu 2, vidimo da su se ukupni troškovi i u 2023. godini premašili prihode, i da troškovi nastavljaju da sve više premašuju prihode u sledećim godinama. Ova kretanja su opominjuća, ali, naravno, radi se samo o matematičkoj ekstrapolaciji, tako da bi to trebalo shvatiti kao poziv na hitnu akciju.

Sagledavano po grupama, uočava se da su najmanje toplane, praćene onima bez sopstvenih kapaciteta (Grupe V-VII), imale najveću stopu rasta nominalnih ukupnih troškova (Tabela 5). Kod realnih



iznosa, sve grupe su imale negativnu stopu rasta, a prednjačila je Grupa IV. U strukturi ukupnih troškova i dalje prednjači Beograd, ali je potrebno zapaziti da je u 2023. godini učešće Beograda u ukupnim prihodima i troškovima iznosilo je identičnih 46,9%. Beograd i Novi Sad čine nešto manje od dve trećine ukupnih troškova.

Graf 2: Prihodi i troškovi, realni iznosi, trend za sledeće dve godine

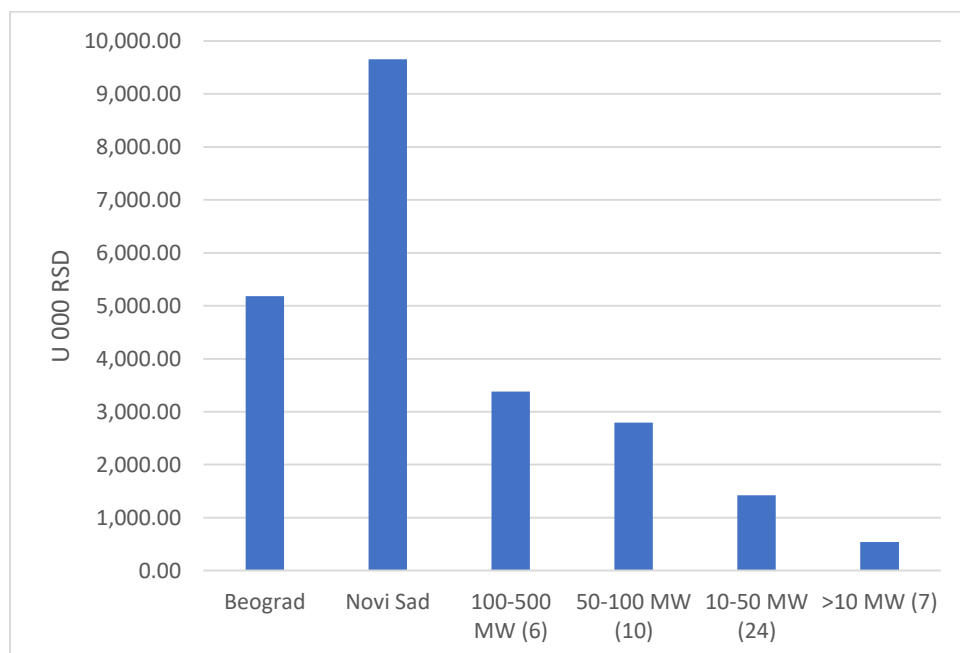
U ukupnim troškovima daleko najznačajniju stavku čine utrošci za energente i energiju. Ono učestvuje u ukupnim troškovima u proseku posmatranog perioda sa 61,34%. Trend je da se sa veličinom toplana učešće goriva u ukupnim troškovima povećava, tj. učešće ostalih troškova se povećava sa smanjenjem kapaciteta. Treba naglasiti neprekidni trend smanjenja realnih troškova goriva od 2015. godine, sa ubrzanjem u 2021. i 2022. godini, kada su troškovi goriva smanjeni, u odnosu na prethodnu godinu, kod toplana kao celine, za 8,1% (2021), a u 2022. godini za još 17,3% i

taj nivo je zadržan u 2023. godini. Realni troškovi goriva su u 2023. godini bili manji od onih u 2015. godini za čak 39,6%. Naravno, ostaje neodgovoreno pitanje da li je do toga došlo zbog tople zime, kretanja cena energenata i fiksnog kursa ili zbog povećanja tehnološke efikasnosti. Obzirom da do kontinuelnog smanjenja realnih utrošaka goriva, mereno vrednosno, dolazi u periodu od devet godina, bez prekida, to se mora naglasiti da bi to bilo neizvodivo bez tehnoloških unapređenja u funkcionisanju toplana.

Najveće razlike među toplanama pojavljuju se kod sagledavanja troškova goriva po zaposlenom. Visina troškova goriva po zaposlenom je još jedan pokazatelj efikasnosti – što veća potrošnja goriva po zaposlenom to veća efikasnost. Ipak, razlike između toplana ni ovde nisu zanemarive, razlika između troškova goriva po zaposlenom između Novog Sada i grupe toplana sa najmanjim kapacitetom jeste 17,5 puta (Graf 3).

	U 000 RSD												
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Stopa rasta	Stopa rasta
	Nominalni iznosi											Nominalno	Realno
	Toplane ukupno	44,997,939	52,722,347	47,409,181	50,526,953	50,235,151	52,465,699	51,384,366	54,341,430	58,304,945	67887023	4.68%	-3.62%
I	Beograd	21,130,728	26,264,200	23,194,199	25,168,309	23,918,442	25,524,088	25,373,987	26,570,545	27,720,532	31,864,403	4.67%	-3.63%
II	Novi Sad	6,313,209	7,465,634	6,833,977	6,995,868	7,192,316	7,699,048	7,263,649	7,595,650	8,294,667	9,752,119	4.95%	-3.37%
III	100-500 MW (6)	7,206,611	7,662,871	6,899,644	7,103,182	7,355,719	7,202,118	7,474,966	7,891,134	8,702,816	10,829,048	4.63%	-3.67%
IV	50-100 MW (10)	4,911,678	5,169,162	4,621,336	4,925,554	5,038,653	5,219,365	4,439,182	4,749,955	5,269,081	5,989,823	2.23%	-5.87%
V	10-50 MW (24)	3,893,371	4,526,676	4,220,724	4,580,441	4,907,737	4,949,531	4,949,527	5,439,406	6,076,192	6,949,968	6.65%	-1.80%
VI	>10 MW (7)	754,212	832,333	789,384	839,123	877,161	882,787	944,448	1,017,500	1,104,567	1,245,842	5.74%	-2.65%
VII	Bez kotlova (2)	788,130	801,471	849,917	914,476	945,123	988,762	938,607	1,077,240	1,137,090	1,255,820	5.31%	-3.04%
	Ukupno bez Bg	23,867,211	26,458,147	24,214,982	25,358,644	26,316,709	26,941,611	26,010,379	27,770,885	30,584,413	36,022,620	4.68%	-3.62%
	Maksimum	21,130,728	26,264,200	23,194,199	25,168,309	23,918,442	25,524,088	25,373,987	26,570,545	27,720,532	31,864,403		
	Minimum	26,136	26,508	24,623	25,719	28,366	32,319	35,032	41,603	38,546	47,093		
	Prosečno	978,216	1,033,772	929,592	990,725	985,003	1,028,739	1,007,537	1,065,518	1,143,234	1,331,118		
	Prosečno bez Bg	530,382	529,163	484,300	507,173	526,334	538,832	520,208	555,418	611,688	720,452		
	Mediana	270,030	273,485	246,308	255,395	263,069	263,707	263,493	295,501	333,614	370,540		

Tabela 4: Troškovi energije i energenata



Graf 3: Troškovi energije i energenata po zaposlenom

Evo nekoliko osnovnih podataka:

Nominalno Realno

• Ukupni troškovi, 000 dinara	67.887.023	32.283.488
• Stopa rasta troškova 2014-23	4,68%	-3,62%
• Troškovi goriva, 000 dinara	43.758.476	20.809.224
• Stopa rasta troškova goriva	5,28%	-2,45%

Sumirajući pregled troškova, konstatujemo osnovno:

- Kretanje troškova u desetogodišnjem periodu bilo je slično kao i kod prihoda: nominalno su rasli (4,68%), a realno opadali (-3,62%). Prihodi su nominalno rasli po manjoj stopi, a realno opadali po većoj stopi, što objektivno predstavlja problem i ceo sektor vuče, kao celinu, u gubitak.
- Glavni deo troškova su troškovi energenata i energije i čine prosečno 61,34% ukupnih troškova. Oni predstavljaju opadajuću veličinu u odnosu na grejanu površinu, ali i rastuću u odnosu na broj zaposlenih, što govori o opštem povećanju produktivnosti u toplanama. Učešće goriva u ukupnim troškovima se smanjuje sa smanjivanjem kapaciteta toplana.
- Troškovi zaposlenih čine prosečno 15,74% ukupnih troškova i u realnom su smanjenju (prosečna stopa -3,68%) i sagledavano po m² (prosečna stopa -4,91%), što govori o kontinuitetu povećanja produktivnosti.
- Analiza efikasnosti, produktivnosti, ekonomičnosti i rentabilnosti pokazuju velike razlike između toplana, ali i jednu zakonitost – što veća toplana to bolji rezultati.

NETO DOBITAK/GUBITAK

Već smo naglasili da je ovo prvi puta u poslednjih deset godina kupan rezultat poslovanja toplana u 2023. godini je negativan – prikazan je gubitak od 1.175.461.000 dinara, što čini negativnu profitnu stopu od -3,69%.

Konačan rezultat poslovanja toplana pokazuje i veliku disperziju. U osam od deset analiziranih godina dobit Beograda je bila veća od ukupne dobiti svih ostalih toplana. To se nije desilo samo u 2016. i 2017. godini. 2023. godina bila je umnogome specifična – da naglasimo, na primer, da je dobit Beograda u 2023. godini u odnosu na prethodnu smanjena za 85,4 puta, a kod Novog sada za 9 puta. Nominalnu dobit veću od 100 miliona RSD ostvarila je 1 toplana (Bor), a sa dobiti između 50-100 miliona RSD bila je još jedna toplana (Leskovac). Ukupno gledano, 23 toplane su poslovale negativno, a 28 pozitivno. Prema posmatranim grupama, u 2023. godini pozitivno poslovanje zabeležili su Beograd, Novi Sad, toplane bez sopstvenih kapaciteta i najmanje toplane (Grupa VI).

Važno je napomenuti da je ukupna dobit u 2023. u odnosu na 2022. godinu smanjena za -2,9 milijardi dinara, a tek deset toplana je ostvarilo veću dobit u odnosu na prethodnu godinu (Tabela 5).

Kada se poslovni rezultat stavi u odnosu prema grejanoj površini, razlike su još drastičnije i kreću se od dobiti od 38,8 do gubitka od 59,9 din/m². U 2023. godini toplane su ostvarile gubitak od 12 din/m². Gubitak po m² ostvarile su toplane iz grupe III – V (Graf 4).

Ovogodišnja analiza je unela aspekt sagledavanja ekonomskih veličina u odnosu na sopstvenu instalisanu snagu toplana. Ovde je praktično reč o zarađivačkoj snazi instalisanog MW. I rezultati se opet slažu sa prethodnim konstatacijama – predvodi Beograd sa 501,7 hiljada dinara profita, realni iznosi, po MW instalisane snage. Sledi Novi Sad. Najčešća vrednost (medijana) je 135 hiljade po MW. Važno je napomenuti da profit po MW u periodu 2014-22. godina opada po prosečnoj stopi od -13,89%, a da je ta stopa jedino pozitivna kod toplana iz Grupe VI (do 10 MW, 8 toplane), verovatno opet zahvaljujući ostalim komunalnim delatnostima koje obavljaju (Tabela 6).

Tabela 5: 2023 - Dobitak/gubitak, nominalni iznosi

000 RSD

5 sa najvišim dobitkom

1	Bor	176,394
2	Leskovac	80,382
3	Obrenovac	48,205
4	Novi Sad	29,562
5	Beograd	26,850

5 sa najvišim gubitkom

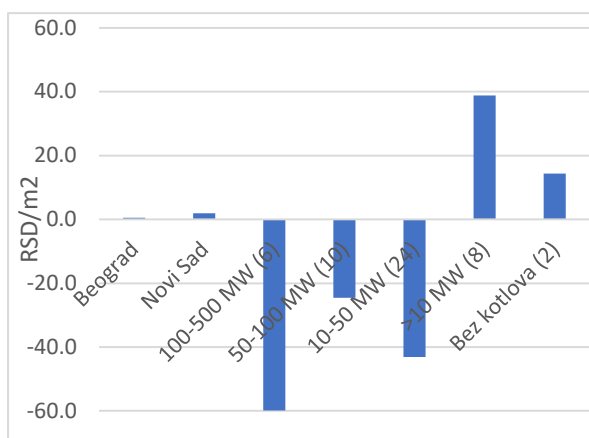
1	Priboj	-61,468
2	Pančevo	-101,132
3	Jagodina	-255,030
4	Kruševac	-296,254
5	Kragujevac	-573,139

5 sa najvišom stopom rasta

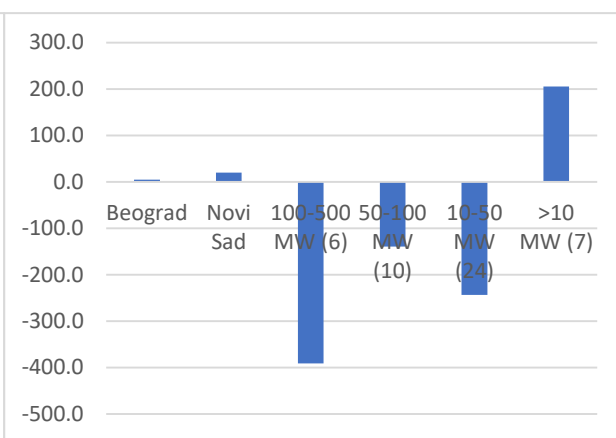
Šabac	74.71%
Obrenovac	41.95%
Srbobran	28.95%
Novi Pazar	25.97%
Stara Pazova	25.45%

5 sa najmanjom stopom rasta

Velika Plana	-29.11%
Novi Sad	-30.52%
Knjaževac	-33.53%
Vrbas	-37.79%
Beograd	-43.65%



Graf 4: 2023 - Dobitak/gubitak po m² snage



Graf 5: Poslovni rezultat po MW instalisane

Sumirajući pregled poslovnih rezultata toplana, izdvajamo sledeće:

- Posledice bržeg rasta troškova u odnosu na prihode najbolje se vide kod ostvarene dobiti/gubitka – uočavamo snažno i kontinuelno opadanje poslovnih rezultata osam godina da bi 2023. godine sektor toplana kao celina ostvario gubitak od 1.175.461.000 dinara .
- Gubitak je ostvaren i kada se izražava po m² i po zaposlenom, u realnim iznosim 12 d/m² i 36,6 hiljada dinara po zaposlenom. Dobit Beograda je u posmatranoj godini pala za 85,4 puta.
- Poslovni rezultat u 2023. godini pokazuje da je 23 toplane poslovale negativno a 28 pozitivno. Najbolji rezultat ostvario je Bor sa 176 miliona dinara, a najslabiji Kragujevac sa gubitkom od 573 milina dinara.

Što se tiče izvora sredstava, pasive, možemo da konstatujemo da je dominantan izvor kapital, dakle sopstvena sredstva, ali da su kratkoročne obaveze izuzetno visoke. To znači da se za finansiranje poslovanja prečesto uzimaju kratkoročni izvori, ali i odložene obaveze, a to se itekako oseća u poslovanju. Ipak, trebalo bi napomenuti da se ova situacija ipak postepeno menja. Naime, učešće kapitala je povećano sa 52%, što je desetogodišnji prosek, na 55,1%, što je prosek u 2023. godini. Isto tako, učešće kratkoročnih izvora je smanjeno sa 47,46% (desetogodišnji prosek) na 36,23% u 2023. godini. Došlo je i do povećanja, mada neznatnog, u dugoročnim izvorima, sa 6,1% (desetogodišnji prosek) na 7,69% (2023. godina). Tajna trajnog poboljšanja poslovanja bilo bi povećanje sopstvenih sredstava, kapitala, i zamena kratkotrajnih dugotrajnim izvorima. I svakako eliminisanje odloženih obaveza.

Koeficijent obrta obrtnih sredstava (ukupan prihod po jedinici obrtnih sredstava) govori nam da je taj koeficijent, prvo – podjednako raspoređen, i drugo - mali i da bi trebalo da se poveća. Prosečan koeficijent za posmatrani period iznosi 2,33, bez većih oscilacija po definisanim grupama, što znači da se obrtna sredstva obrnu jednom za 157 dana. I još treba zapaziti da se taj koeficijent postepeno i kontinuelno povećava od 2016. godine.

Koeficijent obrta potraživanja pokazuje veća međusobna odstupanja. Tako se taj koeficijent u 2023. godini kreće od 3,36 (za Grupu IV – 50-100 MW) do 7,6 (Grupa VII), sa prosekom od 5,8. Prosečan period naplate u posmatranom periodu iznosi 63 dana, ali kod Novog Sada i Grupe IV taj broj dana prelazi 100. Svakako ima mesta da se zaključi da bi broj dana morao da bude znatno ispod 60.

Time dolazimo do suštinskog pitanja solventnosti i likvidnosti. Kada je u pitanju solventnost, u 2023. godini imamo 12 toplana sa negativnim kapitalom, dakle gde su akumulisani gubici veći od kapitala. Nelikvidnost je pokazana kod gotovo svih toplana, ali kod 18 toplana dugovi, kratkoročni i dugoročni, su veći od kapitala.

Likvidnost preduzeća je zapravo ugrožena usled velikog neslaganja između prihoda i troškova za gorivo (energiju i energente) u toku period novembar - februar, jer je u tim mesecima smešteno cca 80% ukupnog godišnjeg troška za gorivo. Tako dolazimo do osnovnog problema toplana – do problema likvidnosti. Prosečan koeficijent tekuće likvidnosti (iznos obrtne imovine po jedinici kratkoročnih obaveza) u posmatranom periodu je 0,52, dakle gotovo dvostruko manji od potrebnog. Taj koeficijent se kreće u 2023. godini od 0,18 za Grupu 3 (posebno zbog Kragujevca sa koeficijentom od 0,02) do 1,13 za Novi Sad.

Navedeno rezultira u činjenici da je neto obrtni kapital negativan (Tabela 6), sa tek nekoliko izuzetaka. Izuzeci su Novi sad i Grupa VII – toplane bez kotlova, koji imaju pozitivan neto obrtni fond u poslednje tri godine. U 2023. godini toplanama je nedostajalo 23,7 milijardi dinara obrtnog kapitala. To je najveći iznos za poslednjih pet godina i predstavlja dokaz snažno i trajno (situacija se za poslednjih pet godina pogoršava) izražene nelikvidnosti. U 2023. godini 19 toplana je imalo pozitivan neto obrtni fond, najveći kod Požarevca 577 miliona dinara, a najveći minus bio je kod Kragujevca 12,6 milijardi dinara.

Evo kako ukratko izgleda bilans stanja Sektora daljinskog grejanja?

• Broj toplana sa negativnim kapitalom	12
• iznos kojim gubici premašuju kapital, 000 dinara	-19.469.450
• Broj toplana gde dugovi premašuju kapital	18
• Iznos za koji dugovi premašuju kapital, 000 dinara	-7.553.019
• Broj toplana sa negativnim obrtnim fondom	32
• Iznos nedostajućeg obrtnog fonda, 000 dinara	-23.709.000

Tabela 6: Kretanje neto obrtnog fonda

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Neto obrtni kapital u 000 rsd										
Toplane ukupno	-28,479,866	-29,715,202	-24,417,951	-25,669,605	-24,304,421	-20,347,865	-18,635,316	-16,036,968	-20,411,405	-23,709,000
I Beograd (1)	-9,251,238	-9,041,315	-3,266,008	-2,451,023	1,784,257	-226,574	2,998,607	796,604	-2,395,634	-4,972,521
II Novi Sad (1)	-2,112,488	-1,962,596	-1,397,542	-850,106	-1,304,868	-1,773,210	-1,753,933	266,868	280,892	437,669
III 100-500 MW (6)	-11,951,010	-13,692,228	-15,342,198	-18,196,317	-20,644,332	-14,430,585	-15,786,783	-14,608,812	-15,217,748	-15,809,530
IV 50-100 MW (10)	-3,079,026	-3,282,516	-2,878,464	-2,622,332	-2,218,829	-1,717,301	-1,945,110	-980,072	-1,240,380	-1,657,983
V 10-50 MW (24)	-1,476,979	-1,273,796	-1,226,173	-1,175,978	-1,516,520	-1,730,856	-1,701,835	-2,074,327	-2,461,893	-2,399,550
VI >10 MW (7)	-15,882	-36,256	-91,230	-99,152	-115,117	-134,931	-135,795	26,739	-42,353	-6,971
VII Bez kotlova (2)	-593,243	-426,495	-216,336	-274,697	-289,012	-334,408	-310,467	536,032	665,711	699,886
Ukupno bez Bg	-19,228,628	-20,673,887	-21,151,943	-23,218,582	-26,088,678	-20,121,291	-21,633,923	-16,833,572	-18,015,771	-18,736,479
Maksimum	174,663	296,416	480,896	439,878	1,784,257	389,604	2,998,607	796,604	581,253	577,122
Minimum	-9,496,411	-10,840,298	-12,195,839	-14,988,233	-16,208,644	-9,469,643	-10,162,287	-11,262,401	-11,801,184	-12,654,540
Prosečno	-558,429	-582,651	-478,783	-503,326	-476,557	-398,978	-365,398	-314,450	-400,224	-464,882
Prosečno bez Bg	-384,573	-413,478	-423,039	-464,372	-521,774	-402,426	-432,678	-336,671	-360,315	-374,730
Mediana	-45,037	-50,954	-64,740	-62,926	-60,965	-97,408	-71,379	-44,516	-48,557	-59,203

ZAKLJUČAK

Ističemo pet osnovna zaključka koji su u tekstu obrazloženi:

- Velike razlike između pojedinih preduzeća, sa Beogradom koji čini i oko 50% Sektora (zbog čega smo često morali da analiziramo pojedine aspekte poslovanje sa i bez Beograda);
- Tokom posmatranog perioda nije bilo većih promena u kretanju prihoda - nominalni rast i realni pad u poslednjih pet godina;
- Ako izuzmemo Beograd i Novi Sad, uglavnom je negativan konačan rezultat poslovanja;
- Nedostatak obrtnih sredstava;
- Ogromne razlike u instalisanim kapacitetima zahtevaju da se problemima i strategijama njihovog rešavanja pristupa od grupe do grupe drugačije.

Konačan zaključak je da pre bilo koje investicione aktivnosti nužno je sanirati postojeće stanje i dovesti Sektor u stanje kreditne sposobnosti.

PREDLOG METODOLOGIJE ZA ODREĐIVANJE INDIKATORA ENERGETSKOG RAZREDA ZGRADE I USKLAĐENOST SA STRATEŠKIM I PLANSKIM DOKUMENTIMA REPUBLIKE SRBIJE

Prof. dr Maja Todorović¹,

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, Srbija

mtodorovic@mas.bg.ac.rs

REZIME

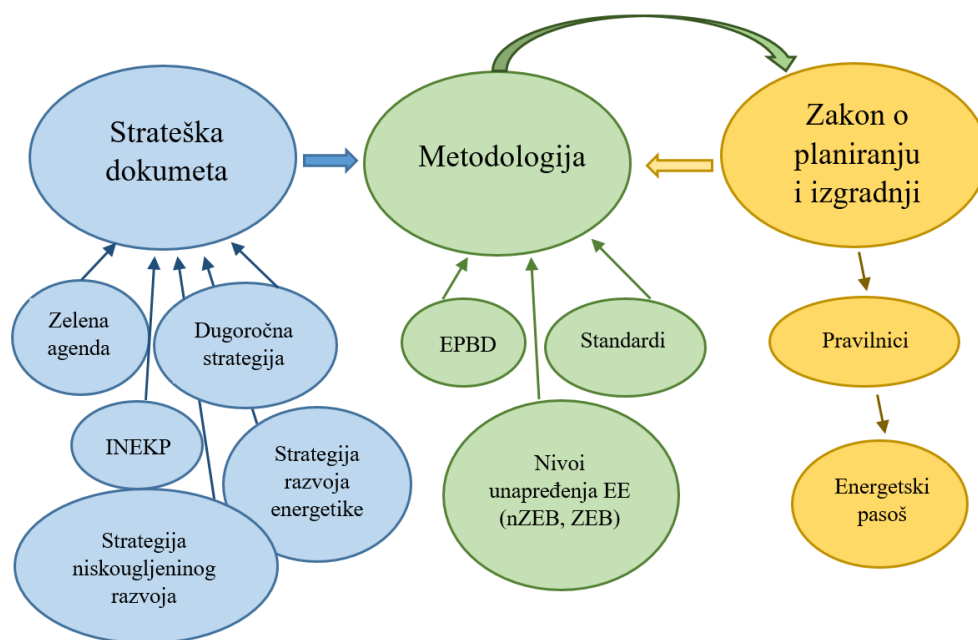
Važeća Metodologija proračuna energetske svojstava zgrada u Republici Srbiji koristi se od 2012. godine. Evropska unija je 30. maja 2018. godine donela Direktivu 2018/844, a 11. decembra 2018. Uredbu 2018/1999 o upravljanju Energetskom unijom i delovanjem u području klime, koje menjaju odredbe Direktive o energetskim performansama zgrada (u daljem tekstu EPBD) i Direktive o energetskoj efikasnosti (u daljem tekstu EED). Direktivom 2018/884/EU potvrđena je obaveza izrade Strategije obnove zgrada i utvrde ciljevi do 2050. godine, kako bi ceo građevinski fond zgrada postao visoko energetski efikasan - zgrade skoro nulte potrošnje energije (u daljem tekstu nZEB) i ugljenik neutralan - zgrade nulte emisije CO₂ (u daljem tekstu ZEB). U skladu sa Direktivom 2018/884/EU izrađena je i usvojena Dugoročna strategija za podsticanje ulaganja u obnovu nacionalnog fonda zgrada Republike Srbije do 2050. godine (Sl. Glasnik RS 27/2022). Integrisani nacionalni energetski i klimatski plan (u daljem tekstu INEKP) je ključni strateški dokument koji u pogledu obnovljivih izvora energije, energetske efikasnosti i smanjenja emisija gasova sa efektom staklene bašte definiše ciljeve za 2030. godinu i predviđa veoma konkretne politike i mere i politike za njihovo dostizanje. Zbog svega navedenog, nepohodna je izmena i dopuna metodologije proračuna indikatora na osnovu kojih se određuje energetski razred, kao i izmena obrazaca energetskih pasoša. U radu je prikazan predlog metodologije, sa osvrtom na postavljene zahteve strateških dokumenata, kao i predlog inoviranog sertifikata o energetskim svojstvima zgrada.

Ključne reči: metodologija proračuna; indikator energetskog razreda; nivoi unapređenja postojećih zgrada; ciljevi smanjenja energetske potrošnje i emisije CO₂.

UVOD

Zgrade su centralni deo energetske tranzicije, obzirom da se u ovom sektoru troši oko 40% bruto proizvedene energije i da, kao rezultat te potrošnje, udeo u emisiji SO₂ iznosi oko 36%. Predlog Evropske komisije iz decembra 2021. za reviziju EPBD-a, dopunjen je odredbama o postavljanju solarne energije na zgradama u okviru plana REPowerEU iz maja 2022. godine. Revidirana direktiva EPBD, koja je stupila na snagu 28. maja 2024. godine, ima za cilj da potpuno dekarbonizuje zgrade u EU do 2050: sve nove zgrade treba da budu bez emisija od 2030. godine; nove zgrade koje koristi ili poseduje javni sektor treba da budu bez emisija od 2028. godine. Zbog kontroverzi oko percepcije narušavanja prava vlasnika kuća, fokus je stavljen na smanjenje potrošnje energije u stambenim zgradama u celini, a ne na obavezne pojedinačne renovacije.

U cilju sprovođenja politike klimatske neutralnosti i dekarbonizacije do 2050. godine kao i trasiranja puta ka energetske tranziciji, Republika Srbija je ratifikovala i potpisala niz međunarodnih akata. Ratifikacijom Sporazuma iz Pariza u okviru Ujedinjenih nacija o klimatskim promenama (UNFCCC) iz 2015. godine Srbija je preuzela obavezu smanjenja emisije gasova sa efektom staklene bašte i prihvatila potrebu sprovođenja mera i aktivnosti koje vode adaptaciji na izmenjene klimatske uslove, dok je potpisivanjem Ugovora o Energetskoj zajednici i **Sofijske deklaracije o Zelenoj agendi za Zapadni Balkan** [1], Republika Srbija se obavezala da će sprovoditi preporučene mere u pet stubova (dekarbonizacija, cirkularna ekonomija, smanjenje zagađenja, zaštita i očuvanje biodiverziteta i održiva poljoprivreda i ruralni razvoj) i preuzela obavezu izrade Integrisanog nacionalnog i klimatskog plana. U okviru Zelene agende za Zapadni Balkan, Republika Srbija se obavezala da će dati prednost energetske efikasnosti i podržati privatne i javne šeme renoviranja zgrada, obezbediti adekvatno finansiranje i potpuno izvršenje Direktive o energetskim svojstvima zgrada.



Slika 1 Veza strateških dokumenata, metodologije i podzakonskih akata

U skladu sa Direktivom 2018/884/EU izrađena je i usvojena **Dugoročna strategija za podsticanje ulaganja u obnovu nacionalnog fonda zgrada Republike Srbije do 2050. godine** (u daljem tekstu: Dugoročna strategija) [2] (Sl. Glasnik RS 27/2022). Glavni cilj ove Strategije je da se, na osnovu utvrđenih karakteristika fonda zgrada Republike Srbije, definisanih modelskih zgrada i za njih urađenih troškovno optimalnih analiza, definišu mere i paketi mera obnove zgrada do 2050. godine.

Integrisani nacionalni energetski i klimatski plan [3] (u daljem tekstu INEKP) je ključni strateški dokument koji u pogledu obnovljivih izvora energije, energetske efikasnosti i smanjenja emisija gasova sa efektom staklene bašte definiše ciljeve za 2030. godinu i predviđa veoma konkretne politike i mere i politike za njihovo dostizanje. Sadržaj INEKP je propisan Uredbom (EU) 2018/1999. Saglasno ovoj Uredbi, INEKP ima dva Odeljka A i B. Odeljak A definiše nacionalne ciljeve, politike i mere. Odeljak B sadrži analitičku osnovu odnosno opis referentnog i naprednih scenarija i njihovih rezultata. INEKP sadrži prikaz postojećeg stanja ključnih politika i odgovarajućih mera za sagledavanje pet dimenzija Uredbe (EU) 2018/1999 opisuje pet dimenzija : 1) dekarbonizacija (emisije gasova sa efektom staklene bašte i obnovljiva energija), 2) energetska efikasnost, 3) energetska sigurnost, 4) unutrašnje energetske tržište i 5) istraživanje, inovacije i konkurentnost.

Strategijom razvoja energetike Republike Srbije do 2040. godine sa projekcijama do 2050. godine [4] je utvrđene strukturne promene koje su uslovljene, kako globalnim, tako i nacionalnim okolnostima, odnosno ekonomskim, tehnološkim i ekološkim promenama i međunarodno i nacionalno prihvaćenim razvojnim ciljevima. Strategija sagledava i definiše ciljeve koje je potrebno ostvariti, kao i mere koje je potrebno preduzeti da bi se brže išlo ka dekarbonizaciji energetskog sektora. U okviru Scenarija S (visoka ambicija primena mera energetske efikasnosti uz veće korišćenje OIE), predviđeno je u sektoru domaćinstva da se primene mera energetske efikasnosti u

zgradarstvu i energetska sanacija stambenih objekata (1% objekata godišnje do 2030. i 2% godišnje nakon toga), korišćenje toplotnih pumpi za grejanje: udeo 15% do 2030. godine u individualnim sistemima i kontinualni rast nakon toga i korišćenje solarne energije za zagrevanje potrošne tople vode: udeo od 5% u broju domaćinstava do 2030. godine i kontinualni rast nakon toga, **Strategija niskougljeničnog razvoja Republike Srbije za period od 2023. do 2030. godine sa projekcijama do 2050. godine** [5] definiše mogućnosti i opcije za usklađivanje puteva nivoa srpskih emisija gasova sa efektom staklene bašte sa onim u EU, na ekonomski prihvatljiv i društveno pravičan način.

2 IMPLEMENTACIJA EPBD I STRATEŠKI DOKUMENTI

Izrada inovirane metodologije proračuna indikatora energetske svojstva zgrada, omogućiće potpunu implementaciju zahteva EPBD direktive u nacionalno zakonodavstvo Republike Srbije, kako sa aspekta procedura u postupku energetske sertifikacije zgrada i izgleda sertifikata, tako i u pogledu ispunjenja zahteva u pogledu "nZEB" i "ZEB" standarda, kroz izmenu i dopunu postojeće podzakonske regulative. Za potpuno usklađivanje sa EPBD direktivom potrebno je pored energije za grejanje, proračunom obuhvatiti i energiju za hlađenje, pripremu sanitarne tople vode, ventilaciju i osvetljenje.

Metodologija treba da bude jedinstvena kako za postojeće tako i za nove zgrade, sa specifičnostima u delu postavljenih zahteva za nove zgrade i postojeće zgrade koje uslaže u proces energetske sanacije.

NOVE ZGRADE: Investitorima je važno da prilikom izgradnje nove zgrade, dobiju što tačnije podatke o potrošnji. Prema trenutno važećoj metodologiji, ulaganje u nove tehnologije u novim zgradama, npr. ugrađeno osvetljenje sa senzorima pokreta ili senzorima detekcije svetla, efikasniji sistemi ili OIE, ne utiču na energetske razred, jer nisu obuhvaćeni Metodologijom, čime je opravdanost implementacije ovakvih sistema otežano.

POSTOJEĆE ZGRADE: Metodologija je važna jer će se prilikom realizacije svih vrsta građevinskih radova na postojećim objektima (rekonstrukcija, adaptacija, sanacija, energetska sanacija, dogradnja, i drugi radovi kojima se unapređuju energetska svojstva zgrada voditi računa da se postigne što bolji energetske razred, jer je za korisnika zgrade to najefikasnija opcija. Energetski pasoši nakon uvođenja nove Metodologije trebalo bi da sadrže i podatak o periodu povrata investicije, koja bi prema strategiji morala da bude troškovno-optimalna i ekonomski isplativa za korisnika.

REPUBLIČKI NIVO: Metodologija je važna za RS jer će obezbediti preciznije podatke o potrošnji energije u zgradama i mogućim uštedama. Analiziranjem ovih podataka, istražili bi se troškovno-optimalni predlozi rešenja energetske sanacije. Postojanje nacionalne Metodologije i softvera za proračun, omogućiće izradu varijantnih rešenja, čime bi se mogle prioritizovati mere sanacije po efikasnosti.

Metodologija bi trebala da sadrži i metodologiju proračuna troškovno-optimalnih mera (izračunavanje ušteda), uzimajući u obzir:

- energetske vrednovanje mera,
- ekonomsko vrednovanje mera,
- ekološko vrednovanje mera.

Energetsko vrednovanje mora se iskazati kroz projektovane godišnje uštede energije za posmatrani objekat.

Ekonomsko vrednovanje se mora definisati metodologijom proračuna perioda povrata odnosno isplativosti investicije, te bi trebalo obuhvatiti analizu dve varijante i to: varijantu perioda povrata i isplativosti investicije za korisnika/e objekta (finansijaska analiza) kao i varijantu perioda povrata i isplativosti investicije za društvo (ekonomska analiza). Pri tome u obzir treba uzeti kapitalne troškove (troškove radova), troškove održavanja i eksploatacije kao i ekonomske troškove i benefite od kojih je najvažniji ušteda/trošak usled emisije CO₂. Metodologijom bi trebalo precizirati za koji eksploatacioni period se vrši analiza, tj. potrebno je definisati ekonomski vek projekta.

Ekološko vrednovanje mora biti valorizovano kroz troškove, odnosno uštede u emisiji gasova staklene bašte. Takođe, metodologija mora obuhvatiti i vrednovanje predloženih tehničkih rešenja i sa aspekta reciklabilnosti projektovanih materijala odnosno njihovog štetnog uticaja nakon perioda eksploatacije, odnosno nakon rušenja objekta u kontekstu cirkularne ekonomije.

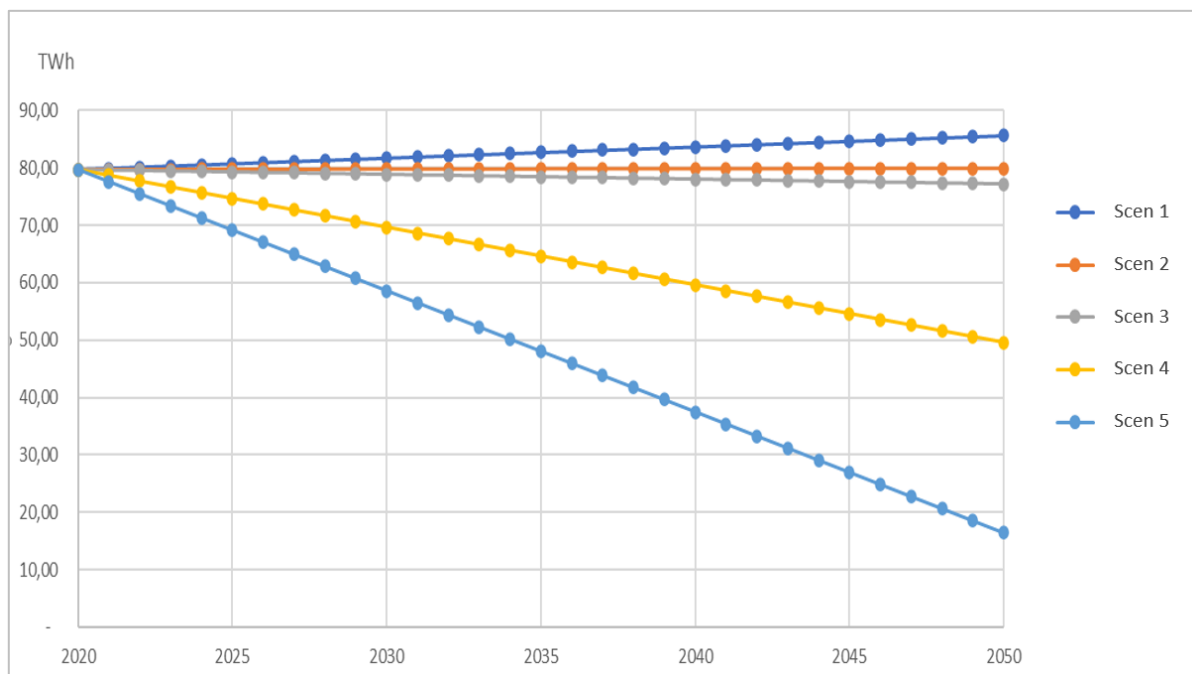
Dugoročna strategija za podsticanje ulaganja u obnovu nacionalnog fonda zgrada Republike Srbije do 2050. godine definiše nivoe unapređenja postojećeg građevinskog fonda u Republici Srbiji, i to:

- Nivo EE – predstavlja paket mera prvenstveno na omotaču zgrade, bez intervencija na pripadajućim sistemima zgrade, ukoliko te mere dovode do smanjenja potrošnje primarne energije i emisije CO₂;
- Nivo EE+ - predstavlja oblast paketa mera energetske efikasnosti na omotaču zgrade, kao i na pripadajućim sistemima zgrade ukoliko te mere dovode do smanjenja potrošnje primarne energije i emisije;
- Nivo TO - predstavlja dodatno unapređene pakete mera primenjenih na Nivo EE+, uz korišćenje obnovljivih izvora energije ukoliko te mere dovode do smanjenja potrošnje primarne energije i emisije CO₂. Ovi paketi mera su proistekli iz oblasti troškovno optimalnog (TO) rešenja datih u troškovno optimalnim analizama.
- Nivo nZEB - predstavlja dodatno unapređene pakete mera primenjenih na Nivo TO, uz ograničenje da globalni trošak ovih paketa ne odstupa u većoj meri od globalnog troška referentnog objekta i ima značajno smanjenje potrošnje primarne energije i emisije CO₂. Ovim nivoom unapređenja se obezbeđuje da ovi paketi imaju najveće uštede u pogledu potrošnje primarne energije i emisije CO₂, uz približno isti globalni trošak kao i u slučaju pre obnove. Ovaj nivo unapređenja omogućava postizanje klimatske neutralnosti („ZEB“). Ovi paketi mera su proistekli iz oblasti približno nZEB rešenja datih u troškovno optimalnim analizama.

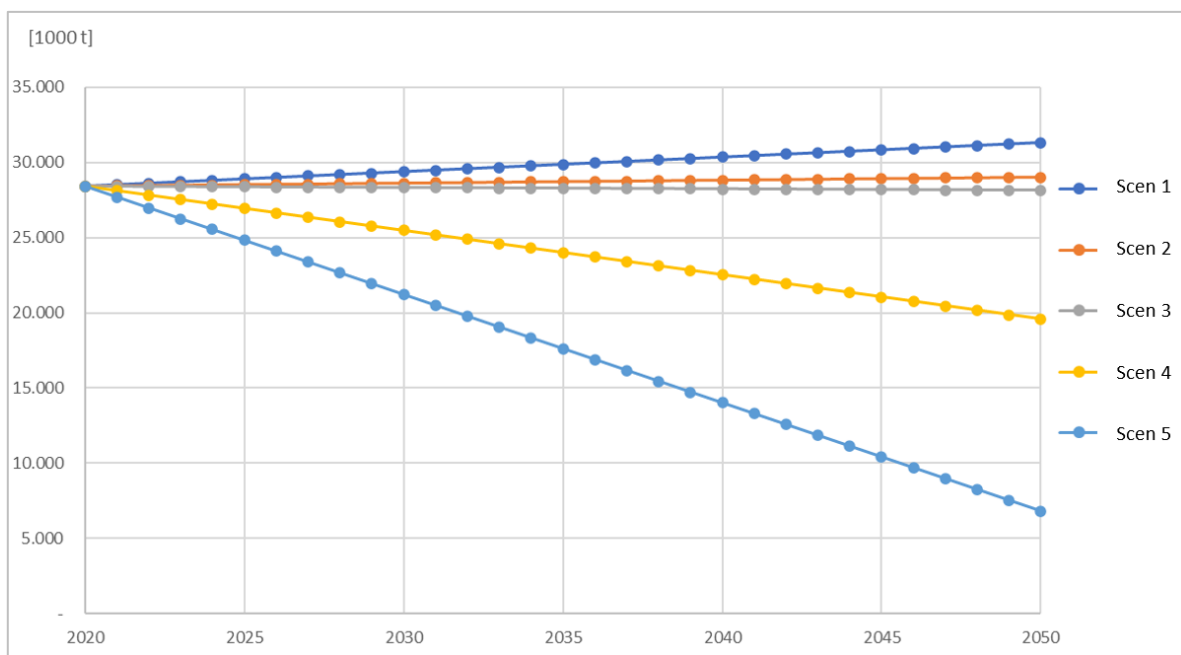
Prema Strategiji, za modeliranje trendova performansi građevinskog fonda u periodu 2020-2050 usvojeno je ukupno 5 scenarija koji sadrže različite Nivoe unapređenja i Obuhvata obnove. Razrada mera i potrebnih aktivnosti za ostvarenje ciljeva Strategije predlaže se u skladu sa scenariom 4, kao optimalnim scenariom za postizanje postavljenih ciljeva [2] (Slika 2 i 3).

Scenario 4

- Za jednopordične zgrade: u ovom scenariju usvojen je Nivo EE sa Obuhvatom obnove od 0,5% ,
- Za postojeće višeporodične zgrade: u ovom scenariju usvojen je dodatni Nivo EE+ sa Obuhvatom obnove od 1,0% za postojeće zgrade izgrađene pre 1960 i Obuhvatom obnove od 1,5% za postojeće zgrade izgrađene u periodu 1961-2012,
- Za postojeće komercijalne zgrade: u ovom scenariju usvojen je dodatni Nivo TO sa Obuhvatom obnove od 1,5% za postojeće zgrade izgrađene pre 1960 i Obuhvatom obnove od 2,5% za postojeće zgrade izgrađene u periodu 1961-2012,
- Za nove stambene i komercijalne zgrade: u ovom scenariju usvojen je Nivo nZEB.

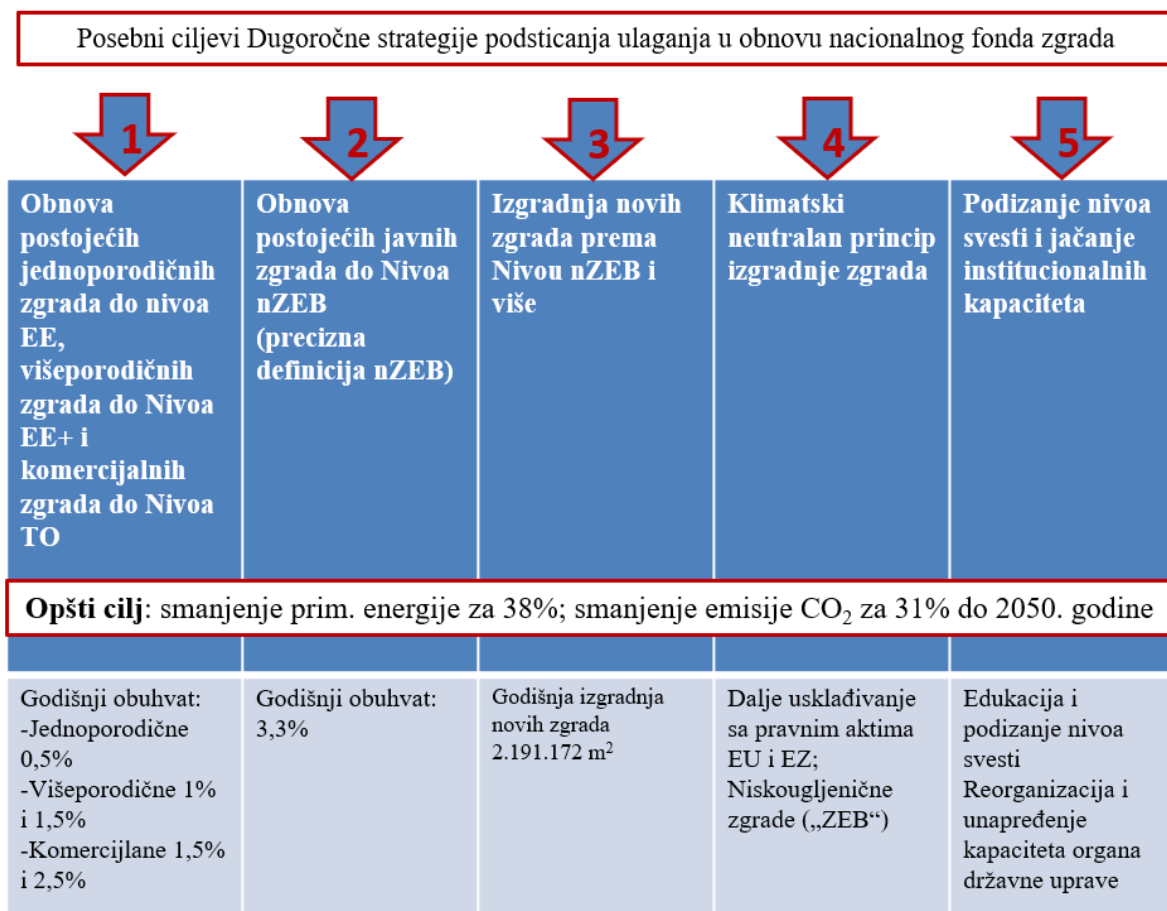


Slika 2 Potrošnja primarne energije za analizirane scenarije do 2050. godine [2]



Slika 3 Emisija ekvivalentnog CO₂ za analizirane scenarije do 2050. godine [2]

Dugoročna strategija za podsticanje ulaganja u obnovu nacionalnog fonda zgrada Republike Srbije do 2050. godine definiše opšti cilj, kao i posebne ciljeve koji se odnose na celokupni građevinski fond Republike Srbije, što je prikazano na slici 4.



Slika 4 Opšti cilj i posebni ciljevi Dugoročne strategije ulaganja u obnovu građevinskog fonda

Sprovođenje Dugoročne strategije praćeno je trogodišnjim akcionim planovima, koji uključuju ciljeve postavljene u drugim strateškim dokumentima, kao što su INEKP [3], Strategija razvoja energetike Republike Srbije [4] i Strategija niskouglednog razvoja Republike Srbije[5].

Za inoviranje metodologije neophodna je komunikacija zainteresovanih ministarstva sa Ministarstvom građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture, a koja, na održani način pružaju podršku dekarbonizaciji i/ili smanjenju potrošnje primarne energije u sektoru zgradarstva, kao što su:

- Ministarstvo rudarstva i energetike,
- Ministarstvo zaštite životne sredine,
- Ministarstvo za javna ulaganja,
- Ministarstvo za evropske integracije.

Subvencije koje daju kroz programe obnove zgrada ili zamenu pojedinačnih ložišta novim, efikasnijim sistemima ili tehničkim sistemima koji emituju manje količine SO₂, morale bi da budu u saglasnosti sa odredbama Zakona o planiranju i izgradnji, u delu koji uređuje energetska efikasnost zgrada, pratećim podzakonskim aktima, Dugoročnom strategijom za podsticanje ulaganja u obnovu nacionalnog fonda zgrada Republike Srbije do 2050. godine, koja čini sastvani deo Integrisanog nacionalnog energetskog i klimatskog plana Republike Srbije.

3 UTVRĐIVNJE ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE KROZ INOVIRANU METODOLOGIJU PRORAČUNA

Energetska svojstva zgrade utvrđuju se na osnovu izračunate ili izmerene potrošnje energije u zgradi na godišnjem nivou, odnosno indikatora, koji su proračunati za standardne režime korišćenja energije za grejanje prostora, hlađenje prostora, potrošnu toplu vodu, ventilaciju, ugrađenu rasvetu, kao i druge tehničke sisteme zgrade.

Energetska svojstva zgrade izražavaju se brojčanim pokazateljem vrednosti finalne i primarne energije po jedinici referentne podne površine godišnje, u kWh/(m² god) u svrhu izdavanja energetske sertifikata i usklađenosti s minimalnim zahtevima u pogledu energetske svojstva.

Nacionalna metodologija proračuna zasniva se na ključnim evropskim normama o energetske svojstvima zgrada, to jest EN ISO 52000-1, EN ISO 52003-1, EN ISO 52010-1, EN ISO 52016-1, EN ISO 52018-1, EN 52120-1, EN 16798-1 i EN 17423 ili dokumentima koji ih zamenjuju. Ukoliko je moguće, može se koristiti i standard ISO 13790.

Proračun primarne energije zasniva se na redovno ažuriranim faktorima primarne energije, (uz razlikovanje neobnovljive, obnovljive i ukupne) ili faktorima nacionalna tela, i uzimajući u obzir očekivanu kombinaciju iz ponderisanja za svakog nosioca energije, koje moraju priznavati izvore energije na temelju INEKP-a.

U svrhu iskazivanja energetske svojstva zgrade određuju se dodatni brojčani pokazatelji vrednosti za ukupnu, neobnovljivu primarnu energiju i obnovljivu primarnu energiju i operativne emisije gasova sa efektom staklene bašte izraženih u kgCO₂eq/(m² god.).

Kod utvrđivanja metodologije uzimaju se u obzir sledeći aspekti:

I Stvarne toplotne karakteristike elemenata termičkog omotača, uključujući unutrašnje pregrade ka negrejanim prostorima i susednim zonama:

- specifični toplotni kapacitet;
- toplotna provodljivost materijala;
- parodifuziona svojstva;
- svojstva transparentnih površina (prolaženje toplote i zaptivenost);
- uticaj toplotnih mostova;

II Sistemi za grejanje i snabdevanje potrošnom toplom vodom:

- unutrašnji i spoljni projektni parametri (temperatura, relativna vlažnost)
- kapacitet instaliranog izvora energije (ukoliko se koristi više izvora, potrebno ih je navesti pojedinačno i dati udele svakog od izvora u ukupnoj proizvodnji toplotne energije);
- vrste grejnog fluida koji se koristi (ukoliko ih ima više - definisati ih zasebno);
- vrste primenjenih grejnih tela;
- vrsta i način vođenja distributivne mreže (sa obaveznom izolacijom kroz negrejane ili spoljne prostore);
- način centralne i lokalne regulacije toplotnog učinka sistema grejanja;
- vrsta sistema za pripremu potrošne tople vode (lokalni/centralni; akumulacioni/protočni);
- kapacitet instaliranog izvora energije za sanitarnu toplu vodu (ukoliko se koristi više izvora, potrebno ih je navesti pojedinačno i dati udele svakog od izvora u ukupnoj proizvodnji toplotne energije);

III Sistemi za hlađenje:

- unutrašnji i spoljni projektni parametri (temperatura, relativna vlažnost)
- kapacitet instaliranog izvora energije (ukoliko se koristi više izvora, potrebno ih je navesti pojedinačno i dati udele svakog od izvora u ukupnoj proizvodnji toplotne energije);
- vrste rashlanih rashladnih fluida (primarni/sekundarni);
- vrste rashlanih tela;
- način centralne i lokalne regulacije rashlanog učinka sistema za hlađenje.

IV Sistemi za provetravanje i ventilaciju:

- sistemi prirodnog provetravanja (uz obavezno minimalan broj izmena za ventilaciju)
- sistemi mehaničke ventilacije (sa protokom spoljašnjeg vazduha);
- sistemi za povrat otpadne toplote (rekuperacija/regeneracija sa stepenom povrata);
- način centralne i lokalne regulacije sistema ventilacije.

V Sistemi za veštačko osvetljenje:

- ugrađena rasvetna tela (vrste lampi);
- vrste izvora svetlosti (ikadescentni, sa električnim pražnjenjem u gasu ili pari, elektro-luminiscentni odnosno LED izvori);
- instalisana snaga sistema osvetljenja;
- uticaj prirodnog osvetljenja i faktori jednovremenosti rada instalisane veštačke rasvete;
- režimi korišćenja veštačkog osvetljenja (broj sati tokom dana i nedelje).

VI Sistemi automatskog upravljanja:

- Automatsko upravljanje u sistemima grejanja: upravljanje pumpama u razgranatim cevnim mrežama, statičko/dinamičko balansiranje u cevnoj mreži, lokalno/zonsko upravljanje, upravljanje izvora toplote, upravljanje toplotnih pumpi, sekvencijalno upravljanje različitih izvora toplote, upravljanje skladišta toplote;
- Automatsko upravljanje u sistemima potrošnje sanitarne tople vode (STV) : upravljanje spremnika STV sa električnim grejačem, toplotnom pumpom, solarom, dopunskim izvorom toplote, upravljanje cirkulacionih pumpi;
- Automatsko upravljanje u sistemima hlađenja; upravljanje temperature rashladne vode, upravljanje pumpi u distributivnom sistemu, hidrauličko balansiranje, sprečavanje jednovremenog grejanja/hlađenja, sekvencijalno upravljanje generatora hladne vode, upravljanje skladišta hladne vode;
- Automatsko upravljanje u sistemima ventilacije i klimatizacije: upravljanje na nivou individualne prostorije, upravljanje temperature vazduha, upravljanje protoka ili pritiska vazduha, rekuperacija toplote, upravljanje temperature ubacnog vazduha, upravljanje vlažnosti vazduha;
- Automatsko upravljanje osvetljenja: upravljanje na bazi zauzetosti prostora, automatsko upravljanje nivoa svetla, dimovanje intenziteta svetla;
- Automatsko upravljanje senčenja i zaštite od sunčevog zračenja: motorizovano upravljanje sa ručnom ili automatskom komandom, kombinovano upravljanje sa sistemima osvetljenja, grejanja, hlađenja, klimatizacije.

Unapređenje Nacionalne metodologije proračuna energetskih svojstava zgrada predviđa razvoj odgovarajućih algoritama i alata za njihovu jednostavnu primenu, kao i usvajanje "nZEB" nivoa.

Zgrada skoro nulte energije (*nearly zero-energy building* - nZEB) definiše se kao zgrada sa izuzetno visokim svojstvima energetske efikasnosti, pri čemu je skoro nulta ili niska potrošnja energije potrebna za funkcionisanje zgrade dobijena u velikoj meri iz obnovljivih izvora energije, uključujući energiju proizvedenu na samoj lokaciji ili u njenoj neposrednoj blizini.

Unutar Evropske Unije, standard "nZEB" definiše se kroz različite karakteristike i parametre. Direktivama iz 2010. i 2018. godine obavezuju se države članice da u svojim nacionalnim planovima utvrde zahteve za nZEB zgrade, uključujući numerički indikator godišnje potrošnje primarne energije izražen u kWh/m². Ove vrednosti mogu varirati u zavisnosti od tipa zgrade, klimatske zone, sistema grejanja, geometrije zgrade i drugih faktora. Većina država članica već koristi indikator primarne potrošnje energije, a pored toga često uključuju i druge parametre, kao što je udeo obnovljivih izvora energije (OIE) u ukupnoj potrošnji energije, U-vrednosti komponenti termičkog omotača zgrade, neto i finalna energija za grejanje i hlađenje, kao i emisije SO₂.

S obzirom na navedeno, potrebno je definisati granične vrednosti za "nZEB", a kao indikator je potrebno koristiti:

- Godišnju potrošnju primarne energije izraženu u kWh/m² i
- Udeo obnovljivih izvora energije (OIE) u ukupnoj potrošnji energije.

Opciono, prilikom definisanja graničnih vrednosti razmotriti i dodatne parametre:

- Energetska svojstva termičkog omotača zgrade (U-vrednosti) i
- Emisiju CO₂.

Granične vrednosti za nZEB je potrebno definisati uzimajući u obzir klimatsku zonu zgrade, namenu zgrade i druge relevantne faktore, kao i preporuke Evropske komisije i postojeće granične vrednosti relevantnih indikatora koje su usvojene u različitim zemljama Evrope.

4 PREDLOG ZA ENERGETSKE PASOŠE

Na prvoj stranici energetskog sertifikata, pored osnovnih podataka o zgradi (namena/kategorija, adresa, katastarska parcela, nova ili postojeća, vlasnik/investitor, broj i period važenja sertifikata i dr.) obavezno se prikazuju sledeći elementi:

- energetski razred;
- izračunata godišnja primarna energija u kWh/(m²god.);
- izračunata godišnja finalna energija u kWh/(m²god.);
- udeo energije iz obnovljivih izvora proizveden na lokaciji (%);
- emisije gasova sa efektom staklene bašte CO₂ (kg/m²god)

Na drugoj stranici energetskog sertifikata obavezno se prikazuju sledeći podaci:

- arhitektonski parametri (bruto površina i zapremina termičkom omotača, površina poda grejanog/hlađenog dela zgrade, faktor oblika, udeo transparentnih površina i sl.);
- klimatski podaci za lokaciju zgrade (spoljna projektna temperatura za zimu i leto; unutrašnja projektna temperatura za zimu i leto, broj stepen dana grajnja i hlađenja, broj dana grejanja i hlađenja i sl.);
- Podaci o elementima termičkog omotača - koeficijentima prolaženja toplote uporedo sa maksimalno dozvoljenim vrednostima i indikacijom ispunjenosti uslova (da/ne);

Na trećoj stranici energetskog sertifikata obavezno se prikazuju sledeći podaci:

- Podaci o termotehničkim sistemima sa instalisanim kapacitetima i izvorima energije koji se koriste, posebno za svaki od sistema: grejanje, priprema potrošne tople vode, hlađenje i ventilacija;
- Podaci o načinu regulacije sistema grejanja, hlađenja, ventilacije i pripreme potrošne tople vode, uključujući i broj sati rada tokom nedelje;
- Podaci o veštačkom osvetljenju (instalirana snaga i vrsta svetiljki);
- Podaci o režimu rada osvetljenja i načinu regulacije;
- Podaci o energetskim potrebama zgrade (specifična godišnja potrebna energija za grejanje, za hlađenje, za pripremu potrošne tople vode, za ventilaciju, za osvetljenje, ukupna godišnja specifična primarna energija i specifična emisija CO₂).

Za postojeće zgrade je na ovoj stranici moguće ostaviti prostor za unos podataka o prosečnoj godišnjoj izmerenoj potrošnji toplotne energije (ili energenta) i prosečnoj godišnjoj izmerenoj potrošnji električne energije (a koje su dobijene na osnovu podataka za najmanje tri kalendarske godine).

Na četvrtoj stranici energetskog sertifikata za nove zgrade se obavezno unosi spisak troškovno optimalnih mera za unapređenje energetske efikasnosti zgrade, ukoliko zgrada nije u najvišem energetskom razredu. Za postojeće zgrade koje ulaze u program energetske obnove, u skladu sa Dugoročnom strategijom podsticanja ulaganja u obnovu nacionalnog fonda zgrada Republike Srbije do 2050. godine, na četvrtoj strani sertifikata se unosi izveštaj o uštedama nakon renovacije. Izveštaj sadrži pregled energetskog bilansa zgrade pre i nakon renovacije, ostavrene uštede u energiji, smanjenje emisije CO₂ i ostvareni nivo uštede (EE, EE+, TO, nZEB).

Opciono, izveštaj može da sadrži i finansijsku analizu renovacije zgrade sa podacima o investicionoj vrednosti projekta renovacije, eksploatacionim troškovima pre i nakon renovacije, procentualnom smanjenju eksploatacionih troškova i finansijske pokazatelje (period povraćaja investicije, neto sadašnju vrednost, koeficijent neto sadašnje vrednosti i internu stopu rentabilnosti).

ZAKLJUČAK

Važeća Metodologija proračuna energetskih svojstava zgrada u Republici Srbiji koristi se od 2012. godine i ne transponuje sve zahteve EPBD. Evropska unija je 30. maja 2018. godine donela Direktivu 2018/844, a 11. decembra 2018. Uredbu 2018/1999 o upravljanju Energetskom unijom i delovanjem u području klime, koje menjaju odredbe Direktive o energetskim performansama i Direktive o energetskoj efikasnosti. Republika Srbija je usvojila Dugoročnu strategiju za podsticanje ulaganja u obnovu građevinskog fonda Republike Srbije do 2050. godine, a u skladu sa Direktivom 2018/844/EU. Osim ove strategije donesena su i druga strateška dokumenta, kroz koja se postavljaju ciljevi i trasira put ka nacionalnom građevinskom fondu koji treba da bude energetski efikasan i klimatski neutralan.

Zbog svega navedenog, nepohodna je izmena i dopuna metodologije proračuna indikatora na osnovu kojih se određuje energetski razred, kao i izmena obrazaca energetskih pasoša. Inovirana Metodologija mora biti usklađena sa strateškim i planskim dokumentima, potrebna je revizija zahteva u pogledu termičke zaštite novoprojektovanih zgrada, kao i zahtevi za postojeće zgrade koje ulaze u proces obnove, revizija faktora pretvaranja u primarnu energiju, izražavanje energetskog razreda u zavisnosti od indikatora specifične primarne energije, uvođenje ograničenja specifične emisije CO₂, definisanje udela obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji, kao i definisanja granica "nZEB".

U radu je prikazan predlog metodologije, sa osvrtom na postavljene zahteve strateških dokumenata, kao i predlog inoviranog sertifikata o energetske svojstvima zgrada. Takođe se predlaže izrada Izveštaja o uštedama nakon renovacije za postojeće zgrade koje ulaze u program energetske obnove. Izveštaj sadrži pregled energetske bilansa zgrade pre i nakon renovacije, ostavrene uštede u energiji, smanjenje emisije CO₂ i ostvareni nivo uštede (EE, EE+, TO, nZEB). Na taj način bi bilo omogućeno centralizovano praćenje dostizanja postavljenih ciljeva, a kroz Centralni Registar Energetskih Pasoša (CREP).

LITERATURA

- [1] Deklaracija o zelenoj agendi za Zapadni Balkan
https://www.mei.gov.rs/upload/documents/eu_dokumenta/2020/deklaracija-iz-sofije-o-zelenoj-agendi-za-zapadni-balkan-srp.pdf
- [2] Dugoročna strategija za podsticanje ulaganja u obnovu nacionalnog fonda zgrada Republike Srbije do 2050. godine, "Sl. glasnik RS", br. 27/2022.
- [3] Integrirani nacionalni energetske i klimatske plan Republike Srbije za period do 2030. godine sa vizijom do 2050. godine, "Sl. glasnik RS", br. 70/2024.
- [4] Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2040. godine sa projekcijama do 2050. godine, "Sl. glasnik RS", br. 94/2024.
- [5] Strategija niskouglednog razvoja Republike Srbije za period od 2023. do 2030. godine sa projekcijama do 2050. godine, "Sl. glasnik RS", br. 46/2023.
- [6] Zakon o planiranju i izgradnji, "Sl. glasnik RS", br. 72/2009-105, 81/2009-76 (ispravka), 64/2010-66 (YC), 24/2011-3, 121/2012-14, 42/2013-37 (YC), 50/2013-23 (YC), 98/2013-258 (YC), 132/2014-3, 145/2014-72, 83/2018-18, 31/2019-9, 37/2019-3 (др. закон)

TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA KORIŠĆENJA OTPADNE TOPLOTE IZ ŽELEZARE ZA DALJINSKO GREJANJE

Vladimir Stevanović¹, Jugoslav Pavlović²

¹Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, Srbija

²Delta inženjering d.o.o., Beograd, Srbija

vstevanovic@mas.bg.ac.rs, j.pavlovic@deltainzenjering.rs

REZIME

Tehnološki procesi u železarama su intenzivni izvori otpadne toplote. U pogonima Železare HIBIS su sprovedena termotehnička merenja na osnovu kojih je utvrđen potencijal snage i količine otpadne toplote koja bi mogla da se koristi za potrebe daljinskog grejanja obližnjeg grada Smedereva. Najveća raspoloživa snaga otpadne toplote je u konvertorskoj čeličani u opsegu od 30 MW_{th} do 56 MW_{th}, u zavisnosti od obima proizvodnje. Ukupna raspoloživa snaga otpadne toplote u svim pogonima je u opsegu od 41 MW_{th} do 103 MW_{th}. Na osnovu trajanja srednjih dnevnih temperatura i snage potrošnje toplote u postojećem sistemu daljinskog grejanja Smedereva, kao i raspoložive otpadne toplote u Železari, određena je količina otpadne toplote koja se može koristiti za toplifikaciju u opsegu od 138 GWh do 153 GWh godišnje. Razmatrano je nekoliko varijanti idejnog rešenja korišćenja otpadne toplote, u zavisnosti od broja uključenih raspoloživih izvora otpadne toplote po pojedinim pogonima. Dimenzionisana je oprema za svako idejno rešenje i određeni su potrebni investicioni troškovi, koji obuhvataju i magistralni toplovod dužine 7,12 km od železare do potrošača u gradu. Na osnovu izbegnutih troškova putem supstitucije fosilnih goriva otpadnom toplotom i ukupnih troškova eksploatacije sistema daljinskog grejanja iz železare, koji obuhvataju fiksne investicione troškove i varijabilne troškove za električnu energiju za pogon cirkulacionih pumpi, za održavanje, plate, poreze, doprinose i drugo, određena je isplativost investicije u sistem daljinskog grejanja grada iz Železare HBIS. Vreme povratka kapitala za sve razmatrane varijante je kratko, u opsegu od 2 do 3,3 godine. Dobijeni rezultati pokazuju značajnu isplativost toplifikacije grada korišćenjem otpadne toplote iz železare, pri čemu je ekonomski najpovoljnija varijanta korišćenja samo dominantnog izvora otpadne toplote iz čeličane, s obzirom na to da zahteva najmanje investicione troškove i daje najkraće vreme povratka kapitala. Ovim rešenjem se obezbeđuje bazna potrošnja toplote u sistemu daljinskog grejanja za spoljnje temperature više ili jednake +4 °C. Pri tome, toplotni izvori u gradu moraju biti u rezervi za pokrivanje vršnih opterećenja i za snabdevanje toplotom kada Železara eventualno nije u radu. Dodatni, ali ne manje značajan razlog za korišćenje otpadne toplote iz Železare je zaštita životne sredine; emisija CO₂ se smanjuje u značajnom iznosu od 36 000 t/god., uz takođe značajno smanjenje emisije čađi i zagađujućih SO₂ i NO_x gasova.

Ključne reči: daljinsko grejanje; otpadna toplota; železara; tehno-ekonomska analiza;

1 UVOD

Sistemi daljinskog grejanja su pogodni za korišćenje niskotemperaturske otpadne toplote koja je raspoloživa u industriji [1]. Korišćenje otpadne toplote u sistemima daljinskog grejanja je značajna mera za povećanje energetske efikasnosti, ekonomičnosti i dekarbonizaciju energetike [2]. U Strategiji razvoja energetike Republike Srbije [3] je navedeno da je cilj da se u narednim decenijama integrišu, između ostalog i toplotni izvori zasnovani na otpadnoj toploti.

Železare su značajni izvori otpadne toplote [4]. S obzirom na to da se Železara HBIS GROUP Iron&Steel d.o.o. u nalazi u blizini gradskog područja Smedereva koje ima oko 64 000 stanovnika, urađena je studija izvodljivosti korišćenja otpadne toplote, koja se oslobađa u železari, za grejanje grada. U Smederevu postoji sistem daljinskog grejanja, sa većim brojem kotlarnica koje koriste mazut. Rezultati studije pokazuju da bi supstitucija fosilnih goriva sa otpadnom toplotom dovela do značajnih povoljnih energetskih, ekonomskih i ekoloških efekata.

U poglavlju dva ovog rada je prikazan potencijal otpadne toplote u pojedinim pogonima železare određen na osnovu sprovedenih termotehničkih merenja. U poglavlju tri su prikazana moguća rešenja za iskorišćenje otpadne toplote. Raspoloživa količina toplote, koja se može predati potrošačima u gradu Smederevu, prikazana je u poglavlju četiri. Analiza isplativosti korišćenja otpadne toplote iz železare prikazana je u poglavlju pet. Potreba za akumulacijom toplote je analizirana u poglavlju šest. U poslednjem poglavlju dat je zaključak o predloženom rešenju toplifikacije Smedereva korišćenjem otpadne toplote iz železare.

2 POTENCIJAL OTPADNE TOPLOTE U ŽELEZARI

Železara Smederevo je projektovana za proizvodnju 2,2 miliona tona čelika godišnje. U okviru Železare se nalaze: pogon aglomeracije za pripremu sinterovanog materijala za visoke peći, dve visoke peći, tri konvertora i dve kontinualne livne mašine za proizvodnju čeličnih slabova koji se obrađuju u toploj i hladnoj valjaonici. Železara poseduje sopstvenu energanu koja kao gorivo koristi prirodni i visokopećni gas. U okviru tehnoloških procesa u pogonima aglomeracije, konvertorske čeličane, tople valjaonice i energane ispuštaju se znatne količine toplote u okolinu. Ova otpadna toplota nastaje hlađenjem materijala koji se obrađuje u okviru tehnološkog procesa, hlađenjem opreme ili ispuštanjem dimnih gasova iz procesa sagorevanja.

Na osnovu sprovedenih termotehničkih merenja i raspoloživih industrijskih merenja u pogonu, određena je raspoloživa snaga otpadne toplote za grejanje grada Smedereva po pojedinim pogonima i ukupno, što je prikazano u Tabeli 1.

U uslovima manjeg obima proizvodnje od 900 000 t/god čeličana bi radila sa jednim ili dva konvertora i srednja snaga otpadne toplote u čeličani je 30 MWth. U toploj valjaonici bi radila samo energetski efikasnija koračna peć, čija otpadna toplota je već predviđena za korišćenje u okviru pogona Železare, a s obzirom na to da je smanjen obim proizvodnje, potisna peć bi bila van pogona. U navedenim uslovima, u toploj valjaonici nema raspoložive otpadne toplote za grejanje grada Smedereva. Uzimajući u obzir smanjen obim proizvodnje, procenjena je i smanjena snaga otpadne toplote u aglomeraciji i energani, sledstveno 8 MWth i 3 MWth. Ukupna raspoloživa toplotna snaga za grejanje grada Smedereva u uslovima smanjenog obima proizvodnje iznosi 41 MWth.

Pri proizvodnji čelika na nivou oko 1 400 000 t/god u konvertorskoj čeličani su u pogonu dva konvertora i snaga otpadne toplote je 45 MWth. U toploj valjaonici, pored koračne peći potrebno je da radi i potisna peć, tako da je snaga otpadne toplote sa potisne peći procenjena na 23 MWth. S obzirom da Železara ne radi sa punim kapacitetom, procenjuje se nešto smanjena srednja snaga u aglomeraciji od 11 MWth. U energani bi bila raspoloživa ukupna snaga otpadne toplote od 4 MWth. Ukupna raspoloživa snaga otpadne toplote za grejanje grada Smedereva iznosi 83 MWth.

Pri obimu proizvodnje od 1 800 000 t/god, koji je blizak ukupnom proizvodnom kapacitetu Železare, u svim pogonima je raspoloživa maksimalna snaga otpadne toplote, tako da je ukupna snaga 103 MWth.

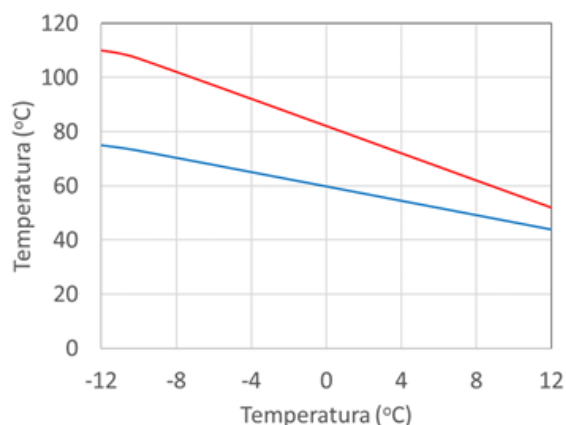
Tabela 1 Snaga otpadne toplote u zavisnosti od proizvodnje čelika

Proizvodnja čelika (t/god.)	Raspoloživa otpadna toplota (MWth)				
	Konvertorska čeličana	Topla valjaonica	Aglomeracija	Energana	<i>Ukupno:</i>
900 000	30	0	8	3	41
1 400 000	45	23	11	4	83
1 800 000	56	29	14	4	103

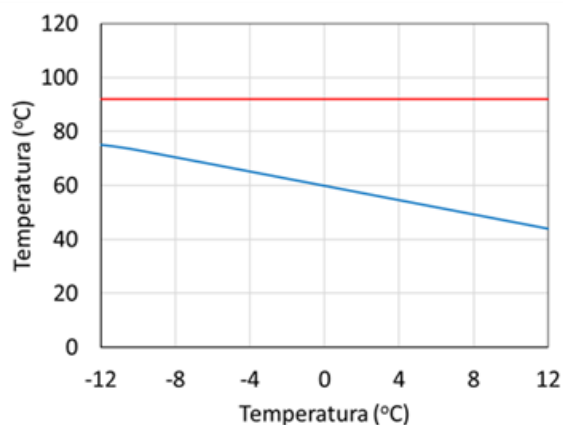
3 VARIJANTE SISTEMA DALJINSKOG GREJANJA GRADA SMEDEREVA IZ ŽELEZARE

U cilju dimenzionisanja razmenjivača toplote za predaju otpadne toplote vodi sistema daljinskog grejanja, kao i dimenzionisanja prečnika cevovoda za transport vode u sistemu daljinskog grejanja, usvojen je temperaturski dijagram prikazan na slici 1. Međutim, u izvoru otpadne toplote temperature izvora se periodično menjaju oko konstantne srednje vrednosti ili su približno konstantne. Mešanjem toplote iz nekoliko izvora u Železari ili primenom akumulatora toplote, postiže se približno konstantna temperatura zagrejanje vode koja se iz Železare šalje magistralnim toplovodom ka potrošačima. Konstantna temperatura polazne vode ka potrošačima je povoljna jer sa porastom temperature okoline povećava se temperaturska razlika polazne i povratne vode, što smanjuje potreban protok vode i utrošak energije za rad cirkulacionih pumpi. Temperatura polazne i povratne vode u magistralnom toplovodu je prikazana na slici 2, pri čemu temperatura polazne vode, u zavisnosti od varijante rešenja sistema daljinskog grejanja, može biti u opsegu od 92 °C (vrednost pokazana na slici), ukoliko su svi izvori uključeni u sistem daljinskog grejanja, do približno 100 °C, ukoliko se, na primer, koristi otpadna toplota samo iz konvertorske čeličane. Temperatura vode koja se predaje potrošačima, kao što je rečeno, određena dijagramom na slici 1 i reguliše se u okviru mreže sistema daljinskog grejanja u gradu.

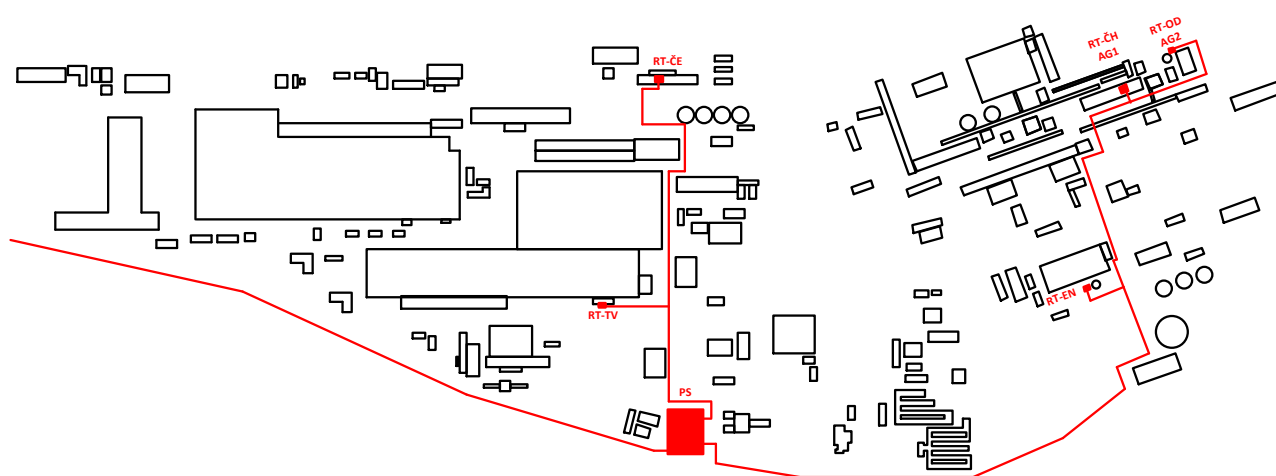
Trasa sistema daljinskog grejanja, koja obuhvata i polazne i povratne cevovode, prikazana je na slici 3. Trasa je određena mogućom lokacijom razmenjivača toplote u okviru pojedinih pogona za predaju otpadne toplote mrežnoj vodi sistema daljinskog grejanja, raspoloživim prostorom za polaganje cevovoda i sagledavanjem najkraćih mogućih rastojanja za spajanje izvora otpadne toplote sa magistralnim cevovodom kojim se toplota transportuje do grada, kao i mogućom lokacijom pumpne stanice. Magistralni toplovod u okviru kruga Železare je postavljen uz ogradu pored magistralnog puta do krajnje tačke prema gradu. Celokupna trasa magistralnog toplovoda od izlaza iz kruga Železare do grada Smedereva i tačka u kojoj se spaja sa gradskom mrežom sistema daljinskog grejanja nije prikazana i predmet je prostornog plana grada Smedereva. Usvojena dužina magistralnog toplovoda od pumpne stanice u Železari do priključka na gradsku mrežu sistema daljinskog grejanja u gradu Smederevu je 7,120 km. Predviđeno je nadzemno polaganje cevovoda na svim deonicama, osim lokalno na kraćim deonicama gde je prihvatljivije podzemno polaganje zbog postojeće infrastrukture preko koje prolazi trasa toplovoda. Predviđena je ugradnja predizolovanih cevi i cirkulacionih pumpi sa regulacijom protoka za transport vode u magistralnom toplovodu i u okviru cevovodne mreže u Železari. Procenjen je potreban broj oslonaca i teleskopskih kompenzatora.



Slika 1 Temperatura zagrejjane vode koja se predaje potrošačima i ohlađene vode koja se odvodi od potrošača u gradu Smederevu u zavisnosti od spoljašnje temperature



Slika 2 Temperatura zagrejjane vode koja se transportuje ka potrošačima iz Železare i ohlađene vode u povratnom cevovodu sistema daljinskog grejjanja u zavisnosti od spoljašnje temperature



Slika 3 Raspored pogona u okviru Železare sa naznačenim izvorima otpadne toplote, pumpnom stanicom i trasom toplovoda (oznake na slici: RT – razmenjivač toplote, ČE – čeličana, TV – topla valjaonica, ČH – čašasti hladnjak, OD – odsumporavanje, AG – aglomeracija, EN – energana, PS pumna stanica)

Definisanje konfiguracije mreže sistema daljinskog grejjanja unutar Železare, koja povezuje izvore otpadne toplote po pojedinim pogonima i određivanje prečnika deonica mreže, izvršeno je imajući u vidu različite snage pojedinačnih izvora otpadne toplote i sledstveno različite masene protoke vode - prijemnika toplote. Razmotreno je pet varijantnih rešenja iskorišćenja otpadne toplote i za svaku varijantu je izvršeno dimenzionisanje cevovoda u cilju određivanja ukupnih investicionih troškova.

Prva varijanta podrazumeva rešenje sa iskorišćenjem svih izvora otpadne toplote u Železari (izvori toplote u toploj valjaonici, konvertorskoj čeličani, aglomeraciji i energani-Slika 4). Međusobna udaljenost pojedinih izvora otpadne toplote u okviru Železare je odredila trasu dva kraka cevovoda od izvora otpadne toplote do pumpne stanice. Na prvi krak cevovoda se priključuju razmenjivači toplote iz konvertorske čeličane (RT-ČE) i tople valjaonice (RT-TV) koji se napajaju povratnom vodom iz grada Smedereva (deonica 23-Slika 4). Nakon zagrevanja prijemnika toplote iz ova dva izvora, zagrejana voda se šalje ka pumpnoj stanici (PS) deonicama 13 i 12. Na drugi krak unutrašnje mreže cevovoda priključeni su izvori toplote iz energane (RT-EN) i aglomeracije (RT-AG1 i RT-AG2). Ovaj krak (deonica 1) se sa prvim krakom meša u samoj pumpnoj stanici, u kolektoru na strani usisa cirkulacionih pumpi. Temperature u svakoj deonici su određene iz energetskog bilansa mešanja

različitih izvora otpadne toplote, dok su gustine u deonicama određene za pritisak i temperaturu u svakoj deonici (pritisak u povratnom vodu je 4 bar, u polaznom vodu 20 bar). Prečnik toplovoda u okviru mreže Železare je određen na osnovu masenog protoka svake deonice i brzine strujanja od 2 m/s, dok je prečnik magistralnog toplovoda do grada određen za brzinu strujanja 3 m/s. Nakon određivanja nominalnog prečnika cevi, izvršen je proračun čvrstoće za nazivni pritisak PN 25 bara i određene su debljine zida svih cevi. Materijal osnovne cevi usvojen za proračun čvrstoće je čelik P235GH. Nominalni prečnik magistralnog toplovoda je DN700 (deonice 23 i 24).

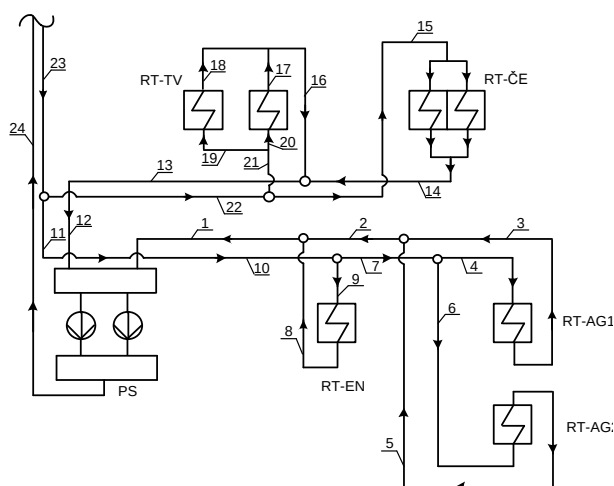
Drugo varijantno rešenje podrazumeva samo konvertorsku čeličanu kao jedini izvor otpadne toplote za daljinsko grejanje i prikazano je na Slici 5. Nominalni prečnik magistralnog toplovoda je DN500 (deonice 6 i 7).

Treće varijantno rešenje podrazumeva korišćenje otpadne toplote iz konvertorske čeličane i tople valjaonice i prikazano je na Slici 6. Nominalni prečnik magistralnog toplovoda je DN550 (deonice 12 i 13).

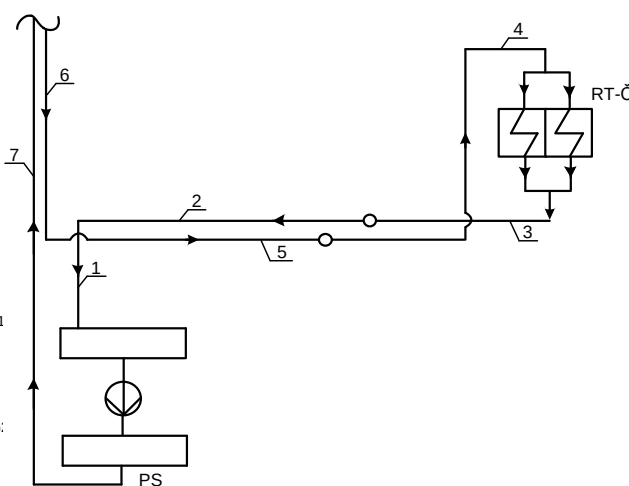
Četvrto varijantno rešenje podrazumeva konvertorsku čeličanu, Toplu valjaonicu i Aglomeraciju kao izvore otpadne toplote za daljinsko grejanje i prikazano je na Slici 7. Nominalni prečnik magistralnog toplovoda je DN650 (deonice 21 i 22).

Peto varijantno rešenje podrazumeva korišćenje otpadne toplote iz konvertorske čeličane, tople valjaonice i aglomeracije i ovo rešenje je prikazano na Slici 8. Nominalni prečnik magistralnog toplovoda je DN600 (deonice 19 i 20).

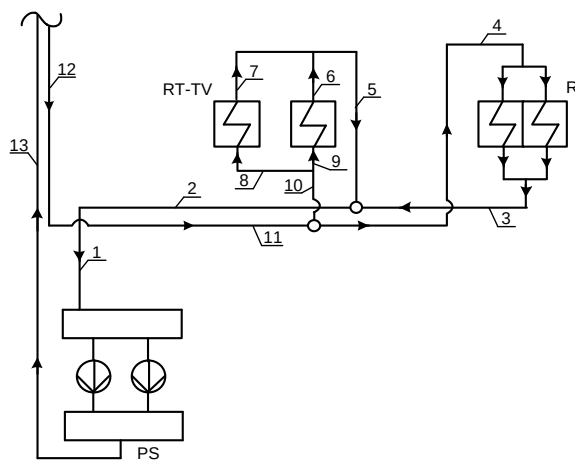
U tabeli 2 su prikazani ukupni investicioni troškovi za pojedine varijante sistema daljinskog grejanja, koji obuhvataju i troškove za magistralni toplovod dužine 7,12 km, kao i posebno izdvojene troškove samo za gradnju magistralnog toplovoda. Najveći investicioni troškovi su potrebni za realizaciju varijante 1, kada su svi izvori otpadne toplote uključeni, dok su skoro dvostruko manje investicije potrebne ukoliko se koristi samo otpadna toplota iz čeličane, što je predstavljeno varijantom 2.



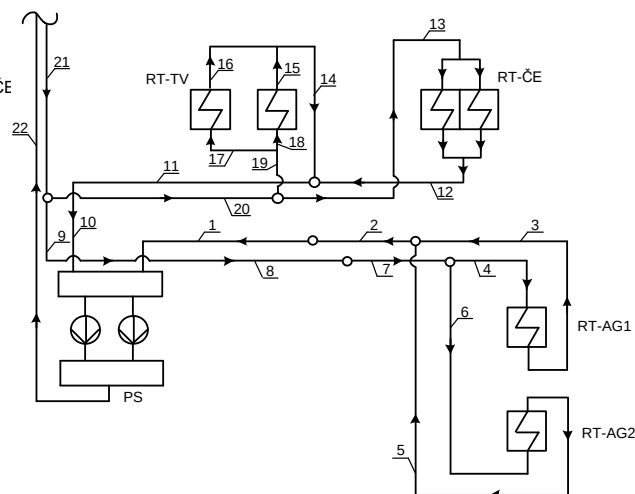
Slika 4 Varijanta 1



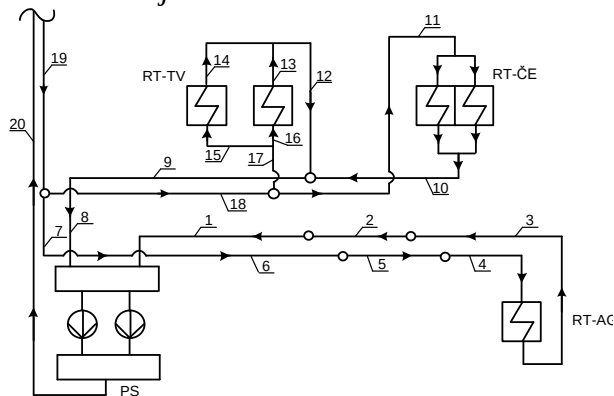
Slika 5 Varijanta 2



Slika 6 Varijanta 3



Slika 7 Varijanta 4



Slika 8 Varijanta 5

U tabeli 3 su prikazani godišnji troškovi za električnu energiju koja se troši za rad pumpi. Predviđeni dnevni rad pumpi, odnosno trajanje grejanja u toku dana je 18 časova, sa trajanjem grejne sezone šest meseci i pri temperaturskom režimu rada sistema grejanja koji odgovara srednjoj temperaturi okoline u toku grejne sezone od +4 °C. Pretpostavljena cena električne energije je 0,1 EUR/kWh. Ostali godišnji varijabilni troškovi, kao što su bruto plate zaposlenih, porezi i doprinosi, troškovi održavanja i dr. su pretpostavljeni u iznosu od 1,5% od ukupnih investicionih troškova.

Tabela 2 Ukupni investicioni troškovi (EUR)

Var 1	27.059.000	Var 2	15.590.000	Var 3	18.426.000	Var 4	23.812.000	Var 5	21.331.000
Troškovi magistralnog toplovoda 12.579.000		Troškovi magistralnog toplovoda 8.569.000		Troškovi magistralnog toplovoda 9.506.000		Troškovi magistralnog toplovoda 11.381.000		Troškovi magistralnog toplovoda 10.305.000	

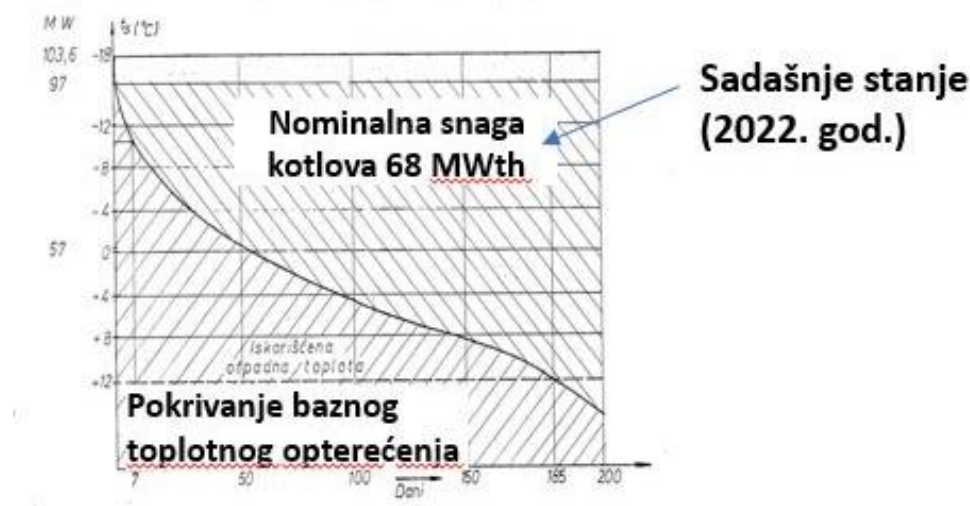
Tabela 3 Godišnji troškovi električne energije za pumpanje (EUR/god, cena električne energije 0,1 EUR/kWh)

Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3	Varijanta 4	Varijanta 5
171.000	105.300	134.000	162.000	150.000

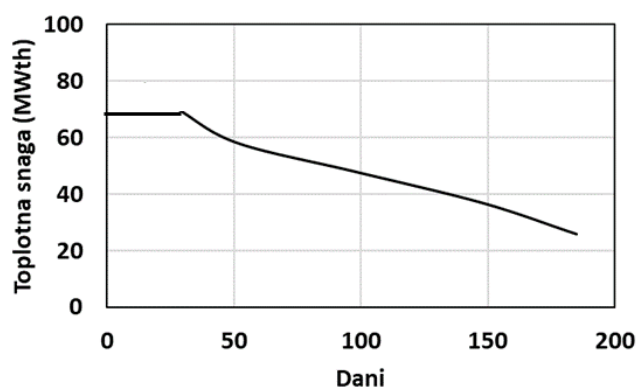
4 OTPADNA TOPLOTA ZA GREJANJE GRADA SMEDEREVA

Na slici 9 je prikazana kriva trajanja srednjih dnevnih temperatura u toku grejne sezone od 185 dana u gradu. Kriva trajanja snage potrošnje toplote u sistemu daljinskog grejanja Smedereva je prikazana na slici 10.

Raspoloživa snaga otpadne toplote u Železari za potrebe grejanja grada Smedereva je prikazana u tabeli 4 za varijantna rešenja od 1 do 5 i pri godišnjoj proizvodnji Železare od 900 000, 1 400 000 i 1 800 000 t čelika. Sadašnja ukupna snaga kotlarnica u gradu Smederevu u okviru sistema daljinskog grejanja je 68 MWth (slika 10), tako da pri proizvodnji Železare od 1 800 000 t/god raspoloživa toplotna snaga prevazilazi potrebe grada. Smanjeni obim proizvodnje od 900 000 t/god. se ne očekuje, između ostalog i zbog rentabilnosti poslovanja Železare. Stoga je kao verovatan obim proizvodnje usvojen obim proizvodnje od 1 400 000 t/god ili više čelika.



Slika 9 Kriva trajanja srednjih dnevnih temperatura

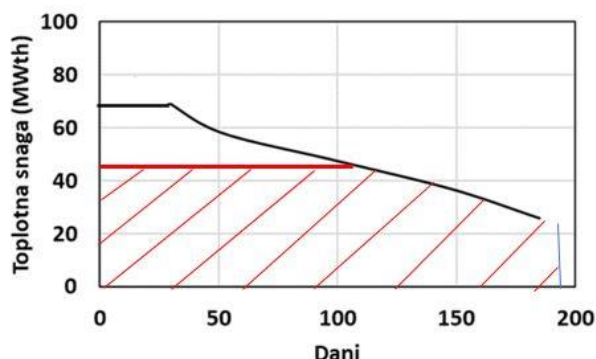


Slika 10 Kriva trajanja snage potrošnje toplote u sistemu daljinskog grejanja

Tabela 4 Snaga otpadne toplote u Železari u zavisnosti od dinamike proizvodnje (MWth)

Proizvodnja (t/god)	Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3	Varijanta 4	Varijanta 5
	Snaga (MWth)				
900 000	41	30	30	38	37
1 400 000	83	45	68	79	77
1 800 000	103	56	85	99	96

U tabeli 5 su prikazane količine toplote koje se mogu predati potrošačima u gradu Smederevu za razmatrana varijantna rešenja sistema daljinskog grejanja, a shodno krivi trajanja snage potrošnje toplote prikazanoj na slici 10 i trajanje dnevnog grejanja od 18 sati. Količina toplote za određenu maksimalno raspoloživu snagu grejanja je određena površinom ispod krive, u delu gde je snaga potrošnje manja od maksimalno raspoložive snage, i površinom ispod maksimalne raspoložive snage, ukoliko je snaga potrošnje veća od maksimalno raspoložive snage, kao što je prikazano na slici 11 za, na primer, maksimalno raspoloživu snagu od 45 MWth.



Slika 11 Kriva trajanja snage potrošnje toplote u sistemu daljinskog grejanja i maksimalno raspoložive snage grejanja

Tabela 5 Toplota predata potrošačima u Smederevu za varijantna rešenja

Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3	Varijanta 4	Varijanta 5
Toplota (GWh/god)				
153	138	148	152	151

5 ISPLATIVOST TOPLIFIKACIJE GRADA SMEDEREVA OTPADNOM TOPLOTOM IZ ŽELEZARE HBIS

Korišćenjem otpadne toplote iz Železare HBIS za grejanje grada Smedereva supstituiše se mazut u gradskim kotlarnicama. Izbegnuti troškovi za kupovinu mazuta su prikazani u tabeli 6 za razmatrana varijantna rešenja sistema daljinskog grejanja iz Železare, prikazana u poglavlju 3. Prikazani rezultati su dobijeni za donju toplotnu moć mazuta $H_d=40$ GJ/t (11,1 MWh/t) i za pretpostavljenu cenu mazuta od 640 EUR/t.

Ekonomski efekti toplifikacije grada Smedereva otpadnom toplotom iz Železare HBIS su prikazani u tabeli 7 sa vremenom povratka kapitala i u tabeli 8 sa anuitetima za otplatu investicija.

Rezultati prikazani u tabeli 7 pokazuju kratko vreme otplate kapitala u svim varijantama, što pokazuje da je projekat toplifikacije grada Smedereva iz Železare veoma isplativ.

Anuiteti za povratak investicija su određeni pod pretpostavkom da se ukupne investicije vraćaju za 5 godina i sa diskontnom stopom od 3,5%. Rezultati prikazani u tabeli 8 pokazuju da su godišnji anuiteti za otplatu investicija u svim varijantama manji od godišnjih izbegnutih troškova za kupovinu mazuta, koji nisu manji od 8 miliona evra u svim varijantama rešenja (vrednosti date u tabeli 6). Međutim, anuiteti se značajno razlikuju po pojedinim varijantama rešenja, što je određeno investicionim troškovima. Tako su investicioni troškovi najmanji za varijantu 2 (15,6 miliona evra, videti tabelu 2), pa je i anuitet najmanji, iznosi 3,5 miliona evra. Najveći anuitet je u slučaju varijante 1 i iznosi 6 miliona evra, što je i u ovom slučaju manje od izbegnutih troškova koji iznose 8,8 miliona evra (tabela 6). Zaključuje se da je i sa stanovišta godišnjih anuiteta za otplatu investicija, projekat

toplifikacije grada Smedereva iz Železare isplativ jer su godišnji anuiteti za otplatu investicija u relativno kratkom periodu od svega 5 godina manji od godišnjih troškova za kupovinu mazuta.

Tabela 6 Izbegnuti troškovi za mazut u milionima EUR/god. (mazut: $H_d=40$ GJ/t (11,1 MWh/t), cena 640 EUR/t)

Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3	Varijanta 4	Varijanta 5
Izbegnuti troškovi (milion EUR/god)				
8,8	8,0	8,5	8,8	8,7

Tabela 7 Vreme povratka kapitala investiranog u sistem daljinskog grejanja iz Železare Smederevo

Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3	Varijanta 4	Varijanta 5
Prosto vreme povratka kapitala (god)				
3,3	2,0	2,3	2,9	2,6

Tabela 8 Godišnji anuiteti za otplatu investicija (vreme otplate 5 godina, diskontna stopa 3,5%)

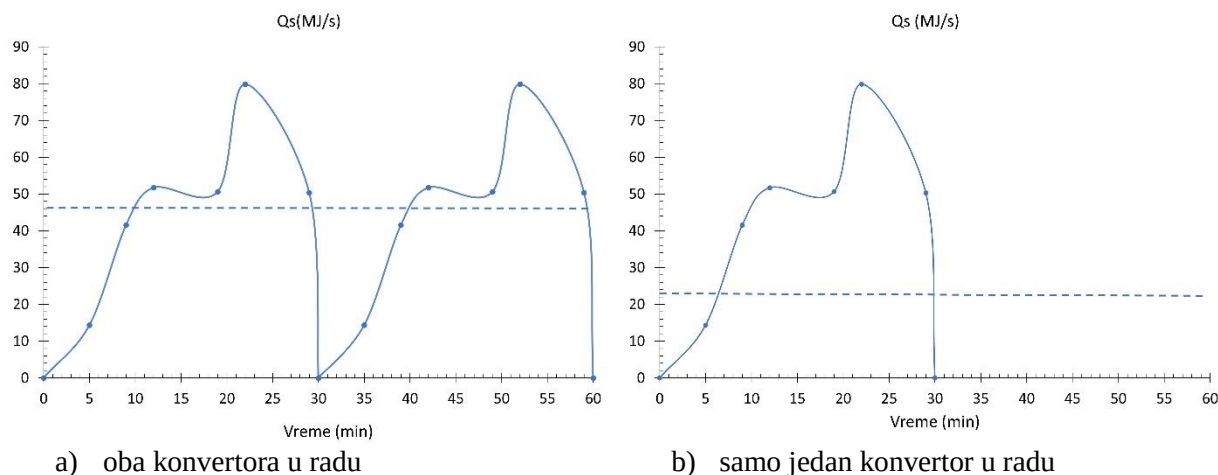
Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3	Varijanta 4	Varijanta 5
Anuitet (milion EUR/god)				
6,0	3,5	4,1	5,3	4,7

6 AKUMULACIJA TOPLOTE

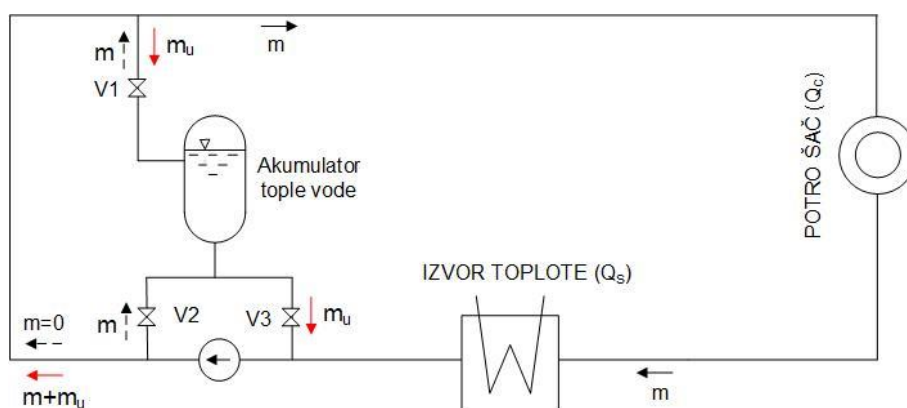
Potreba za akumulacijom toplote u sistemu daljinskog grejanja Smedereva iz Železare nastaje usled promenljive snage izvora otpadne toplote. Najizraženija neravnomernost snage otpadne toplote je u konvertorskoj čeličani, kao što je prikazano na slici 12.

Slika 12a prikazuje promenu snage izvora toplote Q_s u slučaju rada oba konvertora. Srednja snaga izvora toplote u ovom slučaju je 45MWth. Ako se uzme u obzir velika masa i zapremina grejanih zgrada kod potrošača, a time i njihova velika sposobnost akumulacije toplote, kao i kapacitet za akumulaciju toplote polaznih cevovoda i razmenjivača toplote u sistemu daljinskog grejanja, za očekivati je da će promene u snazi izvora toplote u trajanju od 10 min ispod ili iznad srednje vrednosti biti apsorbirane u navedenim objektima i da neće dovesti do narušavanja komfora grejanja kod potrošača.

Sa druge strane, u slučaju rada samo jednog konvertora (videti sliku 12b), snaga izvora je ne samo promenljiva u toku vremena u prvom delu perioda ($t=0-30$ min na Slici 12b), već je jednaka 0 u drugom delu perioda ($t=30-60$ min na slici 12b). U ovom slučaju srednja snaga izvora je 22,5 MWth. Kako se u ovom slučaju radi o izostanku izvora toplote u vremenskom periodu od 30 min, neophodno je predvideti mere za akumulaciju tople vode. U tu svrhu predlaže se ugradnja akumulatora tople vode. Slika 13 prikazuje principijelnu šemu ugradnje akumulatora tople vode u sistem daljinskog grejanja Smedereva.



Slika 12 Promena snage izvora toplote u konvertorskoj čeličani. Isprekidane linije prikazuju snagu osrednjenu po dužini ciklusa.



Slika 13 Veza akumulatora tople vode sa sistemom daljinskog grejanja.

7 ZAKLJUČAK

Sprovedena su merenja po pojedinim pogonima Železare HIBIS kraj Smedereva, na osnovu kojih je određena raspoloživa snaga otpadne toplote za grejanje grada Smedereva. Najveća raspoloživa snaga otpadne toplote je u konvertorskoj čeličani i u zavisnosti od obima proizvodnje čelika, njena vrednost je u rasponu od 30 MWth (za smanjeni obim proizvodnje čelika od 900 000 t/god) do 56 MWth za obim proizvodnje blizu 2 000 000 t čelika godišnje, pri čemu je srednja snaga 45 MWth za obim proizvodnje oko 1450 000 t/god. Pored konvertorske čeličane, izvori otpadne toplote su i u pogonu tople valjaonice, aglomeracije i energani. Ukupna raspoloživa snaga otpadne toplote u svim ovde navedenim pogonima je u opsegu od 41 MWth pri smanjenom obimu proizvodnje čelika, do 103 MWth pri punom obimu proizvodnje.

Razmatrano jer pet varijanti idejnog rešenja sistema daljinskog grejanja grada Smedereva korišćenjem otpadne toplote iz pogona Železare HIBIS. Varijante se razlikuju po broju uključenih raspoloživih izvora otpadne toplote po pojedinim pogonima. Za svaku varijantu je izvršeno dimenzionisanje i određeni su radne karakteristike osnovne opreme. Varijanta 1 obuhvata sve raspoložive izvore, varijanta 2 samo korišćenje otpadne toplote iz konvertorske čeličane, kao najizdašnjeg izvora, a ostale tri varijante rešenja obuhvataju kombinacije preostalih izvora toplote iz tople valjaonice, aglomeracije i energane. Za svaku varijantu su određeni investicioni troškovi u cevovode sistema daljinskog grejanja, koji obuhvataju i magistralni toplovod dužine 7,12 km od Železare do potrošača u gradu, u razmenjivače toplote za grejanje vode sistema daljinskog grejanja otpadnom toplotom, u cirkulacione pumpe, armaturu, oslonce, kompenzatore, sistem za hemijsku pripremu vode i drugu

prateću opremu. Najveći investicioni troškovi su za varijantu 1 i iznose oko 27 miliona evra, od toga približno 12,5 miliona evra se odnosi na magistralni toplovod, a najmanje investicije su za varijantu 2 od približno 15,5 miliona evra sa investicijom u magistralni toplovod od 8,6 miliona evra.

Na osnovu dijagrama trajanja srednjih dnevnih temperatura na području grada Smedereva i trajanja snage potrošnje toplote u sistemu daljinskog grejanja Smedereva sa jedne strane i raspoložive otpadne toplote u Železari sa druge strane, određena je količina otpadne toplote koja se može iskoristiti za toplifikaciju u opsegu od 138 GWh do 153 GWh godišnje. Ova toplota supstituiše pretežno korišćenje mazuta u postojećim kotlarnicama u gradu. Određeni su izbegnuti troškovi za kupovinu mazuta i oni su u rasponu od 8 do 8,8 miliona evra. Na osnovu izbegnutih troškova i ukupnih troškova eksploatacije sistema daljinskog grejanja iz Železare, koji obuhvataju fiksne investicione troškove i varijabilne troškove za električnu energiju za pogon cirkulacionih pumpi u sistemu grejanja, za održavanje, plate, poreze i doprinose i druge varijabilne troškove, određena je isplativost investicije u sistem daljinskog grejanja grada Smedereva iz Železare HBIS. Vreme povratka kapitala za sve razmatrane varijante je kratko u rasponu od 2,0 godina za varijantu 2 do 3,3 godine za varijantu 1. Sračunati su godišnji anuiteti za otplatu investicija, pod pretpostavkom da investicione troškove treba otplatiti za 5 godina sa diskontnom stopom 3,5%. Najmanji godišnji anuitet je za varijantu 2 i iznosi 3,5 miliona evra, dok je za varijantu 1 najveći i iznosi 6,0 miliona evra. Dobijeni rezultati pokazuju značajnu isplativost toplifikacije grada Smedereva otpadnom toplotom iz Železare HBIS, pri čemu se predlaže primena varijante 2, s obzirom da zahteva najmanje investicione troškove, daje najkraće vreme povratka kapitala i najmanji godišnji anuitet za otplatu investicionih troškova.

Varijanta 2 obezbeđuje pokrivanje bazne potrošnje toplote u sistemu daljinskog grejanja za spoljne temperature više ili jednake +4 °C. Pri tome, toplotni izvori u gradu moraju biti u rezervi za pokrivanje vršnog opterećenja i za snabdevanje toplotom kada Železara nije u radu.

Dodatni ali ne manje značajan razlog za korišćenje otpadne toplote iz Železare za toplifikaciju Smedereva je zaštita životne sredine; emisija CO₂ se smanjuje u značajnom iznosu od 36 000 t/god., uz takođe značajno smanjenje emisije čađi i zagađujućih SO₂ i NO_x gasova.

LITERATURA

1. Dadi, D., Introna, V., Benedetti M.: Decarbonization of Heat through Low-Temperature Waste Heat Recovery: Proposal of a Tool for the Preliminary Evaluation of Technologies in the Industrial Sector, Sustainability, Vol. 14, 2022, 12626. <https://doi.org/10.3390/su141912626>.
2. Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on Energy Efficiency and Amending Regulation (EU) 2023/955, Official Journal of the European Union, L231, 2023, pp. 1-111. https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive_en.
3. Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2040. godine sa projekcijama do 1050. godine, Službeni glasnik RS broj 94 od 28. novembra 2024.
4. Jouhara, H., Delpech, B., Almahmoud, S., Chauhan, A., Al-Mansour, F., Pusnik, M., Buhvald, A., Plesnik, K.: Experimental investigation on an advanced thermosiphon-based heat exchanger for enhanced waste heat recovery in the steel industry, Energy, Vol. 315, 2025, 134428. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.134428>.
5. „Feasibility study“ grejanja grada Smedereva otpadnom toplotom iz HBIS GROUP Iron&Steel d.o.o. Studija izvodljivosti sa idejnim rešenjem, Delta inženjering d.o.o. Beograd, 2022.

UTICAJ SISTEMA AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA NA ENERGETSKE PERFORMANSE ZGRADA

Milan Ristanović

Univerzitet u Beogradu - Mašinski fakultet, Beograd, Srbija

mristanovic@mas.bg.ac.rs

REZIME

U radu se daje pregled funkcija sistema automatskog upravljanja u stambenim i poslovnim zgradama koje imaju uticaj na energetske efikasnosti. Definišu se klase energetske efikasnosti sistema automatizacije zgrada. Tabelarno je prikazano dodeljivanje funkcionalnih nivoa po klasama energetske efikasnosti.

Ključne reči: *Sistemi automatskog upravljanja i tehničkog nadzora; klase energetske efikasnosti; SRPS EN ISO 5120-1;*

UVOD

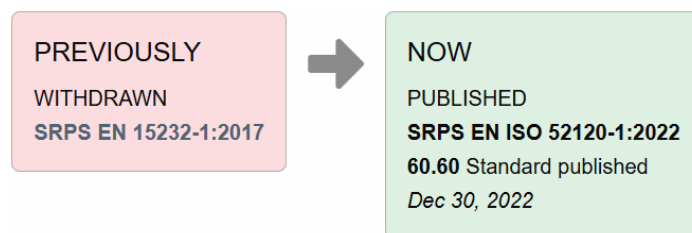
Prema zvaničnim podacima potrošnja energije za grejanje i hlađenje u zgradama učestvuje sa 30-50% ukupne finalne potrošnje energije, od čega je 70% generisano iz fosilnih goriva [1]. Optimizacija sistema grejanja, ventilacije i klimatizacije zahteva više od jednostavnog poboljšanja energetske efikasnosti opreme (toplotnih pumpi, kotlova, čilera i sl.). Osim toga, veoma je važno ispratiti čitav tok kako se energija za grejanje ili hlađenje iz jednog mesta distribuira do krajnjeg korisnika [2].

Uloga sisteme automatskog upravljanja je u današnje vreme esencijalna za ostvarivanje upravljanja korišćenja energije. Iako je po svojoj prirodi „nevidljiva“ tehnologija i često se zanemaruje, automatika je jedan od ključnih činilaca u ostvarivanju mera energetske efikasnosti. Smanjenje potrebe za energijom usled primena mera kao što su zamena izolacije zgrade ili ugradnja stolarije sa zanemarljivim ventilacionim gubicima dovode do neophodnosti za upravljanjem ventilacije kako bi se ostvarili minimalni uslovi komfora. Povećanje udela obnovljivih izvora energije na nivou krajnje potrošnje, na primer ugradnja toplotnih pumpi i integracija sa fotonaponskim izvorima energije zahteva napredne sistema automatskog upravljanja radi ostvarivanje optimizacije potrošnje energije.

Navedeni razlozi su doveli do uspostavljanja zakonodavnih okvira i niza standarda koji podržavaju The Energy Performance of Buildings Directive (EPBD). Sa stanovišta uticaja sistema automatskog upravljanja na energetske performanse zgrada, svakako to je SRPS EN ISO 51120 [3].

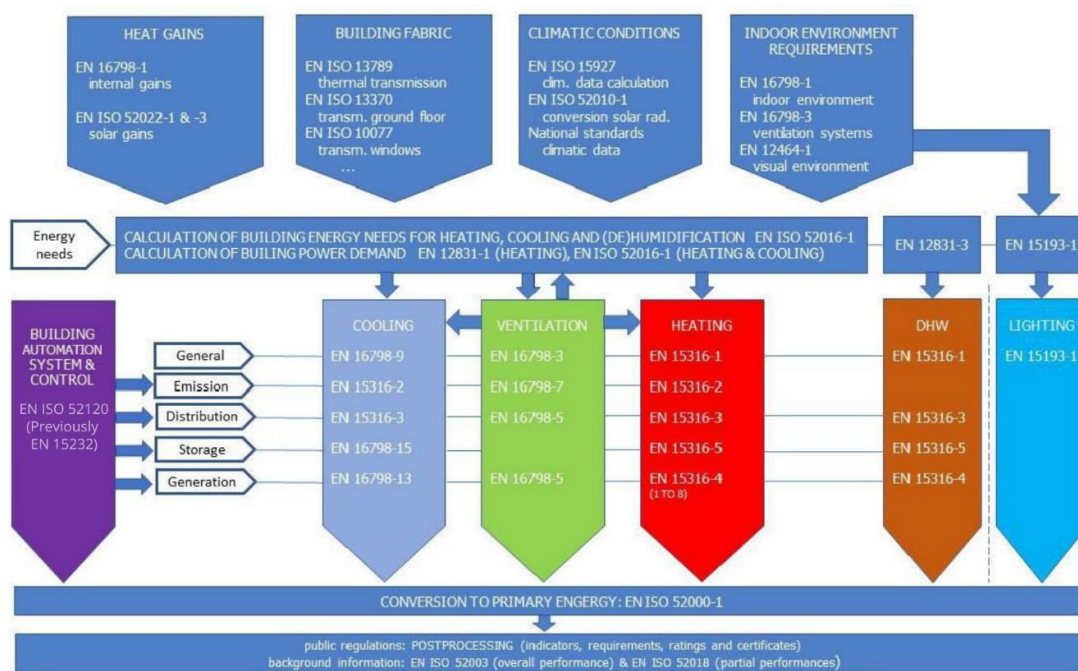
2 STANDARD SRPS EN ISO 52120

Standard SRPS EN ISO 52120-1:2022 Energetske performanse zgrada – Uticaj sistema automatskog upravljanja i nadzora u zgradama – Deo 1: Opšti okvir i postupci. Ovaj standard je zamenio SRPS EN 15232-1:2017, slika 1.



Slika 1 Životni ciklus standarda.

SRPS EN 15232-1:2017 je predstavljao fundamentalni standard u proceni doprinosa automatike u zgradama koji se koristi u propisima i smernicama na Evropskom i nacionalnom nivou, Slika 2.



Slika 2 Pozicioniranje standarda EN ISO 52120 unutar skupa CEN i ISO Energy Performance of Building (EPB) standarda [4].

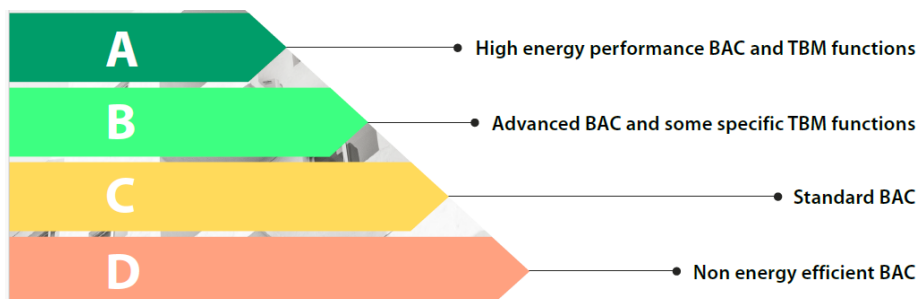
Standard SRPS EN ISO 52120-1 informiše i pruža podršku:

- **vlasnicima zgrada i projektantima** u definisanju funkcija koje treba da budu integrisane za nove zgrade, odnosno postojeće koje se renoviraju;
- **javnim vlastima** u definisanju minimalnih zahteva za funkcijama sistema automatskog upravljanja i nadzora kako je definisano u relevantnom standardu;
- **javnim vlastima** u definisanju procedure inspekcije tehničkih sistema, kao i inspektora koji primenjuju ove procedure kako bi proverili da li je nivo implementacije funkcija sistema automatskog upravljanja i nadzora odgovarajući;
- **javnim vlastima** u definisanju metoda proračuna koje uzimaju u obzir uticaj funkcija sistema automatskog upravljanja na energetske performanse zgrada, kao programerima koji vrše razvoj softvera koji implementiraju ove metode proračuna i projektantima koji ih koriste;
- **upravicima zgrada i revizorima**, prilikom provere uticaja svih funkcija sistema automatskog upravljanja i nadzora prilikom procene energetskih performansi zgrade i
- **proizvođačima i sistem integratorima**, u pružanju optimalnih proizvoda i rešenja za visoko efikasne zgrade.

Standard je zasnovan na principu „Energy on Demand“, što znači da svi tokovi energije (od proizvodnje do predaje) moraju biti minimizovani na najniži mogući nivo kako bi se postigle specifične potrebe svakog korisnika u zgradi.

3 KLASSE ENERGETSKE EFIKASNOSTI PREMA SRPS EN ISO 52120

Četiri različite klase energetske efikasnosti sa stanovišta automatskog upravljanja i nadzora su definisane radi klasifikacije sistema automatizacije zgrada, kako u stambenom tako i u nestabnom sektoru.



Slika 3 Klase energetske efikasnosti prema SPRPS EN ISO 52120.

Klasa D – „Energetski neefikasna“: uključuje tradicionalno energetske neefikasne sisteme automatike i nadzora.

Klasa C – „Standardna (referentna)“: minimalni nivo performansi, odgovara rešenjima opremljenim tradicionalnim sistemima automatike u zgradama, sa mogućnošću povezivanja komunikacionim magistralama.

Klasa B – „Napredna“: uključuje objekte opremljene naprednim sistemom automatizacije i upravljanja i specifičnim tehničkim funkcijama upravljanja zgrade za centralizovano i koordinisano upravljanje pojedinačnih postrojenjima u zgradi. Sobni kontroleri moraju da imaju mogućnost da komuniciraju sa centralnim sistemom automatizacije u zgradi.

Klasa A – „Visoko energetska efikasna“: odgovara visokoenergetskim performansama sistema automatskog upravljanja i nadzora u zgradama. Sobni kontroleri moraju da budu u stanju da upravljaju KGH sisteme uzimajući u obzir različite faktore (na primer, unapred podešene vrednosti na osnovu detekcije zauzetosti, kvaliteta vazduha, itd.), kao i da uključuje spregu sa različitim servisima u zgradi (npr. električne energije, osvetljenja, senčenja, itd.).

3 LISTA FUNKCIJA I RASPOREĐIVANJE PO KLASAMA ENERGETSKE EFIKASNOSTI

Dodeljivanje funkcionalnih nivoa klasama energetske efikasnosti za stambene i poslovne zgrade je tabelarno prikazano u nastavku.

Tabela 1. Lista funkcija automatike u upravljanju grejanja.

		Definicija klasa								
		Rezidencijalni				Nerezidencijalni				
		D	C	B	A	D	C	B	A	
1	Upravljanje grejanja									
1.1	Upravljanje emisije									
	Funkcije grejanja se primenjuje na emiter toplote (radijatori, podno grejanje, ventilator-konvertor, unutrašnja jedinica) na nivou prostorije.									
0	Nema automatskog upravljanja									
1	Centralno automatsko upravljanje									
2	Individualni upravljanje na nivou prostorije									
3	Modulisano upravljanje na nivou individualne prostorije sa komunikacijom					*			*	
4	Modulisano upravljanje na nivou individualne prostorije sa komunikacijom i detekcijom zauzetosti (ne primenjuje se kod inertnih emisionih sistema grejanja, npr. podno grejanje)									
*U slučaju inertnih emisionih sistema grejanja, npr. podno grejanje, zidno grejanje i sl., funkcije 1.3.1. su dodeljene klasi A.										
1.2	Upravljanje emisije termički aktivnog građevinskog sistema (režim grejanja)									
0	Nema automatskog upravljanja									
1	Centralno automatsko upravljanje									
2	Napredno centralno automatsko upravljanje									
4	Napredno centralno automatsko upravljanje sa povremenim radom i/ili upravljanjem individualnih prostora u zatvorenom kolu									
1.3	Upravljanje temperature tople vode u distributivnoj mreži (potis ili povrat)									
	Slično se može primeniti na upravljanje distributivnih mreža da direktnim električnim grejanjem									
0	Nema automatskog upravljanja									
1	Upravljanje sa kompenzacijom po spoljnoj temperaturi									
2	Upravljanje prema zahtevu									
1.4	Upravljanje pumpi u distributivnoj mreži									
	Upravljanje pumpe se mogu instalirati na različitim nivoima u mrežama									
0	Nema automatskog upravljanja									
1	On/off upravljanja									
2	Višestepeno upravljanje									
3	Upravljanje pumpi sa promenljivim protokom (u pumpnoj jedinici interno)									
4	Upravljanje pumpi sa promenljivim protokom (eksterni zahtev za rad)									
1.4a	Hidrauličko balansiranje u razvodu grejanja (uključujući doprinos balansiranju ka strani emisije)									
	Hidrauličko balansiranje se primenjuje na emiter ili na grupu emitera većoj od 10.									
0	Nema balansiranja									
1	Statičko balansiranje po emiteru, bez grupnog balansiranja									
2	Statičko balansiranje po emiteru i statičko grupno balansiranje									
3	Statičko balansiranje po emiteru i dinamičko grupno balansiranje									
4	Dinamičko balansiranje po emiteru									
1.5	Vremenski periodično upravljanje emisije i/ili distribucije									
	Jedan kontroler može da upravlja prostorije/zone koje imaju isti obrazac zauzetosti									
0	Nema automatskog upravljanja									
1	Automatsko upravljanje sa fiksnim vremenskim programom									
2	Automatsko upravljanje sa optimalnim start/stop-om									
3	Automatsko upravljanje sa obradom zahteva									

Tabela 1. Lista funkcija automatike upravljanja grejanja (nastavak).

1.6	Upravljanje izvora toplote (sagorevanje ili daljisko grejanje)								
0	Upravljanje po konstantnoj temperaturi								
1	Upravljanje temeprature sa kompenzacijom po spoljnoj temperaturi								
2	Upravljanje temperature u zavisnosti od toplotnog opterećenja								
1.7	Upravljanje izvora toplote (toplotne pumpe)								
0	Upravljanje po konstantnoj temperaturi								
1	Upravljanje temperature sa kompenzacijom po temperaturi okoline								
2	Upravljanje temperature u zavisnosti od toplotnog opterećenja								
1.8	Upravljanje generatora toplote (spoljašnja jedinica)								
0	On/off upravljanje								
1	Višestepeno upravljanje generatora toplote								
2	Promenljivo upravljanje generatora toplote								
1.9	Sekvencioniranje različitih generatora toplote								
0	Prioritet samo na osnovu časova rada								
1	Upravljanje prema fiksnoj listi prioriteta								
2	Upravljanje prema dinamičkoj listi prioriteta								
3	Upravljanje prema dinamičkoj listi prioriteta zasnovanoj na predviđanju								
1.10	Upravljanje rada skladišta toplote								
0	Kontinuirani rad skladišta								
1	Punjenje skladišta pomoću 2 senzora								
2	Rad skladišta zasnovan na predviđanju opterećenja								

Tabela 2. Lista funkcija automatike upravljanja snabdevanja potrošne tople vode.

			Definicija klasa							
			Rezidencijalni				Nerezidencijalni			
			D	C	B	A	D	C	B	A
2	Upravljanje snabdevanja potrošne tople vode (PTV)									
2.1	Upravljanje punjenja spremnika PTV direktnim električnim grejanjem ili integrisanom toplotnom pumpom									
	0	Automatsko on/off upravljanje								
	1	Automatsko on/off upravljanje i mogućnost vremenski programskog punjenja								
	2	Automatsko on/off upravljanje i mogućnost programskog vremena punjenja i upravljanje skladišta putem više senzora								
2.2	Upravljanje punjenja spremnika PTV pomoću generatora tople vode									
	0	Automatsko on/off upravljanje								
	1	Automatsko on/off upravljanje i mogućnost vremenski programskog punjenja								
	2	Automatsko on/off upravljanje i mogućnost programskog vremena punjenja i upravljanje skladišta putem više senzora								
2.3	Upravljanje punjenja skladišta PTV solarnim kolektorima i dopunskim generatorom toplote									
	0	Ručno upravljanje								
	1	Automatsko upravljanje punjenja solarnog spremnika (Prioritet 1) i dopunskog dopunskog spremnika (Prioritet 2)								
	2	Automatsko upravljanje punjenja solarnog spremnika (Prioritet 1) i dopunskog dopunskog spremnika (Prioritet 2) plus upravljanje prema zahtevu ili upravljanje skladišta putem više senzora								
2.4	Upravljanje cikruklacione pumpe PTV									
	0	Nema upravljanja, kontinualni rad								
	1	Sa vremenskim programom								

Tabela 3. Lista funkcija automatike upravljanja hlađenja.

		Definicija klasa							
		Rezidencijalni				Nerezidencijalni			
		D	C	B	A	D	C	B	A
3	Upravljanje hlađenja								
3.1	Upravljanje emisije								
	Funkcije upravljanja se primenjuje na emiter toplote (paneli za hlađenje, podno grejanje, ventilator-konvertor ili unutrašnja jedinica) na nivou prostorije.								
0	Nema automatskog upravljanja								
1	Centralno automatsko upravljanje								
2	Individualni upravljanje na nivou prostorije								
3	Modulisano upravljanje na nivou individualne prostorije sa komunikacijom				*				*
4	Modulisano upravljanje na nivou individualne prostorije sa komunikacijom i detekcijom zauzetosti (ne primenjuje se kod inertnih emisionih sistema grejanja, npr. podno hlađenje)								
*U slučaju inertnih emisionih sistema hlađenja, funkcije 3.1.3. su dodeljene klasi A.									
3.2	Upravljanje emisije termički aktivnog građevinskog sistema (režim hlađenja)								
0	Nema automatskog upravljanja								
1	Centralno automatsko upravljanje								
2	Napredno centralno automatsko upravljanje								
4	Napredno centralno automatsko upravljanje sa povremenim radom i/ili upravljanjem individualnih prostora u zatvorenom kolu								
3.3	Upravljanje temperature hladne vode u distributivnoj mreži (potis ili povrat)								
	Slično se može primeniti na upravljanje distributivnih mreža sa direktnim električnim hlađenjem za individualne prostore (npr. kompaktne jedinice za hlađenje, split jedinice).								
0	Nema automatskog upravljanja								
1	Upravljanje sa kompenzacijom po spoljnoj temperaturi								
2	Upravljanje po zahtevu								
3.4	Upravljanje distributivnih pumpi								
	Upravljane pumpe se mogu instalirati na različitim nivoima u mrežama								
0	Nema automatskog upravljanja								
1	On/off upravljanja								
2	Višestepeno upravljanje								
3	Upravljanje pumpi sa promenljivim protokom (u pumponj jedinici interno)								
4	Upravljanje pumpi sa promenljivim protokom (eksterni zahtev za rad)								
3.4a	Hidrauličko balansiranje u razvodu hlađenja (uključujući doprinos balansiranju ka strani emisije)								
	Hidrauličko balansiranje se primenjuje na grupu emitera hlađenja (paneli za hlađenje, ventilator konvektori ili unutrašnje jedinice), pored statičkog balansiranja na pojedinačnim emiterima.								
0	Nema balansiranja								
1	Statičko balansiranje po emiteru, bez grupnog balansiranja								
2	Statičko balansiranje po emiteru i statičko grupno balansiranje (npr. sa balanskim ventilima)								
3	Statičko balansiranje po emiteru i dinamičko grupno balansiranje								
4	Dinamičko balansiranje po emiteru								

Tabela 3. Lista funkcija automatike upravljanja hlađenja (nastavak).

3.5	Vremenski periodično upravljanje emisije i/ili distribucije									
	Jedan kontroler može da upravlja prostorije/zona koje imaju isti obrazac zauzetosti									
	0	Nema balansiranja								
	1	Automatsko upravljanje sa fiksnim vremenskim programom								
	2	Automatsko upravljanje sa optimalnim start/stop-om								
	3	Automatsko upravljanje sa obradom zahteva								
3.6	Blokada između upravljanja grejanja/hlađenja emisije i/ili razvoda									
	0	Nema blokade								
	1	Delimična blokada (u zavisnosti od KGH sistema)								
	2	Potpuna blokada								
3.7	Upravljanje izvora hladnoće									
	Svrha je generalno u maksimizovanju temperature najapajanja rashlađene vode									
	0	Upravljanje po konstantoj temperaturi								
	1	Upravljanje temperature sa kompenzacijom po spolnoj temperaturi								
	2	Upravljanje temperature u zavisnosti od toplotnog opterećenja								
3.8	Sekvencioniranje različitih generatora rashladne vode									
	0	Prioritet samo na osnovu časova rada								
	1	Fiksna sekvenca samo prema opterećenju								
	2	Upravljanje prema efikasnosti i karakteristici generatora								
	3	Sekvencioniranje prema predikciji opterećenja								
3.9	Upravljanje rada skladišta toplote									
	0	Kontinuirani rad skladišta								
	1	Rad skladišta prema vremenskom programu								
	2	Rad skladišta zasnovan na predviđanju opterećenja								

Tabela 4. Lista funkcija automatike upravljanja ventilacije i klimatizacije.

			Definicija klasa							
			Rezidencijalni				Nerezidencijalni			
			D	C	B	A	D	C	B	A
4	Upravljanje ventilacije i klimatizacije									
4.1	Upravljanje količine vazduha na nivou prostorije									
	0	Nema automatskog upravljanja								
	1	Vremensko upravljanje								
	2	Upravljanje na osnovu zauzetosti								
	3	Upravljanje prema zahtevu								
4.2	Upravljanje sobne temperature (vazduh-vazduh sistemi)									
	0	On/off upravljanje								
	1	Kontinualno upravljanje								
	2	Optimizovano upravljanje								
4.3	Upravljanje sobne temperature (kombinovano vazduh-voda sistemi)									
	0	Bez koordinacije								
	1	Koordinisano								
4.4	Upravljanje svežeg vazduha									
	0	Fiksni odnos svežeg vazduha ili fiksni protok svežeg vazduha								
	1	Dvonivovski (nizak ili visok) odnos svežeg vazduha ili protok svežeg vazduha po vremenskom programu								
	2	Dvonivovski (nizak ili visok) odnos svežeg vazduha ili protok svežeg vazduha prema zauzetosti prostora								
	3	Promenljiv protok								

Tabela 4. Lista funkcija automatike upravljanja ventilacije i klimatizacije (nastavak).

4.5	Upravljanje po protoku ili pritisku na nivou komore									
	0	Nema automatskog upravljanja								
	1	On/off vremensko upravljanje								
	2	Višestepeno upravljanje								
	3	Automatsko upravljanje po protoku ili pritisku (bez resetovanja)								
	4	Automatsko upravljanje po protoku ili pritisku (sa resetovanjem)								
4.6	Upravljanje rekuperacije toplote: zaštita od zaleđivanja									
	0	Bez zaštite od zaleđivanja								
	1	Sa zaštitom od zaleđivanja								
4.7	Upravljanje rekuperacije toplote: zaštita od pregrevanja									
	0	Bez zaštite od pregrevanja								
	1	Sa zaštitom od pregrevanja								
4.8	Mehanički free cooling									
	0	Bez automatskog upravljanja								
	1	Noćno hlađenje								
	2	Free cooling								
	3	Upravljanje prema entalpiji								
4.9	Upravljanje temperature ubacnog vazduha									
	0	Nema automatskog upravljanja								
	1	Konstantna željena vrednost								
	2	Promenjiva željena vrednost sa kompenzacijom po spoljnoj temperaturi								
	3	Promenjiva željena vrednost sa kompenzacijom po toplotnom opterećenju								
4.10	Upravljanje vlažnosti									
	0	Nema automatskog upravljanja								
	1	Upravljanje tačke rose								
	2	Direktno upravljanje vlažnosti								

Tabela 5. Lista funkcija automatike upravljanja osvetljenja.

			Definicija klase							
			Rezidencijalni				Nerezidencijalni			
			D	C	B	A	D	C	B	A
5	Upravljanje osvetljenja									
5.1	Upravljanje zauzetosti									
	0	Ručno uključivanje/isključivanje								
	1	Ručno uključivanje/isključivanje + dodatni signal isključivanja								
	2	Automatska detekcija (auto on)								
	3	Automatska detekcija (manual on)								
5.2	Upravljanje nivoa/dnevnog svetla									
	0	Ručno (centralno)								
	1	Ručno (po prostoru/zonama)								
	2	Automatsko uključivanje								
	3	Automatsko dimovanje								

Tabela 7. Lista funkcija sistema automatskog upravljanja i nadzora u zgradama.

			Definicija klasa							
			Rezidencijalni				Nerezidencijalni			
			D	C	B	A	D	C	B	A
7	Nadzor i upravljanje									
7.1	Menadžment željenih vrednosti									
	0	Ručno postavljanje prostor po prostor pojedinačno								
	1	Promena samo iz decentralizovanih dispečerskih soba								
	2	Promena iz centralne dispečerske sobe								
	3	Promena iz centralne dispečerske sobe sa čestim brisanjem podešavanja korisnika								
7.2	Menadžment rada									
	0	Ručno podešavanje (omogućavanje rada)								
	1	Individualno podešavanje prateći fiksno predefinisani vremenski plan								
	2	Individualno podešavanje prateći predefinisani vremenski plan; promena iz centralne dispečerske sobe; promenljive faze prekondicioniranja								
7.3	Detekcija grešaka tehničkih sistema u zgradi i pružanje podrške dijagnostici ovih grešaka									
	0	Nema centralne indikacije detektovanih grešaka i alarma								
	1	Postoji centralna indikacija detektovanih grešaka i alarma / dijagnostičke funkcije								
	2	Individualno podešavanje prateći predefinisani vremenski plan; promena iz centralne dispečerske sobe; promenljive faze pripreme								
7.4	Informacije o izveštavanju potrošnje energije, unutrašnji uslovi									
	0	Indikacija samo trenutnih vrednosti (npr. temperature, merenih vrednosti)								
	1	Prikaz trendova i određivanje potrošnje								
	2	Analiza, ocena performansi, uporedna procena								
7.5	Lokalna generacija energije i obnovljivi izvori									
	0	Neupravljana generacija zavisna od fluktuacije obnovljivog izvora energije ili vremena rada kombinovanog postrojenja; višak proizvodnje se šalje u mrežu								
	1	Koordinacija lokalnih obnovljivih izvora energije u vezi sa lokalnim profilom potrošnje uključujući menadžment skladišta energije; optimizacija sopstvene potrošnje								
7.6	Rekuperacija otpadne toplote i preusmeravanje toplote									
	0	Trenutno korišćenje otpadne toplote i preusmeravanja toplote								
	1	Upravljanje korišćenje otpadne toplote i preusmeravanje toplote (uključujući punjenje/praznjenje skladišta toplote)								
7.7	Integracija sa pametnim mrežama									
	0	Nema harmonizacije između mreže i energetskog sistema zgrade; zgrada radi nezavisno od opterećenja mreže								
	1	Energetski sistem zgrade je vođen i radi zavisno od opterećenja mreže; vođenje prema zahtevu se koristi za preusmeravanje energije								

ZAKLJUČAK

Standard SPRS EN ISO 52120-1:2022 Energetske performanse zgrada – Uticaj sistema automatskog upravljanja i nadzora u zgradama nije potpuno nov standard, već predstavlja unapređen SRPS EN 15232-1:2017.

Opis upravljačkih funkcija koji je bio u Tabeli 4 kod SRPS EN 15232 sada je u Tabeli 4 od SPRS EN ISO 52120. Modulirano upravljanje je uvedeno kao zahtev za više nivoa energetske efikasnosti kako za upravljanje emisije grejanja, tako i hlađenja. Dodate su nove funkcije hidrauličkog balansiranja za razvod grejanja i hlađenja kroz funkcije 1.4a i 3.4a respektivno. Uvedene su promene nekih funkcija kod 1.10, 4.1, 4.4 i 5.2.

Dodate su nove upravljačke funkcije na bazi zahteva za upravljanje ubacnog vazduha na nivou prostorije, a prema merenju kvaliteta vazduha (CO₂, VOC, itd.).

Funkcije automatske detekcije upravljanja osvetljenja su pojednostavljene, kao i funkcije dimovanja.

Propisani minimum funkcija sistema automatskog upravljanja i nadzora u zgradama postaje normativ i nije više samo informativan.

LITERATURA

[1] <https://ec.europa.eu/eurostat>

[2] <https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/articles/dhs/new-en-iso-52120-bacs-standard-for-building-efficiency/>

[3] SPRS EN ISO 52120-1 Energetske performanse zgrada – Uticaj sistema automatskog upravljanja u zgradama – Deo 1: Opšti okvir i postupci

[4] <https://eubac.org/news/the-new-en-iso-52120-is-replacing-en-15232-eu-bac-guide/>

INTEGRACIJA SOLAR-TERMAL POSTROJENJA SA SEZONSKIM SKLADIŠTEM TOPLOTE U SISTEM DALJINSKOG GREJANJA NOVOG SADA

Vladimir Munćan, Igor Mujan, Aleksandar Anđelković, Dušan Macura

Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

JKP „Novosadska toplana“, Novi Sad, Srbija

vladimirmuncan@uns.ac.rs, igor.m@uns.ac.rs, aleksa@uns.ac.rs,
dusan.macura@nstoplana.rs

REZIME

Sistemi daljinskog grejanja predstavljaju ključnu infrastrukturnu komponentu u postizanju visokog nivoa energetske efikasnosti i smanjenja emisije gasova sa efektom staklene bašte. Sa razvojem koncepta četvrte i pete generacije sistema daljinskog grejanja kreiraju se uslovi za značajniju integraciju obnovljivih izvora energije, prvenstveno solarne energije. U kontekstu energetske tranzicije i dekarbonizacije sektora grejanja, rad analizira potencijal integracije solarno-termalnog postrojenja sa sezonskim skladištem toplote tipa PTES u sistem daljinskog grejanja Grada Novog Sada. Rezultati analize pokazuju da je integracijom moguće proizvesti 118 GWh toplotne energije iz obnovljivih izvora na godišnjem nivou uz smanjenje emisija CO₂ za približno 17.350 tona godišnje i značajno smanjenje zavisnosti od fosilnih goriva. Takođe, analiza pokazuje i mogućnost ostvarivanja akumulacije 80 GWh toplotne energije u sezonskom skladištu tokom perioda van grejne sezone. Dodatno, rad ukazuje na potrebu za preciznim modelovanjem PTES koje je od ključnog značaja za analizu strujnih i toplotnih procesa unutar skladišta, jer upravo ti procesi određuju stabilnost termalne stratifikacije, koja ima direktan uticaj na efikasnost skladišta toplote, a time i na ukupne performanse sistema daljinskog grejanja.

Ključne reči: PTES; solar district heating; seasonal heat storage; thermal stratification;

1 UVOD

U kontekstu globalne energetske tranzicije, sistemi daljinskog grejanja (SDG) predstavljaju ključnu komponentu za postizanje visokog nivoa energetske efikasnosti i dekarbonizacije u sektoru grejanja i hlađenja [1]. Ova dva sektora zaslužna su za približno 50% ukupne potrošnje finalne energije u Evropi [2]. Razvoj SDG proteže se tokom prethodnih nešto više od sto godina tokom kojih su pretrpeli značajna tehničko-tehnološka unapređenja razvijajući se kroz četiri generacije [3]. Tradicionalni SDG druge i treće generacije, zastupljeni pretežno u istočnoj Evropi, u velikoj meri oslanjaju se na fosilna goriva (pretežno prirodni gas i ugalj) [4], što značajno otežava integraciju lokalno dostupnih obnovljivih izvora energije (OIE), smanjenje emisija gasova sa efektom staklene bašte kao i unapređenje energetske efikasnosti u sektoru grejanja i hlađenja [5].

Međutim, tokom poslednje decenije dolazi do značajnog razvoja četvrte generacije daljinskog grejanja (4GSDG) i buduće pete generacije sistema daljinskog grejanja i hlađenja (5GSDGH) koji favorizuju integraciju OIE, niže temperaturne režime i digitalizovane metode upravljanja [3]. Značajan doprinos razvoju SDG i njihovoj tranziciji ka sistemima 4GSDG i 5GSDGH pruža i Evropska Unija koja kroz svoje direktive o energetske efikasnosti [6] i direktivi koja promovise iskorišćenje OIE [7] snažno podržava korišćenja SDG u cilju ublažavanja klimatskih promena.

U poslednjih nekoliko godina zabeležen je značajan porast u primeni solarne energije u SDG u brojnim zemljama, poput primera integracije solarno-termalne elektrane sa sezonskim skladištem toplote u jami (*pit thermal energy storage* - PTES) sa postojećim SDG u Dronniglund-u u Danskoj [8] ili u Marstal-u takođe u Danskoj [9]. Prema [10], oko dve trećine novoizgrađenih solarnih sistema daljinskog grejanja sa PTES locirani su u ovoj skandinavskoj zemlji. Autori u [11] su sprovedli numeričku analizu integracije solarnog sistema daljinskog grejanja sa fotonaponskim-toplotnim solarnim kolektorima i PTES u Kini. Dodatno, u [12] analizirana je mogućnost integracije solarne energije u sisteme daljinskog grejanja i hlađenja u Talinu u Estoniji.

Glavni tehnički izazov u ovakvoj integraciji predstavlja vremenski nesklad između perioda najveće dostupnosti sunčevog zračenja i trenutaka najveće potrebe za toplotnom energijom u sistemu [13]. Isti autor u svom radu [13], kao rešenje za prevazilaženja prethodno spomenutog tehničkog izazova, preporučuje integraciju solarnih SDG sa toplotnim skladištima koji kao radni fluid koriste materijale sa visokom specifičnom toplotom poput vode ili materijala sa promenom faze [14].

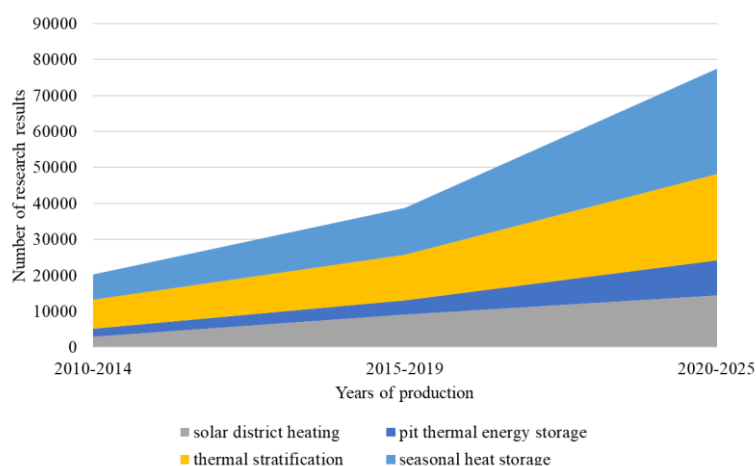
U tom smislu, integracija solarno-termalnih postrojenja sa sezonskim skladištem toplote u okviru SDG mreže nameće se kao efikasno i održivo rešenje za pokrivanje toplotnog opterećenja za potrebe grejanja i pripreme tople potrošne vode (TPV) uz minimalan uticaj na životnu sredinu. Sezonska skladišta toplote omogućavaju akumulaciju viškova proizvedene toplote tokom letnjeg perioda i njihovu distribuciju tokom zimskih meseci kada je potražnja najveća [11]. Naučna literatura prepoznaje četiri osnovna tipa sezonskih toplotnih skladišta i to: toplotna skladišta u vidu rezervoara (*tank thermal energy storage* - TTES), toplotna skladišta za skladištenje toplotne energije u jami (PTES), toplotna skladišta za skladištenje toplotne energije u vodonosnom sloju (*aquifer thermal energy storage* - ATES) i toplotna skladišta za skladištenje toplotne energije u bušotinama (*borehole thermal energy storage* - BTES) [15]. Sezonska skladišta tipa PTES pokazala su se kao posebno pogodna za ovu primenu zbog svoje velike zapremine, niskih specifičnih investicionih troškova i relativno jednostavne konstrukcije [16] kao i mogućnosti skladištenja radnog fluida na temperaturama oko 90°C [17]. Ova skladišta mogu ostvariti kapacitete veće od 100.000 m³ [16], sa gustinama skladištenja toplote između 30 i 50 kWh/m³ [18], čime se omogućava čuvanje značajnih količina energije tokom perioda niske potrošnje.

Cilj ovog rada je da se prikaže potencijal integracije solar-termal postrojenja sa sezonskim skladištem u sistem daljinskog grejanja Novog Sada. Kroz rad je detaljno prikazana koncepcija novoprojektovanog sistema sa osvrtnom na najreprezentativnije rezultate koji prikazuju buduće energetske tokove i bilanse. Dodatno rad ukazuje i na neke od najznačajnijih faktora koji utiču na efikasnost PTES kao krucijalnog elementa novog sistema (toplotna baterija) i na značaj pravilnog modelovanja PTES u cilju što detaljnije analize i prikaza strujnih i toplotnih procesa koji se odvijaju unutar sezonskog skladišta.

2 METODOLOGIJA

Prilikom pripreme rada autori su se vodili sledećom metodologijom prikupljanja relevantnih podataka, rezultata analiza i sl. iz širokog dijapazona različitih izvora stručne i naučne literature. U cilju prikazivanja aktuelnosti teme rada sprovedena je sveobuhvatna analiza naučnih i stručnih časopisa, knjiga, poglavlja iz knjiga, studija i tehničkih izveštaja. Oba sveobuhvatna analiza poslužila je za kreiranje polazne osnova za rezultate prikazane u radu. Na osnovu definisanih ključnih fraza (*pit thermal energy storage, solar district heating, seasonal heat storage, thermal stratification*) sprovedena je analiza pomenutih izvora. Kao izvor literature autori su se služili ScienceDirect bazom podataka. S obzirom na

ograničenu količinu podataka na srpskom jeziku ključne reči su definisane na engleskom kako bi se što preciznije prikazao status i zastupljenost ključnih reči u naučnoj i stručnoj literaturi. Rezultati pretrage su ograničeni na period od 2010. do 2025. godine i prikazani su na slici 1.



Slika 1 Rezultati pretrage baze podataka ScienceDirect

Rezultati pretrage jasno ukazuju na kontinualni rast interesovanja naučne zajednice za zadate ključne fraze u definisanim periodima. Najveći porast u broju naučnih literarnih izvora beleže sezonska toplotna skladišta tipa PTES i solarni sistemi daljinskog grejanja sa 4,5 i 5 puta većim brojem publikacija u poređenju sa periodom od 2010. do 2014. godine.

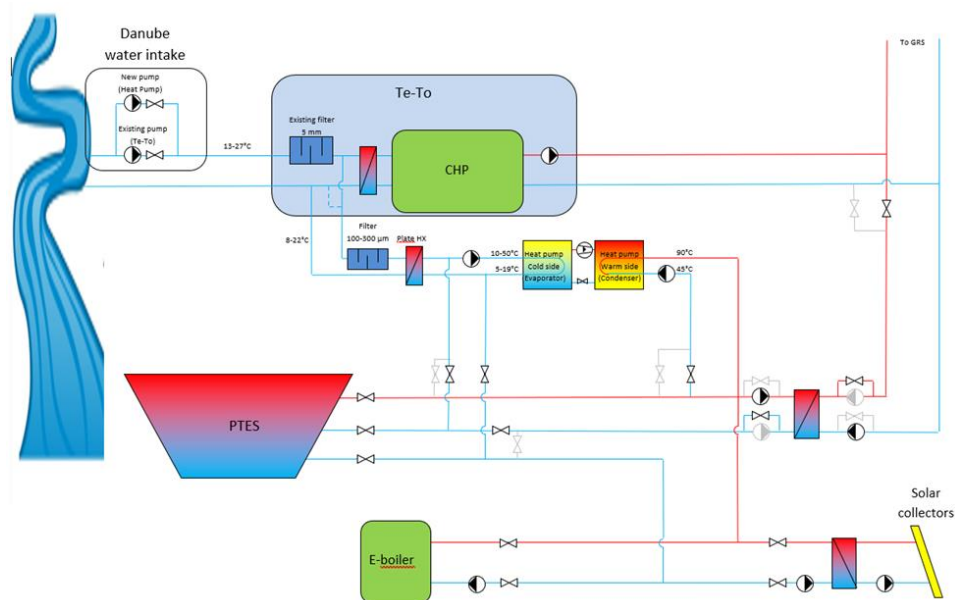
Prilikom predstavljanja koncepta novog sistema i prikazivanja rezultata i potencijala integracije solar-termal postrojenja sa sezonskim skladištem toplote u sistem daljinskog grejanja Novog Sada autori su koristili studiju opravdanosti [19].

3 SOLAR-TERMAL POSTROJENJE SA SEZONSKIM SKLADIŠTEM TOPLOTE

Sistem daljinskog grejanja Grada Novog Sada, kojim rukovodi JKP „Novosadska toplana“, u upotrebi je skoro 65 godina. Tokom ovog perioda sistem se kontinualno strateški i sistemski unapređivao i modernizovao, a sve u cilju povećanja ukupne efikasnosti i povećanja obima proizvodnje i distribucije toplotne energije za grejanje i pripremu tople potrošne vode (TPV) krajnjim korisnicima. Danas, novosadski SDG rangira se kao drugi najveći u Republici Srbiji, odmah iza beogradskog, pokrivajući približno 76% potreba za grejanjem i oko 28% potreba za pripremu TPV [20].

Trenutno, novosadski SDG se sastoji od šest potpuno operativnih toplana na prirodni gas (TO „Jug“, TO „Sever“, TO „Istok“, TO „Zapad“, TO „Petrovaradin“ i TO „Dudara“) ukupne toplotne snage 692,7 MW, pri čemu se u narednim godinama planira priključenje još dve toplane na SDG. TO „Majevica“ nalazi se u završnoj fazi izgradnje, dok se na području Mišeluka planira izgradnja toplane po principima 4GSDG. Od pomenutih šest toplana, tri toplane (TO „Jug“, TO „Sever“ i TO „Istok“) povezane su, preko glavne razdelne stanice (GRS), na termoelektranu toplanu „TE-TO Novi Sad“ (CHP) čime se omogućuje povećanje efikasnosti rada CHP postrojenja i istovremeno smanjuje potrošnja prirodnog gasa u lokalnim toplinama. U ovakvoj sistemske konfiguraciji lokalne toplane se koriste za pokrivanje vršnog opterećenja [19]. Dodatno, tokom godina na TO „Zapad“ i TO „Jug“ izvršena je rekonstrukcija postrojenja i instalirana su kogeneraciona postrojenja električne i toplotne snage 10 MWe+10 MWt i 4 MWe+4 MWt respektivno. Od momenta puštanja u rad, kogeneracioni sistemi ostvarili su proizvodnju od 790 GWh električne energije, kao i 780 GWh toplotne energije koja je iskorišćena za pripremu TPV [19].

U cilju daljeg povećanja efikasnosti proizvodnje toplotne energije, kreiranja uslova za povećanje integracije lokalno dostupnih OIE, kao i povećanja stepena nezavisnosti od primene fosilnih goriva JKP „Novosadska toplana“ je u saradnji sa Aalborg CSP, Enova, Context energy, Fakultetom tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, Evropskom bankom za obnovu i razvoj (EBRD) i Investicionim okvirom za Zapadni Balkan (WBIF) sprovedla studiju opravdanosti Solar-termal postrojenja sa sezonskim skladištem toplote [19]. Ova studija predstavlja prvi korak u daljem razvoju i dekarbonizaciji SDG u Novom Sadu. Pojednostavljena procesna šema novo definisanog sistema prikazana je na Slici 2. Za lokaciju novog postrojenja predložena je oblast u neposrednoj blizini postojeće TE-TO kako novi koncept predviđa spregu novog postrojenja i postojećeg kogeneracionog postrojenja.



Slika 2 Pojednostavljena procesna šema solar-termal postrojenja sa sezonskim skladištem toplote [19]

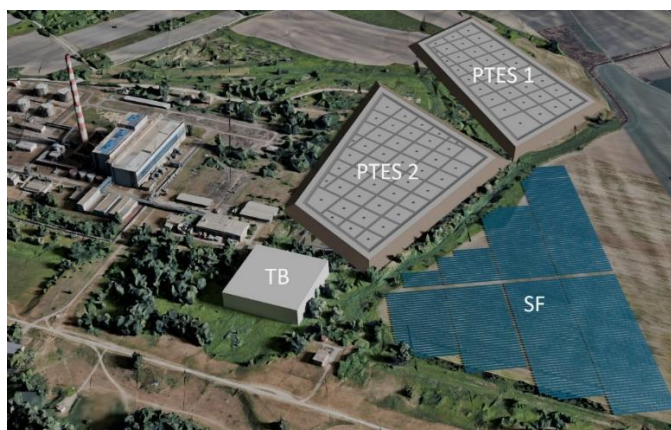
Osnovnu komponentu i krucijalni operativni element novoprojektovanog sistema čini sezonsko skladište toplote tipa PTES ukupnog zapreminskog kapaciteta od 869.829 m³ i mogućnosti akumulacije 105 MW toplotne snage. Toplotna energija za potrebe rada sistema se obezbeđuje radom solarno-termalne elektrane ukupne toplotne snage 31 MW, dobijenih instalacijom 38.623 m² solarnog kolektorskog polja, odnosno 2.420 solarnih kolektora, električne toplotne pumpe toplotne snage 17 MW i električnih bojlera ukupne toplotne snage 60 MW. Dodatno, prethodno opisano postrojenje se predviđa da radi u sprezi sa postojećim CHP postrojenjem toplotne snage 200 MW.

Sezonsko skladište tipa PTES suštinski predstavlja rezervoar vode velike zapremine u kojem se vrši akumulacija toplote. Ova toplotna skladišta, poput i ostalih tipova toplotnih skladišta sa vodom, se ponašaju kao baterije sa kontinualnim ciklusima punjenja i pražnjenja. S toga je održavanje optimalnog nivoa kapaciteta toplotne baterije, odnosno u ovom slučaju termalne stratifikacije krucijalno za održavanje visoke efikasnosti PTES ali istovremeno i visokih performansi celokupnog SDG. Termalna stratifikacija se prirodno javlja kao posledica različitih gustina toplijeg fluida koji se u skladište uvodi u gornjoj zoni i hladnijeg fluida koji se nalazi u donjim slojevima [17] pri čemu se između ovih slojeva javlja sloj sa velikim temperaturnim gradijentom. Prema [21] optimizacija debljine ovog sloja, tačnije rečeno smanjivanje debljine sloja sa velikim gradijentom temperature pozitivno utiče na efikasnost toplotnog skladišta. U naučnoj i stručnoj literaturi prepoznati su sledeći faktori koji utiču na stabilnost formiranja termalne stratifikacije: položaj [18] i tip difuzora kojima se radni fluid u

vodi u toplotno skladište [22], geometrija toplotnog skladišta [16], toplotni gubici u okolinu kroz bočne zidove i poklopac toplotnog skladišta [23], kao i uticaj podzemnih voda na toplotne gubitke [9].

Što se tiče geometrijskog oblika PTES u literaturi i praksi se najčešće sreću dva karakteristična oblika: oblik obrnutog zasečenog konusa kružnog poprečnog preseka i oblik obrnute zasečene piramide pravougaonog poprečnog preseka [16]. Najkarakterističniji primeri PTES u praksu su oni izvedeni u Danskoj u Dronninglund-u [24] i Marstal-u [25]. Oba pomenuta sezonska skladišta projektovana su i izvedena kao obrnute zasečene piramide pravougaonog poprečnog preseka. Prednost projektovanja ovakve konfiguracije PTES ogleda se u nižim troškovima izgradnje [16], kao i u mogućnosti iskorišćenja iskopane zemlje za formiranje nasipa u zoni iznad nivoa zemlje [19].

U slučaju sezonskog skladišta u Novom Sadu usvojena je geometrija obrnute zasečene piramide ali sa nepravilnom geometrijskom osnovom koja najviše podseća na zakrvljeni pravougaonik kako bi se maksimalno iskoristila raspoloživa površina zemljišta na lokaciji (Slika 3). Skladište je projektovano da se omogući dugotrajno skladištenje vode na temperaturi od 90°C pri temperaturi od 10°C u donjoj zoni. Konačno, usvojena su dva sezonska skladišta toplote jediničnih zapremina 383.168 m³ i 486.661 m³ ukupne dubine 12 m od kojih je dubina ukupan dela 3 m. Preostala visina predstavlja nadzemni deo skladišta, odnosno nasip [19].



Slika 3 Dispozicija solarno-termalnog postrojenja usvojenih u studiji [19]

Nakon iskopavanja i formiranja konačne geometrije toplotnog skladišta predviđa se postavljanje sloja polipropilenske folije na dno i bočne strane kako bi se obezbedila vodonepropusnost kao i instalacija izolovanog plutajućeg poklopca. Poklopac je konstruisan kao višeslojni i višesekcijski plutajući poklopac sa slojevima termoizolacije koji smanjuju toplotne gubitke ka okolini. Dodatno, poklopac sadrži i sloj šljunka koji služi kao zaštitni sloj od vetrova i za drenažu atmosferskih voda koje se pomoću pumpi instaliranih na svakoj sekciji poklopca odvođe [19]. Dodatno, što se tiče uticaja podzemnih voda i njihovog smanjenja studijom su identifikovana dva pristupa: pozicioniranje skladišta iznad najviše očekivane kote podzemne vode i aktivno hlađenje donje zone skladišta na temperaturu nižu od temperature podzemne vode korišćenjem toplotne pumpe. Projektovanjem PTES-a na minimalnoj udaljenosti od 1 metar iznad najviše predviđene kote podzemne vode, i dimenzionisanjem kapaciteta toplotne pumpe tako da održava temperaturu u donjoj zoni skladišta na oko 10 °C, očekuje se da će uticaj protoka podzemne vode na ukupne toplotne gubitke biti zanemarljiv. Ovim zaključcima prethodila je sveobuhvatna analiza zemljišta i podzemnih voda na lokaciji predviđenoj za pozicioniranje PTES [19].

Punjenje i pražnjenje toplotnog skladišta vrši se putem ulaznih i izlaznih difuzora kojih u ovom slučaju ima tri i postavljeni su ravnomerno u gornjoj, srednjoj i donjoj zoni PTES. Donji i gornji difuzori su predviđeni za povezivanje na sistem solarno-termalne elektrane, električnih kotlova ili CHP postrojenja, dok je srednji difuzor rezervisan za povezivanje na sistem električne pumpe. Prilikom definisanja i projektovanja difuzora veoma je bitno voditi računa o njihovoj geometriji i veličini kako bi se maksimalno moguće umanjio efekat turbulencije koje se javljaju prilikom uticanja i isticanja radnog fluida iz skladišta. Ove turbulencije negativno utiču na održavanje termalne stratifikacije [22]. Za potrebe studije usvojeni su difuzori čija geometrija predstavlja dva diska međusobno razdvojena definisanom razmakom. Difuzori su pričvršćeni na dovodni i odvodni cevovod čime se kreiraju uslovi za ravnomernu raspodelu fluida u skladište pri prihvatljivim brzinama strujanja. Preporučljive karakteristike za sva tri difuzora predstavljene su u Tabeli 1.

Tabela 1 Preporučljive karakteristike difuzora [19]

Pozicija difuzora	Maksimalni protok [m ³ /h]	Prečnik difuzora [m]	Razmak između diskova difuzora [m]	Prosečna brzina strujanja na izlazu [m/s]
Gornji	2.600	10	0,11	0,21
Srednji	1.180	4	0,11	0,24
Donji	2.600	10	0,11	0,21

U nastavku ovog poglavlja biće detaljno opisan princip rada solarno-termalne elektrane.

Tokom perioda van grejne sezone, kompletna količina toplotne energije, dobijene iz solarno-termalne elektrane, se usmerava ka sezonskom skladištu toplote. Nasuprot tome, u toku grejne sezone proizvodnja iz solarne elektrane gotovo uvek ostaje ispod trenutne potrošnje sistema, a samo manji deo proizvedene toplotne energije tokom grejne sezone se direktno isporučuje SDG. Ipak, u izuzetnim slučajevima kada zbir proizvodnje iz solarne elektrane i eventualni doprinos električnih kotlova premaši trenutnu potrošnju, višak energije se automatski akumulira u PTES. Solarna termalna elektrana funkcioniše na principu cirkulacije radnog fluida kroz solarne kolektore, gde se fluid zagreva, nakon čega se ostvareni toplotni protok predaje preko toplotnog razmenjivača bilo direktno SDG, bilo u sezonsko skladište toplote. Proizvodnja toplotne energije zavisi isključivo od trenutnih solarnih uslova. Predviđeno je da solarna termalna elektrana radi u temperaturnom režimu 10/90°C (povrat/potis), pri čemu se regulacija temperature ostvaruje se promenom protoka radnog fluida. Pri visokim vrednostima sunčevog zračenja povećava se protok kako bi se radni fluid kraće zadržavao u kolektorima i time sprečilo pregrevanje, dok se pri nižem zračenju ili potrebi za višim izlaznim temperaturama protok smanjuje, omogućavajući duži kontakt fluida sa kolektorima i efikasnije preuzimanje toplote. Prva faza u radu solarnog postrojenja je faza predgrevanja koja se inicirana postizanjem određene vrednosti sunčevog zračenja, koje u ovom slučaju iznosi 250 W/m². Pri postizanju ove vrednosti započinje recirkulacija radnog fluida kroz primarni krug, odnosno krug solarnih kolektora. Nakon postizanja zadate temperature počinje faza predgrevanja sekundarne strane. Završetkom faze predgrevanja sistem ulazi u fazu normalnih operativnih karakteristika. Takođe, predviđena su dva nivoa zaštite od smrzavanja koji se aktiviraju pri dostizanju niskih ambijentalnih temperatura od 0°C odnosno -10°C kao i tri nivoa zaštite u slučaju akcidentnog prestanka rada postrojenja (havarija, nestanak električne energije i sl.) [19].

Električni kotlovi, sa elektrodama uronjenim u vodu i radnim naponom 20kV, su projektovani za fleksibilnu isporuku toplotne energije, bilo direktno u mrežu daljinskog grejanja, bilo u sezonsko skladište, u zavisnosti od cena električne energije i potreba

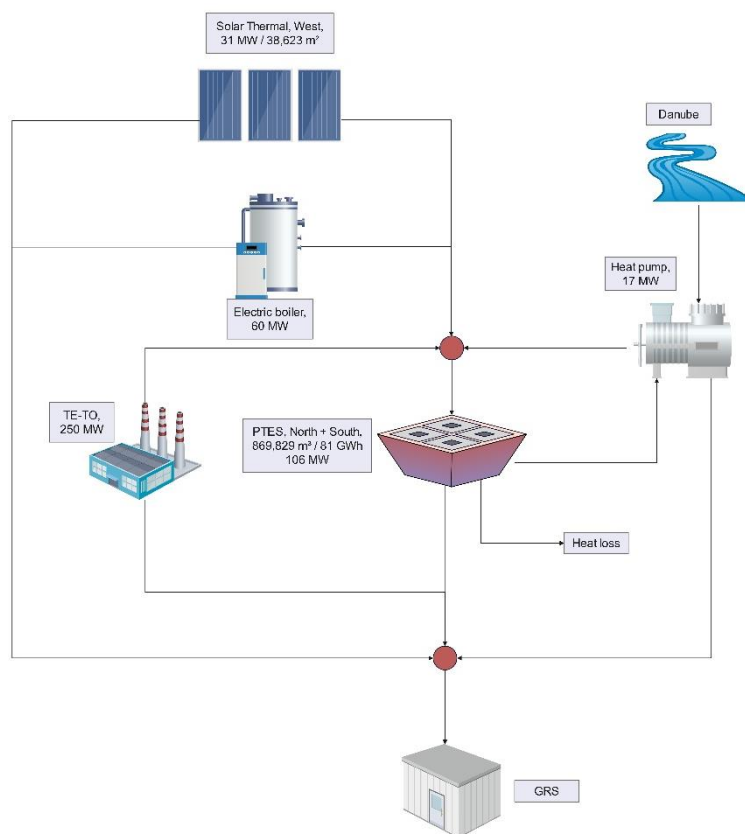
balansiranja elektroenergetskog sistema. Ukupna instalisana snaga električnih kotlova je 60 MW (2x30 MW) sa mogućnošću regulacije izlazne toplotne snage [19].

Sistem električne toplotne pumpe karakteriše rashladni kapacitet od 12,7 MW i već pomenuta toplotna snaga od 17 MW. Prilikom odabira rashladnog sredstva vodilo se računa da usvojeno rešenje bude termodinamički opravdano i ekološki prihvatljivo. Studijom su analizira dva rashladna sredstva sa niskom vrednostima GWP-a i to amonijak i isobutan. Dodatno, studija je obuhvatila i analizu konfiguracije sistema toplotne pumpe. Poređene su konfiguracije sa jednom ili dve velike rashladne mašine naspram konfiguracije sa više paralelnih linije i manjim rashladnim jedinicama. Na kraju usvojeno je tehničko rešenje, odnosno konfiguracija sa 7 paralelnih povezanih linija jedinica manjih snaga koje kao rashladno sredstvo koriste isobutan. Na ovaj način ostvaruje se značajno veća fleksibilnost sistema i raznovrsnija kontrola opterećenja. Nedostaci ove konfiguracije ogledaju se u većem karbonskom otisku sistema toplotne pumpe, složenijom konstrukciji koja iziskuje kompleksnije održavanje sistema [19].

Strategija korišćenja električne toplotne pumpe u sistemu zasniva se na njenom korišćenju u dva glavna režima [19]:

- Režim „hlađenja PTES-a“ koji predviđa da tokom grejne sezone toplotna pumpa preuzima energiju iz donje, hladnije zone skladišta, čime se povećava korisni kapacitet akumulacije, smanjuju gubici toplote i omogućava efikasniji rad solarne elektrane zahvaljujući nižim temperaturama pri dnu rezervoara. Iskorišćenjem toplotne energije iz donjeg sloja skladišta kroz sistem toplotne pumpe dobija se energija koja se može koristiti za podizanje temperature u mreži daljinskog grejanja ili za punjenje gornje akumulacione zone, u zavisnosti od potreba. COP toplotne pumpe u ovom režimu iznosi 3,9.
- Režim „hlađenja rekom“ koji predviđa da se, van grejne sezone, kada temperatura Dunava omogućava efikasan rad, toplotna pumpa koristi rečnu vodu kao izvor toplote, a dobijena energija se usmerava ka PTES-u. COP toplotne pumpe u ovom režimu iznosi 2,7.

Oba režima rada toplotne pumpe se mogu prioritarno aktivirati tokom perioda sa niskim cenama električne energije. Ilustrativni prikaz međusobnog povezivanja komponenti sistema sa njihovim osnovnim karakteristikama prikazuje Slika 4.



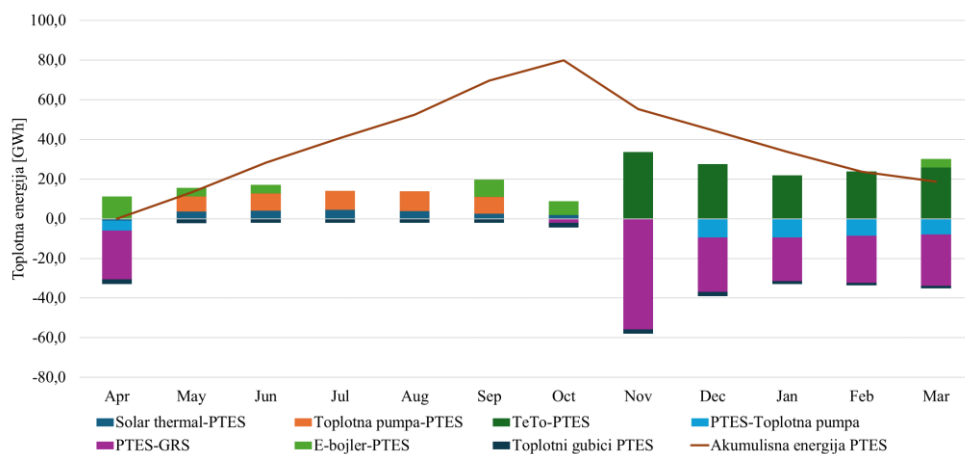
Slika 4 Ilustrativni prikaz međusobnog povezivanja komponenti sistema [19]

Dodatno, PTES funkcioniše i kao termički bafer za kogeneraciono postrojenje, čime se značajno povećava operativna fleksibilnost sistema. Tokom noći u grejnoj sezoni, kada su zahtevi za toplotnom energijom niski, CHP postrojenje može skladištiti višak toplote u PTES-u i potom je isporučivati tokom jutarnjih pikova, čime se smanjuje potreba za angažovanjem gasnih kotlova u lokalnim toplanama [19].

Sezonsko skladište toplote se prioritarno prazni na početku grejne sezone, u skladu sa operativnom strategijom koja predviđa njegovo potpuno pražnjenje na početku grejne sezone kako bi se minimizirali gubici toplote u sistemu. Na ovaj način omogućava se da se PTES koristi za pokrivanje baznog opterećenja od početka sezone do njegovog pražnjenja. CHP postrojenje se koristi za povećanje temperature u potisnom vrelovodu mreže daljinskog grejanja, kada je to neophodno.

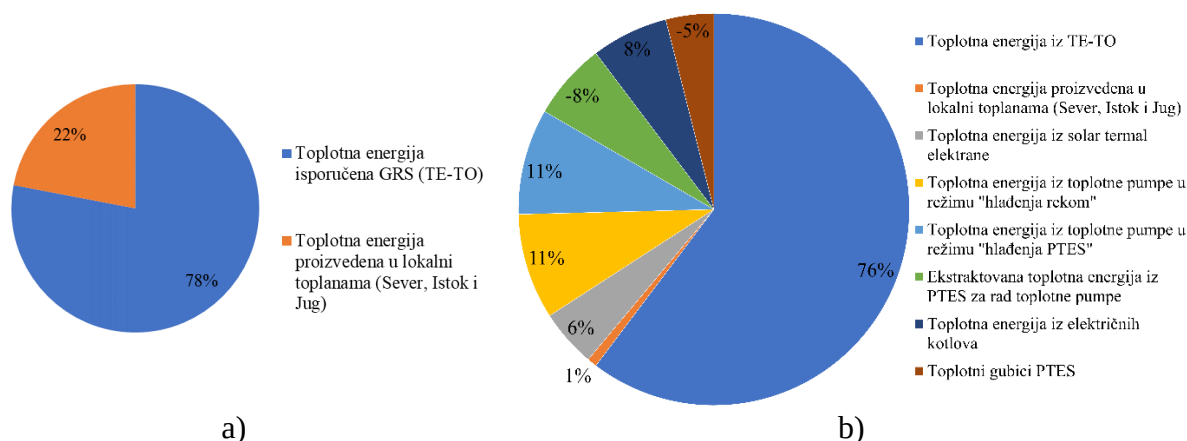
4 REZULTATI I DISKUSIJA

Prema rezultatima makro analize energetske tokova za referentnu 2022. godinu, integracijom solarnog termalnog postrojenja sa sezonskim skladištem toplote očekuje se da novo definisano postrojenje proizvodi 118 GWh toplotne energije iz OIE na godišnjem nivou uz posledično smanjenje emisija CO₂ za približno 17.350 tona godišnje. Dodatno, rezultati su pokazali da je tokom perioda van grejne sezone u PTES moguće akumulirati do 80 GWh toplotne energije primenom različitih toplotnih izvora kako je i predstavljeno u prethodnom poglavlju (Slika 5). Sa slike se jasno vidi da je najveći procenat akumulirane energije dobijen iz sistema toplotne pumpe 55%, dok se iz električnih bojlera i solarno-termalne elektrane može akumulirati 22% odnosno 23%. Dodatno, vrednosti ispod linije „0“ predstavljaju toplotnu energiju koja se odvodi iz PTES. Tokom grejne sezone najveća količina energije koja se isporučuje u PTES je iz kogeneracionog postrojenja TE-TO i to približno 133 GWh, dok je energija isporučena u SDG-a, preko GRS, iz PTES tokom grejne sezone približno 182 GWh.



Slika 5 Energetski bilans PTES [19]

Dodatno, pozitivan uticaj novoprojektovanog energetskog sistema može se sagledati i kroz sliku 6a i 6b. Integracijom obnovljivih izvora energije i optimizovanom koordinacijom rada postojećeg TE-TO postrojenja sa sezonskim skladištem toplote, projektovani sistem je u stanju da obezbedi do 99% godišnjih potreba za toplotom u okviru SDG u referentnoj godini. Primećuje se da se primenom novog energetskog sistema ostvaruje značajna redukcija u proizvodnji toplotne energije iz lokalnih toplana. Sa postojećih 22% udela u ukupnoj proizvodnji toplotne energije ona se u novom sistemu redukuje na svega 1% udela. Negativne vrednosti se odnose na toplotne gubitke u PTES.



Slika 6 Udeli u proizvodnji toplotne energije za različite toplotne izvore za a) postojeći sistem i b) budući sistem [19]

Integracijom solar-termal postrojenja sa sezonskim skladište, električnim bojlerima i električnim toplotnim pumpama ostvaruje se još jedna veoma značajna i korisna funkcija, a to je međusektorsko povezivanje SDG i elektroenergetskog sistema. Naime, sa povećanjem udela proizvedene zelene električne energije povećava se i rizik od nedostatka balansne rezerve u elektroenergetskom sistemu. U tom kontekstu, toplotna skladišta u kombinaciji sa postrojenjima tipa power-to-heat (kao što su električni kotlovi i električno pogonjene toplotne pumpe) mogu predstavljati dodatni izvor balansne rezerve.

Poseban benefit integracije novog sistema sa skladištem toplote u postojeći SDG ogleda se u činjenici da bi se ovim novim konceptom ostvarili svi neophodni uslovi za karakterizaciju SDG Grada Novog Sada kao sistema 4GSDG. Ova činjenica ukazuje na kontinualni trend razvoja daljinskog grejanja u Novom Sadu i Republici Srbiji.

Sve prethodno analizirano i prikazano demonstrira snažan potencijal integracije solar-termal postrojenja sa sezonskim skladištem toplote u postojeći SDG Novog Sada. Uprkos brojnim

prednostima, izazovi i dalje ostaju u pogledu dugoročnih performansi, kao i tehničkih rešenja za očuvanje termalne efikasnosti skladišta tokom višegodišnje eksploatacije. Kao što je već naglašeno, u studiji je sprovedena makro analiza tokova energije i osnovnih komponenti sistema sagledavajući sistem kao celinu. Kako bi se dodatno osnažio potencijal primene PTES kao ključne komponente neophodno je sveobuhvatno i detaljno razumevanje strujnih i toplotnih procesa unutar skladišta. Tačnije rečeno, neophodno je najpre kreirati potrebne numeričke i CFD modele toplotnog skladišta kojima bi se detaljnije analizirali uticaji termalne stratifikacije, toplotnih gubitaka kao i pravilna konfiguracija ulaznih i izlaznih difuzora i strujanje fluida kroz njih. Dodatno, za što preciznije modelovanje PTES i razumevanje njegovih performansi u okviru SDG, od ključne je važnosti analizirati kako različiti izvori toplote, sa svojim specifičnim operativnim strategijama tokom procesa punjenja i pražnjenja utiču na unutrašnje strujanje, raspodelu toplote i stabilnost termičke stratifikacije unutar skladišta. Kako trenutno postrojenje još uvek nije izgrađeno, validacija budućeg modela PTES može biti izvršena pomoću CFD analize, dok će se konačna kalibracija i validacija modela moći izvršiti nakon završetka postrojenja i prikupljanja radnih parametara tokom određenog vremenskog perioda.

ZAKLJUČAK

U radu su prikazan koncept integracije solar-termal postrojenja sa sezonskim skladištem u sistem daljinskog grejanja Grada Novog Sada sa kratkim osvrtom na potrebe za dodatnim modelovanjem PTES. Sledeći zaključci se mogu izvesti:

1. Integracijom novog sistema u postojeći SDG obezbeđuje se do 99% godišnjih potreba za toplotom dela SDG – distributivnim područjima Sever, Istok i Jug.
2. Supstituiše potrošnja prirodnog gasa u SDG.
3. Mogućnost akumulacije 80 GWh toplotne energije u PTES u periodu van grejne sezone.
4. Međusektorsko povezivanje SDG i elektroenergetskog sistema u kojem toplotna skladišta u kombinaciji sa postrojenjima tipa power-to-heat mogu predstavljati dodatni izvor balansne rezerve.
5. Značaj modelovanja PTES u cilju detaljnih strujnih i toplotnih procesa unutar skladišta koji utiču na termalnu stratifikaciju od koje direktno zavisi efikasnost toplotnog skladišta, a samim tim i celokupnog SDG.

LITERATURA

- [1] A. R. Mazhar, S. Liu, and A. Shukla, "A state of art review on the district heating systems," 2018. doi: 10.1016/j.rser.2018.08.005.
- [2] A. Billerbeck, B. Breitschopf, S. Preuß, J. Winkler, M. Ragwitz, and D. Keles, "Perception of district heating in Europe: A deep dive into influencing factors and the role of regulation," 2024. doi: 10.1016/j.enpol.2023.113860.
- [3] H. Lund *et al.*, "4th Generation District Heating (4GDH). Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems.," 2014. doi: 10.1016/j.energy.2014.02.089.
- [4] R. Büchele, L. Kranzl, and M. Hummel, "What is the impact of the policy framework on the future of district heating in Eastern European countries? The case of Brasov," 2018. doi: 10.1016/j.esr.2017.12.003.
- [5] X. Malcher, F. C. Tenorio-Rodriguez, M. Finkbeiner, and M. Gonzalez-Salazar, "Decarbonization of district heating: A systematic review of carbon footprint and key mitigation strategies," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 215, p. 115602, Jun. 2025, doi: 10.1016/J.RSER.2025.115602.

- [6] European Commission, “DIRECTIVE (EU) 2023/1791 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 13 September 2023 on energy efficiency and amending Regulation (EU) 2023/955 (recast),” 2023.
- [7] European Commission, “Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast),” 2018.
- [8] G. Gauthier, J. E. Nielsen, and N. From, “HEATSTORE Benchmarking, and improving models of subsurface heat storage dynamics Comparison of Danish PTES and BTES installation measurements with their corresponding TRNSYS models.” [Online]. Available: www.heatstore.eu
- [9] I. Sifnaios, A. R. Jensen, S. Furbo, and J. Fan, “Heat losses in water pit thermal energy storage systems in the presence of groundwater,” *Appl Therm Eng*, vol. 235, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2023.121382.
- [10] X. Pan *et al.*, “Long-term thermal performance analysis of a large-scale water pit thermal energy storage,” *J Energy Storage*, vol. 52, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.est.2022.105001.
- [11] J. Chen *et al.*, “Numerical study of a solar district heating system with photovoltaic-thermal collectors and pit thermal energy storage,” *Energy*, vol. 317, p. 134705, Feb. 2025, doi: 10.1016/j.energy.2025.134705.
- [12] K. Lepiksaar, G. M. Kajandi, S. Sukumaran, I. Krupenski, T. Kirs, and A. Volkova, “Optimizing solar energy integration in Tallinn’s district heating and cooling systems,” *Smart Energy*, vol. 17, p. 100166, Feb. 2025, doi: 10.1016/J.SEGY.2024.100166.
- [13] D. Olsthoorn, F. Haghighat, and P. A. Mirzaei, “Integration of storage and renewable energy into district heating systems: A review of modelling and optimization,” 2016. doi: 10.1016/j.solener.2016.06.054.
- [14] I. Sarbu and C. Sebarchievici, “A comprehensive review of thermal energy storage,” Jan. 14, 2018, *MDPI*. doi: 10.3390/su10010191.
- [15] Q. Zeng *et al.*, “Techno-economic performance and optimization of a large solar district heating system with pit storage under Tibetan Plateau climate conditions,” *Energy*, vol. 315, p. 134449, Jan. 2025, doi: 10.1016/J.ENERGY.2025.134449.
- [16] Y. Xiang, Z. Xie, S. Furbo, D. Wang, M. Gao, and J. Fan, “A comprehensive review on pit thermal energy storage: Technical elements, numerical approaches and recent applications,” Nov. 25, 2022, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.est.2022.105716.
- [17] H. Mahon, D. O’Connor, D. Friedrich, and B. Hughes, “A review of thermal energy storage technologies for seasonal loops,” Jan. 15, 2022, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.energy.2021.122207.
- [18] D. Mangold and L. Deschaintre, “Task 45 Large Systems Seasonal thermal energy storage Report on state of the art and necessary further R+D page 1 / 48 Subject: Seasonal thermal energy storage,” 2015. [Online]. Available: www.solites.de
- [19] Aalborg CSP, Contex Energy, Enova, and Faculty of Technical Sciences, “NOVI SAD SOLAR THERMAL PLANT FEASIBILITY STUDY AND E&S D6-Final Report,” 2024.
- [20] Poslovno udruženje “Toplane Srbije,” “Izveštaj o radu sistema daljinskog grejanja u Republici Srbiji u 2023. godini,” Šabac, Oct. 2024.

- [21] C. Xu, M. Liu, H. Tang, J. Wang, and J. Yan, “Thermodynamic analysis of the thermocline storage tank with time-varying charging parameters,” *Appl Therm Eng*, vol. 219, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2022.119477.
- [22] ARANER, “THERMAL ENERGY STORAGE SYTEMS TES.” [Online]. Available: www.araner.com|info@araner.com
- [23] C. Chang *et al.*, “Comparative study of the transient natural convection in an underground water pit thermal storage,” *Appl Energy*, vol. 208, pp. 1162–1173, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.apenergy.2017.09.036.
- [24] I. Sifnaios, G. Gauthier, D. Trier, J. Fan, and A. R. Jensen, “Dronninglund water pit thermal energy storage dataset,” *Solar Energy*, vol. 251, pp. 68–76, Feb. 2023, doi: 10.1016/j.solener.2022.12.046.
- [25] I. Sifnaios, A. R. Jensen, S. Furbo, and J. Fan, “Performance comparison of two water pit thermal energy storage (PTES) systems using energy, exergy, and stratification indicators,” *J Energy Storage*, vol. 52, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.est.2022.104947.