

Korištenje tehnologija odziva potrošnje u turističkom sektoru u svrhu povećanja integracije obnovljivih izvora energije

Mataić, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:867447>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom](#).

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-16**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Ivan Mataić

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Neven Duić, dipl. ing.

Student:

Ivan Mataić

Zagreb, 2020.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svima koji su me podržavali tijekom mog preddiplomskog studija i pisanja završnog rada, ponajviše prof. dr. sc. Nevenu Duiću na mentorstvu te asistentu Antunu Pfeiferu na stalnoj dostupnosti i mnogobrojnim uputama. Također, zahvaljujem se projektima Energetski neovisna Hrvatska bazirana na visokom udjelu obnovljivih izvora energije te različitih tehnologija brzog odziva - RESFLEX i Fostering diffusion of Heating & Cooling technologies using the seawater pumps in the Adriatic-Ionian Region - SEADRION, čiji podaci su mi koristili u pisanju ovoga rada.

Ivan Mataić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

| | |
|--|--------|
| Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje | |
| Datum | Prilog |
| Klasa: | |
| Ur.broj: | |

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: Ivan Mataić

Mat. br.: 0035208617

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Korištenje tehnologija odziva potrošnje u turističkom sektoru u svrhu povećanja integracije obnovljivih izvora energije**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Implementation of demand response technologies in tourism sector to foster the integration of renewable energy sources**

Opis zadatka:

Pri energetske tranziciji od energetskog sustava temeljenog na fosilnim gorivima prema energetskom sustavu temeljenom na varijabilnim obnovljivim izvorima energije (VOIE), dolazi do potrebe da se potrošnja energije, kad je to moguće, prilagođava varijabilnoj proizvodnji. Za to su potrebne učinkovite tehnologije i procesi, koji svojom upravljivošću omogućuju povećanje integracije energije iz VOIE u energetski sustav. Zadatak ovog rada je analizirati koje bi se tehnologije odziva potrošnje mogle primijeniti u turističkom sektoru u regiji Jadranska Hrvatska i kako njihova primjena utječe na mogućnost integracije energije iz VOIE. Potrebno je:

1. Analizirati dostupne tehnologije, koje se mogu primijeniti u turističkom sektoru za podmirivanje potreba za grijanjem i hlađenjem koristeći obnovljive izvore energije.
2. Opisati trenutni pravni okvir za primjenu takvih tehnologija.
3. Prikupiti podatke i modelirati potrošnju energije u turističkom sektoru.
4. Koristeći scenarijsku satnu analizu, programom za energetske planiranje EnergyPLAN, modelirati utjecaj tehnologija odziva potrošnje u turističkom sektoru Jadranske Hrvatske na integraciju energije iz VOIE za nekoliko scenarija razvoja energetskog sustava Republike Hrvatske s visokim udjelom VOIE.
5. Prikazati rezultate koji govore o smanjenju „kritičnog viška proizvedene električne energije“ [GWh/godišnje], potrošnji energije u turističkom sektoru [GWh/godišnje] prije i nakon primjene tehnologija odziva potrošnje, proizvodnji energije iz OIE [GWh/godišnje], uvozu energije [GWh/godišnje], izvozu energije [GWh/godišnje] te emisijama CO₂ [Mt].

Potrebni podaci i literatura se mogu dobiti kod mentora. U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
28. studenog 2019.

Datum predaje rada:
1. rok: 21. veljače 2020.
2. rok (izvanredni): 1. srpnja 2020.
3. rok: 17. rujna 2020.

Predviđeni datumi obrane:
1. rok: 24.2. – 28.2.2020.
2. rok (izvanredni): 3.7.2020.
3. rok: 21.9. - 25.9.2020.

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Neven Duić

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Igor Balen

SADRŽAJ

| | |
|--|-----|
| SADRŽAJ | I |
| POPIS SLIKA | II |
| POPIS TABLICA..... | IV |
| POPIS OZNAKA | V |
| SAŽETAK..... | VI |
| SUMMARY | VII |
| 1. UVOD..... | 1 |
| 2. DOSTUPNE TEHNOLOGIJE | 3 |
| 2.1. Solarni sustavi | 3 |
| 2.2. Dizalice topline | 4 |
| 2.3. Spremnici topline | 6 |
| 3. PRAVNI OKVIR ZA PRIMJENU NAVEDENIH TEHNOLOGIJA..... | 9 |
| 3.1. Zakonodavni okvir Europske unije i Republike Hrvatske u području gospodarenja energijom | 9 |
| 3.1.1. Međunarodni sporazumi | 9 |
| 3.1.2. Strateški ciljevi Europske unije..... | 9 |
| 3.1.3. Strategija energetskeg razvitka (Republike Hrvatske)..... | 10 |
| 3.1.4. Novi Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji | 10 |
| 3.2. Sufinanciranje i poticajna sredstva navedenih tehnologija | 11 |
| 3.2.1. Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost..... | 11 |
| 3.2.2. Operativni program Konkurentnost i kohezija 2014.-2020. | 12 |
| 3.2.3. Hrvatska banka za obnovu i razvitak (HBOR) | 12 |
| 4. METODE..... | 13 |
| 5. POTROŠNJA ENERGIJE U TURISTIČKOM SEKTORU | 16 |
| 6. MODELIRANJE ENERGETSKOG SUSTAVA..... | 22 |
| 6.1. Referentni scenarij | 22 |
| 6.1. Scenarij s tehnologijama odziva potrošnje..... | 28 |
| 5. ZAKLJUČAK..... | 38 |
| LITERATURA..... | 39 |
| PRILOZI..... | 41 |

POPIS SLIKA

| | | |
|-----------|---|----|
| Slika 1. | Shema solarnog toplinskog sustava..... | 4 |
| Slika 2. | Shema sustava dizalice topline - ljevokretni proces..... | 5 |
| Slika 3. | Izvori odnosno ponori topline | 6 |
| Slika 4. | Presjek spremnika topline | 7 |
| Slika 5. | Prikaz kombinacije solarnih kolektora, dizalice topline i spremnika topline..... | 8 |
| Slika 6. | Pročelje računalnog programa EnergyPLAN..... | 13 |
| Slika 7. | Satna distribucijska krivulja rashladnog opterećenja | 21 |
| Slika 8. | Krivulja promjene kritičnog viška proizvedene električne energije promjenom instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana | 22 |
| Slika 9. | Krivulja smanjenja emisija CO ₂ promjenom instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana | 23 |
| Slika 10. | Krivulja promjene uvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana | 24 |
| Slika 11. | Krivulja promjene izvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana | 24 |
| Slika 12. | Krivulja promjene proizvodnje električne energije iz OIE promjenom instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana | 25 |
| Slika 13. | Krivulja promjene kritičnog viška proizvedene električne energije promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana | 26 |
| Slika 14. | Krivulja smanjenja emisija CO ₂ promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana | 26 |
| Slika 15. | Krivulja promjene uvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana | 27 |
| Slika 16. | Krivulja promjene izvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana | 27 |
| Slika 17. | Krivulja promjene proizvodnje električne energije iz OIE promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana..... | 28 |
| Slika 18. | Modeliranje hlađenja u EnergyPLAN-u..... | 29 |
| Slika 19. | Modeliranje grijanja u EnergyPLAN-u | 30 |
| Slika 20. | Krivulje promjene kritičnog viška proizvedene električne energije promjenom instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana | 30 |
| Slika 21. | Krivulje smanjenja emisija CO ₂ promjenom instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana | 31 |
| Slika 22. | Krivulje promjene uvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana | 32 |
| Slika 23. | Krivulje promjene izvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana | 32 |
| Slika 24. | Krivulje promjene kritičnog viška proizvedene električne energije promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana | 33 |
| Slika 25. | Krivulje smanjenja emisija CO ₂ promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana | 34 |
| Slika 26. | Krivulje promjene uvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana | 34 |
| Slika 27. | Krivulje promjene izvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana | 35 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Slika 28. | Krivulje promjene kritičnog viška proizvedene električne energije promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana i fotonaponskih elektrana | 36 |
| Slika 29. | Krivulje smanjenja emisija CO ₂ promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana i fotonaponskih elektrana | 36 |
| Slika 30. | Krivulje promjene uvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana i fotonaponskih elektrana | 37 |
| Slika 31. | Krivulje promjene izvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana i fotonaponskih elektrana | 37 |

POPIS TABLICA

| | |
|---|----|
| Tablica 1. Broj hotela, smještajnih jedinica i stalnih kreveta u hotelima..... | 16 |
| Tablica 2. Broj aparthotela, smještajnih jedinica i stalnih kreveta u aparthotelima..... | 17 |
| Tablica 3. Broj turističkih naselja, smještajnih jedinica i stalnih kreveta u turističkim naseljima..... | 17 |
| Tablica 4. Broj turističkih apartmana, smještajnih jedinica i stalnih kreveta u turističkim apartmanima | 18 |
| Tablica 5. Broj kampova, smještajnih jedinica i stalnih kreveta u kampovima..... | 18 |
| Tablica 6. Stupanj popunjenosti smještajnih jedinica | 19 |
| Tablica 7. Ukupna godišnja potražnja električne energije za hlađenjem u turističkom sektoru | 20 |

POPIS OZNAKA

| Oznaka | Jedinica | Opis |
|----------------------|-------------|---|
| BDP | Jedinica | Opis oznake |
| COP | Jedinica | Opis oznake |
| V_{ss} | l | Volumen solarnog spremnika |
| f_{ss} | / | Proračunski faktor |
| $V_{PTV,d}$ | l/d | Stvarne dnevne potrebe za PTV-om |
| $\vartheta_{PTV,sl}$ | °C | Zahtijevana temperatura PTV-a na izljevnom mjestu |
| $\vartheta_{dov,hl}$ | °C | Temperatura dovedene hladne vode |
| $\vartheta_{PTV,SS}$ | °C | Temperatura PTV-a na izlazu iz spremnika |
| P | GWh/godina | Ukupno potrošena električna energija |
| C_i | kWh/noćenje | Potrošena električna energija za noćenje u pojedinom objektu (i=hoteli, turistička naselja ili kampovi) |
| U_i | / | Ukupni smještajni kapaciteti pojedinog objekta (i=hoteli, turistička naselja ili kampovi) |
| η_i | / | Stupanj popunjenosti pojedinog objekta (i=hoteli, turistička naselja ili kampovi) |
| N_i | / | Broj dana u mjesecu (i=siječanj, veljača, ..., prosinac) |
| DD | °C | Stupanj sat |
| T_v | °C | Unutrašnja temperatura prostorije u (periodu hlađenja uzeti 24 °C, a u periodu grijanja 21 °C) |
| T_p | °C | Satna vanjska temperatura dobivena pomoću METEONORMA |
| SRP | MWh | Satno rashladno opterećenje |
| TCP | MWh | Ukupna potrebna energija za hlađenje |
| $\sum_1^{8784} DD$ | °C | Zbroj svih DD-a tijekom jedne godine |
| STP | MWh | Satno toplinsko opterećenje |
| THP | MWh | Ukupna potrebna energija za grijanje |

SAŽETAK

Ovaj završni rad predstavlja procjenu korištenja utjecaja tehnologija odziva potrošnje u svrhu integracije varijabilnih obnovljivih izvora energije. Pokušalo se prikazati da je taj utjecaj pozitivan, odnosno da se njihova upotreba smatra kao jedno od potencijalnih rješenja u energetskej tranziciji i dekarbonizaciji.

U uvodu se ukratko objašnjava pojam varijabilnih obnovljivih izvora energije te stanje u turističkom sektoru Republike Hrvatske.

Poslije uvoda slijedi analiza dostupnih tehnologija, pomoću kojih će se modelirati energetski sustav Republike Hrvatske. Ukratko se objašnjavaju solarni sustavi, dizalice topline i spremnici topline, te se iznosi mogućnost integracije tih tehnologija s varijabilnim obnovljivim izvorima energije.

U sljedećem poglavlju opisuje se pravni okvir za primjenu navedenih tehnologija. Spominju se zakoni koji su osnovica energetske tranzicije i trenutnog stanja u Republici Hrvatskoj. Također, opisuju se europski i državni poticaji kojima se želi potaknuti integracija obnovljivih izvora energije u energetski sustav.

Iduća dva poglavlja objašnjavaju način prikupljanja i proračunavanja podataka te se ukratko objašnjava računalni program EnergyPLAN koji se u ovome zadatku koristi za modeliranje sustava s tehnologijama odziva potrošnje.

Nakon što su se prikupili svi potrebni podaci o potrošnji energije u turističkom sektoru, unose se promjene u referentni scenarij koji predstavlja energetski sustav Republike Hrvatske u 2030. bez tehnologija odziva potrošnje koji je preuzet iz projekta RESFLEX. Te promjene su zapravo implementacija spomenutih tehnologija u ovom radu. Potom se rezultati primjene tehnologija odziva potrošnje prikazuju pomoću dijagrama koji ukazuju na promjene vezane uz: „kritične viškove proizvedene električne energije“, uvoz energije, izvoz energije, emisije CO₂ te potrošnju energije u turističkom sektoru prilikom mijenjanja raznih instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana i vjetroelektrana.

Ključne riječi: tehnologije odziva potrošnje, varijabilni obnovljivi izvori energije, energetski sustav, turistički sektor, EnergyPLAN, dizalice topline, solarni sustavi, spremnici topline

SUMMARY

This final paper presents the assesment of the usage of demand response technologies for the purpose of integration of variable renewable energy sources. An attempt has been made to show that this impact is positive, and that usage of these technologies is considered to be one of the solution in energy transition and decarbonisation.

The introduction briefly explains the concept of variable renewable energy sources and the situation in the tourism sector of the Republic of Croatia.

The introduction is followed by an analysis of available tecnologies that will model the energy system of the Republic of Croatia. Solar systems, heat pumps, and heat storage tanks are briefly explained, and the possibility of integrating these technologies with variable renewable energy sources is presented.

The following section describes the legal framework for the application of these technologies. A few laws are mentioned, which are the basis of the energy transition and the current situation in the Republic of Croatia. This section also describes European and national incentives aimed at promoting the integration of renewable energy sources into the energy system.

The next two chapters explain how to collect and calculate data, and briefly explain the EnergyPLAN computer program used in this task to model systems with demand response technologies.

After all the necessary data on energy consumption in the tourism sector have been collected, changes are made to the reference scenario representing the energy system of the Republic of Croatia in 2030 without the consumption of demand response technologies taken from the RESFLEX project. These changes are actually the implementation of the technologies mentioned in this paper. The results of the implementation of these demand response technologies are then presented using diagrams that show the changes related to: „critical excess of electricity production“, energy imports, energy exports, CO₂ emissions, and energy consumption in the tourism sector when changing the various installed capacity of photovoltaic and wind power plants.

Key words: demand response technologies, variable renewable energy sources, energy system, tourism sector, heat pumps, solar systems, heat storage tanks

1. UVOD

Republika Hrvatska pokušava pratiti trend Europe koja se trenutačno nalazi u energetske tranziciji od energetskog sustava baziranog na fosilnim gorivima prema energetskome sustavu baziranom na varijabilnim obnovljivim izvorima energije (VOIE). Takav sustav zahtijeva učinkovite tehnologije i procese, koji svojom upravljivošću omogućuju povećanje integracije VOIE u energetske sustav. Energija iz VOIE, kako i samo ime kaže, varira, odnosno, nije konstantna, pa tako postoje periodi kada je ima previše, ali također i kada je ima nedovoljno. Potrebno je znati iskoristiti period kada je ima u suvišku, kako bi u trenutku kada je nema dovoljno nadomjestili potrebni nedostatak. Korištenje tehnologija odziva potrošnje uklanja ovaj problem na način da se kompletni energetske sustav nalazi u ravnoteži, tj. proizvodi se onoliko energije koliko se u tom trenutku troši. To naravno nije jednostavno, a u budućnosti će se vidjeti koliko je to uistinu izvedivo [1]. U ovom radu govori se o tehnologijama odziva potrošnje koje se baziraju na dizalicama topline, solarnim sustavima i spremnicima topline u svrhu što većeg integriranja VOIE u turističkome sektoru.

Turistički sektor u Hrvatskoj, zbog svoje razvijenosti i snažnog utjecaja na BDP, predstavlja velikog potrošača u energetskom sustavu Republike Hrvatske. [2] Izrazita dostupnost energije sunca i vjetra u području Primorske Hrvatske pruža veliku mogućnost integracije VOIE u sustav. Kvalitetnijim iskorištavanjem obnovljivih izvora energije (OIE) omogućuju se veće uštede, kvalitetnija usluga i snažniji marketinški utjecaj, jer u današnjem svijetu briga za okoliš ima veliki utjecaj na interes kupaca odnosno turista. Potrošnja energije u turističkome sektoru bazira se na energiji za hlađenje prostora i energiji za grijanje potrošne tople vode. Energija za grijanje prostora manje je značajna jer je klimatski utjecaj pogodniji za grijanje u zimskome periodu od npr. kontinentalnog dijela Hrvatske, a i potreba za grijanjem se javlja u rubnim dijelovima turističke sezone [3].

Ideja je omogućiti da se električna energija dobivena iz VOIE, točnije električna energija iz fotonaponskih ćelija i vjetroelektrana, koristi za dobivanje energije za grijanje i hlađenje [1]. Ako se periodi proizvodnje električne energije i npr. potrošnje toplinske energije ne podudaraju, potrebno je iskoristiti tu električnu energiju i proizvesti toplinsku energiju koju možemo skladištiti u spremnicima topline, kako bi ju koristili kada se ukaže potreba za njome. Time se žele izbjeći „kritični viškovi proizvedene električne energije“ kako se postrojenja ne bi trebala gasiti ili smanjivati proizvodnju. Neprestano gašenje i paljenje proizvodnje energije povećava troškove te negativno utječe na vijek trajanja samog postrojenja. Zbog toga se želi što više

ujednačiti potrošnja, odnosno izbjeći direktan utjecaj potrošnje na samu proizvodnju energije. Uređaji koji posreduju u tom odnosu mogu biti spremnici topline. U ovom radu određenim će se tehnologijama pokušati ostvariti taj učinak [4].

2. DOSTUPNE TEHNOLOGIJE

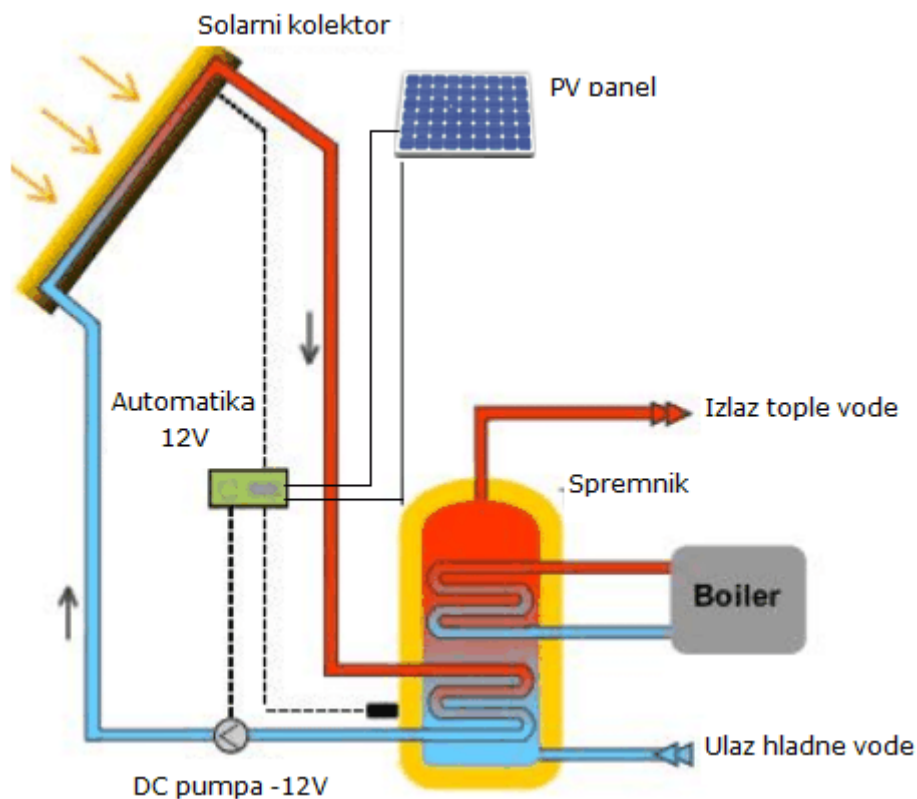
Na tržištu se svakodnevno pojavljuju nove tehnologije i sve više razvijaju postojeće tehnologije odziva potrošnje. Kako se u budućnosti planira potpuni prelazak na OIE, čija potrošnja djelomično varira, kvalitetne tehnologije odziva potrošnje morati će preuzeti tržište kako bi se energetske sustavi mogli balansirati. Postoji mnogo načina na koji se energetske sustav može balansirati, od različitih dizalica topline preko spremnika topline, solarnih sustava pa sve do korištenja vodika i gorivnih članaka. U ovom poglavlju ukratko će se opisati princip rada solarnih sustava, dizalica topline i spremnika topline.

2.1. Solarni sustavi

Solarni kolektori rade na principu upijanja sunčevog zračenja i na taj način zagrijavanja radnog medija. Solarni kolektori mogu se koristiti za zagrijavanje potrošne tople vode, za dogrijavanje ogrjevnice vode u sustavu grijanja, za zagrijavanje bazena i za klimatizaciju prostora (apsorpcijsko hlađenje). U periodu dok je sunčevo zračenje najintenzivnije voda se zagrijava i sprema u spremnike topline za naknadno korištenje. Solarni sustavi imaju veliki potencijal u turističkome sektoru jer uvelike mogu smanjiti potrošnju energije iz fosilnih goriva, koja se koristi za dobivanje npr. potrošne tople vode i za zagrijavanje vode za bazene. Kako su potrebe za potrošnom toplom vodom i toplom vodom za bazene najveće u ljetnim mjesecima, one u velikoj mjeri pospješuju integraciju solarnih sustava u energetske sustav. Potrebe za potrošnom toplom vodom (pretežito za tuširanje) su najveće u predvečernjim satima kada je sunčevo zračenje još značajno i kada je nakupljena toplinska energija dovoljna da se podmiri sva potrebna potrošnja. Na taj način solarni sustavi predstavljaju kvalitetnu tehnologiju odziva na potrošnju potrošne tople vode i tople vode za zagrijavanje bazena [5].

Kako Republika Hrvatska obiluje sunčevim zračenjem, solarni kolektori u Hrvatskoj imaju veliki potencijal u očuvanju okoliša. Na primjer, tijekom svog radnog vijeka koji iznosi 25 godina, solarni sustav sa instaliranih 6m² solarnih toplinskih kolektora u središnjem dijelu Republike Hrvatske proizvodi 75000 kWh toplinske energije i smanjuje emisiju ugljikovog dioksida u okoliš u iznosu od 30 tona [5]. Kontinuirano istraživanje i investiranje u ovu tehnologiju čini ju sve konkurentnijom na tržištu te je njena isplativost postala značajnija i bez državnih i europskih poticaja. Također, uštede koje ostvarujemo korištenjem solarnih sustava su značajne i uz sve potrebnu brigu za očuvanjem okoliša, solarni sustavi bi trebali imati veliku ulogu u energetske sustavu Republike Hrvatske. Navedeno predstavlja solarne sustave kao

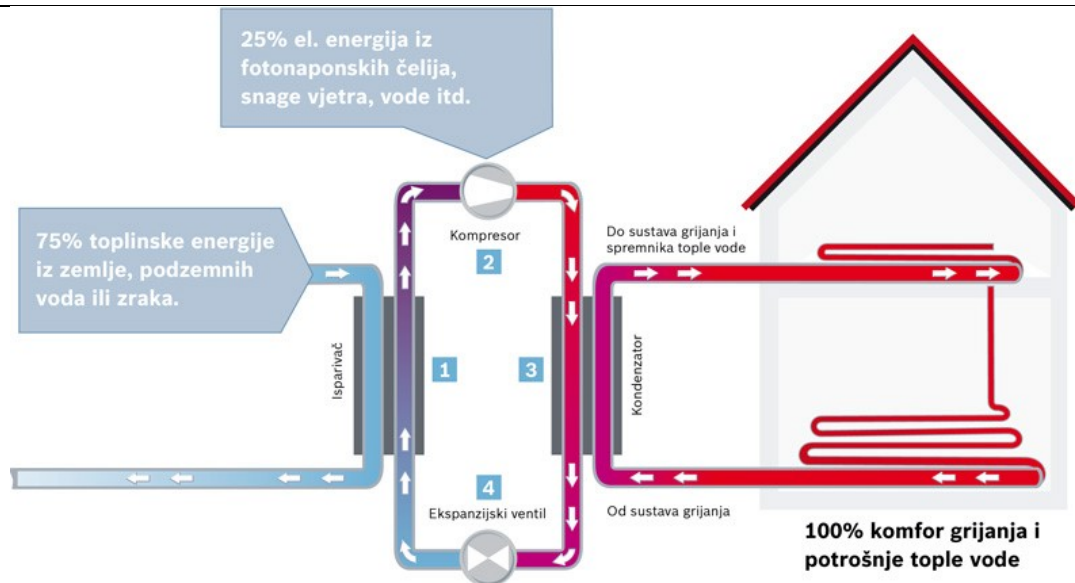
kvalitetnu pomoć tehnologijama odziva potrošnje u turističkome sektoru i također, mogu samo pomoći u integraciji VOIE u energetske sustav Republike Hrvatske [5].



Slika 1 . Shema solarnog toplinskog sustava [6]

2.2. Dizalice topline

Dizalice topline su uređaji koji se koriste za prenošenje toplinske energije s niskotemperaturnog spremnika, tj. izvora topline na visokotemperaturni spremnik zvan ponor topline. Da bi to bilo moguće, potrebno je uložiti dodatni mehanički rad (rad kompresora). Sustavi dizalice topline sastoje se od kruga izvora topline, kruga ponora topline te između njih, kruga radne tvari [7].



Slika 2 . Shema sustava dizalice topline - ljevokretni proces [8]

Radna tvar u isparivaču preuzima toplinu od izvora topline, zagrijava se i prelazi u parnu fazu. Daljnje povećanje temperature i tlaka odvija se u kompresoru, kako bi radna tvar mogla predati veći iznos topline ponoru topline. Taj prijenos topline odvija se u kondenzatoru tj. dolazi do kondenziranja radne tvari. Naknadno, radna tvar se pomoću ekspanzijskog ventila dovodi na tlak isparavanja te ponovno ulazi u isparivač, gdje ponovno započinje cijeli ciklus. Radna tvar kruži i konstantno izmjenjuje toplinu između izvora i ponora topline uz utrošak električne energije [7].

Izvor topline u režimu grijanja, odnosno ponor topline u režimu hlađenja može biti okolni zrak, zemlja ili podzemne vode. U turističkome sektoru, zbog svoje konstantne temperature, veći potencijal imaju podzemne vode i zemlja, jer onda i sama dizalica topline ima konstantni COP. Ako se radi s vanjskim zrakom, COP će varirati zbog promjena vanjskih temperatura, ali će i dalje biti prihvatljiv jer temperature vanjskoga zraka rijetko idu ispod ničice. Što su niže temperature to je COP niži, odnosno potrebno je više električne energije za jednaki učinak grijanja [7].



Slika 3 . Izvori odnosno ponori topline [10]

Dizalice topline mogu imati snažan utjecaj na integraciju OIE u energetski sustav, jer je samo električna energija potrebna za njihov rad nakon instalacije. Dizalice topline u sklopu s OIE, od kojih će dobivati potrebnu električnu energiju, mogu predstavljati potpuno neovisan sustav grijanja i/ili hlađenja. Ako dizalica topline radi u ljetnome režimu kada je potrebno hladiti prostore, a grijati potrošnu toplu vodu, ona radi na način da hladi tijekom dana, kada ima dovoljno električne energije iz fotonaponskih sustava, a zagrijava potrošnu toplu vodu onda kada je dovoljno ohlađen prostor ili tijekom noći kada nemamo potrebu za hlađenjem, ali imamo električne energije iz vjetroelektrana [7].

Veliki potencijal u turističkom sektoru imaju dizalice topline voda/morska voda, zbog činjenice da se veliki broj turističkih objekata nalazi blizu mora te im je toplinska energija morske vode lako dostupna. Te dizalice topline relativno su nova tehnologija u grijanju i hlađenju i predstavljaju potencijalno rješenje za grijanje i hlađenje određenih turističkih objekata. Zbog svoje temperature, morska voda ljeti omogućava hlađenje, a zimi, zbog svoje akumulirane toplinske energije, grijanje [9].

Veliki turistički objekti poput hotela mogu integrirati dizalice topline u svoj sustav i u potpunosti biti neovisni. Razne studije pokazuju potencijal ovog rješenja, te će se u ovom radu istražiti njihov utjecaj za Primorsku Hrvatsku [7].

2.3. Spremnici topline

Spremnik topline predstavlja dio toplinskog sustava koji služi za privremenu akumulaciju toplinske energije. Svrha spremnika je omogućiti toplinsku energiju u periodu dok naš sustav ne može zadovoljiti potrebe potrošnje. Potrebna je dobra izolacija spremnika, kako bi toplinska energija mogla što dulje biti pohranjena i kako bi se što više rasteretio naš sustav. U periodu

kada je proizvodnja toplinske energije veća od potražnje za istom, proizvodnja ostaje konstantna te se sav suvišak energije pohranjuje u spremnik topline [11].



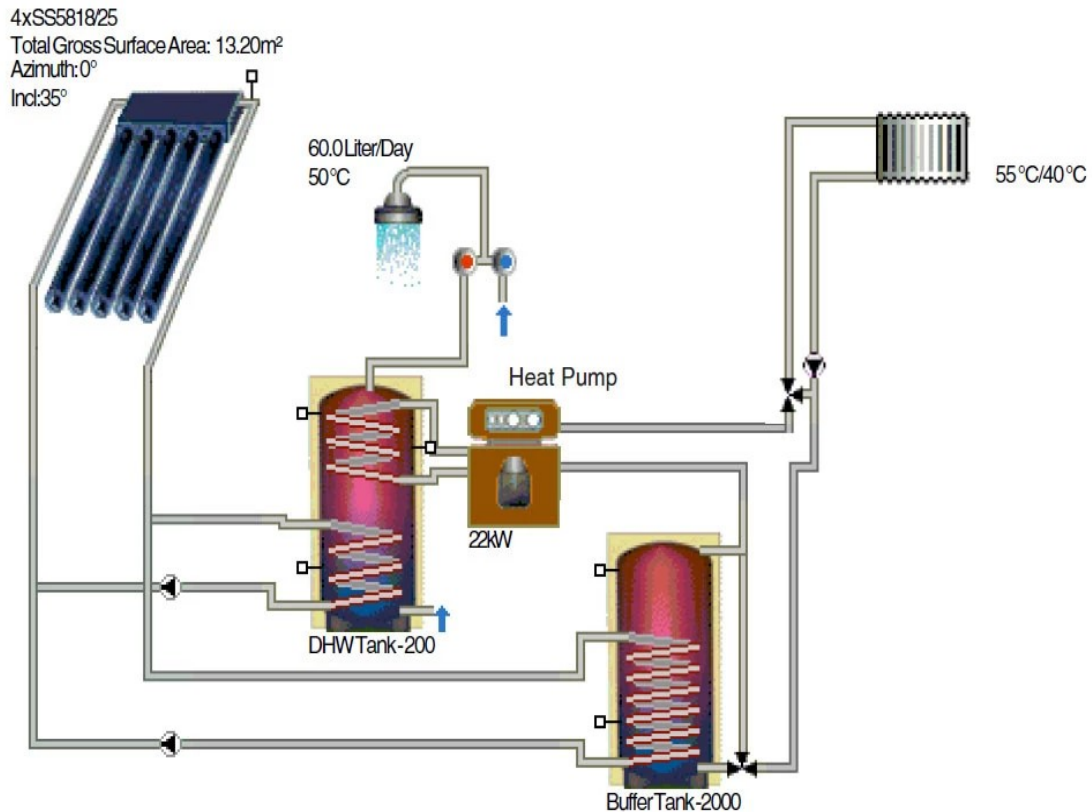
Slika 4 . Presjek spremnika topline [12]

Spremnici topline u kombinaciji sa VOIE predstavljaju odličnu tehnologiju odziva potrošnje u turističkome sektoru, jer je toplinska energija dostupna u svakom trenutku. Čak i onda kada nema električne energije iz VOIE, sustav daje dovoljno toplinske energije, jer je pohranjena energija u spremniku dostatna da zadovolji sve periode nestašice toplinske energije koji mogu nastati u slučaju npr. nedovoljne proizvodnje električne energije. Važno je dobro proračunati volumen spremnika kako bi uštede bile značajnije i kako bi u svakome trenutku bilo dovoljno pohranjene toplinske energije.

$$V_{ss} = f_{ss} \times V_{PTV,d} \times \frac{(\vartheta_{PTV,sl} - \vartheta_{dov,hl})}{(\vartheta_{PTV,SS} - \vartheta_{-dov,hl})} \quad (1)$$

Jednadžba (1) prikazuje izračun volumena solarnog spremnika za potrošnu toplu vodu. Isto tako, može se izračunati potrebni volumen spremnika za toplinsku energiju sustava kada bi umjesto temperature i dnevnih potreba za potrošnom toplom vodom ubacili temperaturu i dnevnu potrebu za toplu vodu cijelog sustava [11].

Eventualni problem spremnika topline se nalazi u njegovom velikom volumenu. Turistički objekti trebaju osigurati dovoljne prostora kako bi ugradili vlastiti spremnike, bio to jedan veliki, ili više manjih kako je i uobičajeno [5].



Slika 5. Prikaz kombinacije solarnih kolektora, dizalice topline i spremnika topline [13]

Kombinacija toplinskog sustava, kako je prikazano na slici 5., predstavlja visoko efikasni sustav koji ima snažan potencijal u turističkome sektoru. Ovakav sustav, uz proizvodnju električne energije iz OIE, predstavlja u potpunosti održiv sustav za grijanje i hlađenje.

U ovom radu prikazati će se kakav utjecaj ovakvi sustavi imaju na odziv potrošnje energetskog sustava. U programu EnergyPLAN modelirat će se različite opcije integriranja navedenih izvora toplinske energije, njihove kombinacije i sl. Cilj je prikazati utjecaj koji u turističkom sektoru imaju ove tehnologije na smanjenje „kritičnih viškova proizvedene električne energije“ [GWh/godišnje], na potrošnju energije u turističkome sektoru [GWh/godišnje], na proizvodnju energije iz obnovljivih izvora energije [GWh/godišnje], na količinu uvoza i izvoza energije [GWh/godišnje] te na smanjenje emisija CO₂ [Mt].

3. PRAVNI OKVIR ZA PRIMJENU NAVEDENIH TEHNOLOGIJA

3.1. Zakonodavni okvir Europske unije i Republike Hrvatske u području gospodarenja energijom

Poticanje OIE aktualno je u Europi već dugi niz godina. Mnogi su dokumenti prethodili trenutačnom stanju zakonodavnog okvira Europske unije i Republike Hrvatske u području gospodarenja energijom. Navest će se samo neki poznatiji dokumenti čija je svrha bila promicanje OIE i energetske učinkovitosti [14].

3.1.1. Međunarodni sporazumi

Pariški sporazum o klimatskim promjenama predstavlja prvi svjetski akcijski plan za ublažavanje posljedica globalnog zatopljenja i klimatskih promjena. Potpisan je u prosincu 2015. godine a ratificiran u listopadu 2016. godine. Glavni cilj ovog dokumenta je ograničavanje globalnog zatopljenja na ispod 2°C. Iako se mnoge države ne pridržavaju sporazuma, a neke su čak i izašle iz njega, ovaj sporazum je osnova na kojoj se temelji razvitak obnovljivih izvora energije pa tako i tehnologija koje se navode u ovom radu [14].

Dokument pod nazivom „Green paper“ odnosno Zelena knjiga predstavlja europsku strategiju za održivu, konkurentnu i sigurnu energiju. Također, iz njega proizlazi osnovna faza razvitka strategije Europske unije te je u njemu zaključeno da se obnovljivi izvori energije ne koriste dovoljno i da je njihov postotak u ukupnoj potrošnji zemalja Europske unije još uvijek prenizak. Ovim dokumentom želi se naglasiti nužnost povećanja udjela OIE [14].

3.1.2 Strateški ciljevi Europske unije

Ciljevi koje je Europska unija postavila, a Hrvatska ispunila do 2020. g., su: smanjenje stakleničkih plinova za najmanje 20% u usporedbi s 1990., povećanje udjela energije iz obnovljivih izvora energije na 20% te povećanje energetske efikasnosti za 20%. [15]

Ciljevi Republike Hrvatske za 2030. godinu su: smanjenje emisija stakleničkih plinova za 40% u usporedbi s razinama izmjerenim 1990., najmanje 32% potrošene energija treba biti dobiveno iz obnovljivih izvora i najmanje 32% ušteda u potrošnji energije u usporedbi s „business as usual“ scenarijem. Ovime se, za građane Europske unije želi osigurati sigurna, cjenovno dostupna i ekološki prihvatljiva energija [15].

3.1.3 Strategija energetskog razvitka (Republike Hrvatske)

Vizija Strategije glasi: „Republika Hrvatska imat će pouzdan i održivi energetski sektor, čiji će se razvoj temeljiti na iskorištavanju svih energetskih opcija za zadovoljavanje vlastitih energijskih potreba i za stvaranje dodatnih koristi za građane, a sve u skladu s načelima okolišne, gospodarske i društvene odgovornosti. Strategija određuje smjernice za provedbu aktivnosti kojima će se ostvariti održiv, pouzdan i elastičan energetski sustav kroz strateško vodstvo, iskorištavanje tržišta za ostvarenje sigurne i cjenovno prihvatljive opskrbe energijom, obuzdavanje emisija stakleničkih plinova iz energetskoga sektora, učinkovitiju uporabu energije te poticanje, razvoj i primjenu okolišno održivih energijskih tehnologija. Sigurnost opskrbe energijom traži kontinuirani razvoj energetskog sustava i pravodobne i svrsishodne investicije. Prema Strategiji Republika Hrvatska će stvarati poticajne uvjete za investicije u energetici smanjujući rizike za investitore.“ [14].

Navedeni dokumenti predstavljaju osnovu razvoja energetskog sustava baziranog na OIE. Temelj su moderne politike koja je okrenuta k energetskej učinkovitosti i zelenoj energiji. Sljedećim dokumentom prikazuje se utjecaj zakona na proučavane tehnologije u ovom radu.

3.1.4 Novi Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji

Ovim zakonom žele se implementirati Direktive iz prosinca 2018., kojima se želi povećati obvezujući cilj OIE u ukupnoj potrošnji s postojećih 27% na 32% do 2030. Glavni cilj predstavlja osnaživanje manjih proizvođača energije iz obnovljivih izvora i skraćivanje procedure za dobivanje instalacijskih dozvola na maksimalno godinu dana (izvedbe od 50 kW do 1 MW). Indirektnim utjecajem novi zakon će značajno utjecati na obnovu i izgradnju novih objekata u Hrvatskoj. Posljedično, donesene su i neke izmjene od strane Ministarstva graditeljstva i prostora i uvođenje pojma nZEB (nearly zero-energy building), odnosno zgrada gotovo nulte energije. „Zgrada gotovo nulte energije jest zgrada koja ima vrlo visoka energetska svojstva. Ta, gotovo nulta, odnosno vrlo niska količina energije trebala bi se u vrlo značajnoj mjeri pokrivati energijom iz obnovljivih izvora, uključujući energiju iz obnovljivih izvora koja se proizvodi na zgradi ili u njezinoj blizini, a za koju su zahtjevi utvrđeni ovim propisom. Od 31. prosinca 2020. sve nove zgrade moraju biti »zgrade gotovo nulte energije«; a nakon 31. prosinca 2018. nove zgrade koje kao vlasnici koriste tijela javne vlasti moraju biti »zgrade gotovo nulte energije«“ [16].

Za zadovoljavanje potreba ovakvih zgrada veliki potencijal imaju sustavi koji se navode u ovom radu zbog svoje učinkovitosti, isplativosti, male potrošnje energije i činjenicom da se pokreću OIE.

Uz navedene, mnoštvo je drugih zakona i propisa koji se bave OIE i njihovom primjenom. Iz perspektive potrošača energije, zanimljivije je prikazati koje sve mogućnosti odnosno opcije sufinanciranja i poticajnih sredstava kupac tj. potrošač može ostvariti [14].

3.2. Sufinanciranje i poticajna sredstva navedenih tehnologija

Europska unija i Republika Hrvatska obvezale su se povećati udio OIE u krajnjoj potrošnji. Kako bi to bilo moguće, na razne se načine želi potaknuti potrošače da ulažu u vlastitu proizvodnju energije iz obnovljivih izvora. OIE su isplativi, ali je i dalje njihova početna investicija vrlo skupa. Da bi se potaknulo potrošače da obnove npr. vlastite sustave grijanja ili da prilikom izgradnje ugrade sustave s obnovljivim izvorima, potrebno je sufinancirati te projekte. Postoje razni fondovi, što državni, što europski, koji nude bespovratna poticajna sredstva za OIE. Ovdje će se navesti i ukratko opisati najosnovniji i najpoznatiji.

3.2.1 Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost

Republika Hrvatska je na temelju Europskih direktiva prilagodila svoju strategiju načelima održivosti. Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitosti ima ključnu ulogu u poticanju primjene mjera povećanja energetske učinkovitosti na nacionalnom te gospodarenje energijom na lokalnom nivou. Ovim fondom financiraju se razni programi promicanja energetske učinkovitosti i poticanja OIE. Mjerama povećanja energetske učinkovitosti nastoji se smanjiti potrošnja energije u zgradama, ali i povećati ugodnost boravka i trajnost zgrade. Trenutačno postoje 4 aktualna programa obnove zgrada: Program energetske obnove obiteljskih kuća, Program energetske obnove višestambenih zgrada, Program energetske obnove nestambenih zgrada komercijalne namjene te Programi energetske obnove zgrada javne namjene [17].

S druge strane, Republika Hrvatska se obvezala na usvajanje europsko klimatskog paketa unutar kojeg se nalazi Direktiva 2009/28/EZ o poticanju uporabe energije iz obnovljivih izvora. Na temelju toga, Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost vlastitim programima sufinancira nabavu i korištenje sustava s OIE, najčešće kroz programe energetske obnove ili kao posebne programe namijenjene kućanstvima. Npr., u 2019. Fond je objavio Javni poziv za sufinanciranje sustava za korištenje OIE u obiteljskim kućama ukupnog iznosa od 11 milijuna kuna [17].

3.2.2 Operativni program Konkurentnost i kohezija 2014.-2020.

U okviru ovog programa Europskog fonda za regionalni razvoj, za čiju je provedbu u Republici Hrvatskoj nadležno Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, nalaze se razne prioritetne osi od kojih je za ovaj rad najzanimljivija prioritetna os 4 za promicanje energetske učinkovitosti i OIE. Unutar te osi za povećanje energetske učinkovitosti i korištenja OIE u privatnom i uslužnom sektoru (turizam i trgovina) predviđeno je 40 milijuna eura. Izrazito prihvatljiva aktivnost u ovoj prioritetnoj osi je i uvođenje novih tehnologija u distribucijsku mrežu električne energije [18].

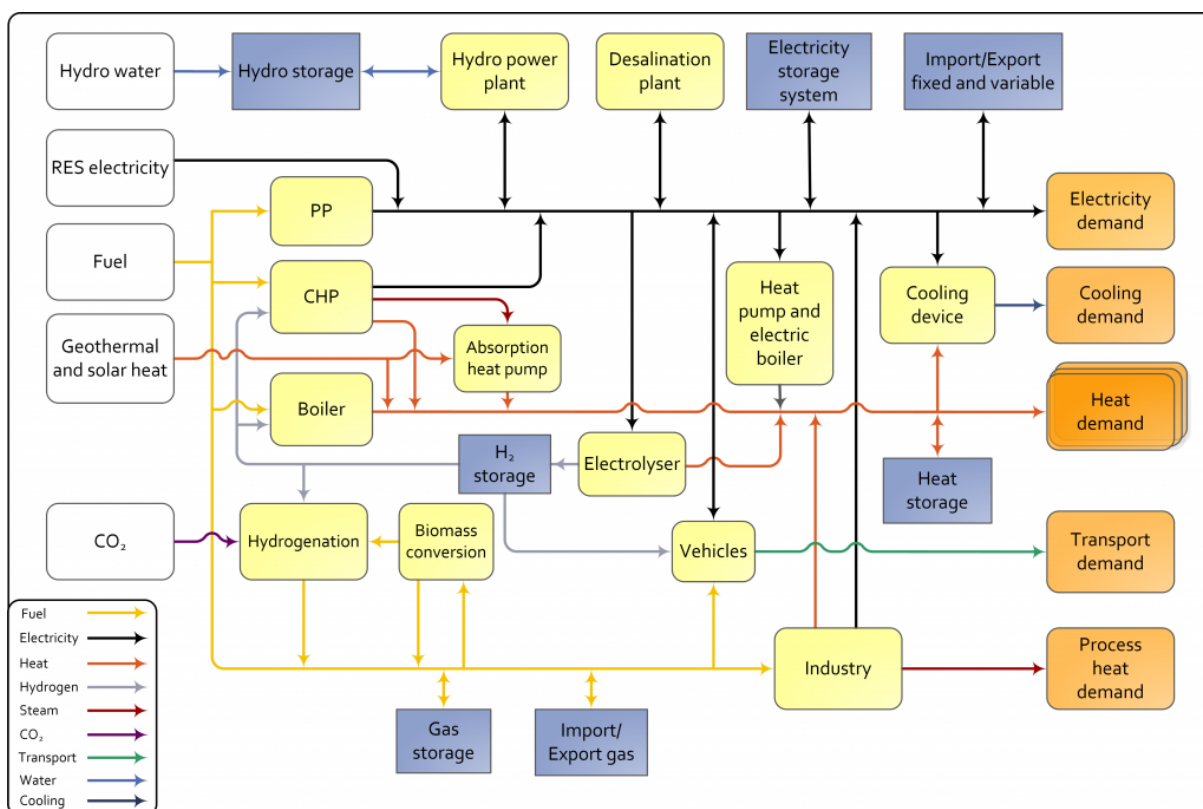
3.2.2 Hrvatska banka za obnovu i razvitak (HBOR)

Sredstva HBOR-a, u okviru Programa kreditiranja projekata zaštite okoliša, energetske učinkovitosti i OIE, dodjeljuju se jedinicama lokalne i regionalne samouprave, komunalnim društvima, trgovačkim društvima, obrtnicima i ostalim pravnim osobama. Banka pruža sredstva za pojedine projekte u obliku kredita s kamatnom stopom od 4%, rokom otplate od 15 godina i počekom od 3 godine. Ovim kreditom pokriva se 75% predračunske vrijednosti investicije. Drugi program koji provodi HBOR naziva se Program kreditiranja energetske obnove zgrada. Ovim programom pruža se kredit pružateljima i naručiteljima energetskih usluga i svim trgovačkim društvima i obrtima koji ulažu u energetska učinkovitost. Kredit u pravilu pokriva do 50% predračunske vrijednosti investicije bez PDV-a, a odobrava se sa kamatnom stopom od 4%, rokom otplate od 14 godina i počekom od 1 godine [19].

Republika Hrvatska treba u potpunosti prihvatiti sustav potpora i zelenih kredita za ugradnju sustava s OIE, što je već niz godina praksa u ostalim dijelovima Europske unije. U tom će se slučaju ostvariti novi transfer tehnologija i viši oblici suradnje, a razvijenijim dijelovima Europske unije viša razina ulaganja omogućiti će i prijeko potrebna nova radna mjesta. Zbog svoje obogaćenosti OIE, Republika Hrvatska ima veliki potencijal biti zemlja predvodnica OIE u JZ regiji Europe. Na taj način može se značajno potaknuti industrija i ostvariti konkurentnost na europskom tržištu. Uz navedene ekonomske prednosti, barem jednako vrijedni su i ekološki učinci koje će implementacija VOIE u energetska sustav ostvariti [1].

4. METODE

Računalni program, kojim će se u ovome radu modelirati priključivanje dizalica topline, solarnih sustava te spremnika topline u energetske sustav, naziva se EnergyPLAN. Ovaj program napravljen je na Sveučilištu u Aalborgu u Danskoj, a pomoću njega mogu se modelirati energetske sustave od malih potrošača, sve do velikih potrošača, pa čak i cijeli energetske sustavi država. Ulazne podatke u model predstavljaju instalirani kapaciteti proizvođača energije i tehnologija pohrane energije, potrošnje energenata po sektorima, cijene energenata i cijene održavanja i investicija. Izlazni podaci iz modela su količine proizvedene i potrošene energije, emisije CO₂, ukupni troškovi, višak proizvedene električne energije te uvoz odnosno izvoz električne energije [20].



Slika 6. Pročelje računalnog programa EnergyPLAN [21]

Koristiti će se scenarij za Republiku Hrvatsku 2030. godine bez tehnologija odziva potrošnje iz projekta RESFLEX. Ulazni podaci u tom modelu su zadani te su pretpostavljeni veliki kapaciteti OIE [22]. Ovim zadatkom, u taj će se sustav ubaciti podaci o turističkome sektoru, prvenstveno potreba za hlađenjem turističkog sektora, kako bi se razdvojila ukupna potražnja za električnom energijom. Određeni dio kotlova zamijeniti će se novim dizalicama topline te

će se uz njih postaviti solarni sustavi i spremnici topline. Uz postavljene vrijednosti spremnika topline, solarnih sustava i dizalica topline, povećavati će se kapaciteti solarnih i vjetroelektrana, sve kako bi se vidjelo koje učinke će to imati na sami sustav. Vidjeti će se kako će se mijenjati „kritični viškovi proizvedene električne energije“, uvoz i izvoz električne energije, emisije CO₂ te proizvedena električna energija iz OIE.

Nakon što se u sljedećem poglavlju prikupe podaci o potrošnji električne energije, potrebno ih je sumirati po jednadžbi (2)

$$P = C_i \cdot U_i \cdot (N_1 \cdot \eta_1 + N_2 \cdot \eta_2 + \dots + N_{12} \cdot \eta_{12}) \quad (2)$$

Do ukupno potrošene električne energije u godinu dana dolazi se jednostavnim računskim radnjama. Potrebno je pomnožiti stupanj popunjenosti za svaki mjesec s brojem dana, ukupnim smještajnim kapacitetom te s utroškom električne energije po noćenju za te objekte.

Nakon što se dobije ukupna godišnja potrošnja električne energije u turističkome sektoru, potrebno je i odrediti koliko se te energije koristi za hlađenje, kako bi se u EnergyPLAN-u odvojilo ta dva pojma.

Pomoću dobivenih podataka o ukupno potrebnoj energiji za hlađenje, potrebno je odrediti satnu potražnju za hlađenjem jer EnergyPLAN radi na satnoj analizi. U ovom će se radu posebno definirati potreba za hlađenjem tj. odvojiti će se potreba za električnom energijom za hlađenje od ukupno potrebne električne energije kako bi se moglo lakše odrediti potrebni kapacitet dizalica topline. U svakom satu je različita potražnja, ali i proizvodnja energije. Na ovaj način se dolazi do podataka o npr. kritičnome višku proizvedene električne energije u svakome satu, što je vrlo zanimljivo za promatrati.

Satno rashladno opterećenje računa se prema jednadžbi (3),

$$SRP = \left(\frac{TCP}{\sum_1^{8784} DD} \right) * DD \quad (3)$$

a stupanj sat prema jednadžbi (4), osim u slučaju vanjske temperature niže od 26°C, kada je DD jednak nuli, odnosno ne računa se.

$$DD = T_v - T_p \quad (4)$$

Energiju za grijanje određuje se pomoću ogrjevnosti goriva i ukupno iskorištenog volumena goriva. Potrebno je pomnožiti ogrjevnost goriva, čija je mjerna jedinica kWh/l, s ukupnim brojem potrošenih litara kako bi se dobila ukupna isporučena toplinska energija u kWh. Ukupan broj potrošenih litara goriva dobiva se pomoću broja noćenja i potrošnje energenata po noćenju. Taj podatak se također dobiva pomoću jednadžbe (2), samo što u ovome slučaju C_i predstavlja umnožak ogrjevnosti goriva i prosječne potrošnje energenata po noćenju pojedinih objekata.

5. POTROŠNJA ENERGIJE U TURISTIČKOM SEKTORU

Kako bi se lakše došlo do podataka o finalnoj potrošnji energije u turističkome sektoru, za potrebe ovog rada prikupljeni su podaci iz pojedinih županija Republike Hrvatske, odnosno iz županija u Primorskoj Hrvatskoj. To su županije: Istarska, Primorsko-goranska, Ličko-senjska, Zadarska, Šibensko-kninska, Splitsko-dalmatinska i Dubrovačko-neretvanska. Ostale županije nisu se uzimale u obzir jer je broj noćenja u tim županijama, u odnosu na navedene, zanemariv. Također, koristiti će se podaci vezani uz hotele, aparthotele, turistička naselja, turističke apartmane i kampove. Marine se u ovome radu neće spominjati zbog činjenice da je potrošnja u njima, u odnosu na npr. hotele, relativno mala i teško ju je predvidjeti [23].

Na temelju prikazanih tablica 1-5, dolazi se do brojke ukupnih smještajnih kapaciteta koje Republika Hrvatska ima na raspolaganju u turističkom sektoru u Primorskoj Hrvatskoj. Iz tablica se vidi da Republika Hrvatska posjeduje sveukupno 568 hotela, 21 aparthotel, 45 turističkih apartmana, 54 turistička naselja te 196 kampova. Kada se zbroje svi stalni kreveti svih smještajnih jedinica, dolazi se do brojke od 359328. Ta brojka predstavlja maksimalni broj noćenja u jednome danu koji se može ostvariti u turističkome sektoru u jadranskoj regiji.

Tablica 1. Broj hotela, smještajnih jedinica i stalnih kreveta u hotelima [23]

| Županija | Ukupno objekata | Ukupan broj smještajnih jedinica | Ukupan broj stalnih kreveta |
|------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------------------|
| 2*, 3*, 4*, 5* | 568 | 52152 | 103147 |
| Istarska | 104 | 14061 | 27583 |
| Primorsko-goranska | 119 | 10341 | 20319 |
| Ličko-senjska | 24 | 1249 | 2533 |
| Zadarska | 47 | 3290 | 6914 |
| Šibensko-kninska | 35 | 2793 | 5292 |
| Splitsko-dalmatinska | 158 | 11453 | 22680 |
| Dubrovačko-neretvanska | 81 | 8965 | 17826 |

Tablica 2. Broj aparthotela, smještajnih jedinica i stalnih kreveta u aparthotelima [23]

| Županija | Ukupno objekata | Ukupan broj smještajnih jedinica | Ukupan broj stalnih kreveta |
|------------------------|------------------------|---|------------------------------------|
| 2*, 3*, 4*, 5* | 21 | 511 | 1267 |
| Istarska | 3 | 60 | 164 |
| Primorsko-goranska | 0 | 0 | 0 |
| Ličko-senjska | 1 | 16 | 32 |
| Zadarska | 3 | 42 | 91 |
| Šibensko-kninska | 1 | 35 | 93 |
| Splitsko-dalmatinska | 11 | 330 | 813 |
| Dubrovačko-neretvanska | 2 | 28 | 74 |

Tablica 3. Broj turističkih naselja, smještajnih jedinica i stalnih kreveta u turističkim naseljima [23]

| Županija | Ukupno objekata | Ukupan broj smještajnih jedinica | Ukupan broj stalnih kreveta |
|------------------------|------------------------|---|------------------------------------|
| 2*, 3*, 4*, 5* | 54 | 9080 | 21818 |
| Istarska | 23 | 4815 | 11892 |
| Primorsko-goranska | 3 | 603 | 1233 |
| Ličko-senjska | 2 | 58 | 160 |
| Zadarska | 5 | 789 | 1906 |
| Šibensko-kninska | 1 | 82 | 292 |
| Splitsko-dalmatinska | 17 | 2269 | 4967 |
| Dubrovačko-neretvanska | 3 | 464 | 1368 |

Tablica 4. Broj turističkih apartmana, smještajnih jedinica i stalnih kreveta u turističkim apartmanima [23]

| Županija | Ukupno objekata | Ukupan broj smještajnih jedinica | Ukupan broj stalnih kreveta |
|------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------------------|
| 2*, 3*, 4*, 5* | 45 | 3668 | 11751 |
| Istarska | 18 | 2643 | 8477 |
| Primorsko-goranska | 6 | 118 | 372 |
| Ličko-senjska | 1 | 10 | 497 |
| Zadarska | 2 | 205 | 497 |
| Šibensko-kninska | 4 | 224 | 658 |
| Splitsko-dalmatinska | 10 | 306 | 839 |
| Dubrovačko-neretvanska | 4 | 162 | 411 |

Tablica 5. Broj kampova, smještajnih jedinica i stalnih kreveta u kampovima [23]

| Županija | Ukupno objekata | Ukupan broj smještajnih jedinica | Ukupan broj stalnih kreveta |
|------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------------------|
| 2*, 3*, 4*, 5* | 196 | 75154 | 221345 |
| Istarska | 57 | 39924 | 116260 |
| Primorsko-goranska | 37 | 14359 | 42798 |
| Ličko-senjska | 6 | 2400 | 7200 |
| Zadarska | 41 | 8767 | 26087 |
| Šibensko-kninska | 13 | 3546 | 10620 |
| Splitsko-dalmatinska | 23 | 4203 | 12515 |
| Dubrovačko-neretvanska | 19 | 1955 | 5865 |

Na temelju podataka jedne tvrtke iz 2018.g dolazi se do iznosa koliko se električne energije troši po noćenju. Spomenuta tvrtka je jedna od desetak najutjecajnijih turističkih kompanija u Republici Hrvatskoj u čijem vlasništvu se nalaze razni hoteli, turistička naselja i kampovi. Za ovaj će se rad uzeti tri različite veličine. Za hotele i aparthotele će se uzeti jedna distribucija električne energije po noćenju, za turistička naselja i turističke apartmane druga, te za kampove posebna, treća distribucija. Također, uzet će se prosječna godišnja potrošena električna energija po noćenju zbog nedostatka dovoljno detaljnih podataka. Te vrijednosti su: za hotele i aparthotele 21,04 kWh/noćenje, za turistička naselja i turističke apartmane 13,97 kWh/noćenje, te za kampove 5,26 kWh/noćenje.

Kako bi se došlo do ukupno potrošene električne energije u turističkome sektoru potrebno je znati stupanj popunjenosti za svaki mjesec u godini. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske je objavio te podatke te će se oni ovdje koristiti nevezano o kojoj godini se radi.

Tablica 6. Stupanj popunjenosti smještajnih jedinica [24]

| Mjesec | Stupanj popunjenosti hotela (%) | Stupanj popunjenosti turističkih naselja (%) | Stupanj popunjenosti kampova (%) |
|----------|---------------------------------|--|----------------------------------|
| Siječanj | 15,3 | 10,8 | 0,7 |
| Veljača | 25,3 | 12,3 | 0,8 |
| Ožujak | 23,9 | 11,6 | 1,1 |
| Travanj | 38,6 | 16,5 | 5,2 |
| Svibanj | 47,1 | 18,1 | 11,8 |
| Lipanj | 76,2 | 36,3 | 44,2 |
| Srpanj | 95,3 | 77,1 | 76 |
| Kolovoz | 98,1 | 81,1 | 83,8 |
| Rujan | 71,1 | 28,6 | 29,9 |
| Listopad | 37,4 | 15,7 | 3,9 |
| Studeni | 20,7 | 11,8 | 1 |
| Prosinac | 20,5 | 12,6 | 1,6 |

Pomoću jednadžbe (2) dolazi se do podatka da se ukupno u hotelima potroši 435,51 GWh/godišnje, u turističkim naseljima 47,73 GWh/godišnje, a u kampovima 92,88 GWh/godišnje. Stoga je godišnja ukupno potrošena električna energija u turističkome sektoru

u jadranskoj regiji jednaka 576,12 GWh te će se sa ovim podatkom provesti daljnje modeliranje u EnergyPLAN-u.

Također, prema podacima ove tvrtke, potrošnja energenata za grijanje u hotelima iznosi 1,17 l goriva, te 0,05 l plina, u turističkim naseljima 0,33 l goriva i 0,19 l plina, te u kampovima 0,07 l goriva i 0,03 l plina po noćenju. Ogrjevna vrijednost goriva odnosno lož ulja iznosi 9,96 kWh/l [22], a ukapljenog naftnog plina 0,012 kWh/l [25]. Ubacivanjem ovih podataka uz navedene preinake u jednadžbu (2) dobiva se ukupno isporučena toplinska energija u hotelima od 211,39 GWh/godišnje, u turističkim naseljima 11,23 GWh/godišnje, te u kampovima 12,32 GWh/godišnje. Kada se zbroje sve tri vrijednosti zaključujemo da je ukupna potreba za toplinskom energijom jednaka 234,93 GWh/godišnje. Od ukupno isporučene toplinske energije 5 % otpada na potrebe kuhanja pa je taj iznos potrebno oduzeti od ukupno isporučene toplinske energije kako bi se dobila ukupno isporučena energija za grijanje [26]. Nakon oduzimanja ukupno isporučena energija za grijanje iznosi 223,18 GWh/godišnje .

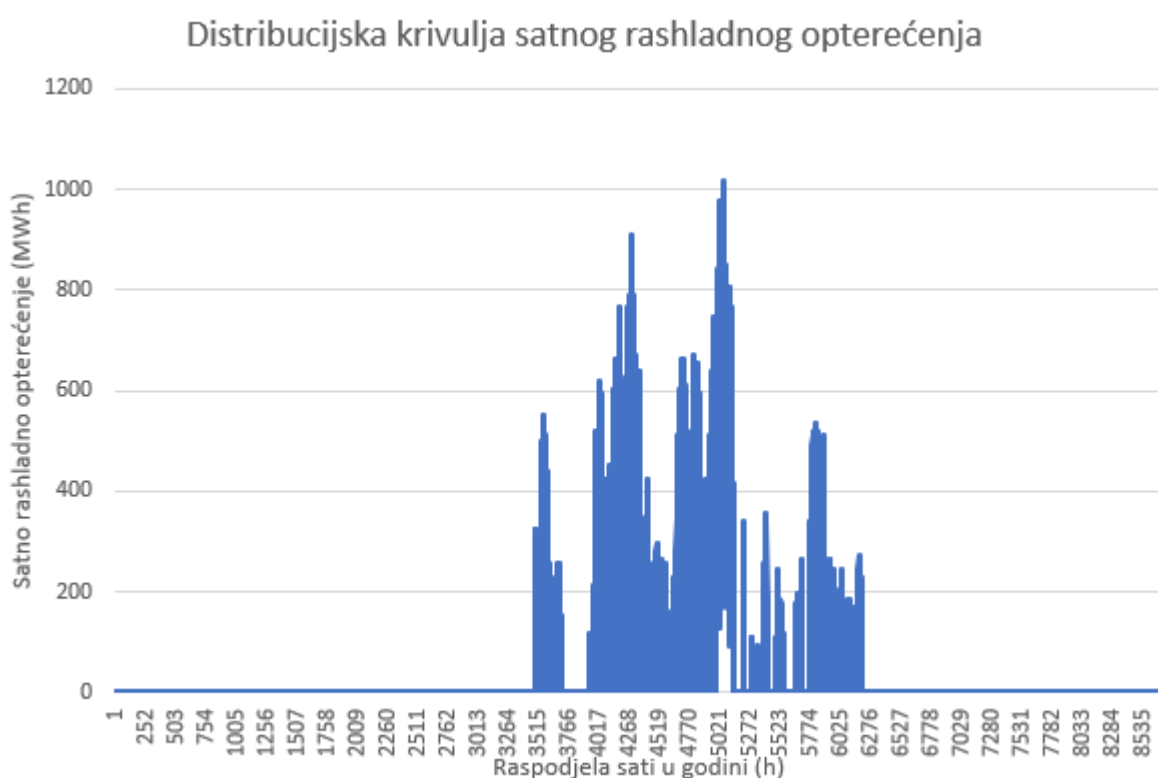
Tablica 7. Ukupna godišnja potražnja električne energije za hlađenjem u turističkom sektoru [27]

| Županija | Ukupna godišnja potražnja električne energije za hlađenje (GWh) |
|------------------------|---|
| Istarska | 32,08 |
| Primorsko-goranska | 26,07 |
| Ličko senjska | 1,47 |
| Zadarska | 10,97 |
| Šibensko-Kninska | 5,3 |
| Splitsko-dalmatinska | 24,13 |
| Dubrovačko-neretvanska | 8,88 |
| Ukupno | 108,9 |

Iz tablice 6, vidi se da je potražnja električne energije za hlađenje u uslužnom sektoru Primorske Hrvatske jednaka 108,9 GWh/godišnje [27]. Taj iznos se već nalazi u dobivenom podatku o ukupnoj potrošnji električne energije koji iznosi 576,12 GWh/godišnje. Razlog za odvajanje tih dvaju podataka leži u tome da će se tijekom modeliranja u EnergyPLAN-u potreba za hlađenjem nadomjestiti iz dizalica topline. Stoga, kako bi znali kolike kapacitete dizalica topline je potrebno ugraditi, nužno je prije toga znati ukupnu potražnju energije za hlađenjem. Pretpostavi

li se da COP iznosi 4, iz toga se dobiva ukupna potrebna energija za hlađenjem od 435,6 GWh. Također, pomoću podatka o ukupno potrebnoj toplinskoj energiji dio potreba za grijanjem zamijeniti će se solarnim sustavima, dizalicama topline i raznim spremnicima topline o čemu će više biti rečeno u sljedećem poglavlju.

Pomoću podataka o ukupno potrebnoj energiji za hlađenje te pomoću podataka sa METEONORM-a [28] formirati će se satna krivulja koje predstavlja satno rashladno opterećenje (slika 7.). Satna distribucijska krivulja dobivena je kao srednja vrijednost tri zasebne krivulje koje su računane za otok Lošinj, grad Split te grad Zadar.



Slika 7. Satna distribucijska krivulja rashladnog opterećenja [28]

6. MODELIRANJE ENERGETSKOG SUSTAVA

6.1. Referentni scenarij

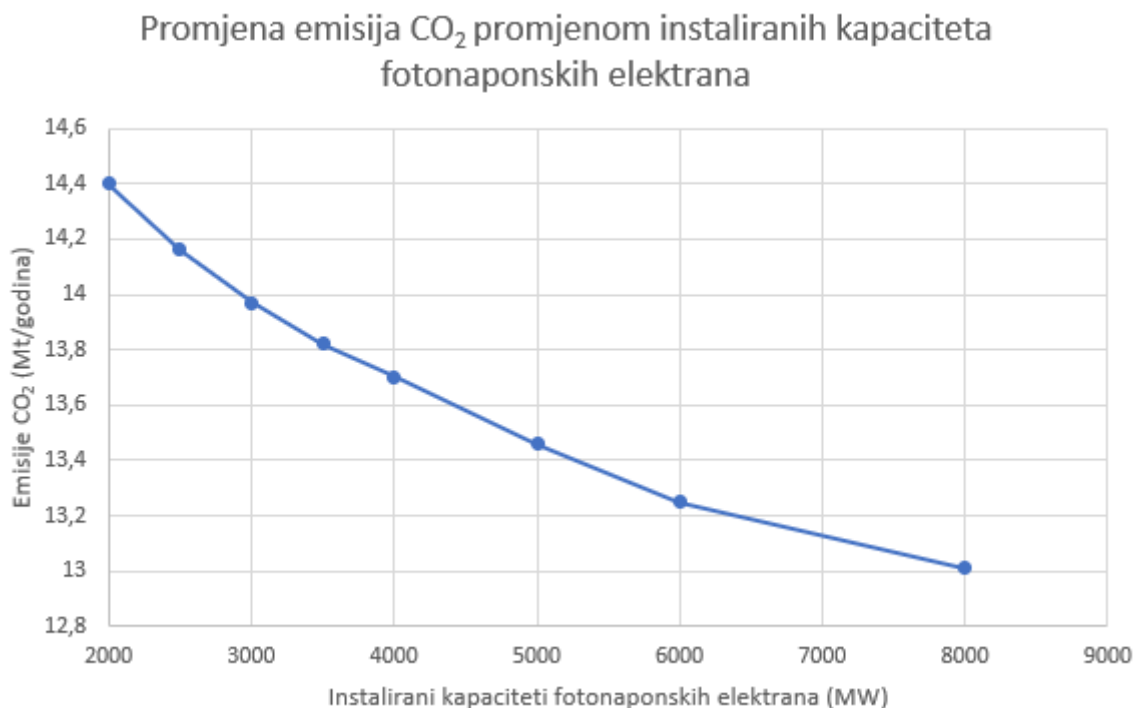
Kako bi se lakše istaknulo kakve učinke imaju tehnologije koje se spominju u ovome radu potrebno je ih usporediti s referentnim scenarijem. Taj scenarij predstavlja energetski sustav koji se pretpostavlja za Republiku Hrvatsku u 2030. bez tehnologija odziva potrošnje [22]. Ideja je da se prvo u referentnome scenariju dodaju različiti kapaciteti VOIE te da se promatra kakve učinke to ima na promjene „smanjenja kritičnog viška proizvedene električne energije“, potrošnje energije u turističkome sektoru prije i nakon korištenja tehnologija odziva potrošnje, proizvodnje energije iz OIE, uvoza i izvoza energije te emisija CO₂. Također, vrlo važna činjenica za rezultate koji će se prikazati kasnije, je ta da se u tom scenariju radi o otvorenome sustavu, odnosno, omogućen je izvoz i uvoz električne energije.

Za početak će se dodavati kapaciteti fotonaponskih elektrana, odnosno povećavat će se proizvodnja energije pomoću Sunca. Pretpostavljeni iznos instaliranih fotonaponskih sustava u 2030. iznosi 2000 MW [22]. Prva vrijednost s kojom se ulazi u proračun iznosi 2000, te su sljedeće vrijednosti 2500, 3000, 3500, 4000, 5000, 6000 te 8000 MW. Na sljedećim slikama prikazat će se rezultati pojedinih kapaciteta.



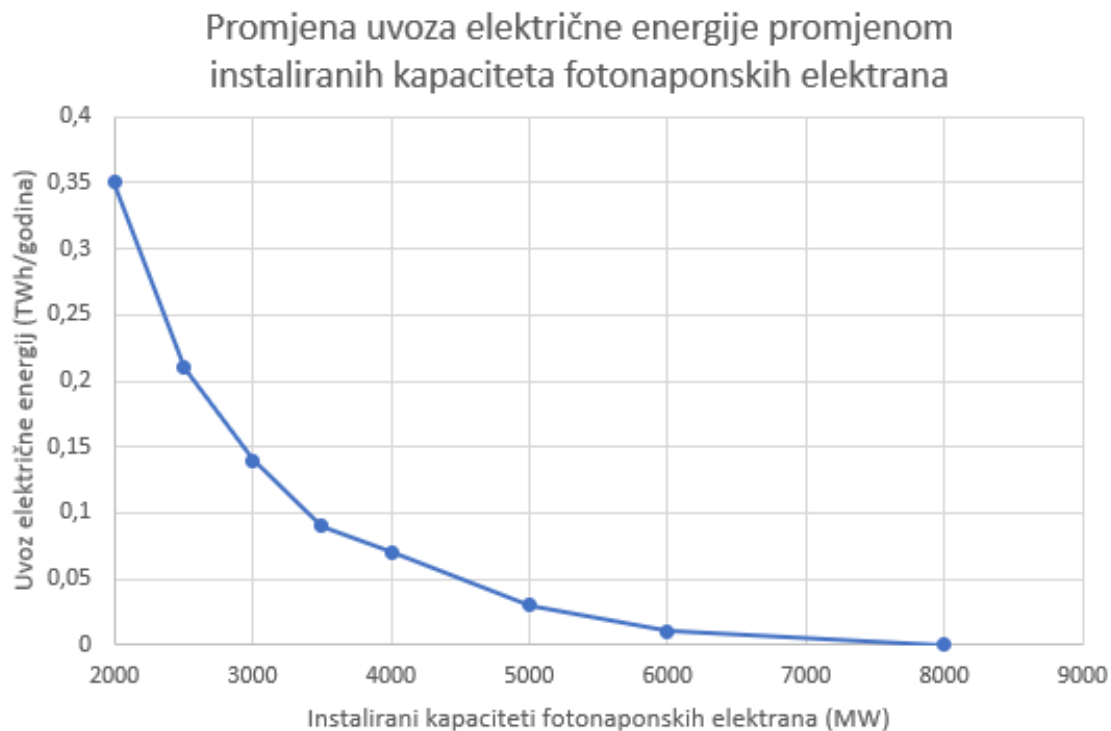
Slika 8. Krivulja promjene kritičnog viška proizvedene električne energije promjenom instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana

Na slici 8 se vidi da povećanjem kapaciteta fotonaponskih elektrana dolazi do sve većeg kritičnog viška proizvedene električne energije, zbog toga što sunčevog zračenja, tj. pogonske snage za pokretanjem elektrana, ima previše u odnosu na potrebe tržišta u tom trenutku te bi se elektrane trebale gasiti.

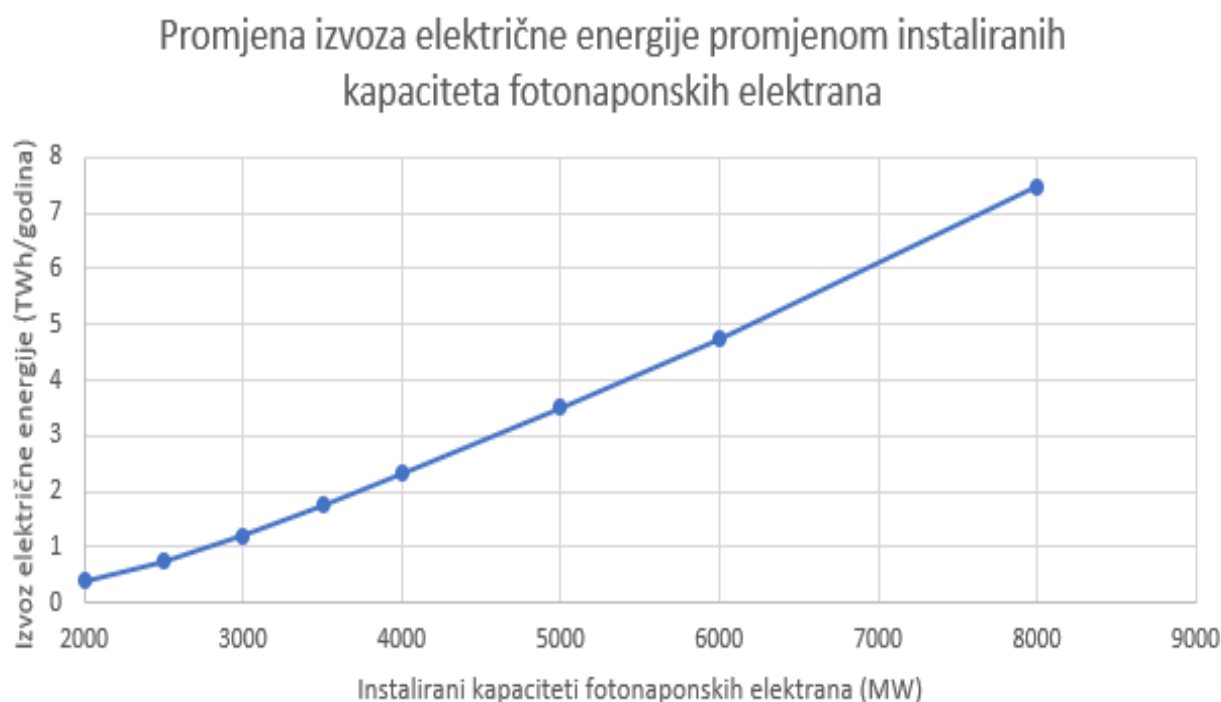


Slika 9. Krivulja smanjenja emisija CO₂ promjenom instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana

Na slici 9 se jasno pokazuje da porastom kapaciteta fotonaponskih elektrana dolazi do smanjenja emisija CO₂. To se događa jer se dio električne energije dobivene npr. iz termoelektrana zamjenjuje električnom energijom iz fotonaponskih elektrana koje ne ispuštaju CO₂ u okoliš.

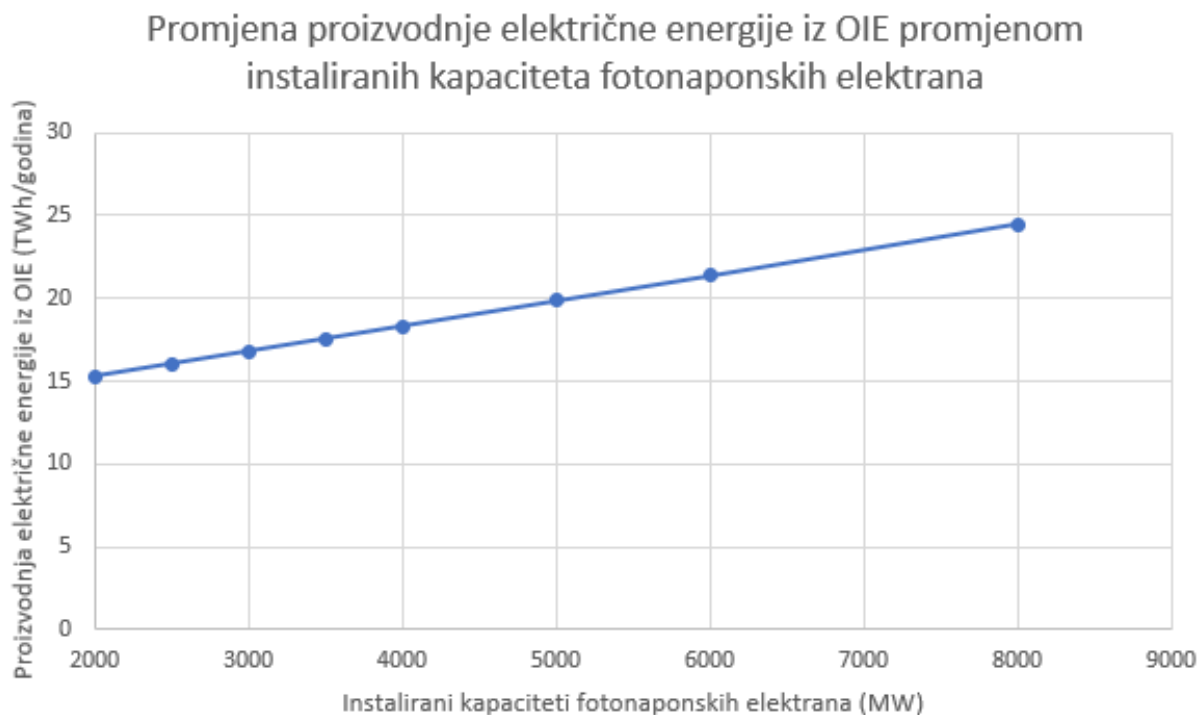


Slika 10. Krivulja promjene uvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana



Slika 11. Krivulja promjene izvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana

Na slikama 10 i 11 prikazuje se kako porast kapaciteta fotonaponskih elektrana dovodi do smanjenja uvoza, odnosno povećanja izvoza električne energije. To se jednostavno objašnjava na način da veći udio instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana dovodi do povećanja proizvodnje električne energije, a samim time i povećanja izvoza, odnosno smanjenja uvoza električne energije.

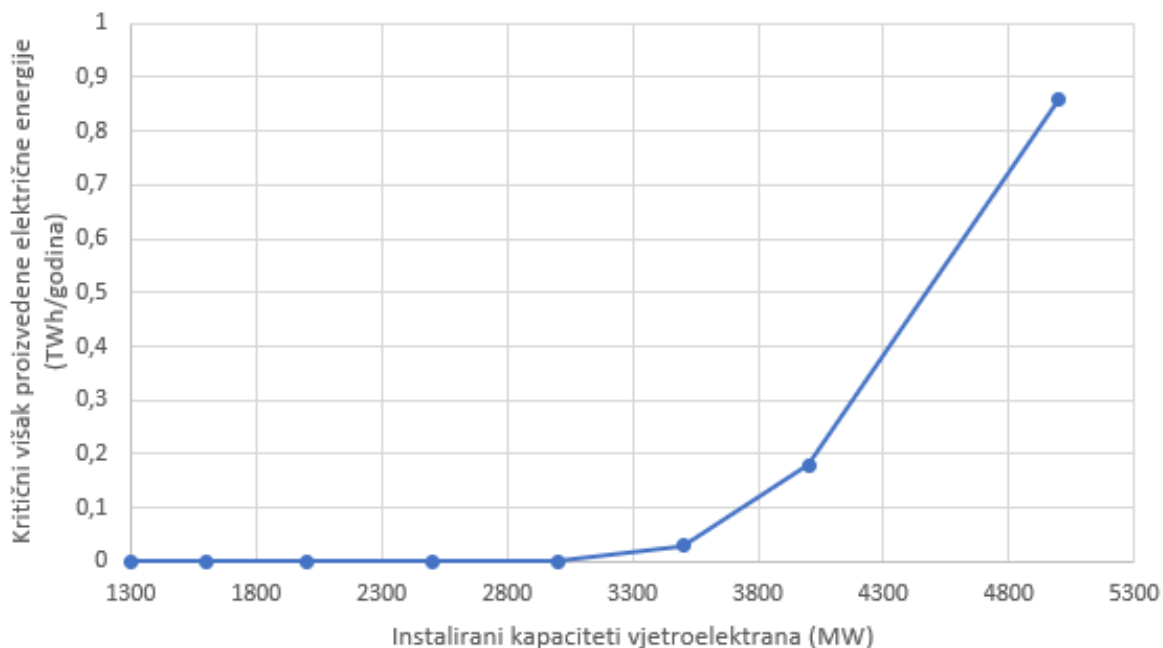


Slika 12. Krivulja promjene proizvodnje električne energije iz OIE promjenom instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana

Na kraju, na slici 12 se vidi da se povećanjem kapaciteta instaliranih fotonaponskih elektrana povećava proizvodnja električne energije iz OIE, što nije potrebno detaljno opisivati.

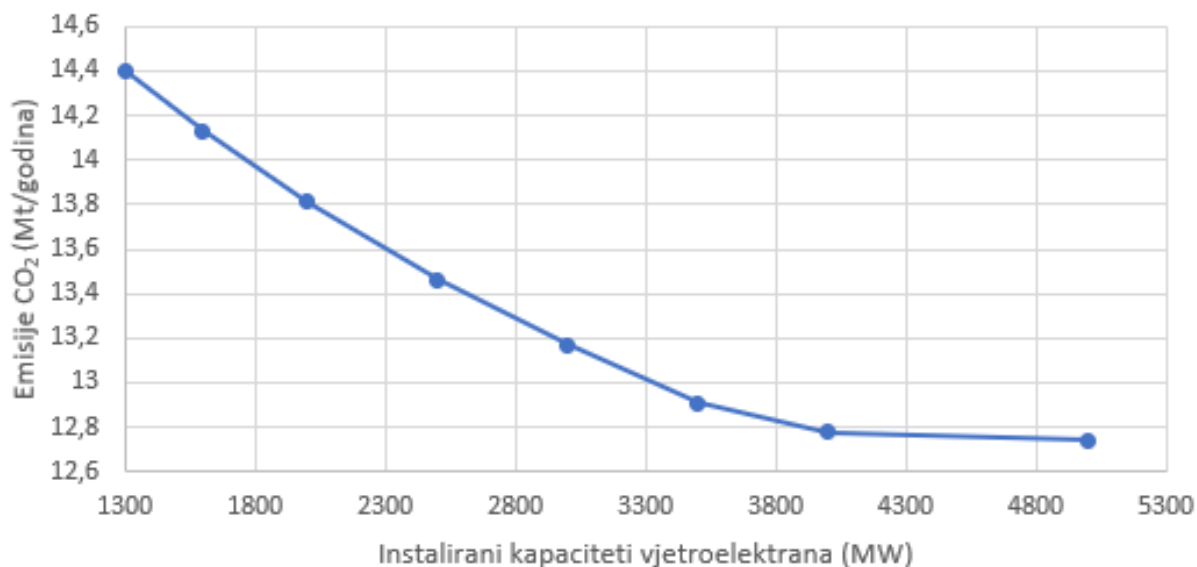
Također, u postojeći referentni scenarij dodavat će se i kapaciteti vjetroelektrana. Pretpostavljeni iznos vjetroelektrana u scenariju za 2030. bez tehnologija odziva potrošnje iznosi 1300 MW. Ta brojka predstavlja prvu vrijednost s kojom se ulazi u proračun dok su sljedeće 1600, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000 i 5000 MW. Time će se kasnije moći uspoređivati dobiveni rezultati iz scenarija s korištenjem tehnologija odziva potrošnje u odnosu na scenarij bez tih tehnologija. Na sljedećim slikama prikazani su rezultati navedenih kapaciteta.

Promjena kritičnog viška proizvedene električne energije promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana



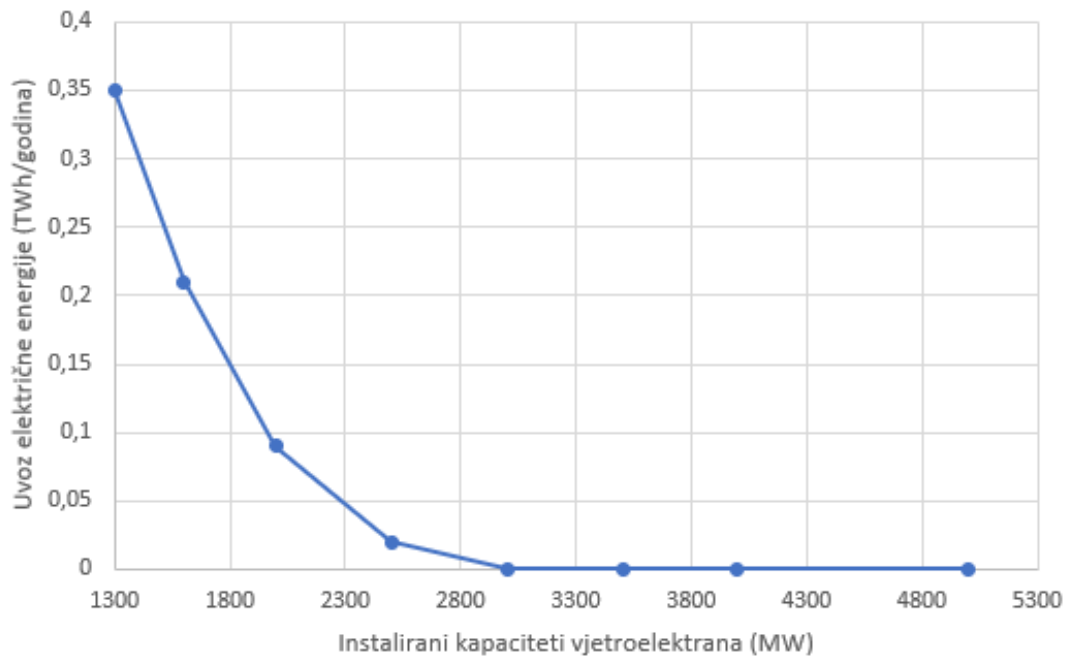
Slika 13. Krivulja promjene kritičnog viška proizvedene električne energije promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana

Promjena emisija CO₂ promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana



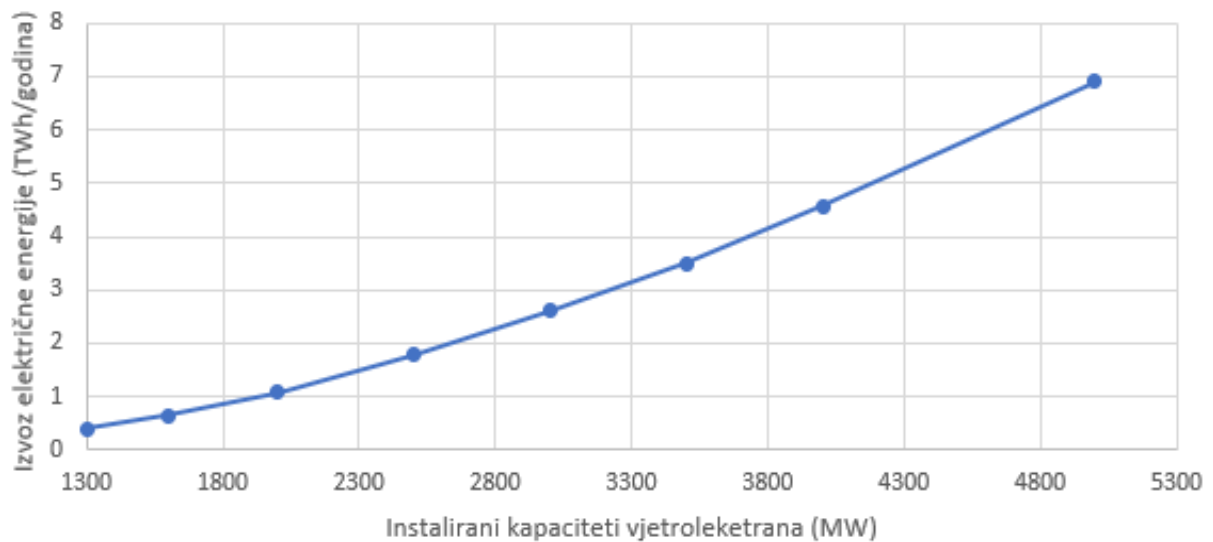
Slika 14. Krivulja smanjenja emisija CO₂ promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana

Promjena uvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana

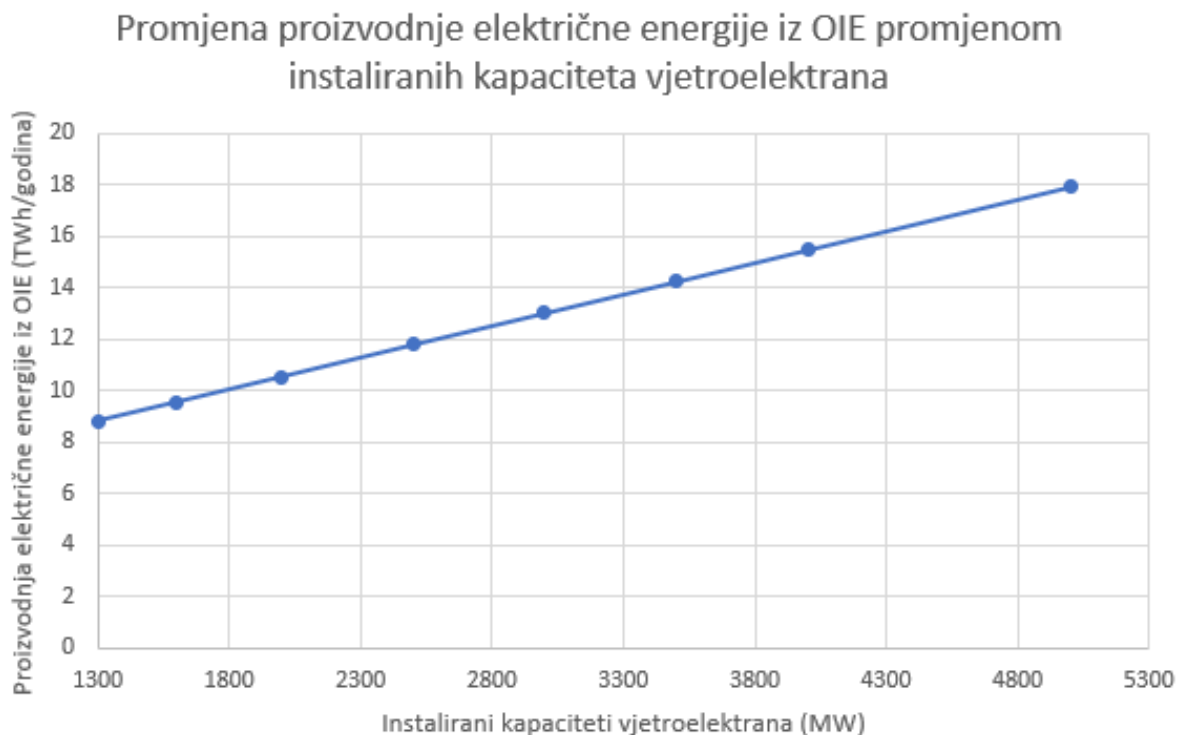


Slika 15. Krivulja promjene uvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana

Promjena izvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana



Slika 16. Krivulja promjene izvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana



Slika 17. Krivulja promjene proizvodnje električne energije iz OIE promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana

Na slikama 13-17 uočava se da porastom kapaciteta vjetroelektrana, kao i kod porasta kapaciteta fotonaponskih elektrana, dolazi do povećanja kritičnog viška proizvedene električne energije, smanjenja emisija CO₂, smanjenja uvoza električne energije, povećanja izvoza električne energije te povećanja proizvodnje električne energije iz OIE.

Na postojeće dijagrame dodavati će se krivulje koje predstavljaju energetske sustav s tehnologijama odziva potrošnje. U referentni scenarij dodat će se spomenute tehnologije odziva potrošnje kako bi se mogle usporediti vrijednosti pri pojedinim kapacitetima fotonaponskih i vjetroelektrana, energetskog sustava sa i bez tehnologija odziva potrošnje. Budući da se ovdje radi o energetske sustavu cijele Republike Hrvatske, a tehnologije odziva potrošnje bit će dodane samo za turistički sektor, pretpostavlja se da promjene u postojećim dijagramima neće biti prevelike.

6.2. Scenarij s tehnologijama odziva potrošnje

Scenarij s tehnologijama odziva potrošnje je zapravo korišten referentni scenarij sa par preinaka. Prvo, potrebno je iz ukupne potražnje za električnom energijom, koja je za 2030. predviđena u iznosu od 17,27 TWh/godina, oduzeti pretpostavljenu električnu energiju za hlađenje u iznosu od 108,9 GWh/godina. Budući da se tu oduzeo taj iznos, mora se na drugome

mjestu isti iznos dodati. Pa se tako definira potrebna električna energija za hlađenje, u programu definirano kao „demand for cooling“. Tu potražnju ćemo zadovoljiti dizalicama topline koje su instalirane u dovoljnom iznosu da zadovolje potražnju. Također, potrebno je unijeti satnu distribucijsku krivulju rashladnog opterećenja. To je krivulja koja je prethodno, u ovome radu, prikazana na slici 7. Svi navedeni podaci prikazani su na slici 18.

| TWh/year | Electricity Consumption | Heat Consumption | COP | Natural Cooling Input | Natural Cooling Output | Cooling Production | Network losses Percent of prod. | Cooling Demand |
|---|------------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------------|
| Distribution: <input type="button" value="Change"/> Srednja satna distribucijska krivulja.txt <input type="button" value="Change"/> const.txt <input type="button" value="Change"/> | | | | | | | | |
| Individual Cooling: | | | | | | | | |
| Electricity for cooling | <input type="text" value="0,109"/> | | <input type="text" value="4"/> | | | 0,44 | | 0,44 |
| District Cooling: | | | | | | | | |
| District heating for cooling DH gr. 1 | | 0,00 | <input type="text" value="2"/> | <input type="text" value="0"/> | 0,00 | <input type="text" value="0"/> | <input type="text" value="0"/> | 0,00 |
| District heating for cooling DH gr. 2 | | 0,00 | <input type="text" value="2"/> | <input type="text" value="0"/> | 0,00 | <input type="text" value="0"/> | <input type="text" value="0"/> | 0,00 |
| District heating for cooling DH gr. 3 | | 0,00 | <input type="text" value="2"/> | <input type="text" value="0"/> | 0,00 | <input type="text" value="0"/> | <input type="text" value="0"/> | 0,00 |
| Heat pumps/chillers | 0,11 | | <input type="text" value="4"/> | <input type="text" value="0"/> | 0,00 | <input type="text" value="0,44"/> | <input type="text" value="0"/> | 0,44 |
| Sum | 0,22 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,88 | | 0,88 |

Slika 18. Modeliranje hlađenja u EnergyPLAN-u

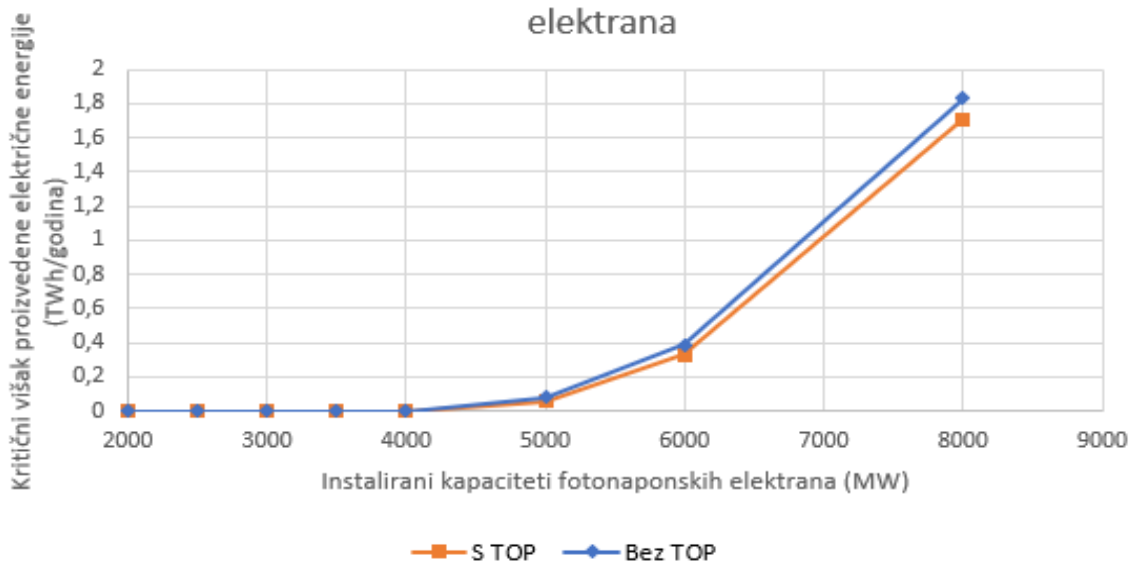
Nakon toga, potrebno je pomoću podatka o potrebi za grijanjem zamijeniti dio postojećih kotlova na lož ulje, u programu pod nazivom „oil boiler“, s dizalicama topline. Pretpostavit će se da se svi kotlovi u turističkome sektoru zamjenjuju dizalicama topline. Oduzima se 243,93 GWh/godina od postojeće vrijednosti kotlova na lož ulje koja iznosi 1,1 TWh/godina. Kako se oduzela na jednom mjestu, potrebno je dodati na drugome. Pa tako, instaliraju se dizalice topline u vrijednosti od 243,93 GWh/godina. Uz dizalice topline ugrađuju se spremnici topline koji će biti dovoljni za zadovoljavanje potreba u iznosu od 2 dana. Također, uz dizalice topline postavljaju se solarni sustavi kako bi pomogli u stvaranju potrošne tople vode, u iznosu od 120 GWh/godina, što je zapravo približno 60% od ukupne potražnje za grijanjem. Navedeni podaci za grijanje nalaze se na slici 19.

| Individual Heating: | | | | | | Solar Thermal | | | | Resulting Fuel Consumption* | |
|--------------------------------------|------------|--------------------|-------------|---------------------|-----------------|----------------------------------|---------------|--------|-------|-----------------------------|--------|
| TWh/year | Fuel Input | Efficiency Thermal | Heat Demand | Efficiency Electric | Capacity Limit* | Estimated Electricity Production | Heat Storage* | Share* | Input | | Output |
| Distribution: | | | | | | Heat | | Solar | | | |
| 1_individual_heat_demand_resflex.txt | | | | | | CRD_Solar_Hourly_Global.txt | | | | | |
| Coal boiler : | 0 | 0,8 | 0,00 | | | | 0 | 1 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| Oil boiler : | 0,8 | 0,8 | 0,64 | | | | 0 | 1 | 0 | 0,00 | 0,80 |
| Ngas boiler : | 10 | 0,9 | 9,00 | | | | 0 | 1 | 1 | 0,86 | 9,04 |
| Biomass boiler : | 10 | 0,7 | 7,00 | | | | 0 | 1 | 5 | 1,81 | 7,41 |
| H2 micro CHP : | | 0,5 | 0 | 0,3 | 1 | 0,00 | 0 | 1 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| Ngas micro CHP : | | 0,5 | 0 | 0,3 | 1 | 0,00 | 0 | 1 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| Biomass micro CHP : | | 0,5 | 0 | 0,3 | 1 | 0,00 | 0 | 1 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| Heat Pump : | | | 0,24 | 3 | 1 | -0,05 | 2 | 1 | 0,12 | 0,08 | |
| Electric heating : | | | 0 | | 1 | 0,00 | 0 | 1 | 0 | 0,00 | |
| Total Individual: | | | 16,88 | | | -0,05 | | | | 2,75 | 17,25 |

Slika 19. Modeliranje grijanja u EnergyPLAN-u

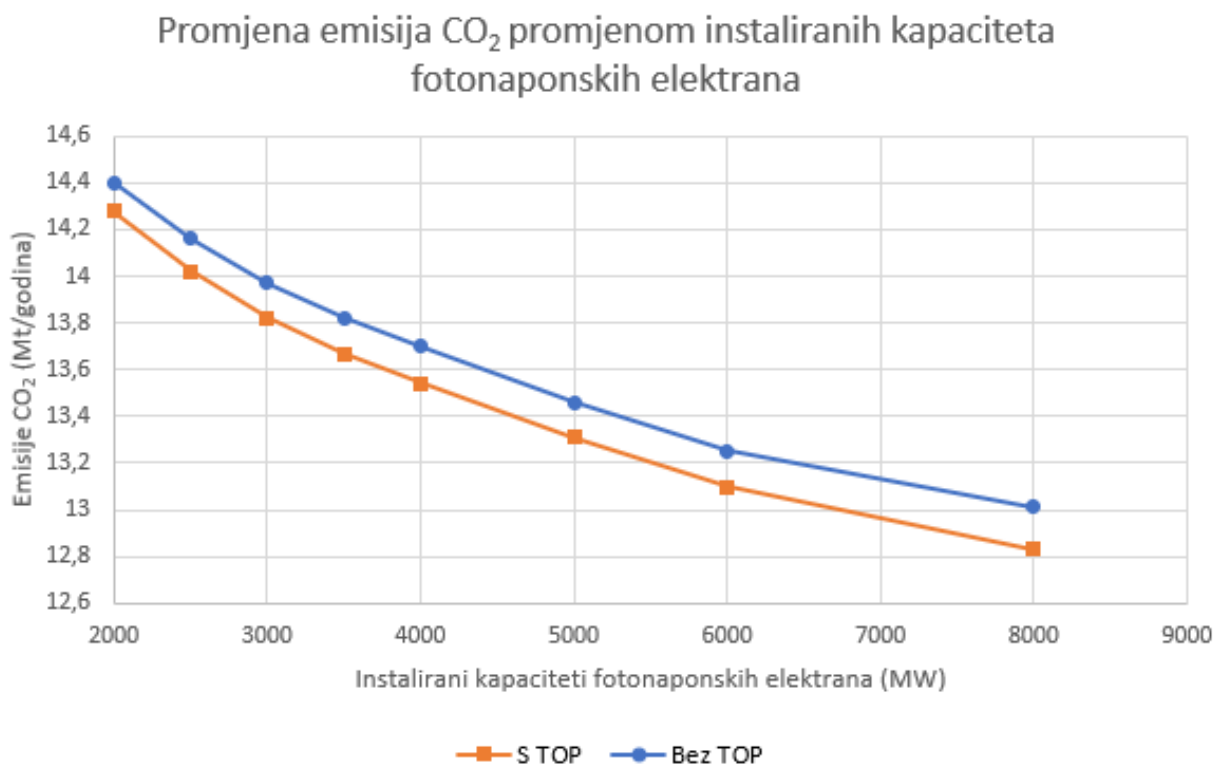
Samim integriranjem dizalica topline u sustav smanjuje se potražnja za energijom u turističkom sektoru. Pretpostavi li se da dizalice topline imaju COP u iznosu od 3, potražnja za energijom se smanjila 3 puta. Razlog tome je naravno što dizalice topline koriste električnu energiju za stvaranje toplinske. Stoga je za jednake potrebe toplinske energije potrebno 3 puta manje energije kod dizalica topline. Budući da su svi podaci upisani, moguće je uključiti simulaciju i na sljedećim slikama usporediti rezultate s prethodnim krivuljama koje predstavljaju sustav bez tehnologija odziva potrošnje (TOP).

Promjena kritičnog viška proizvedene električne energije promjenom instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana



Slika 20. Krivulje promjene kritičnog viška proizvedene električne energije promjenom instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana

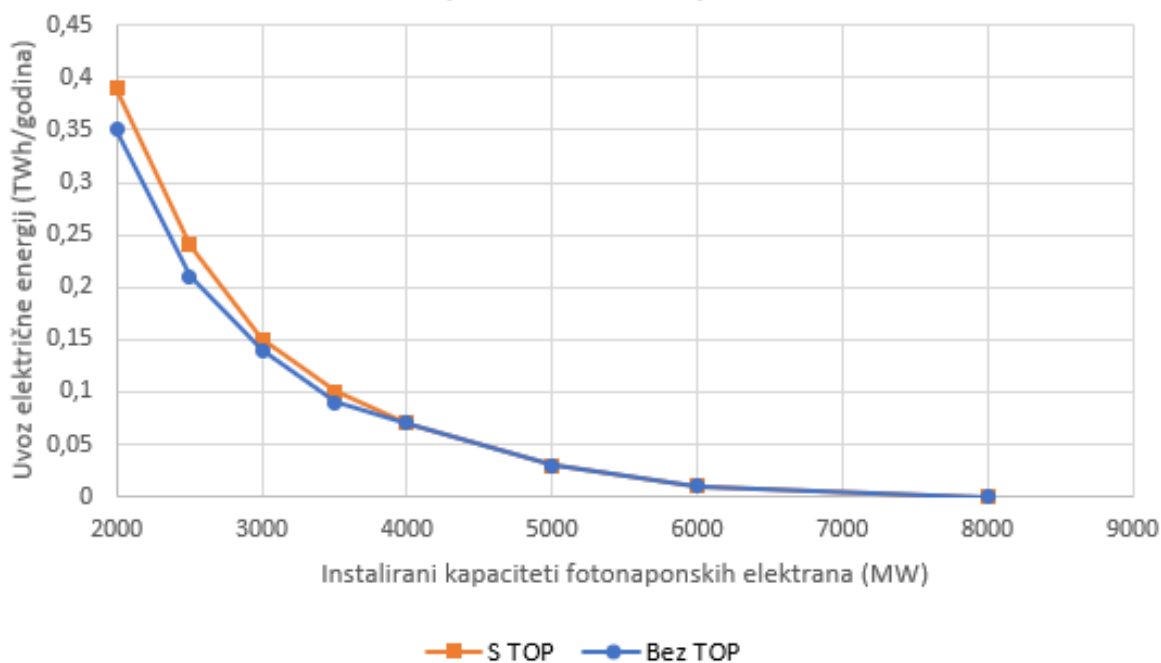
Na slici 20 uočava se da sustav s implementiranim tehnologijama odziva potrošnje nastoji smanjiti kritične viškove proizvedene električne energije. To se može objasniti činjenicom da se pomoću integriranih spremnika topline s dizalicama topline pohranjuje toplinska energija dokle god ima električne energije.



Slika 21. Krivulje smanjenja emisija CO₂ promjenom instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana

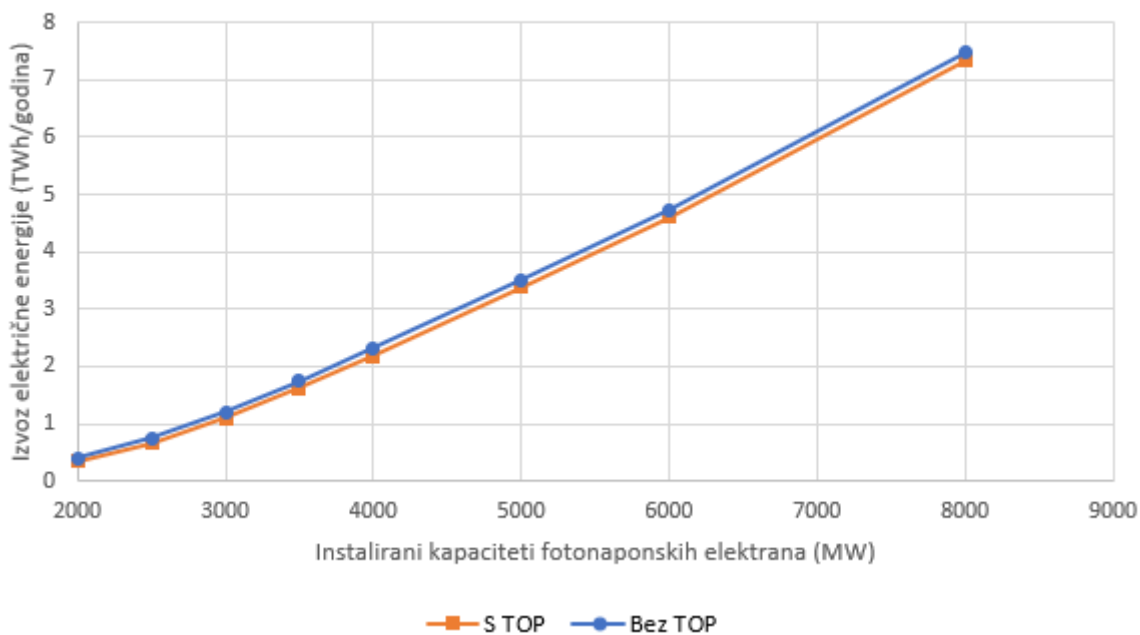
Na slici 21 vidi se da takav sustav pretendira k smanjenju emisija CO₂, zbog činjenice da dizalice topline, koje su zamijenile postojeće kotlove na lož ulje, ne emitiraju štetne plinove, pa tako ni CO₂ u okoliš.

Promjena uvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana



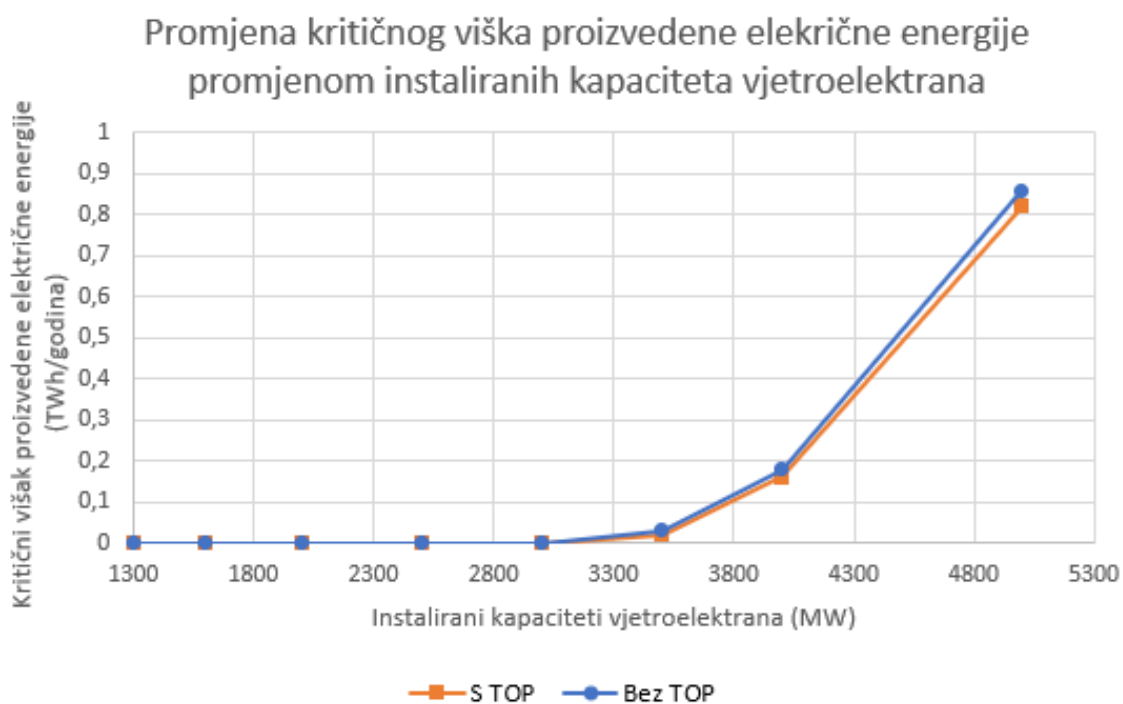
Slika 22. Krivulje promjene uvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana

Promjena izvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana

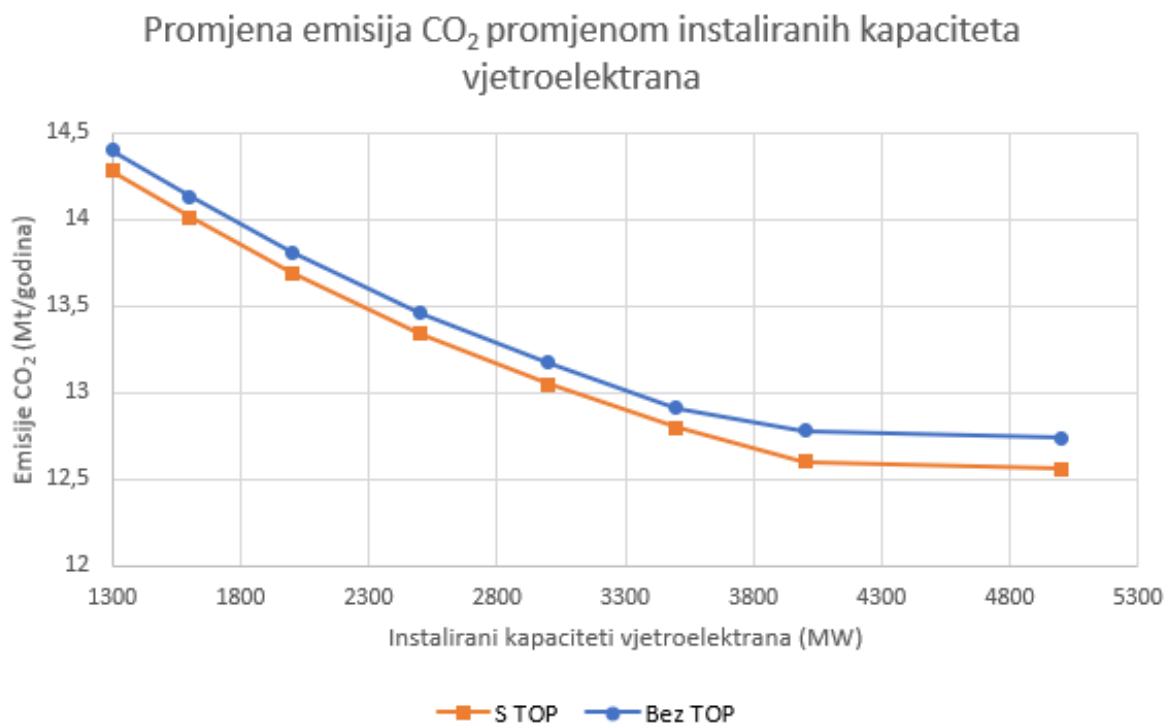


Slika 23. Krivulje promjene izvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana

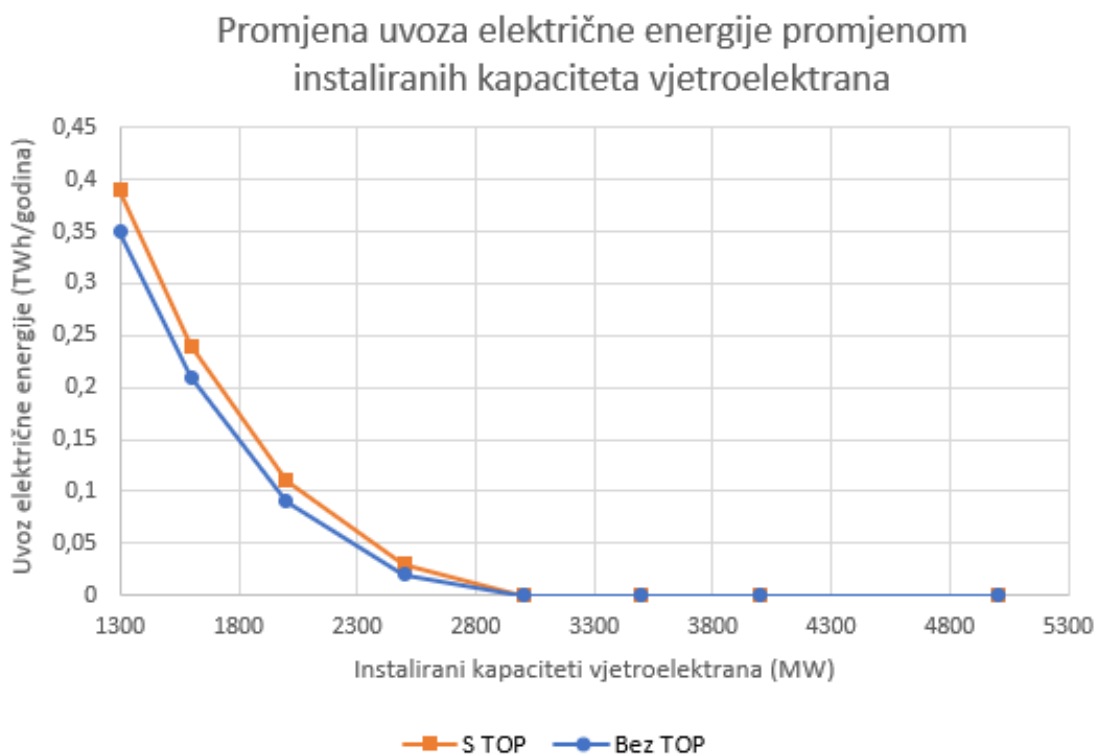
Na slikama 22 i 23 vidi se da sustav s tehnologijama odziva potrošnje uvozi više, a izvozi manje električne energije od sustava bez tih tehnologija. To se može objasniti činjenicom da zamjenom kotlova na lož ulje dizalicama topline raste potražnja u sustavu za električnom energijom, pa samim time se manje električne energije izvozi a više uvozi. Na prikazanim slikama, razlike između sustava sa i bez tehnologija odziva potrošnje nisu značajne zbog toga što se modelira u kompletnome energetske sustavu Republike Hrvatske, a promjene koje su unesene odnose se samo na turistički sektor koji u sveukupnoj potrošnji ne zauzima veliki postotak. No, promjene postoje i svakako ove tehnologije pomažu u integraciji VOIE. Uz pomoć još nekih drugih tehnologija npr. banke leda, čije modeliranje u EnergyPLAN-u nije omogućeno, utjecaj bi mogao biti i značajniji. Na sljedećim slikama prikazani su isti učinci na sustav dok se povećava instalirani kapacitet vjetroelektrana, no, te se promjene neće posebno objašnjavati zbog sličnosti s promjenama kod fotonaponskih kapaciteta.



Slika 24. Krivulje promjene kritičnog viška proizvedene električne energije promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana

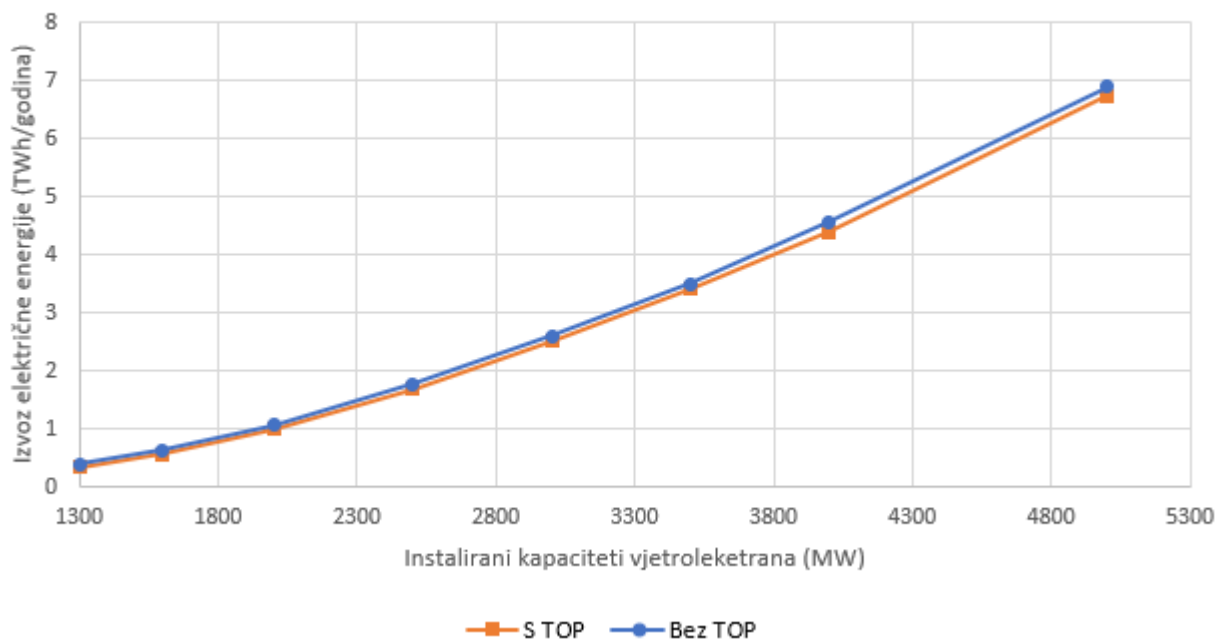


Slika 25. Krivulje smanjenja emisija CO₂ promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana



Slika 26. Krivulje promjene uvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana

Promjena izvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana

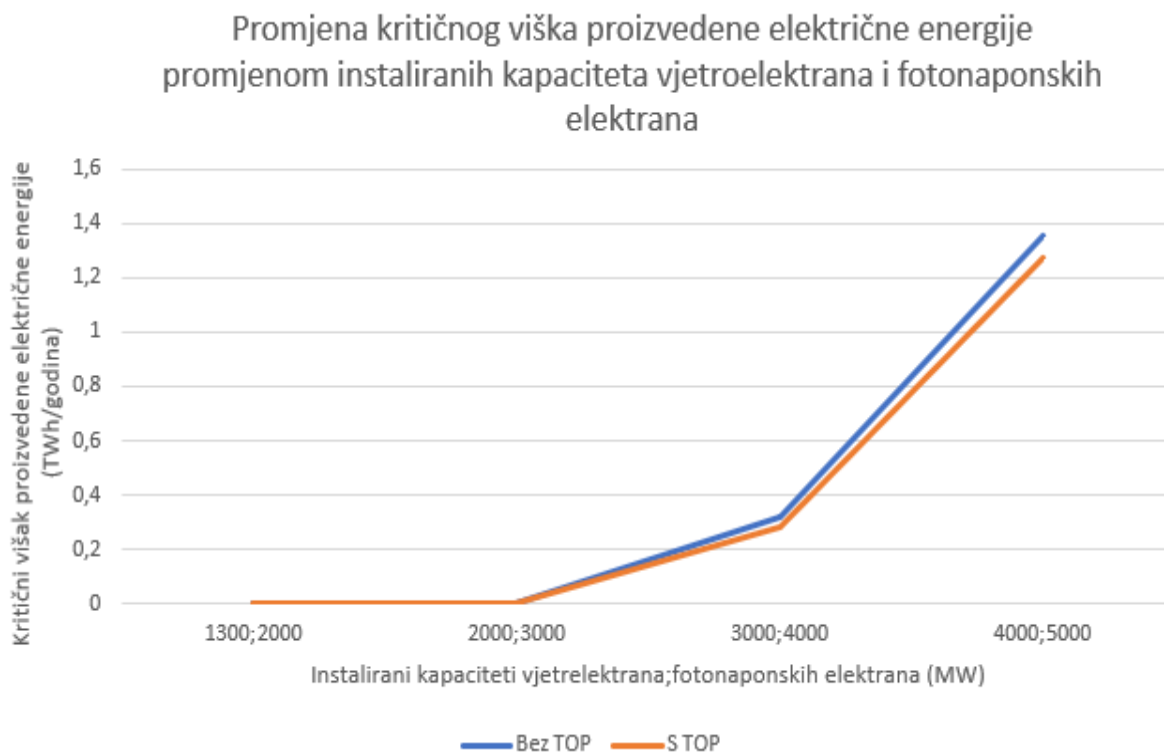


Slika 27. Krivulje promjene izvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana

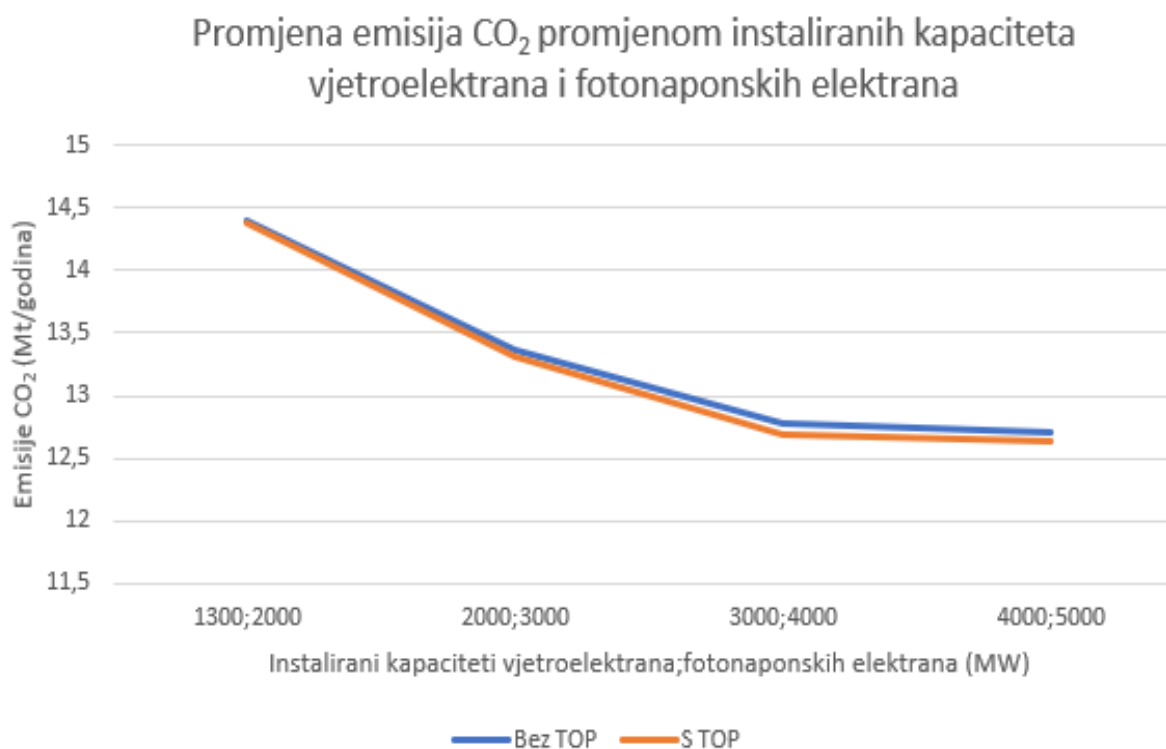
Slikama 24-27 prikazane su promjene koje su događaju povećanjem instaliranih kapaciteta vjetroelektrana. Kako su te promjene vrlo slične promjenama kod povećanja instaliranih kapaciteta fotonaponskih elektrana, neće se posebno objašnjavati.

Finalna proizvodnja energije iz OIE je narasla za iznos koji odaju instalirani kapaciteti solarnih sustava, a to iznosi 0,08 TWh/godina. Dodatno, zamjenom kotlova na lož ulje dizalicama topline također je narasla proizvodnja finalne energije iz OIE u iznosu koji se ne može egzaktno procijeniti.

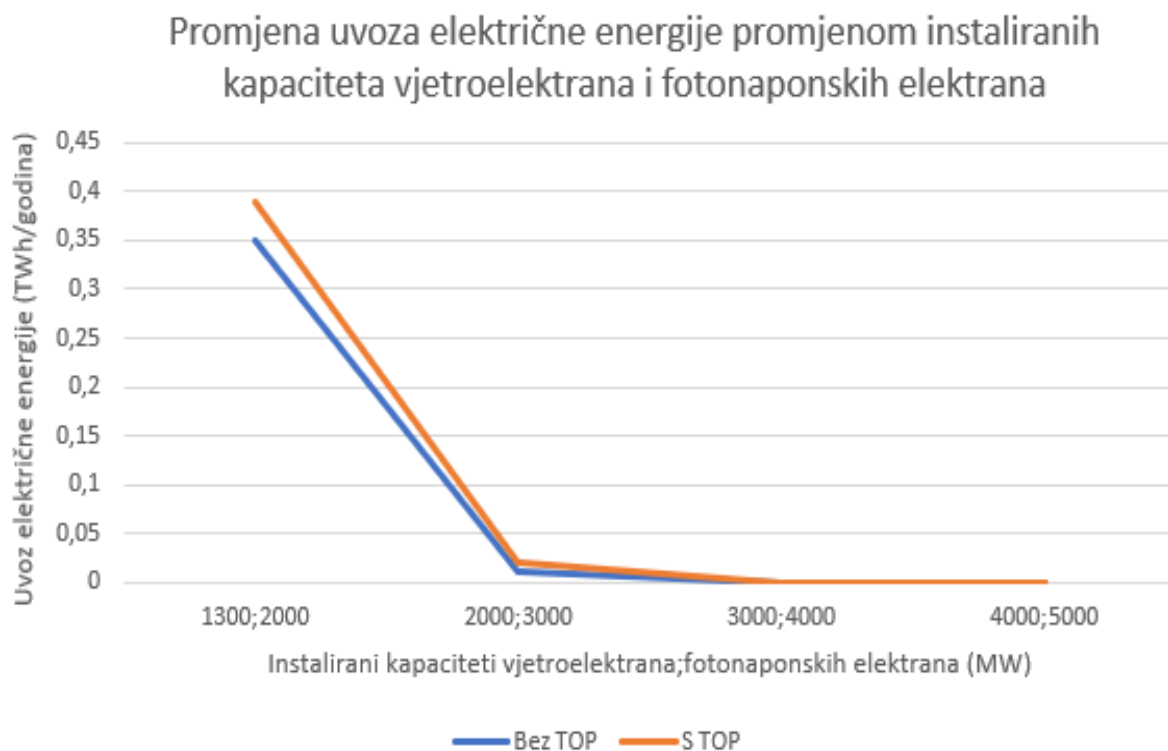
Kako bi se još bolje predočile posljedice koje integracija tehnologija odziva potrošnje ima na energetske sustav, uspoređivat će se sustavi sa i bez tih tehnologija dok se povećavaju instalirani kapaciteti i fotonaponskih elektrana i vjetroelektrana. U sljedećim dijagramima prikazuju se rezultati za kapacitete vjetroelektrana od 1300, 2000, 3000 i 4000 W, te fotonaponskih elektrana od 2000, 3000, 4000, 5000 W. Prikazat će se dijagrami promjene kritičnog viška proizvedene električne energije, smanjenja emisija CO₂ te uvoza i izvoza energije.



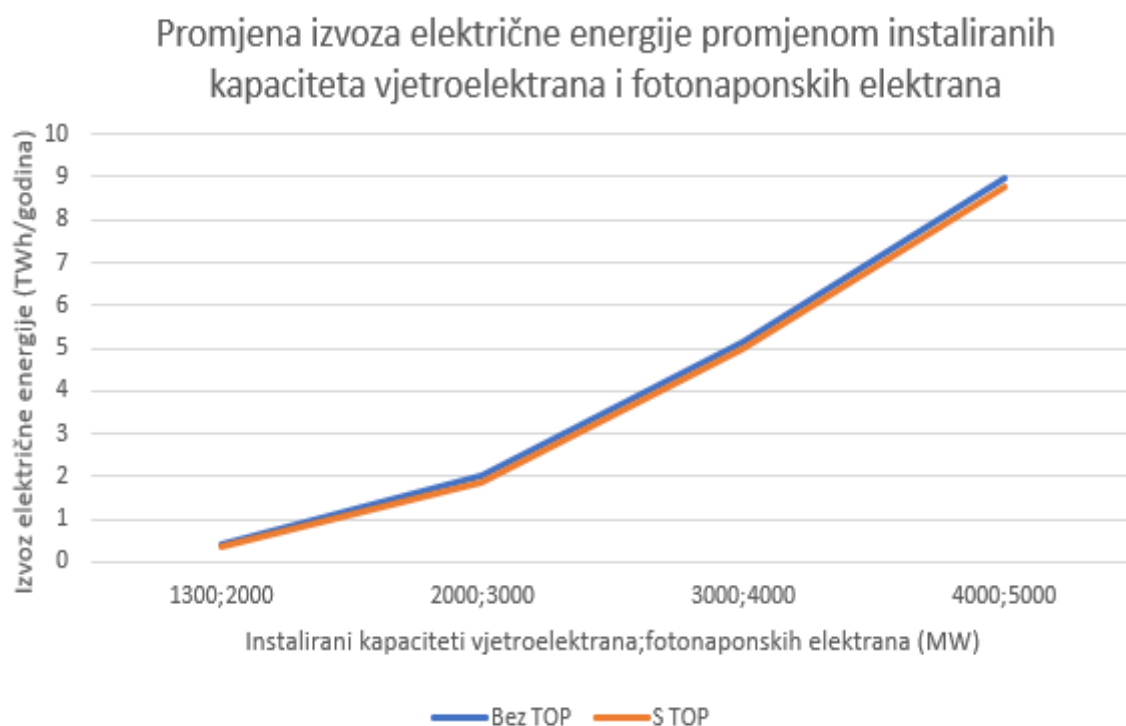
Slika 28. Krivulje promjene kritičnog viška proizvedene električne energije promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana i fotonaponskih elektrana



Slika 29. Krivulje smanjenja emisija CO₂ promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana i fotonaponskih elektrana



Slika 30. Krivulje promjene uvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana i fotonaponskih elektrana



Slika 31. Krivulje promjene izvoza električne energije promjenom instaliranih kapaciteta vjetroelektrana i fotonaponskih elektrana

7. ZAKLJUČAK

Zadatak ovog rada bio je prikazati koji utjecaj ima korištenje tehnologija odziva potrošnje u turističkom sektoru na integraciju varijabilnih obnovljivih izvora energije. Pomoću podataka o potrebnoj godišnjoj električnoj energiji, energiji za grijanje te električnoj energiji za hlađenje u turističkom sektoru Republike Hrvatske, modelira se energetska sustav koji predstavlja Hrvatsku u 2030. bez tehnologija odziva potrošnje. Postepeno se povećavao kapacitet instaliranih kapaciteta fotonaponskih i vjetroelektrana te se uspoređuju scenariji bez i sa tehnologijama odziva potrošnje. Nakon integracije tehnologija odziva potrošnje u referentni scenarij primjećuje se smanjenje kritičnog viška proizvedene električne energije, zbog toga što se varijabilna proizvodnja iskoristila na način da se dio te energije iskoristio za npr. spremanje toplinske energije u spremnike topline. Također, dolazi do povećanja uvoza odnosno smanjenja izvoza električne energije, što proizlazi iz činjenice da se više varijabilne proizvodnje uspješno iskoristiti u vlastitom energetska sustavu. Naravno, zamjenom postojećih kotlova na lož ulje smanjuju se emisije CO₂. Tom zamjenom je, zbog veće učinkovitosti dizalica topline, smanjena potrebna energija u turističkom sektoru pa je potrebna energija za grijanjem u slučaju s navedenim tehnologijama dobivena koristeći trostruko (ako se pretpostavi da je COP 3) manje električne energije. Integracijom solarnih sustava u energetska sustav proizvodnja iz obnovljivih izvora energije je dodatno narasla.

Promjene su uočljive unatoč tome što su izmjene u scenariju male. Turistički sektor čini mali postotak u sustavu Republike Hrvatske, a kako su promjene napravljene samo u njemu, ne mogu se očekivati neke značajnije promjene. No, one postoje i ne mogu se zanemariti. Kada bi država dodatno poticala integraciju navedenih tehnologija i kada bi sve više raznih objekata počelo koristiti navedene tehnologije, energetska tranzicija bi se, svakako, mogla lakše provesti. Tim mjerama, Republika Hrvatska bi napravila korak naprijed prema čistoj energiji i očuvanju okoliša.

LITERATURA

- [1] Joel N. Swisher, Gilberto de Martino Januzzi, Robert Y. Redlinger: Tools and Methods for Integrated Resource Planning, Grafisk Service, Risø National Laboratory, Roskilde, 1997.
- [2] Bojan Irsag, Tomislav Pukšec, Neven Duić: Long term energy demand projection and potential for energy savings of Croatian tourism-catering trade sector, Energy, 2012.
- [3] Vlasta Zanki Alujević: Energy Use and Environmental Impact from Hotels on the Adriatic Coast in Croatia- Current Status and Future Possibilities for HVAC Systems, Doctoral thesis, Royal Institute of Technology Stockholm, Sweden 2006.
- [4] Girish Ghatikar, Venkata Ganti, Nance Matson, Mary Ann Piette: Demand Response Opportunities and Enabling Technologies for Data Centers: Findings from Field Studies, Lawrence Berkeley National Laboratory, 2012.
- [5] Ljubomir Majdandžić: Solarni sustavi, Graphis d.o.o., Zagreb, 2010.
- [6] <http://www.sunceipartneri.hr/grijanje-vode/> (preuzeto 05.02.2020.)
- [7] Vladimir Soldo: Dizalice topline, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2013.
- [8] <https://www.bosch-climate.ba/energetska-ucinkovitost/objasnjenje-tehnike.html> (preuzeto 06.02.2020.)
- [9] Fostering diffusion of Heating & Cooling technologies using the seawater pumps in the Adriatic-Ionian Region: projekt SEADRION
- [10] <https://regulator.hr/wp-content/uploads/izvori-1024x341.jpg> (preuzeto 06.02.2020.)
- [11] Boris Labudović: Osnove primjene solarnih toplinskih sustava, ENERGETIKA MARKETING d.o.o., Zagreb, 2010.
- [12] <https://matrex.hr/proizvod/spremnik-s-jednim-izmjenjivacem-topline-bosch-300-uno-8-bar-acu-heat-300-1/> (preuzeto 06.02.2020.)
- [13] https://www.mtxenergysystems.com/solar-thermal?lightbox=image_1dkw (preuzeto 07.02.2020)
- [14] Marinela Krstinić Nižić, Branko Blažević: Gospodarenje energijom u turizmu, Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu, Opatija, 2017.
- [15] <https://www.enu.hr/> (preuzeto 08.02.2020.)
- [16] Narodne novine, Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja, Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, 25.11.2015.
- [17] <http://www.fzoeu.hr/> Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitosti (preuzeto 08.02.2020)

- [18] <https://opzo-opkk.hr/>- Operativni program Konkurentnost i kohezija (preuzeto 09.02.2020)
- [19] <https://www.pwc.hr/> (preuzeto 09.02.2020.)
- [20] Lund, H., EnergyPLAN – Advanced energy system analysis Computer model, Users Manual Documentation Version 9.0. Aalborg University, Aalborg, Denmark, 2011.
- [21] <https://www.energyplan.eu/> - preuzeto (11.02.2020.)
- [22] <https://het.hr/> EnergyPLAN Hrvatska – Analiza utjecaja tehnologija odgovora potrošnje na integraciju OIE (preuzeto 12.02.02.)
- [23] Popis kategoriziranih turističkih objekata u Republici Hrvatskoj, Ministarstvo turizma, 03.01.2020
- [24] Državni zavod za statistiku republike Hrvatske, Turizam u 2017.
- [25] Igor Kos: Završni rad, Usporedba različitih energenata i tehnologija za potrebe grijanja, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, 2017
- [26] Anica Trp, Kristian Lenić, Bernard Franković: Analiza potrošnje energije u uslužnim djelatnostima na otocima Primorsko-goranske županije, Faculty of Engineering University of Rijeka, 2004.
- [27] Bojan Irsag: Završni rad, Modeliranje energetske potrošnje turističko ugostiteljskog sektora u ovisnosti o tehnološkim, zakonskim te financijskim mehanizmima, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2011.
- [28] Računalni program METEONORM

PRILOZI

I. CD-R disc