

Analiza budućeg energetskeg sustava arhipelaga Cres - Lošinj s naglaskom na korištenje obnovljivih izvora energije i tehnologija skladištenja energije

Herak, Tomislav

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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:235:238835>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-03**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Tomislav Herak

Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentori:

Izv. prof. dr. sc. Goran Krajačić, dipl. ing.

Student:

Tomislav Herak

Zagreb, 2024.

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

Zahvaljujem se mentoru izv. prof. dr. sc. Goranu Krajačiću i asistentu mag. ing. Goranu Stunjeku na pomoći i susretljivosti te uloženom vremenu tijekom izrade ovog rada.

Zahvaljujem se projektu INSULAE sufinanciranom iz programa za istraživanje i razvoj Obzor 2020. na ustupljenim podacima i informacijama te pristupu IPT alatu za modeliranje energetskih sustava.

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima na podršci i razumijevanju tijekom studiranja.

Tomislav Herak



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:



Procesno-energetski, konstrukcijski, inženjersko modeliranje i računalne simulacije i brodstrojarski

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 24 - 06 / 1	
Ur.broj: 15 - 24 -	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Tomislav Herak** JMBAG: 0036500989

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza budućeg energetskeg sustava arhipelaga Cres – Lošinj s naglaskom na korištenje obnovljivih izvora energije i skladištenja energije**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Analysis of the future energy system of the Cres - Lošinj archipelago with an emphasis on the use of renewable energy sources and energy storage technologies**

Opis zadatka:

Opći napredak na području obnovljivih izvora energije, zajedno s inovativnim tehnologijama skladištenja, igraju ključnu ulogu u transformaciji energetskeg sustava otoka. Održiva energetska tranzicija naglašava zajednički napor da se stvore otporni i održivi energetske sustavi na europskim otocima. Povijesno ovisni o uvozu fosilnih goriva zbog svoje izoliranosti, sve je značajnija primjena održivih izvora energije na europskim, ali i hrvatskim otocima. Prepoznajući njihovu pouzdanost, prihvatljivost za okoliš i održivost, mnogi otoci sudjeluju u procesu izrade akcijskih planova za održivu energetske tranziciju. Akcijski planovi primarno predviđaju instalaciju novih kapaciteta obnovljivih izvora energije, skladišta energije i obnove elektroenergetske mreže. Uključivanje obnovljivih izvora energije u proizvodnju električne energije na hrvatskim otocima ne samo da je usklađeno s ekološkim ciljevima, nego je financijski i ekonomski isplativo.

U okviru diplomskog rada potrebno je izraditi plan energetske tranzicije arhipelaga Cres – Lošinj.

U radu je potrebno provesti:

1. Analizu trenutnih zakona i odredbi primjene OIE u Hrvatskoj, dodatne strategije i propise koji definiraju korištenje OIE na hrvatskim otocima.
2. Analizu trenutnog energetskeg sustava arhipelaga Cres – Lošinj.
3. Analizu potencijala proizvodnje energije na arhipelagu koristeći OIE i mogućnosti primjene tehnologija skladištenja energije.
4. Proračun koristeći dostupne modele u kojem je potrebno prikazati različite scenarije energetske tranzicije arhipelaga Cres – Lošinj ovisne o korištenim tehnologijama za proizvodnju električne energije i njeno skladištenje te promjeni zahtjeva za električnom energijom.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

18. siječnja 2024.

Datum predaje rada:

21. ožujka 2024.

Predviđeni datumi obrane:

25. – 29. ožujka 2024.

Zadatak zadao:

Izv.prof.dr.sc. Goran Krajačić

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	V
POPIS KRATICA	VI
SAŽETAK.....	VII
SUMMARY	VIII
1. UVOD.....	1
1.1. Obnovljivi izvori energije i skladištenje energije na otocima.....	1
1.2. Obnovljivi izvori energije i skladištenje energije na otocima Republike Hrvatske.....	2
2. STRATEGIJE I REGULATIVA PRIMJENE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE	3
2.1. Europska regulativa.....	3
2.1.1. Direktiva o promicanju uporabe energije iz obnovljivih izvora	5
2.1.2. Deklaracija o pametnim otocima	5
2.2. Hrvatske strategije i regulativa	7
2.2.1. Strategija niskougljičnog energetskog razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu.....	7
2.2.2. Integrirani nacionalni energetski i klimatski plan Republike Hrvatske za razdoblje od 2021. do 2030. godine.....	11
2.2.3. Zakon o energiji	11
2.2.4. Pravilnik o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije	12
2.2.5. Zakon o tržištu električne energije.....	12
2.2.6. Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji.....	13
2.2.7. Uredba o korištenju obnovljivih izvora energije i visokoučinkovitih kogeneracija	14
2.2.8. Uredba o poticanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i visokoučinkovitih kogeneracija	15
2.2.9. Zakon o otocima	15
2.2.10. Nacionalni plan razvoja otoka 2021.-2027.	16
3. ARHIPELAG CRES - LOŠINJ	19
3.1. Geografske karakteristike	19
3.2. Lokalna samouprava	20
3.3. Demografske karakteristike	22
3.4. Gospodarske karakteristike	22
3.5. Prometna mreža i povezanost s kopnom.....	23
4. ENERGETSKI SUSTAV ARHIPELAGA CRES – LOŠINJ	25
4.1. Potrošnja električne energije	26
4.2. Potrošnja energije u zgradarstvu	27
4.2.1. Potrošnja energije zgrada u javnom vlasništvu.....	27
4.2.2. Potrošnja energije stambenih zgrada	28
4.2.3. Potrošnja energije poslovnih zgrada	29
4.3. Potrošnja energije u industrijskom sektoru.....	30

4.4.	Potrošnja energije u prometu	30
4.4.1.	Potrošnja energije u cestovnom prometu	30
4.4.2.	Potrošnja energije u pomorskom prometu	30
4.5.	Obnovljivi izvori energije	31
4.5.1.	Obnovljivi izvori energije na arhipelagu Cres – Lošinj	31
4.5.2.	Potencijal proizvodnje energije iz OIE i skladištenja energije	31
4.5.3.	Plan energetskog razvoja cresko-lošinjskog arhipelaga.....	34
5.	MODELIRANJE BUDUĆEG ENERGETSKOG SUSTAVA ARHIPELAGA CRES – LOŠINJ	36
5.1.	Scenariji	36
5.2.	Referentna godina – 2020.	39
5.3.	Implementacije za 2030. godinu	41
5.4.	Implementacije za 2040. godinu	42
5.5.	Implementacije za 2050. godinu	43
6.	REZULTATI	44
6.1.	Referentna godina – 2020.	44
6.2.	Stanje na arhipelagu 2030. godine	47
6.3.	Stanje na arhipelagu 2040. godine	50
6.4.	Stanje na arhipelagu 2050. godine	54
6.5.	Usporedba scenarija	58
7.	ZAKLJUČAK.....	63
	LITERATURA.....	64

POPIS SLIKA

Slika 1. Europski zeleni plan [4]	3
Slika 2. Koncept pametnih otoka [8].....	6
Slika 3. Smanjenje emisije stakleničkih plinova NUR, NU1, NU2 scenarijem [9].....	10
Slika 4. Geografski položaj cresko-lošinjskog arhipelaga [19].....	19
Slika 5. Administrativne jedinice Grad Cres i Grad Mali Lošinj [20]	21
Slika 6. 110 kV i 35 kV mreža koja napaja otoke Cres i Lošinj [23]	25
Slika 7. Udio potrošnje pojedinog energenata u zgradama javnog vlasništva 2018. [19]	28
Slika 8. Udio pojedinog energenta u ukupnoj potrošnji u stambenim zgradama u 2018. [19]	29
Slika 9. Srednja godišnja ozračenost vodoravne plohe u Republici Hrvatskoj [25]	32
Slika 10. Mjesečno Sunčevo ozračenje – arhipelag Cres – Lošinj [24].....	33
Slika 11. Satna raspodjela Sunčevog zračenja na cresko-lošinjskom arhipelagu [24].....	33
Slika 12. Smjerovi energetske tranzicije cresko-lošinjskog otočja [19]	35
Slika 13. Prikaz elektroenergetskog sustava arhipelaga Cres – Lošinj u IPT-u.....	40
Slika 14. Satna krivulja potrošnje električne energije – otok Lošinj	40
Slika 15. Potrošnja električne energije na arhipelagu – 2020.	44
Slika 16. Uvoz i izvoz električne energije cresko-lošinjskog arhipelaga – 2020.....	45
Slika 17. Energetski tokovi između otoka/čvorišta – 2020.	45
Slika 18. Uvoz električne energije i proizvodnja iz sunčanih elektrana - 2020.	46
Slika 19. Satna krivulja ukupne proizvodnje električne energije iz sunčanih elektrana - 2020.	46
Slika 20. Potrošnja električne energije na arhipelagu – 2030.	47
Slika 21. Uvoz i izvoz električne energije arhipelaga – 2030.	48
Slika 22. Energetski tokovi između otoka/čvorišta – 2030.	48
Slika 23. Uvoz električne energije i proizvodnja iz sunčanih elektrana – 2030.	49
Slika 24. Satna krivulja ukupne proizvodnje električne energije iz sunčanih elektrana – 2030.	49
Slika 25. Satna proizvodnja iz FN, rad baterijskog sustava i uvoz električne energije na Cresu -2030.	50
Slika 26. Rad baterijskog sustava na satnoj razini na lokaciji kod Vranskog jezera – 2030.	50
Slika 27. Potrošnja električne energije na arhipelagu – 2040.	51
Slika 28. Uvoz i izvoz električne energije cresko-lošinjskog arhipelaga – 2040.....	51
Slika 29. Energetski tokovi između otoka/čvorišta – 2040.	52
Slika 30. Uvoz električne energije i proizvodnje iz sunčanih elektrana – 2040.	52
Slika 31. Satna krivulja ukupne proizvodnje električne energije iz sunčanih elektrana – 2040.	53
Slika 32. Satna proizvodnja iz FN, rad baterijskog sustava i uvoz električne energije na Cresu – 2040.....	53
Slika 33. Rad baterijskog sustava na satnoj razini na lokaciji kod Vranskog jezera – 2040.	54
Slika 34. Potrošnja električne energije na arhipelagu – 2050.	54
Slika 35. Uvoz i izvoz električne energije cresko-lošinjskog arhipelaga – 2050.....	55
Slika 36. Energetski tokovi između otoka/čvorišta – 2050.	55
Slika 37. Uvoz električne energije i proizvodnje iz sunčanih elektrana – 2050.	56
Slika 38. Satna krivulja ukupne proizvodnje električne energije iz sunčanih elektrana – 2050.	56
Slika 39. Satna proizvodnja iz FN, rad baterijskog sustava i uvoz električne energije na Cresu – 2030.....	57
Slika 40. Rad baterijskog sustava na satnoj razini na lokaciji kod Vranskog jezera – 2050.	57

Slika 41. Potrošnja električne energije 9 scenarija energetske tranzicije arhipelaga Cres - Lošinj.....	58
Slika 42. Uvoz električne energije 9 scenarija energetske tranzicije arhipelaga	59
Slika 43. Udio električne energije iz OIE na cresko-lošinjskom arhipelagu za 9 scenarija...	60
Slika 44. Potreban kapacitet baterijskog sustava za energetske neovisnost cresko-lošinjskog arhipelaga 2050. godine	62

POPIS TABLICA

Tablica 1. Projekcije smanjenja emisija u niskougljičnim scenarijima [9].....	9
Tablica 2. Pokazatelji obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti u niskougljičnim scenarijima [9].....	10
Tablica 3. Broj stanovnika cresko-lošinjskog arhipelaga po otocima [22].....	22
Tablica 4. Broj dolazaka i noćenja turista na cresko-lošinjskom otočju 2018. godine [19] ..	23
Tablica 5. Potrošnja električne energije na cresko-lošinjskom arhipelagu u 2018. godini [19]	26
Tablica 6. Potrošnja energije po energentu za zgrade u javnom vlasništvu u 2018. godini [19]	27
Tablica 7. Potrošnja energenata u stambenim objektima u 2018. godini [19].....	28
Tablica 8. Potrošnja energije po energentima u poslovnim zgradama u 2018. godini [19]..	29
Tablica 9. Broj i ukupna potrošnje energije po kategorijama vozila u 2018. godini [19].....	30
Tablica 10. Promjene - demografija, električna vozila i energetska učinkovitost	37
Tablica 11. Scenariji energetske tranzicije arhipelaga Cres - Lošinj	38
Tablica 12. Potrošnja energije istog broja MSUI vozila i električnih vozila [19], [29].....	39
Tablica 13. Potrošnja električne energije na arhipelagu Cres – Lošinj u 2020. godini [19]..	41
Tablica 14. Ukupna snaga instaliranih sunčanih elektrana na otocima 2020. godine [19]....	41
Tablica 15. Sunčane elektrane instalirane do 2030. godine	42
Tablica 16. Ukupno smanjenje potrošnje električne energije u razdoblju od 2020.-2050.....	59
Tablica 17. Instalirana snaga, proizvodnja i izvoz električne energije iz SE.....	60
Tablica 18. Udio električne energije iz OIE.....	61

POPIS KRATICA

Kratika	Opis
EU	Europska unija
OIE	Obnovljivi izvori energije
RH	Republika Hrvatska
NUR	Referentni scenarij
NU1	Scenarij postupne tranzicije
NU2	Scenarij snažne tranzicije
ETS	Emissions Trading System
OTRA	Otočna razvoja agencija
SECAP	Akcijski plan energetske i klimatske održivosti
HOPS	Hrvatski operator prijenosnog sustava
DV	Dalekovod
KB	Kabel
TS	Trafostanica
HEP ODS	Hrvatska elektroprivreda Operator distribucijskog sustava
UNP	Ukapljeni naftni plin
PVGIS	Photovoltaic Geographical Information System
FN	Fotonapon
LNG	Ukapljeni zemni plin
IPT	Investment Planning Tool
EV	Električno vozilo
MSUI	Motor s unutrašnjim izgaranjem
SE	Sunčana elektrana

SAŽETAK

U ovom diplomskom radu provedena je analiza strategija i regulativa vezanih uz zelenu energetska tranziciju Europske unije, trenutnih zakona i odredbi primjene obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj te dodatnih strategija i propisa koji definiraju korištenje OIE na hrvatskim otocima. Provedena je analiza trenutnog energetskog sustava arhipelaga Cres – Lošinj te je analiziran potencijal proizvodnje električne energije na arhipelagu koristeći OIE i mogućnost primjene tehnologija skladištenja energije. Modelirana je energetska tranzicija arhipelaga Cres – Lošinj koristeći Investment Planning Tool kroz 9 scenarija temeljenih na promjeni potrošnje električne energije zbog promjene broja stanovnika, elektrifikaciji prometa i povećanju energetske učinkovitosti kao i implementaciji sunčanih elektrana i baterijskih sustava te razvoja elektroenergetske mreže kroz razdoblje od 2020. do 2050. godine.

Ključne riječi: cresko-lošinjski arhipelag, energetska tranzicija, Investment Planning Tool, obnovljivi izvori energije, otoci

SUMMARY

In this thesis, an analysis of strategies and regulations related to the green energy transition of the European Union, current laws and provisions for the use of renewable energy sources in Croatia, and additional strategies and regulations defining the use of renewable energy sources on the Croatian islands was carried out. An analysis of the current energy system of the Cres – Lošinj archipelago was carried out, and the potential of electricity production on the archipelago using RES and the possibility of applying energy storage technologies was analysed. The energy transition of the Cres – Lošinj archipelago was modeled using Investment Planning Tool through 9 scenarios based on change in electricity consumption due to changes in the number of inhabitants, electrification of transport and increased energy efficiency, as well as the implementation of solar power plants and battery systems and the development of the electric power grid during the period from year 2020 to 2050.

Key words: Cres - Lošinj archipelago, energy transition, Investment Planning Tool, renewable energy sources, islands

1. UVOD

Klimatske promjene jedan su od najvećih problema modernog doba, a sve je više dokaza koji ukazuju da su izravno izazvane ljudskim djelovanjem zbog izgaranja fosilnih goriva. Glavni pokazatelj klimatskih promjena je porast globalne temperature za više od 1 °C u odnosu na razdoblje prije industrijske revolucije, a globalno zagrijavanje od 1,5 °C bi prema mišljenju znanstvenika moglo imati nepovratne posljedice na okoliš i društvo u cjelini. Klimatske promjene kao globalno pitanje iziskuju suradnju svih država svijeta pa je 2015. godine postignut Pariški sporazum kojim su se države potpisnice obavezale na smanjenje emisija stakleničkih plinova s ciljem ograničenja porasta globalne temperature ispod 2 °C u odnosu na predindustrijsko razdoblje te ulaganjem daljnjih napora prema smanjenju povećanja temperature ispod 1,5 °C. Europska unija (EU) je u skladu sa zahtjevima iz Pariškog sporazuma kreirala dugoročnu strategiju u kojoj se obavezala da će do 2030. godine smanjiti svoje emisije za najmanje 55 % u odnosu na njihove razine iz 1990. godine s jasnim ciljem da do 2050. godine postane prvo klimatski neutralno gospodarstvo i društvo [1].

1.1. Obnovljivi izvori energije i skladištenje energije na otocima

Otoci su povijesno ovisni o uvozu energenata zbog svoje izoliranosti, no napretkom na području obnovljivih izvora energije (OIE) i novim tehnologijama skladištenja energije situacija se počinje mijenjati. Otoci postaju savršeni poligoni za testiranje novih sustava te primjenu obnovljivih izvora energije koji im mogu omogućiti energetska neovisnost i klimatsku neutralnost. Važnost otoka u energetske tranziciji prepoznala je i Europska unija te je 2017. godine Europska komisija pokrenula inicijativu „Čista energija za EU otoke“ u sklopu paketa „Čista energija za sve Europljane“. Mnogi europski, ali i hrvatski otoci priključili su se inicijativi te sudjeluju u izradi akcijskih planova za održivu energetske tranziciju pod vodstvom Europske unije. Akcijski planovi energetske razvoja otoka primarno se zasnivaju na instalaciji novih kapaciteta obnovljivih izvora energije i skladištima za pohranu energije te obnovi elektroenergetske mreže. Proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora na europskim i hrvatskim otocima usklađena je s ekološkim ciljevima Europske unije, a u isto vrijeme donosi financijsku i ekonomsku isplativost te u konačnici energetske neovisnost i klimatsku neutralnost [2].

1.2. Obnovljivi izvori energije i skladištenje energije na otocima Republike Hrvatske

Republika Hrvatska (RH) kao članica Europske unije također sudjeluje u izradi i implementaciji planova energetske tranzicije vlastitih otoka te u primjeni obnovljivih izvora energije i tehnologija skladištenja energije. Povoljan geografski položaj hrvatskih otoka omogućuje im iskorištavanje velikog potencijala energije Sunca i vjetra u njihovoj energetskej tranziciji i neovisnosti o uvozu fosilnih goriva i električne energije s kopna pa se sve veći broj otoka okreće novim tehnologijama i modernim energetskeim sustavima. Predvodnici energetske tranzicije otoka u RH su otoci Cres, Lošinj i Unije povezani „Tranzicijskim planom prema čistoj energiji cresko-lošinjskog otočja“, a njihov dobar primjer slijede i otoci Hvar, Brač, Korčula, Šolta, Lastovo i Vis koji provode projekte obnovljivih izvora energije u skladu s inicijativom „Čista energija za EU otoke“ čime kreću u smjeru zelene energetske tranzicije.

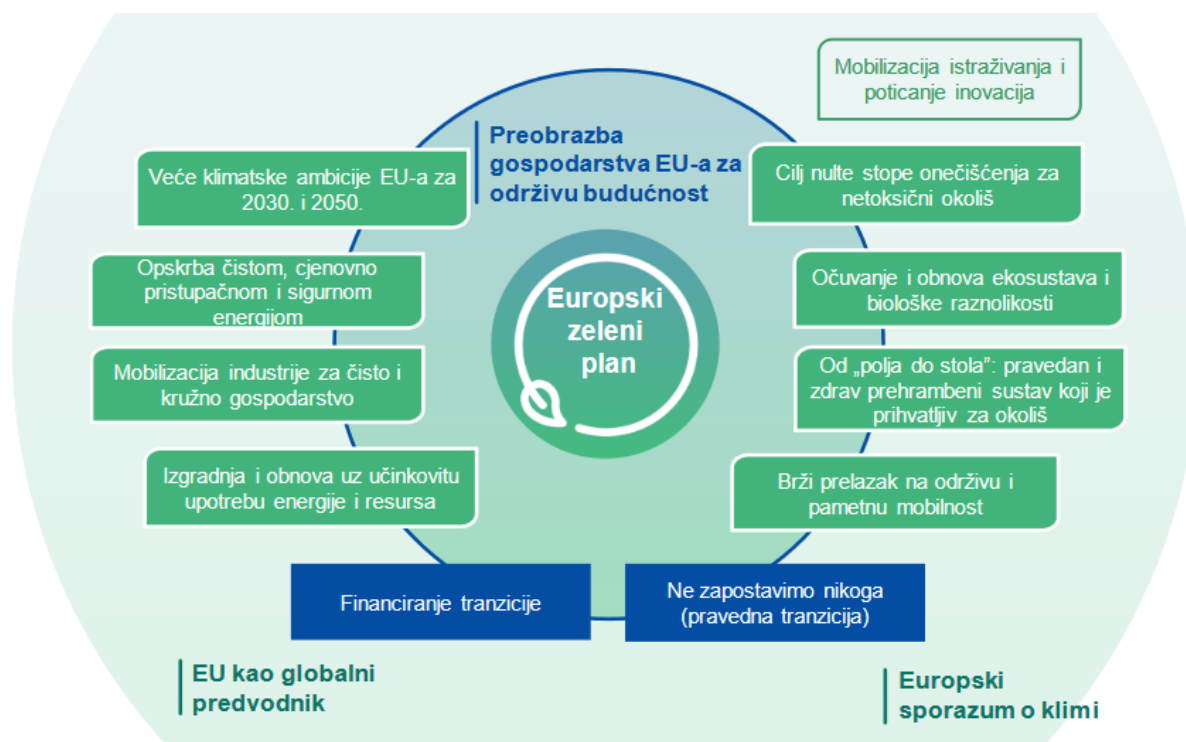
Cilj ovog rada bit će provesti analizu budućeg energetskeg sustava arhipelaga Cres – Lošinj s naglaskom na korištenje obnovljivih izvora energije i tehnologija skladištenja energije. Za početak će se analizirati strategije i regulative vezane uz zelenu energetskej tranziciju Europske unije, trenutni zakoni i odredbe primjene obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj te dodatne strategije i propisi koji definiraju njihovu primjenu na hrvatskim otocima. Analizirat će se trenutno stanje energetskeg sustava te potencijal proizvodnje energije iz obnovljivih izvora i mogućnost primjene tehnologija skladištenja energije na arhipelagu Cres – Lošinj. Za kraj provest će se proračun koristeći računalni model u kojem će se prikazati različiti scenariji energetskej tranzicije arhipelaga Cres – Lošinj ovisne o korištenim tehnologijama za proizvodnju i skladištenje električne energije te promjeni zahtjeva za električnom energijom.

2. STRATEGIJE I REGULATIVA PRIMJENE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Europska unija je u skladu sa zahtjevima iz Pariškog sporazuma predstavila svoju dugoročnu strategiju smanjenja emisija i klimatske planove u obliku Europskog zelenog plana te je krenula u izradu direktiva i regulativa u cilju provedbe energetske tranzicije s naglaskom na primjenu obnovljivih izvora energije. Na temelju strategija i direktiva Europske unije, Republika Hrvatska izradila je svoje planove i strategije te donijela zakone, odredbe i propise koji definiraju način provedbe njene energetske tranzicije i primjene obnovljivih izvora energije.

2.1. Europska regulativa

Europska unija je 2019. godine predstavila Europski zeleni plan kojim se obavezala smanjiti emisije stakleničkih plinova za 50 % do 2030. godine u odnosu na razine iz 1990., povećati energetska učinkovitost za najmanje 32,5 % te osigurati minimalno 32 % energije iz obnovljivih izvora. Za cilj ima postizanje održivog gospodarstva pretvaranjem ekoloških i klimatskih izazova u prilike i osiguravanje pravedne i uključive tranzicije prema klimatski neutralnoj Europi, a elementi su detaljnije prikazani na Slici 1. [3].



Slika 1. Europski zeleni plan [4]

Kako bi se preobrazbom i modernizacijom gospodarstva do 2050. godine postigla klimatska neutralnost Europski zeleni plan donosi sljedeće zaključke:

- Daljnja dekarbonizacija energetskeg sektora ključna je za postizanje ciljeva u području klime 2030. i 2050. godine
- Obnovljivi izvori energije imat će središnju ulogu u prelasku na čistu energiju
- Veća proizvodnja energije iz vjetra bit će iznimno bitna za prelazak na čistu energiju
- Pametna integracija obnovljivih izvora energije, energetske učinkovitosti i ostalih održivih rješenja u svim sektorima bit će od iznimne važnosti za dekarbonizaciju uz minimalni trošak [4].

Zbog sve veće važnosti primjene obnovljivih izvora energije Europska komisija objavila je i strategiju EU-a za energiju iz obnovljivih izvora na moru, čime je energija iz obnovljivih izvora na moru prepoznata kao jedan od važnijih čimbenika u ostvarivanju cilja dekarbonizacije Europe. Glavni cilj ove strategije je izgradnja vjetroelektrana na moru minimalne snage 60 GW do 2030. godine, s namjerom da se do 2050. dosegne 300 GW instalirane snage [5].

Europski parlament je 2021. godine predstavio klimatski zakon kojim je klimatska neovisnost do 2050. pravno obavezujuća, a postavljen je i novi cilj smanjenja emisija stakleničkih plinova za 55 % do 2030. godine u odnosu na razine iz 1990. godine [3]. Zakonodavni paket „Spremni za 55“ predstavljen u srpnju 2021. godine ima za cilj uskladiti regulatorni okvir EU kojim će se ostvariti postizanje ciljeva Europskog zelenog plana, a obuhvaća reviziju zakona povezanih s obnovljivim izvorima energije, energetske učinkovitošću i mehanizmima za ograničenje emisije stakleničkih plinova. Početkom 2022. godine, u okviru plana REPowerEU, Europska komisija predstavila je planove za poticanje još veće proizvodnje energije iz obnovljivih izvora, uštede energije i diversifikacije opskrbe energijom s ciljem manje ovisnosti o fosilnim gorivima i brže zelene energetske tranzicije. Europska unija je u ožujku 2023. postigla dogovor o snažnijem zakonodavstvu kako bi se udio energije iz obnovljivih izvora do 2030. povećao s trenutnih 32 % na najmanje 42,5 % uz namjeru da se dosegne 45 % i time još više ubrzao put prema klimatskoj neutralnosti Europe [3].

2.1.1. Direktiva o promicanju uporabe energije iz obnovljivih izvora

Direktiva (EU) 2018/2001 o promicanju uporabe energije iz obnovljivih izvora uvodi obavezujući cilj za udio od najmanje 32 % energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj bruto potrošnji energije EU do 2030. godine. Direktiva propisuje pravila o financijskim potporama za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora, o vlastitoj potrošnji i proizvodnji obnovljive energije, njenoj uporabi u sektorima grijanja, hlađenja i prometa, o regionalnoj suradnji država članica, međusobnoj, ali i s trećim zemljama te uvodi nove aktere na energetska tržišta. Direktivom se propisuju pravila o jamstvu o podrijetlu obnovljive energije, administrativnim postupcima, informacijama i osposobljavanju. Direktivom se utvrđuju kriteriji održivosti i uštede emisije stakleničkih plinova za biogoriva, goriva iz biomase i tekuća biogoriva, a za sektor prometa je postavljen cilj za udio energije iz obnovljivih izvora od najmanje 14 % do 2030. godine. Treba naglasiti da odredbe dane direktivama služe kao naputak te da ih se u zakonodavstvo država članica treba implementirati na način na koji bi se najbolje uklopile u njihove samostalne ciljeve, ali i zajedničke ciljeve Europske unije [6].

2.1.2. Deklaracija o pametnim otocima

Inicijativa Pametni otoci bazirana je na dugogodišnjoj suradnji europskih otoka i teži pokazati da otoci mogu biti centar razvoja pilot projekata te izvor znanja o pametnom i učinkovitom upravljanju resursima i infrastrukturom, a koje će kasnije biti moguće prenijeti u druge geografski izolirane sredine, ali i prilagoditi potrebama velikih kontinentalnih gradova. Cilj ove deklaracije je jačanje povezanosti između energetike, transporta i informacijsko-komunikacijskih tehnologija te pametno gospodarenje otpadom i upravljanje vodnim resursima na principu kružnog gospodarstva. Ovakvi ciljevi i pristup dolaze upravo iz izoliranosti otoka koja ih prisiljava na razmišljanje kako optimalno koristiti i upravljati resursima te doprinijeti održivom razvoju koji će iskoristiti sve otočne potencijale. Otoci su na čelu globalnog pokreta protiv klimatskih promjena jer su zbog svoje izoliranosti među prvima iskusili njihove razorne učinke na ekološki sustav, dok istovremeno imaju veliki potencijal iskorištavanja obnovljivih izvora energije koji im mogu pomoći u tranziciji prema nisko-ugljičnom, uključivom i održivom gospodarstvu i društvu [7].

Pametni otok definiran je kao otočno područje koje se uspješno prilagođava klimatskim promjenama, kombinirajući ublažavanje efekata klimatskih promjena te prilagodbu na iste, a sve s ciljem održivog lokalnog ekonomskog razvoja i povećanja kvalitete života svojih stanovnika, kroz pametne načine integriranog upravljanja infrastrukturom, prirodnim resursima

i okolišem kao cjelinom, uz korištenja informacijsko-komunikacijskih alata i promoviranje inovativnih uključivih načina upravljanja i financiranja [7].

Koncept pametnih otoka prema deklaraciji temelji se na sljedećim odrednicama:

1. Poduzeti mjere za prilagodbu i ublažavanje klimatskih promjena te ojačati otpornost na njih na lokalnoj razini
2. Poticati korištenje pametnih tehnologija kako bi se osiguralo optimalno upravljanje i korištenje otočnih resursa i infrastrukture
3. Odmak od fosilnih goriva uz iskorištavanje velikog potencijala obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti
4. Promovirati i uvesti održivu otočnu mobilnost uključujući električnu mobilnost
5. Smanjiti nestašicu vode primjenom nekonvencionalnih i pametnih metoda upravljanja vodnim resursima
6. Postati teritorije bez otpada prelaskom na kružno gospodarstvo
7. Očuvati prepoznatljiv prirodni i kulturni kapital otoka
8. Diversificirati gospodarstvo iskorištavanjem specifičnih karakteristika otoka za stvaranje novih i inovativnih radnih mjesta na lokalnoj razini
9. Ojačati društvenu uključenost, edukaciju i osnaživanje građana
10. Poticati prelazak na alternativni, cjelogodišnji, održivi i odgovorni turizam [7].



Slika 2. Koncept pametnih otoka [8]

2.2. Hrvatske strategije i regulativa

Na temelju regulative Europske unije Hrvatska je izradila vlastite strategije, zakone, odredbe i propise kojima će se voditi i regulirati energetska tranzicija i primjena obnovljivih izvora energije. Republika Hrvatska je prema podacima iz 2019. u bruto neposrednoj potrošnji ostvarila 28,5 % energije iz obnovljivih izvora čime je premašila svoj cilj od 20 % za 2020. godinu. Trenutni cilj za 2030. godinu u Strategiji energetske razvoja iznosi 36,6 %, a očekuje se daljnji porast zbog visokih ciljeva Europske unije i postizanje klimatske neutralnosti do 2050. godine [5]. Sve trenutne, ali i nove ciljeve i zahtjeve Hrvatska će pokušati ostvariti kroz svoje strategije, zakone, propise i odredbe.

2.2.1. Strategija niskougljičnog energetske razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu

Strategija niskougljičnog energetske razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu donesena 2021. godine najvažniji je strateški dokument o obnovljivim izvorima energije u Hrvatskoj. Svrha ove strategije pokrenuti je promjene u hrvatskom društvu koje će pridonijeti smanjenju emisija stakleničkih plinova te omogućiti razdvajanje gospodarskog rasta od emisija stakleničkih plinova. Prelazak hrvatskog društva i gospodarstva u niskougljično može se ostvariti kroz ulaganje u zelene tehnologije i poslovanje, u razvoj i inovacije, koje će doprinijeti konkurentnosti na zajedničkom europskom tržištu. Strategija predstavlja put za prijelaz prema održivom gospodarstvu u kojem se gospodarski rast ostvaruje uz male emisije stakleničkih plinova. Ciljevi ove strategije su postizanje održivog razvoja temeljenog na niskougljičnom gospodarstvu i učinkovitom korištenju resursa, primjena obnovljivih izvora energije i mjera energetske učinkovitosti, povećanje sigurnosti i održivosti opskrbe energijom, smanjenje energetske ovisnosti i povećanje dostupnosti energije te smanjenje onečišćenja zraka i utjecaja na zdravlje i kvalitetu života građana. Republika Hrvatska ovom strategijom predstavlja skup planova kojima će pokušati doprinijeti globalnom ublažavanju klimatskih promjena i smanjenju emisija stakleničkih plinova u skladu s međunarodnim obvezama [9].

U strategiji su definirani različiti scenariji za postizanje ciljeva za povećanje udjela energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj bruto potrošnji energije i smanjenje emisije stakleničkih plinova. Predstavljani scenariji podijeljeni su na kratkoročne do 2030. godine i dugoročne do 2050. godine. Strategija se sastoji od tri glavna scenarija: Referentni scenarij (NUR), Scenarij postupne tranzicije (NU1) i Scenarij snažne tranzicije (NU2).

Referentni scenarij NUR

Referentni scenarij NUR predstavlja nastavka trenutne prakse te je u skladu s važećim zakonodavstvom i prihvaćenim ciljevima do 2030. godine. Referentni scenarij pretpostavlja tehnološki napredak i rast udjela energije iz obnovljivih izvora i energetske učinkovitosti na temelju situacije na tržištu i već utvrđenih ciljanih energetskih standarda. Ovo je scenarij s blažim povećanjem udjela obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti te ne vodi niskougljičnom gospodarstvu. U ovom scenariju se emisije stakleničkih plinova smanjuju za 28,9 % u 2030. te 46,3 % u 2050. godini u odnosu na razine iz 1990. godine. Udio obnovljivih izvora u ovom scenariju je 35,7 % u 2030. godini, a 45,5 % u 2050. godini [9].

Scenarij postupne tranzicije NU1

Scenarij postupne tranzicije NU1 kreiran je s ciljem da se ispune obveze Europske unije i ciljevi Pariškog sporazuma te da se porast temperature održi do 2 °C, a po mogućnosti i do 1,5 °C. Smanjenje emisija stakleničkih plinova u ovom scenariju postiže se snažnim poticanjem energetske učinkovitosti i primjenom obnovljivih izvora energije te primjenom niza troškovno učinkovitih mjera. Glavni pokretač energetske tranzicije u ovom scenariju je pretpostavljen snažan rast emisijskih jedinica. Udio obnovljivih izvora energije u 2030. godini za ovaj scenarij je 36,4 %, a u 2050. godini bi mogao doseći 53,2 %. Emisije stakleničkih plinova se u ovom scenariju smanjuju za 33,5 % u 2030. godini i 56,8 % u 2050. u odnosu na 1990. godinu [9].

Scenarij snažne tranzicije NU2

Scenarij snažne tranzicije NU2 dimenzioniran je s ciljem da se u 2050. godini postigne smanjenje emisije stakleničkih plinova za 80 % u odnosu na 1990. Kao i u NU1 scenariji i u ovom je pretpostavljen snažan porast cijena emisijskih jedinica te intenzivne primjene obnovljivih izvora energije i vrlo snažne mjere energetske učinkovitosti. Udio obnovljivih izvora energije prema ovom scenariju u 2030. godini je 36,4 %, a u 2050. godini bi mogao doseći 65,6 %. Prema ovom scenariju dominantni izvor emisija u 2050. godini ostaje promet, zatim poljoprivreda i industrija. Primjenom danas dostupnih mjera, uzimajući u obzir i one koje su u socio-gospodarskom pogledu prihvatljive za poljoprivredu, očekuje se smanjenje emisija od 73,1 % u odnosu na 1990. godinu, dok se ostatak do 80 % računa na nedovoljno razvijene tehnologije koje danas još nisu u primjeni [9].

Scenarij neto nulte emisije (klimatska neutralnost)

Scenarij neto nulte emisije predstavlja scenarij u kojem se do 2050. godine postigne klimatska neutralnost. Ovaj scenarij analizira mogućnost kako na troškovno učinkovit način kroz niz mjera energetske učinkovitosti, primjene obnovljivih izvora energije, novih vrsta tehnologije i putem društveno pravedne tranzicije postići nultu neto emisiju stakleničkih plinova u 2050. godini [9].

Projekcije smanjenja emisija stakleničkih plinova u niskougljičnim scenarijima prikazane su u Tablici 1., a pokazatelji povećanje udjela obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti u niskougljičnim scenarijima prikazane su u Tablici 2.

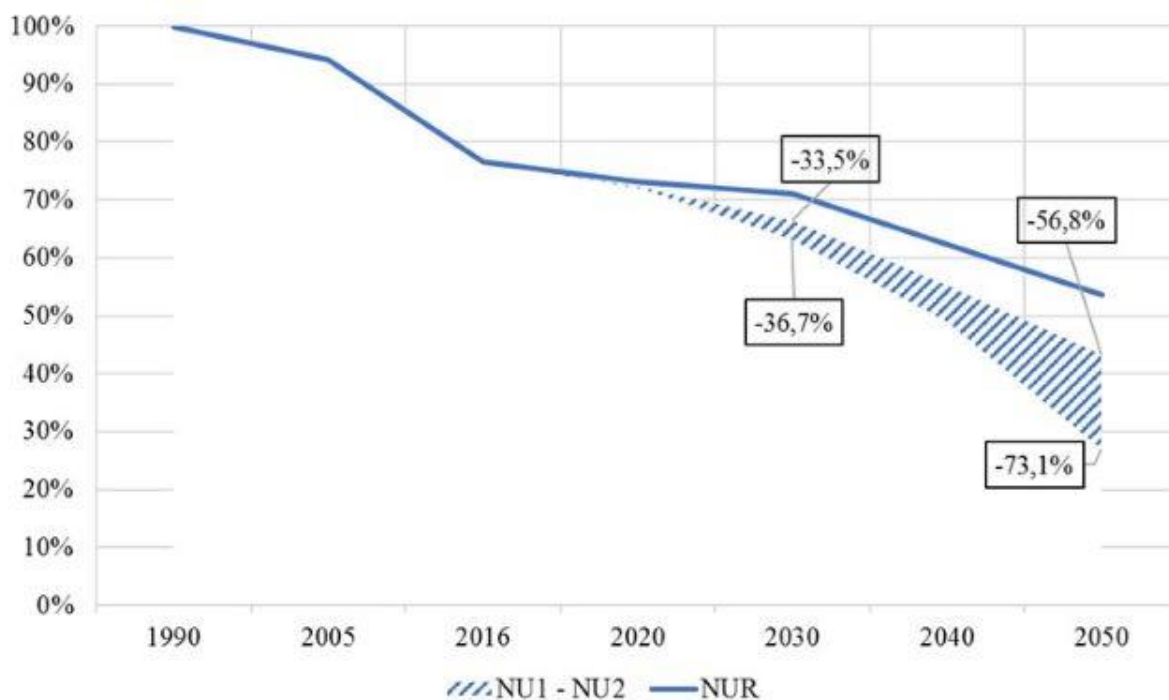
Tablica 1. Projekcije smanjenja emisija u niskougljičnim scenarijima [9]

Emisije u odnosu na emisije u 1990. godini (%)	2016.	2030.		2040.		2050.	
	Ostvareno	NUR	NU1 do NU2	NUR	NU1 do NU2	NUR	NU1 do NU2
Proizvodnja električne energije i topline	-9,9	-42,8	-49,7 do -53,3	-53,3	-65,6 do -79,3	-56,7	-61,0 do -93,3
Proizvodnja i prerada goriva	-55,7	-55,4	-55,8 do -56,0	-61,5	-62,8 do -63,7	-72,9	-74,7 do -75,9
Promet	59,1	63,8	51,4 do 44,0	31,7	20,7 do 16,8	-1,4	-28,3 do -55,4
Sektor opće potrošnje	-22,3	-22,5	-30,2 do -34,0	-26,4	-40,2 do -53,3	-33,2	-55,3 do -73,8
Industrija	-53,9	-51,9	-54,1 do -57,5	-53,6	-58,6 do -64,1	-56,6	-64,4 do -83,0
Poljoprivreda	-36,0	-40,8	-44,5 do -46,3	-42,7	-48,1 do -51,5	-43,8	-50,9 do -55,8
Otpad	100,5	35,0	35,0	-7,6	-7,6	-29,4	-29,4
Ukupno projekcije	-23,5	-28,9	-33,5 do -36,7	-37,6	-44,8 do -50,9	-46,3	-56,8 do -73,1

Tablica 2. Pokazatelji obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti u niskougljičnim scenarijima [9]

Obnovljivi izvori energije i energetska učinkovitost	2016.	2030.	2040.	2050.
	Ostvareno	NU1 do NU2	NU1 do NU2	NU1 do NU2
Udio OIE u bruto neposrednoj potrošnji energije (%)	28,3	36,4	44,1 do 45,8	53,2 do 65,6
Neposredna potrošnja energije (PJ)	277,3	286,9 do 272,5	265,2 do 238,3	225,6 do 189,6
Ukupna potrošnja energije* (PJ)	359,4	344,4 do 328,7	325,7 do 292,2	287,4 do 251,0

Cilj ove strategije je da putanja emisija stakleničkih plinova bude u rasponu između NU1 i NU2 s težnjom prema ambicioznijem scenariju NU2. Slika 3. prikazuje smanjenje emisija stakleničkih plinova za scenarije NUR, NU1 i NU2.

**Slika 3. Smanjenje emisije stakleničkih plinova NUR, NU1, NU2 scenarijem [9]**

2.2.2. Integrirani nacionalni energetska i klimatski plan Republike Hrvatske za razdoblje od 2021. do 2030. godine

Integrirani nacionalni energetska i klimatski plan Republike Hrvatske za razdoblje od 2021. do 2030. godine izdan je u prosincu 2019. godine, a nadovezuje se na postojeće nacionalne planove i strategije. Ovim planom dan je pregled trenutačnog energetska sustava i stanja u području energetska i klimatska politike. Plan također sadrži pregled nacionalnih ciljeva za svaku od pet ključnih dimenzija energetska unije i odgovarajuće mjere i politike za ostvarivanje tih ciljeva. Pet ključnih dimenzija energetska unije su dekarbonizacija, energetska učinkovitost, energetska sigurnost, unutarnje energetska tržište te istraživanje, inovacije i konkurentnost. Posebna pozornost u ovom planu pridana je ciljevima do 2030. godine, koji uključuju smanjenje emisija stakleničkih plinova, energiju iz obnovljivih izvora, energetska učinkovitost i međusobnu elektroenergetska povezanost [10].

Najvažniji ciljevi ovog Plana za 2030. godinu su:

- Smanjenje emisija stakleničkih plinova za najmanje 43 % za ETS sektor, a najmanje 7 % za sektore izvan ETS-a u odnosu na 2005. godinu
- Udio OIE u bruto neposrednoj potrošnji energije mora biti najmanje 36,4 %
- Udio OIE u neposrednoj potrošnji energije u prometu mora biti najmanje 13,2 %
- Potrošnja primarne energije ne bi trebala premašiti 344,38 PJ
- Neposredna potrošnja energije ne bi trebala premašiti vrijednost od 286,91 PJ [10].

2.2.3. Zakon o energiji

Zakon o energiji najvažniji je zakon za projekte u energetska sektoru. Ovim zakonom uređene su mjere za sigurnu i pouzdanu opskrbu energijom te njezinu učinkovitu proizvodnju i korištenje. Zakonom su uređeni akti kojima se utvrđuje i na temelju kojih se provodi energetska politika i planiranje energetska razvitka, obavljanje energetska djelatnosti (bilo na tržištu ili kao javnih usluga) te osnovna pitanja obavljanja energetska djelatnosti. Također, zakonom su uređena pitanja i odnosi koji su od zajedničkog interesa za sve energetska djelatnosti ili koji su vezani za više oblika energije [11].

Zakonom o energiji se kroz točku „III. Energetska učinkovitost i obnovljivi izvori energije“ definira da je učinkovito korištenje energije od interesa za Republiku Hrvatsku. Ovim

Zakonom, posebnim zakonom kojim se uređuje korištenje obnovljivih izvora energije te ostalim zakonima određene su ovlasti i odgovornosti za utvrđivanje i provođenje politike poticanja proizvodnje energije iz obnovljivih izvora, uvjeti i način proizvodnje i korištenja energije iz OIE na tržištu energije, financijski poticaji za korištenje OIE te druga pitanja za korištenje obnovljivih izvora energije [11].

2.2.4. Pravilnik o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije

Pravilnik o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije donesen je na temelju članka 14. stavka 2. Zakona o energiji. Ovim pravilnikom definirana su postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije i kogeneracijska postrojenja koja se koriste za proizvodnju energije te su propisani uvjeti i mogućnosti njihovog korištenja. Definiran je i postupak dobivanja energetske odobrenja za izgradnju postrojenja koji predstavlja ključni dokument u provedbi projekata obnovljivih izvora energije. Pravilnikom je također propisan oblik, sadržaj i način vođenja Registra projekata i postrojenja za korištenje obnovljivih izvora energije i kogeneracije te povlaštenih proizvođača [12].

2.2.5. Zakon o tržištu električne energije

Zakonom o tržištu električne energije propisana su zajednička pravila za proizvodnju, prijenos, skladištenje i distribuciju električne energije te opskrbu električnom energijom, zajedno s odredbama o zaštiti potrošača s ciljem stvaranja integriranog, fleksibilnog, konkurentnog, poštenog i transparentnog tržišta električne energije. Ovim zakonom pokušat će se osigurati prihvatljive i transparente cijene i troškovi energije za krajnje kupce te visok stupanj sigurnosti opskrbe i neometan prijelaz na održivi niskougljični energetske sustav. Zakonom su utvrđena i pravila koja se odnose na organizaciju i funkcioniranje elektroenergetskog sektora Republike Hrvatske, a posebno pravila o zaštiti i osnaživanju krajnjih kupaca te otvorenom pristupu elektroenergetskom tržištu. Također su utvrđena stečena prava i obveze aktivnih kupaca i energetskih zajednica građana kao novih aktera na tržištu. Nadalje, utvrđeni su načini suradnje Republike Hrvatske s drugim državama članicama Europske unije, operatora prijenosnih sustava i regulatornih tijela zbog stvaranja međusobno povezanog unutarnjeg tržišta električne energije koje će počivati na sigurnosti opskrbe, integraciji obnovljivih izvora i slobodnom tržišnom natjecanju [13].

Zakon o tržištu električne energije donosi neke novosti po pitanju obnovljivih izvora energije i postrojenjima za skladištenje električne energije. Uvode se aktivni kupci i energetske zajednice građana kao novi akteri na tržištu električne energije koji mogu sudjelovati u proizvodnji, potrošnji, dijeljenju i skladištenju energije proizvedene iz obnovljivih izvora. Važno je naglasiti da je prema zakonu organiziranje energetske zajednice građana energetska djelatnost te je za njenu organizaciju potrebno ishoditi dozvole dok za aktivnog kupca takvi uvjeti nisu postavljeni. Ovim zakonom je za projekte obnovljivih izvora energije i visokoučinkovite kogeneracije, ali i postrojenja za skladištenje energije uvedeno energetske odobrenje koje se dodjeljuje na javnom natječaju i to na samom početku razvoja projekta. Postoje slučajevi kod manjih postrojenja za proizvodnju i skladištenje energije i upotrebu u vlastite svrhe u kojima nije potrebno ishoditi dozvolu ako su osigurani određeni uvjeti [13].

2.2.6. Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji

Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji osnovni je zakon kojim se stvara okvir za korištenje i promicanje proizvodnje i potrošnje električne i toplinske energije iz obnovljivih izvora i visokoučinkovite kogeneracije. Zakonom je utvrđeno stjecanje prava, ali i obveze povlaštenih proizvođača, aktivnih kupaca i zajednica obnovljive energije. Nadalje, uređeni su sustavi financijskih potpora i poticaja, vođenje registara obnovljivih izvora energije i visokoučinkovite kogeneracije te povlaštenih proizvođača, novi obrazovni programi za osposobljavanje i prekvalifikaciju, jamstva o podrijetlu obnovljive energije te međunarodna suradnja kao i kriterij za održivost uštede emisije stakleničkih plinova te druga pitanja [14].

Svrha ovog zakona promicati je proizvodnju električne i toplinske energije iz OIE i visokoučinkovite kogeneracije te poticati njeno korištenje na mjestu proizvodnje. S pomoću poticajnih mehanizama i regulatornog okvira za korištenje obnovljivih izvora energije i visokoučinkovite kogeneracije nastoji se povećati udjele u ukupnoj konačnoj potrošnji energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije te tako ispuniti ciljeve RH i doprinijeti ciljevima EU za dekarbonizaciju i klimatsku neutralnost Europe [5].

Korištenjem obnovljivih izvora energije i visokoučinkovite kogeneracije ostvaruju se interesi Republike Hrvatske posebice u pogledu:

- Dekarbonizacije energetske sektora

- Ostvarivanje Nacionalnog cilja korištenja energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj konačnoj potrošnji energije u 2030. godini
- Dugoročnog smanjenja ovisnosti o uvozu energenata
- Šireg održivog korištenja vlastitih prirodnih energetske resursa
- Smanjenja utjecaja fosilnih goriva na okoliš i učinkovitog korištenja energije
- Povećanja sigurnosti opskrbe i diversifikacije proizvodnje energije
- Razvoja poduzetništva u sektoru energetike i otvaranju novih radnih mjesta
- Poticanja razvoja novih inovativnih tehnologija
- Uključivanja građana i poduzetnika te njihovo aktivno sudjelovanje u energetskej tranziciji [14].

Važno je naglasiti da ovaj zakon definira nove kategorije potrošača vlastite obnovljive energije, potrošače vlastite obnovljive energije koji djeluju zajednički i zajednice obnovljive energije koji imaju pravo proizvoditi, trošiti, skladištiti, prodavati pa čak i dijeliti obnovljivu energiju, a moći će i pristupiti svim tržištima energije izravno ili preko agregatora. Od njih se očekuje da će biti pokretači projekata obnovljivih izvora energije i od velike važnosti u prelasku društva na čistu energiju [14].

2.2.7. Uredba o korištenju obnovljivih izvora energije i visokoučinkoviteh kogeneracija

Uredba o korištenju obnovljivih izvora energije i visokoučinkoviteh kogeneracija donesena je na temelju članka 41. Zakona o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkoviteh kogeneracije i članka 30. stavka 2. Zakona o Vladi Republike Hrvatske. Ovom Uredbom propisani su tehnički detalji stjecanja, gubljenja i promjene statusa povlaštenog proizvođača električne energije za proizvodna postrojenja i jedinice, korisnika postrojenja za samoopskrbu te krajnjeg kupca električne energije s vlastitom proizvodnjom, dani su i tehnički i pogonski uvjeti za proizvodna postrojenja i jedinice te načini prodaje i skladištenja energije te pričuvnog napajanja. Uredbom je definirana metodologija za utvrđivanje udjela energije iz OIE u konačnoj bruto potrošnji energije, te kriteriji održivosti i uštede emisije stakleničkih plinova za biogoriva i goriva iz biomase te način izračuna njihovog utjecaja na stakleničke plinove. Propisani su uvjeti za korištenje primarnog izvora energije u proizvodnim postrojenjima koja koriste OIE ili fosilna goriva za visokoučinkovitu kogeneraciju, uvjeti visoke učinkovitosti za

kogeneracijska postrojenja na fosilna goriva te uvjeti učinkovitosti i uvjeti korištenja toplinske energije za kogeneracijska postrojenja na OIE. Uređena je metodologija utvrđivanja neto isporučene električne energije te obaveze izvještavanja i dostave podataka povlaštenih proizvođača. Uredbom su propisani uvjeti za suspaljivanje fosilnih goriva i otpada te kataloški brojevi otpada i drugi uvjeti kada se otpad koristi kao sirovina u proizvodnom postrojenju povlaštenog proizvođača električne energije u skladu sa zakonom [15].

2.2.8. Uredba o poticanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i visokoučinkovitih kogeneracija

Uredba o poticanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i visokoučinkovitih kogeneracija donesena je 2023. godine na temelju Članka 28. Zakona o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji. Ovom Uredbom utvrđeni su uvjeti i način stjecanja, realizacije i prestanak prava na poticaje zajamčenom otkupnom cijenom i tržišnom premijom, prava i obveze nositelja projekta, povlaštenog proizvođača, operatora sustava povezanih s pravima na poticaje te operatora tržišta energije te obavezni sadržaj ugovora o otkupu električne energije zajamčenom otkupnom cijenom i ugovora o tržišnoj premiji. Uredbom je dana klasifikacija proizvodnih postrojenja ovisno o primarnom izvoru energije, tehnologiji i instaliranoj snazi, rokovi i jamstva za izgradnju proizvodnog postrojenja ili jedinice te jamstva za isplatu poticaja i povrat sredstava. Uređena je metodologija izračuna maksimalnih referentnih vrijednosti električne energije i maksimalnih zajamčenih otkupnih cijena električne energije ovisno o klasifikaciji postrojenja, te metodologija izračuna referentnih tržišnih cijena električne energije i naknade za troškove uravnoteženja. Uredbom su također uređeni kataloški brojevi otpada i način za ostvarivanje prava na poticaje ako se otpad koristi kao sirovina u proizvodnom postrojenju povlaštenog proizvođača energije koji njime gospodari u skladu sa zakonom [16].

2.2.9. Zakon o otocima

Zakon o otocima jedan je od najvažnijih dokumenata za razvoj hrvatskih otoka. Zakonom o otocima uređen je način upravljanja razvojem hrvatskih otoka, određena je politika otočnog razvoja, način razvrstavanja otoka u skupine i vrednovanje razvijenosti otoka te tijela nadležna za upravljanje otočnim razvojem. Zakonom je uređeno izvještavanje i praćenje provedbe politike otočnog razvoja u svrhu učinkovitog korištenja sredstava državnog proračuna, fondova Europske unije i drugih izvora financiranja. Zbog velikog interesa Republike Hrvatske za

osobitu zaštitu otoka ovim zakonom uređen je način na koji se otočna dobra mogu iskorištavati i upotrebljavati, a također je uređena i razvojna politika usmjerena na prevladavanje svih ograničenja kojima su otoci podvrgnuti. Zbog svoje razvojne posebnosti otoci Republike Hrvatske imaju poseban planski i programski pristup nositelja politike područnog i otočnog razvoja [17].

Zakonom o otocima potiče se i podupire održiv razvoj otoka kroz projekte koji se provode u skladu s odrednicama Pametnog otoka odnosno Deklaracije o pametnim otocima. Ovaj zakon obuhvaća konkretne mjere koje će osigurati ravnopravniji i ugodniji život otočanima, a te mjere su opskrba vodom za piće, sređivanje i usklađivanje katastra i zemljišnih knjiga, pravo na povlaštene javni pomorski i otočni prometni prijevoz te pravo na povlaštene prijelaz mosta, gospodarenje otpadom na otoku, mogućnost eksploatacije mineralnih sirovina na otoku, gospodarenje divljači i uklanjanje invazivnih vrsta s otoka, davanje kredita uz povlaštene uvjete, poticanje razvoja civilnog društva i zadrugarstva na otocima kao i druge mjere usmjerene za gospodarski i demografski razvoj otoka [17].

2.2.10. Nacionalni plan razvoja otoka 2021.-2027.

Nacionalni plan razvoja otoka 2021.-2027. donesen je 2021. godine kao srednjoročni akt strateškog planiranja kojim se definira provedba ciljeva razvoja Republike Hrvatske na području otoka. Osnova misija Nacionalnog plana razvoja otoka izjednačavanje je uvjeta i kvalitete života na otocima s onima na kopnu. Nacionalni plan predstavlja temelj za buduće financiranje ciljanih projekata na otocima putem proračunskih izvora i sredstava Europske unije. Ovaj plan također čini i okvir za izradu programa, mjera, projekata i aktivnosti vezanih uz otoke u provedbenim programima tijela državne i ostalih javnopravnih tijela [18].

Nacionalni plan prema Zakonu o otocima obuhvaća 17 otočnih programskih područja od iznimne važnosti za razvoj otoka u okviru kojih će biti planirane buduće aktivnosti na otocima, a podijeljene su u tri razvojne domene:

1. Društvo – demografska obnova; predškolski odgoj, osnovno i srednjoškolsko obrazovanje i znanost; zdravstvena zaštita i razvoj telemedicine; socijalna skrb; stambeno zbrinjavanje; razvoj civilnog društva
2. Gospodarstvo – gospodarski razvoj i poduzetništvo; poljoprivreda, ribarstvo i lovstvo

3. Okoliš i prostor – prometno povezivanje (cestovni, pomorski i zračni prijevoz); vodoopskrba i odvodnja; gospodarenje otpadom; zaštita prirode i okoliša; kultura i očuvanje kulturne baštine; turizam; zaštita i korištenje malih povremeno naseljenih i nenaseljenih otoka i otočića; elektrotehničke komunikacijske mreže vrlo velikog kapaciteta; čista energija, energetika, obnovljivi izvori energije, prilagodba i ublažavanje klimatskih promjena [18].

Nacionalni plan u sklopu razvojne domene „Okoliš i prostor“ kroz programsko područje „Čista energija, energetika, obnovljivi izvori energije, prilagodba klimatskim promjenama i ublažavanje njihovog utjecaja“ opisuje razvojne potrebe te ističe probleme i moguća rješenja za poboljšanje situacije i iskorištavanje velikog potencijala otoka u tom području. Što se tiče problema, naglašava se da većina otoka nije autonomna u opskrbi energijom, već da ovisi o distribuciji s kopna putem podmorskih kabela od kojih je većina stara i u lošem stanju, a njihova zamjena predstavlja veliki infrastrukturni zahvat i zahtjeva znatna financijska sredstva. Dodatan izazov za otoke u ljetnim mjesecima predstavlja povećana potražnja za električnom energijom uzrokovana velikim brojem turista što nerijetko dovodi do pada napona i nestanka električne energije. Možda i najveću prijetnju otocima predstavlja globalni porast temperature zraka i mora te porast razine mora čime dolazi do promjene u ekosustavima i učestalijoj pojavi ekstremnih vremenskih uvjeta koje negativno utječu na otočno gospodarstvo, otočane i njihovu imovinu. Zbog navedenih problema potrebno je pronaći rješenja koja će zadovoljiti potrebe otočana i omogućiti dodatnu sigurnost u opskrbi električnom energijom. Rješenje ovih problema nalazi se u velikom prirodnom potencijalu otoka za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora zahvaljujući pozitivnom geografskom položaju otoka koji su izloženi jakom Sunčevom zračenju i vjetru te djelovanju valova. S ciljem očuvanja prirodne površine na otocima poticat će se korištenje brownfield lokacija za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora te investicije u zgradarstvo i povećanje energetske učinkovitosti. Planira se investirati u obrazovne, istraživačke i razvojne aktivnosti u području energetske učinkovitosti te projekata istraživanja potencijala korištenja energije iz mora i postavljanja mreže punionica za električna vozila [18].

Glavni cilj Nacionalnog plana je osigurati samoodrživost svih hrvatskih otoka, a za to su određeni prioriteti i posebni ciljevi. U sklopu prioriteta pametnog i održivog upravljanja otočnim resursima i okolišem izdan je poseban cilj razvoja i poticanja izgradnje sustava

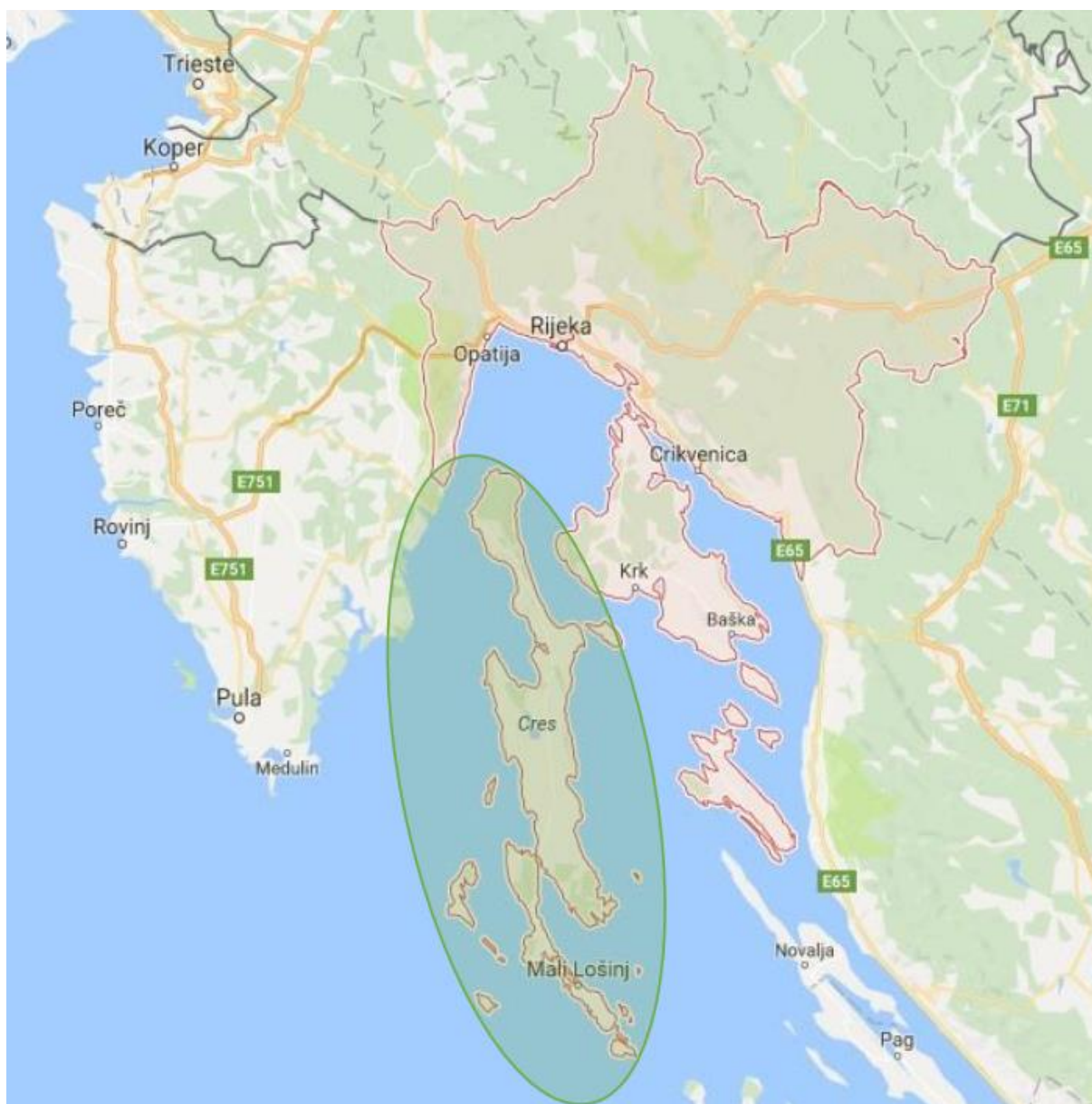
obnovljivih izvora energije, uporabe čiste energije i energetske učinkovitosti. Ovim posebnim ciljem podržava se izgradnja i unapređenje elektroopskrbne mreže te se potiče proizvodnja primarne energije iz obnovljivih izvora kako bi se omogućila veća sigurnost opskrbe, potiče se povećanje energetske učinkovitosti u kućanstvima, zgradarstvu, gospodarstvu i prometu radi uštede energije te se potiče korištenje alternativnih zelenih goriva u prometu kako bi se smanjile emisije stakleničkih plinova. Kako bi se došlo do što veće autonomije otoka u opskrbi energijom i smanjenja zagađenja okoliša poticat će korištenje čistih izvora energije koji su ključni za provedbu energetske tranzicije otoka. Također, provodit će se aktivnosti usmjerene prema jačanju svijesti lokalnog stanovništva o prednostima i mogućnostima korištenja obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti te će ih se poticati na uključanje u energetske zadruge [18].

Opskrba električne energije dominantno se osigurava s kopna putem prijenosne i distribucijske mreže koja uključuje nadzemne vodove, podmorske kabele, kabele i transformatorske stanice. Zbog sigurnosti opskrbe energijom poticat će se aktivnosti revitalizacije kapitalnih objekata prijenosne i distribucijske mreže uz osiguravanje energetske učinkovitosti dok se ne osiguraju preduvjeti uspostave samodostatnih izvora energije na otocima. Nužno je zamijeniti podmorske kabele koji zbog dotrajalosti uzrokuju povremene gubitke električne energije, a postoji mogućnost i dugotrajnog prekida u opskrbi. Poticat će se korištenje obnovljivih izvora energije zbog velikog prirodnog potencijala koji imaju hrvatski otoci, ali još nije u potpunosti iskorišten te će se tako omogućiti dodatna sigurnost u opskrbi energijom. Energetska učinkovitost također je važan faktor u osiguravanju samodostatnosti otoka, a poticat će se u gospodarstvu, prometu, zgradarstvu i pružanju komunalnih usluga gdje postoje velike mogućnosti uštede energije. Mjere energetske učinkovitosti bit će usmjerene na smanjenje energetske potreba zgrada, povećanje učinkovitosti sustava grijanja i hlađenja te učinkovitost sustava rasvjete. S ciljem smanjenja emisija stakleničkih plinova bitno je poticati projekte povećanja energetske učinkovitosti u prometu, a posebno će se poticati uporaba vozila na alternativna goriva te će se osigurati mreža punionica diljem otoka. Također, poticat će se ulaganja u novu pametnu javnu rasvjetu te rekonstrukciju postojeće čime će se značajno smanjiti svjetlosno zagađenje i potrošnja električne energije, a omogućit će se učinkovito upravljanje javnom rasvjetom i praćenje potrošnje energije. Ove mjere doprinijet će energetskej tranziciji hrvatskih otoka na čistu energiju i u konačnici njihovu energetske neovisnost [18].

3. ARHIPELAG CRES - LOŠINJ

3.1. Geografske karakteristike

Cresko-lošinjski arhipelag nalazi se u Republici Hrvatskoj u sjevernom dijelu Jadranskog mora, točnije u Kvarnerskom zaljevu. Prostorno je to najveća otočna skupina na Jadranu, a ukupno broji 44 otoka, otočića, školja i nadmorskih grebena. Arhipelag čini 7 nastanjenih otoka: Cres, Lošinj, Susak, Ilovik, Unije, Vele Srakane i Male Srakane. Ukupna površina otočja iznosi 516,10 km², od kojih 405,8 km² zauzima otok Cres, a površina otoka Lošinja iznosi 74,4 km² [19], [20].



Slika 4. Geografski položaj cresco-lošinjskog arhipelaga [19]

Klimatološke karakteristike cresko-lošinjskog arhipelaga razlikuju se od sjevera prema jugu. Na otoku Cresu prevladava sredozemna klima. Srednja godišnja temperatura iznosi 14,5 °C, dok je najhladnija veljača (6 °C), a najtopliji srpanj (24,3 °C). Temperature zraka ispod 0 °C moguće su u razdoblju od studenog do prosinca, a temperature od 30 °C i više, koje se smatraju ljetnim vrućinama, javljaju se od svibnja do rujna. Ljeto je dosta sušno jer postoji naglašen manjak oborina u tom razdoblju, dok je jesen izrazito kišna. Količina padalina smanjuje se od sjevera prema jugu zbog promjene otočnog reljefa i udaljavanja od planinskog područja. Srednja godišnja količina oborina iznosi 1.100 mm. Broj sunčanih sati godišnje iznosi približno 2.300 sati. Prosječno najučestaliji i najjači vjetar je bura iz smjera NE, a nešto manju prosječnu jačinu ima jugo iz smjera SE, također su značajni i učestali tramontana iz smjera N i maestral iz smjera NW, ali s manjom prosječnom jačinom. Klima otoka Lošinja ima karakteristike suptropsko-mediteranskog područja s naglašenim maritimnim osobinama. Srednja godišnja temperatura zraka iznosi 16,3 °C, minimum je u veljači (6,5 °C-7,5 °C), a maksimum u srpnju (24 °C-30 °C). Srednja godišnja količina oborina iznosi 940 mm. Broj sunčanih sati godišnje iznosi oko 2.580 sati što svrstava Lošinj u najsunčanije predjele Europe [19].

Svi otoci u arhipelagu snabdijevaju se vodom iz Vranskog jezera na otoku Cresu koje je jedini izvor pitke vode na otočju. Jezero je ogroman prirodni rezervoar koji sadrži više od 200 milijuna m³ slatke vode izvrsne kakvoće i od iznimne je važnosti za cijeli arhipelag. U jezeru bakterija gotovo da i nema pa se jezerska voda uzima za javni vodovod bez filtriranja. Zbog važnosti jezero je zaštićeno i zabranjen mu je pristup. Voda za otoke Cres, Lošinj i Ilovik distribuira se zajedničkim vodovodom, dok ostali otoci imaju svoje odvojene vodovode koji se pune vodonoscima ili desalinizacijom [19].

Zbog iznimno velike biološke raznolikosti i vrijedne biološke baštine cjelokupno područje cresko-lošinjskog otočja, osim južnog dijela otoka Lošinja uvršteno je u europsku ekološku mrežu Natura 2000 [19].

3.2. Lokalna samouprava

Cresko-lošinjski arhipelag nalazi se u Primorsko-goranskoj županiji i administrativno je podijeljen na dvije jedinice lokalne samouprave: Grad Cres i Grad Mali Lošinj. Slika 5. prikazuje podjelu administrativnih jedinica Primorsko-goranske županije gdje je jasno vidljiva podjela cresko-lošinjskog otočja na Grad Cres i Grad Mali Lošinj.



Slika 5. Administrativne jedinice Grad Cres i Grad Mali Lošinj [20]

Grad Cres obuhvaća 26 naselja: Beli, Cres, Dragozetići, Filozići, Grmov, Ivanje, Loznati, Lubenice, Mali Podol, Martinšćica, Merag, Miholašćica, Orlec, Pernat, Porozina, Predošćica, Stanić, Stivan, Sveti Petar, Valun, Važminež, Vidovići, Vodice, Vrana, Zbičina i Zbišina. Područje Grada Malog Lošinja obuhvaća 14 naselja: Belej, Čunski s Artatorem i Kandijom, Ilovik, Male Srakane, Mali Lošinj, Nerezine, Osor, Punta Križ, Susak, Sveti Jakov, Unije, Ustrine, Vele Srakane i Veli Lošinj. Skupini otoka sa specifičnim položajem pripadaju: Vele Srakane, Male Srakane, Ilovik, Susak, Unije i dio otoka Cresa (u sastavu Grada Malog Lošinja). Oni imaju takav status jer se radi o otocima ili dijelovima otoka kojima se sjedište jedinice lokalne samouprave nalazi na kopnu ili drugom otoku [20].

Grad Cres i Grad Mali Lošinj potpisali su Memorandum s Tajništvom čiste energije za EU otoke, a koordinaciju aktivnosti preuzela je Otočna razvojna agencija (OTRA) koja je također potpisnik memoranduma. Grad Mali Lošinj već je dugu niz godina član Inicijative pametnih otoka, a Grad Cres to planira postati u bliskoj budućnosti [19]. Oba otoka su 2020. godine pristupila Sporazumu gradonačelnika za klimu i energiju koji okuplja tijela lokalne vlasti s ciljem ostvarivanja i premašivanja klimatskih i energetske ciljeva Europske unije. Prema

obvezama iz sporazuma izradili su Akcijski plan energetske i klimatskog održivog razvitka (SECAP) kao ključni dokument gradske razine koji na temelju prikupljenih podataka o zatečenom stanju daje precizne odrednice za provedbu mjera i projekata energetske učinkovitosti, obnovljivih izvora energije i prilagodbu efektima klimatskih promjena [21].

3.3. Demografske karakteristike

Prema podacima popisa stanovništva iz 2021. godine na cresko-lošinjskom arhipelagu živi 10.253 stanovnika. U usporedbi s popisom stanovništva iz 2011., ali i s prijašnjim desetljećima uočljiv je jasan trend depopulacije arhipelaga što uz visok indeks starosti te nisku stopu fertiliteta predstavlja velik demografski problem. Poseban fenomen na oba otoka je jako velika koncentracija stanovništva u otočnim središtima jer oko 80 % stanovništva arhipelaga živi u gradovima Cresu i Malom Lošinju, a zanimljivo je istaknuti da je Mali Lošinj prema popisu iz 2021. najveće naselje na jadranskim otocima [22]. Broj stanovnika po otocima prikazan je u Tablici 3.

Tablica 3. Broj stanovnika cresko-lošinjskog arhipelaga po otocima [22]

Otok	Broj stanovnika
Lošinj	7220
Cres	2716
Susak	139
Ilovik	106
Unije	66
Vele Srakane	4
Male Srakane	2

3.4. Gospodarske karakteristike

Najznačajnija gospodarska djelatnost na cresko-lošinjskom arhipelagu je turizam. Zbog velikog povećanja broja ljudi na otocima u vrijeme ljetnih mjeseci dolazi do značajnog povećanja u potrošnji električne energije i vode, proizvodnji otpada i povećanja emisije stakleničkih plinova. Tablica 4. prikazuje broj dolazaka i noćenja turista u 2018. godini te ekvivalent broja stanovnika koji je dobiven dijeljenjem broja noćenja s brojem dana u mjesecu iz čega je vidljivo da je sustav najviše opterećen u srpnju i kolovozu jer je tada na otoku čak četiri puta više stanovnika nego zimi. [19].

Tablica 4. Broj dolazaka i noćenja turista na cresko-lošinjskom otočju 2018. godine [19]

Mjesec	Dolasci	Noćenja	Ekvivalent stanovnika
1.	1.925	9.074	292,7
2.	1.633	6.282	224,4
3.	6.532	21.836	704,4
4.	21.565	79.959	2.665,3
5.	36.396	187.544	6.049,8
6.	71.097	448.745	14.958,2
7.	119.426	1.012.027	32.646,0
8.	117.233	1.041.244	33.588,5
9.	51.325	389.464	12.982,1
10.	9.602	57.129	1.842,9
11.	3.149	13.164	438,8
12.	4.097	15.664	505,3

Građevinarstvo je druga vrlo značajna djelatnost na otočju koja ima neizravan utjecaj na energetska tranziciju. Posljednjih godina primjetan je trend povećanja građevinske aktivnosti, a to se prvenstveno odnosi na gradnju stanova koji se većim dijelom koriste za iznajmljivanje u turizmu. Iako se na otočju potiče ugradnja sustava obnovljivih izvora energije može se primijetiti da nove zgrade nemaju postavljene fotonaponske panele za proizvodnju električne energije ili sustave za grijanje potrošne tople vode sunčanim kolektorima [19].

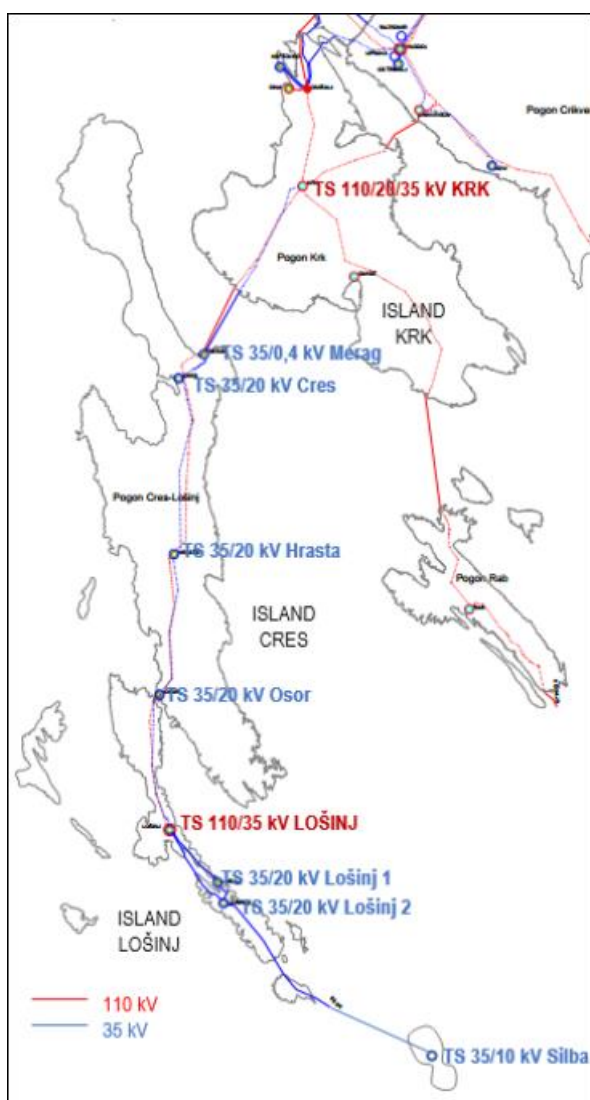
3.5. Prometna mreža i povezanost s kopnom

Prometna mreža izgrađena je na otocima Cresu i Lošinju, dok na otocima Susku, Iloviku, Unijama, Velim Srakanama i Malim Srakanama nema cestovnog prometa tako da ne postoje ni javne ceste. Glavna cestovna prometnica otočja je državna cesta D100 ukupne duljine 80,3 km koja se proteže Cresom i Lošinjem. Na području Grada Mali Lošinj nalaze se tri luke županijskog značaja i 19 luka lokalnog značaja dok se na području Grada Cresa nalaze 4 luke županijskog značaja i 2 luke lokalnog značaja, a uspostavljene su trajektne linije, brzobrodске (katamaranske) linije i brodske (klasične) linije. Pomorski promet se tijekom cijele godine odvija trajektnim linijama Merag (otok Cres) – Valbiska (otok Krk) te Porozina (otok Cres) – Brestova (istarski poluotok). Dvjema brzobrodskim linijama otočje je povezano s Pulum, Zadrom i Rijekom. Osim linija koje otoke povezuju s kopnom postoje i dvije međuotočne linije. Za vrijeme turističke sezone otočje je preko luke Mali Lošinj povezano s Italijom dvjema brzobrodskim linijama koje isključivo koriste turisti. Trajektna linija na relaciji Valbiska (otok

Krk) – Merag (otok Cres) ističe se po broju putnika i vozila te se radi o jednoj od najprometnijih trajektnih linija na nacionalnoj razini. Na navedenoj liniji u 2019. godini prevezeno je 471.143 vozila po čemu je najuspješnija trajektna linija u državi. Također treba naglasiti da cresko-lošinjski arhipelag ima zračnu luku registriranu za domaći i međunarodni javni prijevoz naziva Zračno pristanište Mali Lošinj na otoku Lošinju koja ima uzletno-silaznu pistu duljine 900 m i širine 30 m te se koristi za promet malih aviona [19] [20].

4. ENERGETSKI SUSTAV ARHIPELAGA CRES – LOŠINJ

Elektroenergetski sustav cresko-lošinjskog arhipelaga dio je prijenosne mreže hrvatskog elektroenergetskog sustava s kojim je povezan putem podmorskog kabela preko otoka Krka. Prema dostupnim podacima Hrvatskog operatora prijenosnog sustava (HOPS) okosnicu sustava čine dalekovod/kabel DV/KB 110 kV TS Lošinj – TS Krk te trafostanica TS 110/35 kV Lošinj. Otočje je s kopnom preko otoka Krka povezano i putem 35 kV kabela nazivne snage 21,8 MW, dok je snaga prijenosnog transformatora na Krku 20 MVA. Kabel je u nadležnosti HEP ODS (Hrvatska elektroprivreda - Operator distribucijskog sustava). Slika 6. prikazuje 110 kV i 35 kV mrežu koja napaja otoke Cres i Lošinj.



Slika 6. 110 kV i 35 kV mreža koja napaja otoke Cres i Lošinj [23]

Otoci Unije, Susak, Vele Srakane i Male Srakane povezani su s otokom Lošinjem, ali i međusobno 10(20) kV podmorskim kabelom. Otok Ilovik povezan je podmorskim kabelom

10(20) kV s otokom Lošinjem. Područje grada Cresa napaja se električnom energijom na 10 kV razini preko trafostanice 35/10/(20) kV Cres i 35/10(20) kV Hrast. Distribucija prema potrošačima vrši se iz 47 trafostanica 10(20)/0,4 kV te 3 trafostanice koje su u vlasništvu potrošača. Dužina srednje naponske mreže je 116,386 km od čega je 78,029 km izvedeno nadzemno, a 38,357 km podzemno. Grad Cres je u potpunosti pokriven sustavom električne energije i potrebe za napajanjem potrošača su zadovoljavajuće, ali da bi se osigurala kvalitetna distribucija električne energije u budućnosti je potrebno odraditi određene rekonstrukcije na mreži i trafostanicama. Niskonaponska mreža na području Grada Malog Lošinja u većini je naselja izvedena podzemnim kabelima, a u preostalom dijelu i manjim naseljima izvedena je kao nadzemna sa samonosivim kabelskim snopom razvedenim na stupovima ili pročeljima zgrada [19].

Analiza energetskog sustava cresko-lošinjskog arhipelaga izrađena je na temelju podataka iz 2018. godine iz „Tranzicijskog plana prema čistoj energiji cresko-lošinjskog otočja“ što predstavlja određeno ograničenje provedene analize zbog zastarjelih podataka [19].

4.1. Potrošnja električne energije

Prema podacima HEP ODS-a iz 2018. godine na cresko-lošinjskom otočju bilo je ukupno 7.875 potrošača električne energije od čega ih je 3.086 na području grada Cresa, a 4.789 na području grada Malog Lošinja. Potrošnja električne energije na području grada Cresa iznosila je 18.046,61 MWh, a na području grada Malog Lošinja iznosila je 41.619,66 MWh. Ukupna potrošnja električne energije na cijelom otočju iznosila je 59.666,27 MWh. Potrošači su podijeljeni u četiri kategorija: javna rasvjeta, kućanstvo, poduzetništvo, srednji napon [19]. Tablica 5. prikazuje potrošnju električne energije na cresko-lošinjskom arhipelagu u 2018. godini.

Tablica 5. Potrošnja električne energije na cresko-lošinjskom arhipelagu u 2018. godini [19]

KATEGORIJA	Grad Cres		Grad Mali Lošinj		Ukupno	
	Broj potrošača	Potrošnja (MWh)	Broj potrošača	Potrošnja (MWh)	Broj potrošača	Potrošnja (MWh)
Javna rasvjeta	19	507,21	35	887,63	54	1.394,84
Kućanstvo	2710	6.926,33	4004	14.613,11	6714	21.539,44
Poduzetništvo	354	6.501,57	744	14.477,93	1098	20.979,50
Srednji napon	3	4.111,50	5	11.640,99	8	15.752,50
UKUPNO	3.086	18.046,61	4.789	41.619,66	7.875	59.666,27

Vršno opterećenje potrošnje električne energije u 2018. godini na cresko-lošinjskom otočju je zabilježeno 8. kolovoza u 20 sati i iznosilo je 25,99 MW. Ukupna emisija CO₂ za potrošenu električnu energiju u 2018. godini iznosila je 9.427,27 tona [19]. Iz tablice potrošnje električne energije vidljivo je da se najviše električne energije troši u kategorijama kućanstva i poduzetništva.

4.2. Potrošnja energije u zgradarstvu

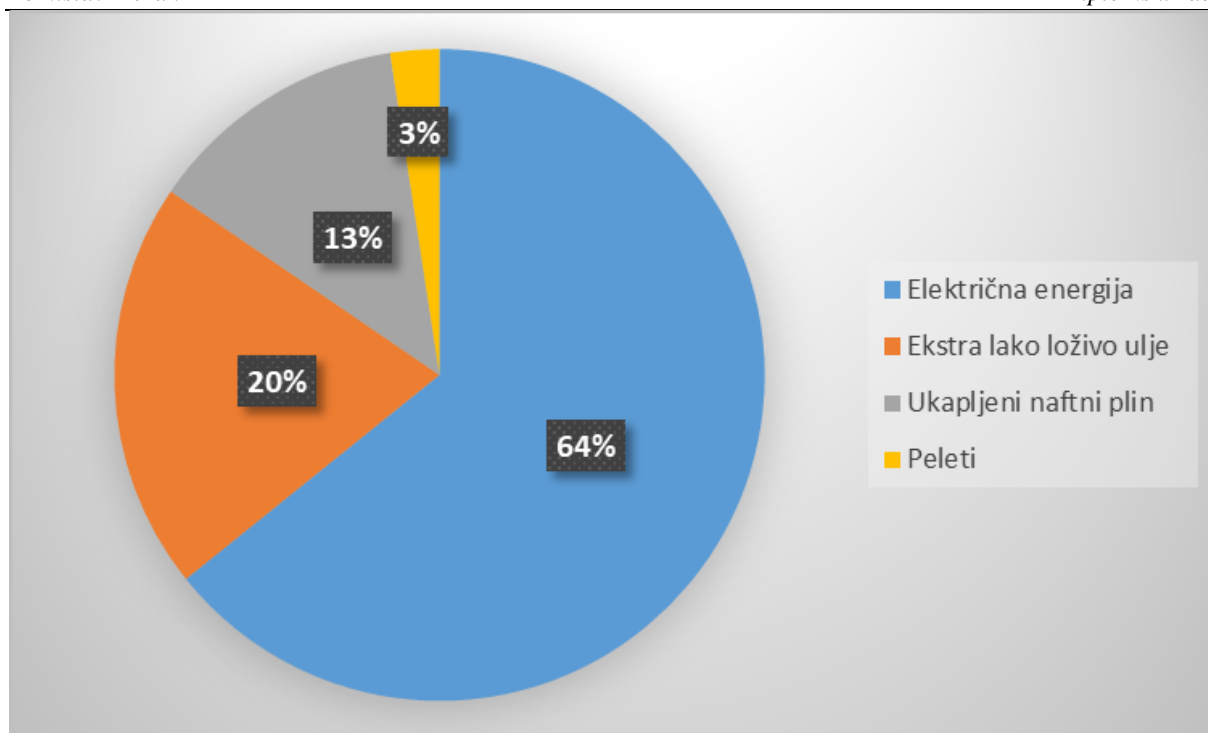
4.2.1. Potrošnja energije zgrada u javnom vlasništvu

Ovom analizom obuhvaćena je većina zgrada u javnom vlasništvu na području cresko-lošinjskog arhipelaga. Za izradu analize energetske potrošnje zgrada u javnom vlasništvu prikupljeni su podaci o potrošnji električne energije, ekstra lakog loživog ulja, ukapljenog naftnog plina (UNP) i peleta. Tablica 6. prikazuje potrošnju energije po energentu za 2018. godinu.

Tablica 6. Potrošnja energije po energentu za zgrade u javnom vlasništvu u 2018. godini [19]

Energent	Potrošnja (MWh)
Električna energije	1.592,92
Ekstra lako loživo ulje	503,10
Ukapljeni naftni plin	323,52
Peleti	60,33
UKUPNO	2.479,87

Za energetske potrebe zgrada u javnom vlasništvu je u 2018. godini ukupno potrošeno 2.479,87 MWh energije. Sa 64 % udjela u ukupnoj potrošnji energije, električna energija je bila najkorišteniji izvor energije, a zatim slijedi ekstra lako loživo ulje s 20 %, ukapljeni naftni plin s 13 % te peleti s 3 % što je vidljivo na dijagramu na Slici 7. [19].



Slika 7. Udio potrošnje pojedinog energenata u zgradama javnog vlasništva 2018. [19]

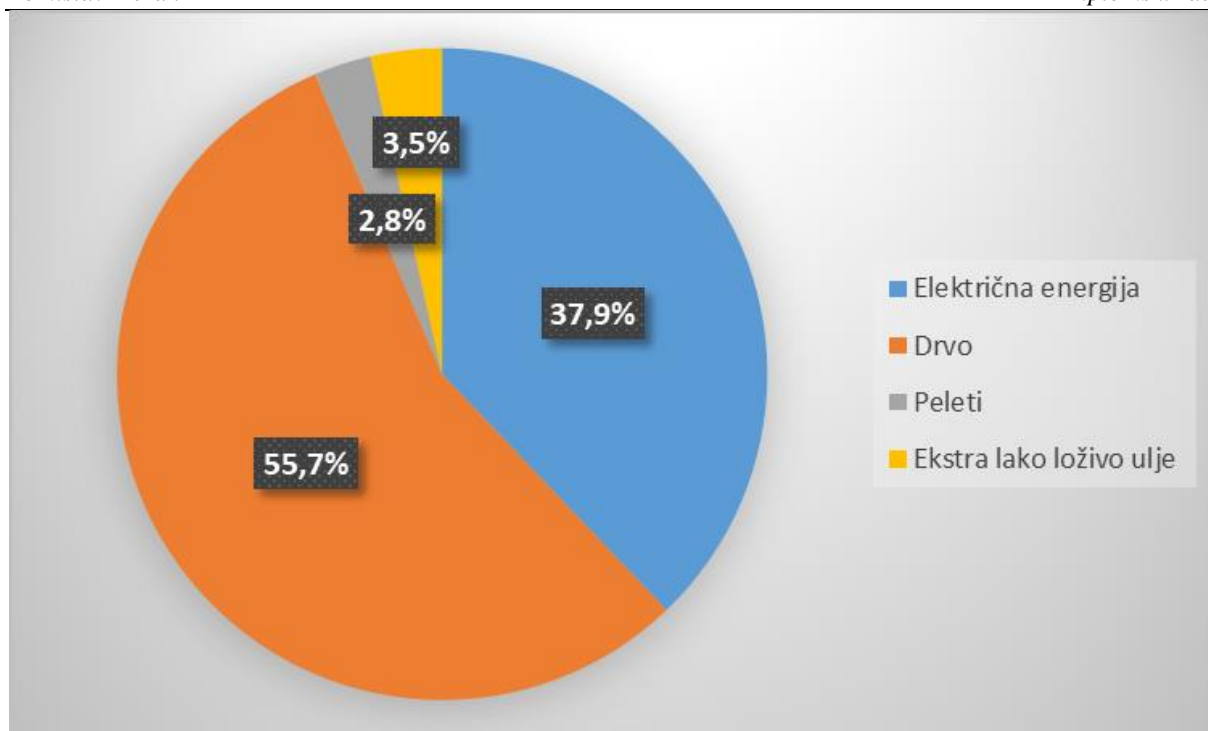
4.2.2. Potrošnja energije stambenih zgrada

Ukupna površina stambenog prostora na otočju prema podacima iz sustava naplate komunalne naknade grada Cresa i grada Malog Lošinja iznosi 851.209,29 m². Ta ukupna stambena površina sastoji se od stambenih objekata za stalno stanovanje koji se koriste tijekom cijele godine i stambenih objekata koji se povremeno koriste, odnosno koriste se većinski tijekom ljetnih mjeseci za vrijeme turističke sezone kao kuće za odmor. U Tablici 7. prikazana je potrošnja određenog energenta u stambenim objektima u 2018. godini [19].

Tablica 7. Potrošnja energenata u stambenim objektima u 2018. godini [19]

Energent	Ukupno potrošena energija (MWh)
Električna energija	21.539,44
Drvo	31.690,67
Peleti	1.618,80
Ekstra lako loživo ulje	2.012,65
UKUPNO	56.861,56

Iz tablice je vidljivo da su u stambenim objektima kao energent korišteni električna energija, drvo, peleti i ekstra lako loživo ulje, a ukupno je potrošeno 56.861,56 MWh energije. Dijagram na Slici 8. prikazuje udio pojedinog energenta u ukupnoj potrošnji energije u stambenim objektima u 2018. godini.



Slika 8. Udio pojedinog energenta u ukupnoj potrošnji u stambenim zgradama u 2018. [19]

Prema dijagramu sa slike jasno je vidljivo da je u stambenim objektima najkorišteniji energent drvo jer se većina stanovnika otoplja grije na drva, zatim slijedi električna energija koja se koristi u razne svrhe, ali najviše za hlađenje tijekom ljetnih mjeseci te za kućanske aparate i rasvjetu, grijanje i grijanje tople vode, dok se peleti i ekstra lako loživo ulje koristi u malim količinama.

4.2.3. Potrošnja energije poslovnih zgrada

Ukupna površina poslovnih zgrada prema sustavu naplate komunalne naknade gradova Cresa i Malog Lošinja iznosi 580.423,3 m². Većinu poslovnih zgrada na otočju čine ugostiteljsko-turistički objekti. Prema podacima poslovni objekti su na otočju u 2018. godini potrošili 7.704,6 MWh energije dobivene iz ekstra lakog loživog ulja i ukapljenog naftnog plina što je prikazano u Tablici 8. [19].

Tablica 8. Potrošnja energije po energentima u poslovnim zgradama u 2018. godini [19]

Energent	Ukupno potrošena energija (MWh)
Ekstra lako loživo ulje	1.304,60
Ukapljeni naftni plin	6.400,00
UKUPNO	7.704,60

Iz tablice je vidljivo da se ugostiteljsko-turistički objekti većinski oslanjaju na ukapljeni naftni plin čime pokrivaju svoje energetske potrebe za grijanje, ali koriste i ekstra lako loživo ulje.

4.3. Potrošnja energije u industrijskom sektoru

Subjekti koji spadaju u industrijski sektor na Cresko-Lošinjskom otočju u 2018. godini potrošili su 506,422 MWh energije dobivene iz ekstra lakog loživog ulja [19].

4.4. Potrošnja energije u prometu

4.4.1. Potrošnja energije u cestovnom prometu

Analiza potrošnje energije u cestovnom prometu obuhvaća podatke o strukturi i godišnjoj potrošnji energije iz goriva u vlasništvu grada Cresa, grada Malog Lošinja i s njima povezanih subjekata, vozila javnog prijevoza te komercijalna i osobna vozila. Prema dostupnim podacima vozila su razvrstana u sljedeće kategorije: moped, motocikl, osobni automobil, kombi, autobus i manji kamion. U Tablici 9. prikazan je broj vozila na arhipelagu po kategorijama te njihova potrošnja energije u 2018. godini.

Tablica 9. Broj i ukupna potrošnje energije po kategorijama vozila u 2018. godini [19]

Vrsta vozila	Broj vozila	Potrošnja energije (MWh)
Moped	652	159,65
Motocikl	314	129,86
Osobni automobil	1619	14.293,81
Kombi	374	4.326,17
Autobus	2	91,00
Manji kamion	33	929,13
UKUPNO	2994	19.929,62

Na otočju je 2994 registriranih vozila iz promatranih kategorija koja su ukupno potrošila 19929,62 MWh energije. Iz tablice je vidljivo da je na otočju, od svih vrsta motornih vozila, najviše osobnih automobila koji troše daleko najviše energije. Skoro sva promatrana motorna vozila na otočju pogonjena su fosilnim gorivima, bio to dizel, benzin ili UNP, a svega desetak vozila ima hibridni ili električni pogon stoga postoji velika mogućnost uštede energije i smanjenja emisije stakleničkih plinova elektrifikacijom prometa.

4.4.2. Potrošnja energije u pomorskom prometu

Što se tiče potrošnje energije u pomorskom prometu, sva plovila koja povezuju Cresko-lošinjsko otočje s kopnom, ali i međusobno pogonjena su dizelskim motorima. Prema podacima za dvije trajektne linije, dvije katamaranske linije te dvije brodske linije zabilježena je potrošnja od ukupno 3,3 milijuna litara dizela odnosno 33.000 MWh energije.

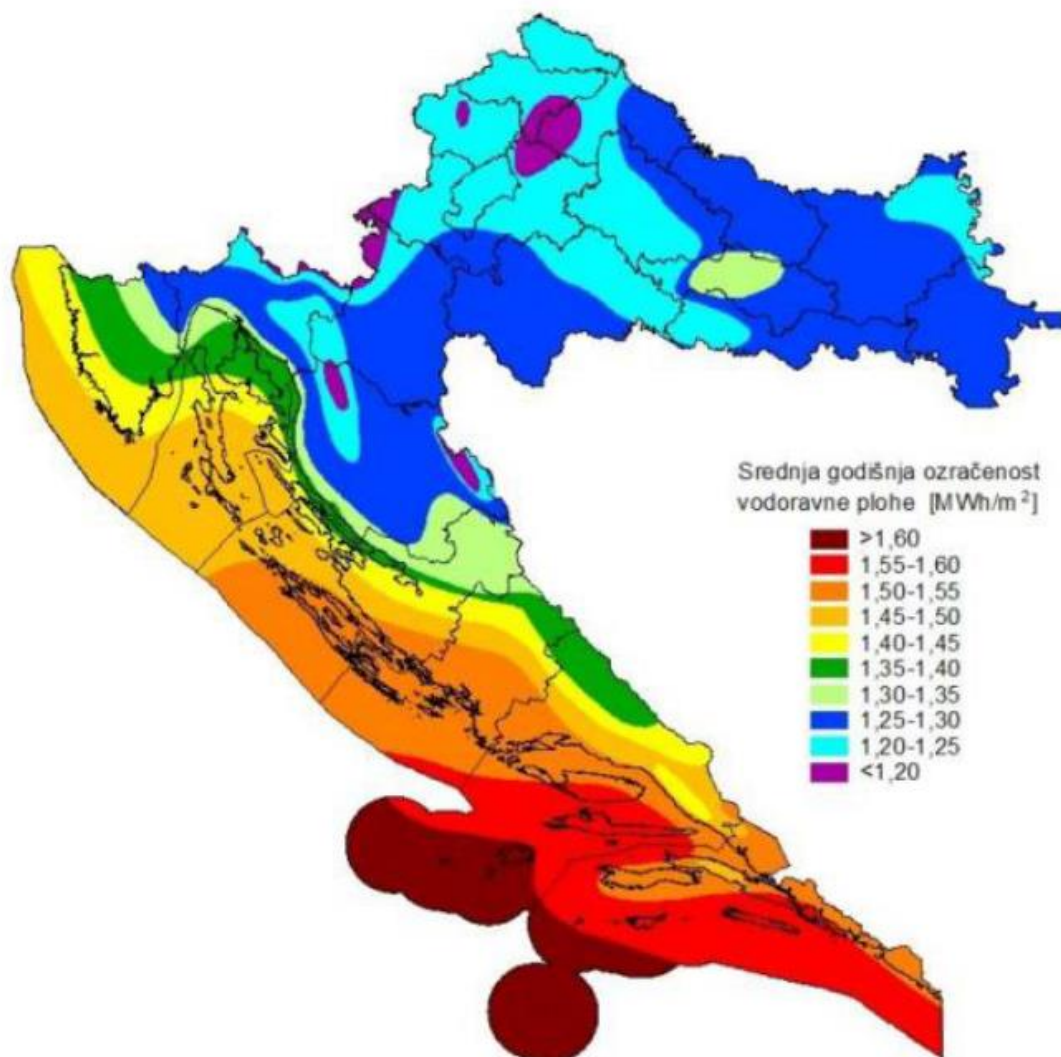
4.5. Obnovljivi izvori energije

4.5.1. Obnovljivi izvori energije na arhipelagu Cres – Lošinj

Cresko-lošinjski otočje je uz potporu inicijative „Čista energija za EU otoke“ započelo energetska tranziciju prema čistoj energiji te je 2019. godine izrađen „Tranzicijski plan prema čistoj energiji cresko-lošinjskog otočja“. Na području cresko-lošinjskog arhipelaga je u 2019. bilo 10 instaliranih integriranih sunčanih elektrana ukupne snage 713,84 kW, a u 2018. godini u funkciji je bilo njih 8 koje su u mrežu predale ukupno 905.51 MWh električne energije. U prostornoplanskoj dokumentaciji je rezervirano 5 lokacija za neintegrirane sunčane elektrane ukupne snage 22,5 MW čija je planirana proizvodnja 29.250 MWh godišnje što bi pokrilo oko 50 % trenutne potražnje za električnom energijom na otočju [19].

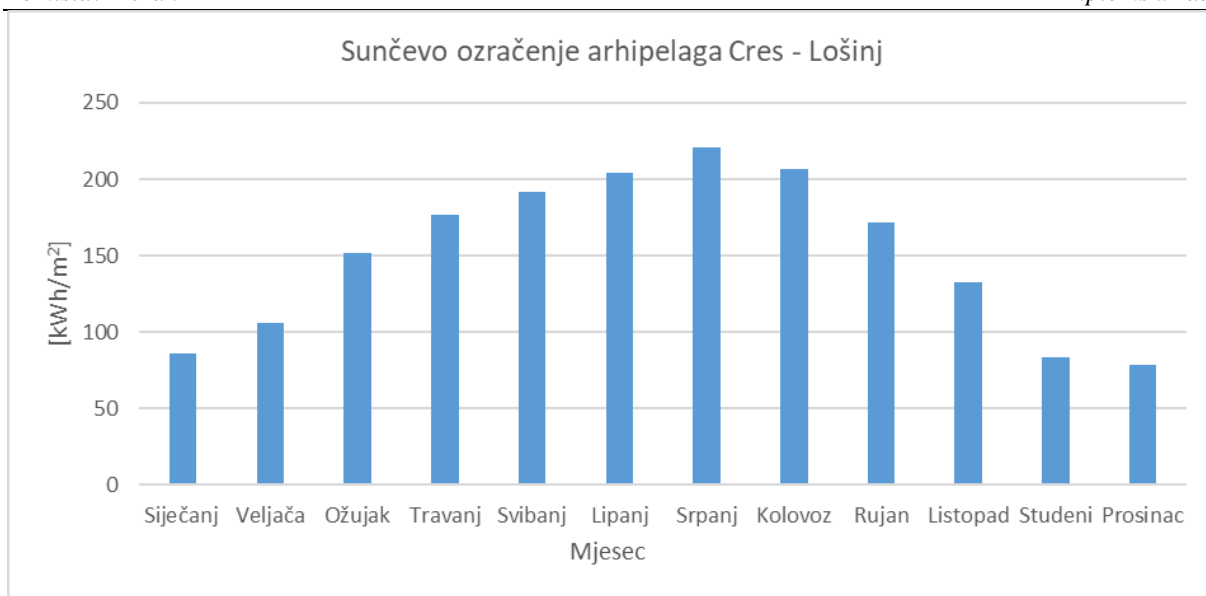
4.5.2. Potencijal proizvodnje energije iz OIE i skladištenja energije

Potencijal proizvodnje energije iz obnovljivih izvora i skladištenja energije na cresko-lošinjskom otočju je velik, ali za sada nedovoljno iskorišten, no to se planira promijeniti kako bi cijelo otočje bilo klimatski neutralno i energetska neovisno. Najveći potencijal za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora zbog povoljnog geografskog položaja otočja ima Sunčeva energija. Otočje ima i veliki potencijal energije vjetra, ali postojećim prostornim planovima nije predviđena gradnja vjetroelektrana pa će se u energetska tranziciji otočje usmjeriti na što veće iskorištavanje energije Sunca. Sunčeva energija ima višestruku primjenu u proizvodnji obnovljive energije, od proizvodnje električne energije preko fotonaponskih panela sve do grijanja potrošne tople vode i vode za grijanje preko sunčanih kolektora. Srednja godišnja ozračenost ukupnim Sunčevim zračenjem na otočju je jako povoljna te varira od 1,45 MWh/m² na sjeveru do 1,52 MWh/m² na jugu [24]. Slika 9. prikazuje kartu srednje godišnju ozračenosti vodoravne plohe u Republici Hrvatskoj iz koje se jasno vidi da južni dio otočja ima veći potencijal proizvodnje električne energije od sjevernog dijela.



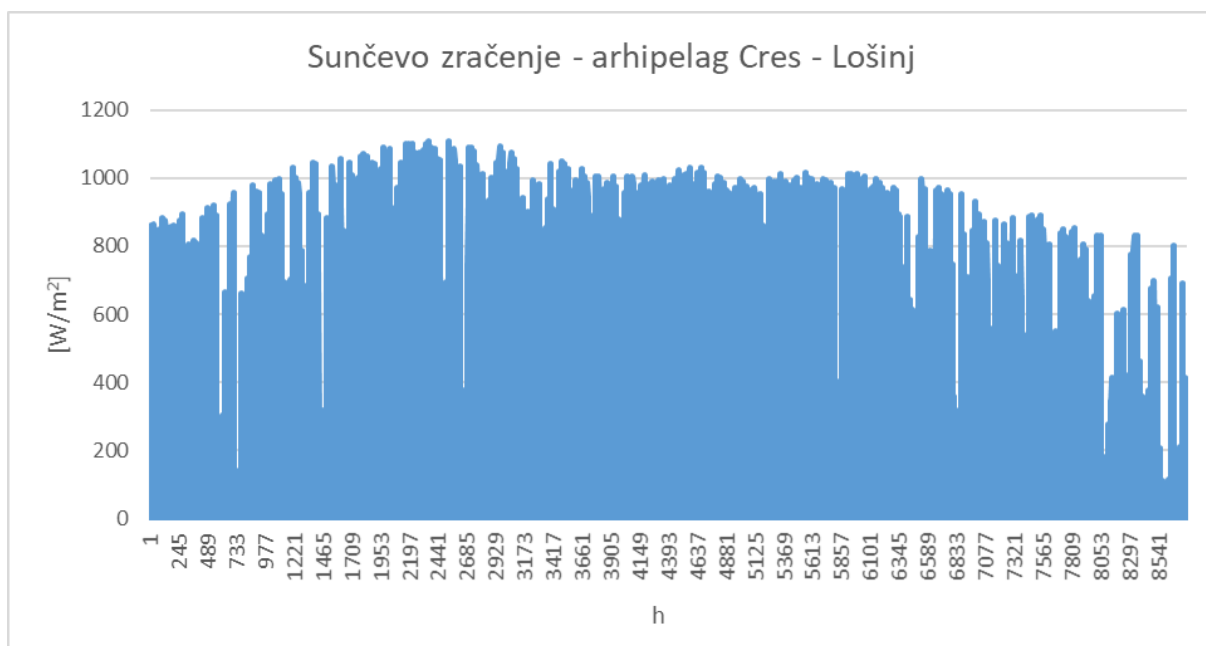
Slika 9. Srednja godišnja ozračenost vodoravne plohe u Republici Hrvatskoj [25]

Točni podaci o prosječnoj mjesečnom ozračenju plohe i raspodjeli satnog Sunčevog zračenja na cresko-lošinjskom arhipelagu dobiveno je s pomoću online alata Europske komisije, PVGIS (engl. Photovoltaic Geographical Information System) [24]. Zbog velike udaljenosti i različite srednje godišnje ozračenosti između sjevera i juga otočja za lakši prikaz podataka odabrana je lokacija na sredini otočja, točnije na sjeverozapadnom dijelu otoka Lošinja kao najbolji pokazatelj ukupnog stanja cresko-lošinjskog arhipelaga. Dijagram na Slici 10. prikazuje prosječno mjesečno ozračenje za cresko-lošinjski arhipelaga pod optimalnim nagibom od 38°.



Slika 10. Mjesečno Sunčevo ozračenje – arhipelag Cres – Lošinj [24]

Dijagram na Slici 11. prikazuje satnu krivulju Sunčevog zračenja za arhipelag Cres – Lošinj.



Slika 11. Satna raspodjela Sunčevog zračenja na cresko-lošinjskom arhipelagu [24]

Prema podacima iz dijagrama sa Slike 10. i 11. jasno je vidljivo da cresko-lošinjski arhipelag ima veliku razinu dozračene Sunčeve energije što predstavlja veliki potencijal u iskorištavanju fotonaponskih sustava za proizvodnju električne energije.

Velika mana proizvodnje energije iz Sunca je ta da ovisi o vanjskim uvjetima koje je nemoguće kontrolirati pa kada nema Sunčevog zračenja nema ni proizvodnje energije što može utjecati na sustav opskrbe i cijenu električne energije. Potencijalno rješenje tog problema je upotreba baterijskih sustava koji bi višak proizvedene energije pohranili, a zatim prema potrebi

isporučivali u mrežu. Baterijski sustavi bili bi direktno priključeni na mrežu zbog svoje fleksibilnosti da primaju energiju iz mreže, ali i da ju ponovno vraćaju u mrežu te bi tako služili za pokrivanje zahtjeva za električnom energijom, ali i potrebe uravnoteženje elektroenergetskog sustava. Zbog svih faktora koji idu u prilog iskorištavanju velikog potencijala Sunčeve energije za proizvodnju električne energije cresko-lošinjsko otočje usredotočit će se na projekte izgradnje sunčanih elektrana i postavljanje baterijskih sustava za skladištenje energije kako bi njihovom kombinacijom imali dostupnu čistu električnu energiju u bilo kojem trenutku.

Jedan od takvih potencijalnih projekata na otočju je postavljanje plutajuće sunčane elektrane na Vranskom jezeru na otoku Cresu za koju je provedena studija predizvodljivosti. U okviru projekta razmatra se opcija postavljanja plutajućeg FN sustava ukupne površine u iznosu od 80 % ukupne površine jezera. Prema provedenom proračunu u studiji dobiveno je da bi ukupna površina plutajućeg FN sustava iznosila 4,6 km², a snaga 460 MW [26]. Izgradnjom takve plutajuće sunčane elektrane u kombinaciji s baterijskim sustavom pokrile bi se potrebe cijelog cresko-lošinjskog arhipelaga, a problem smanjenja proizvodnje zbog ograničenja prijenosa riješio bi se postavljanjem novog 110 kV podmorskog kabela na relaciji Cres-Plomin kojim bi se viškovi proizvedene električne energije slali na kopno. Iako slobodna površina Vranskog jezera predstavlja veliki potencijal za implementaciju plutajućeg FN sustava treba uzeti u obzir da je jezero pod strogom zaštitom jer je to jedini izvor pitke vode na cijelom arhipelagu i da bi uz puno birokratskih problema kao i otpora lokalnog stanovništva projekt bio teško izvediv.

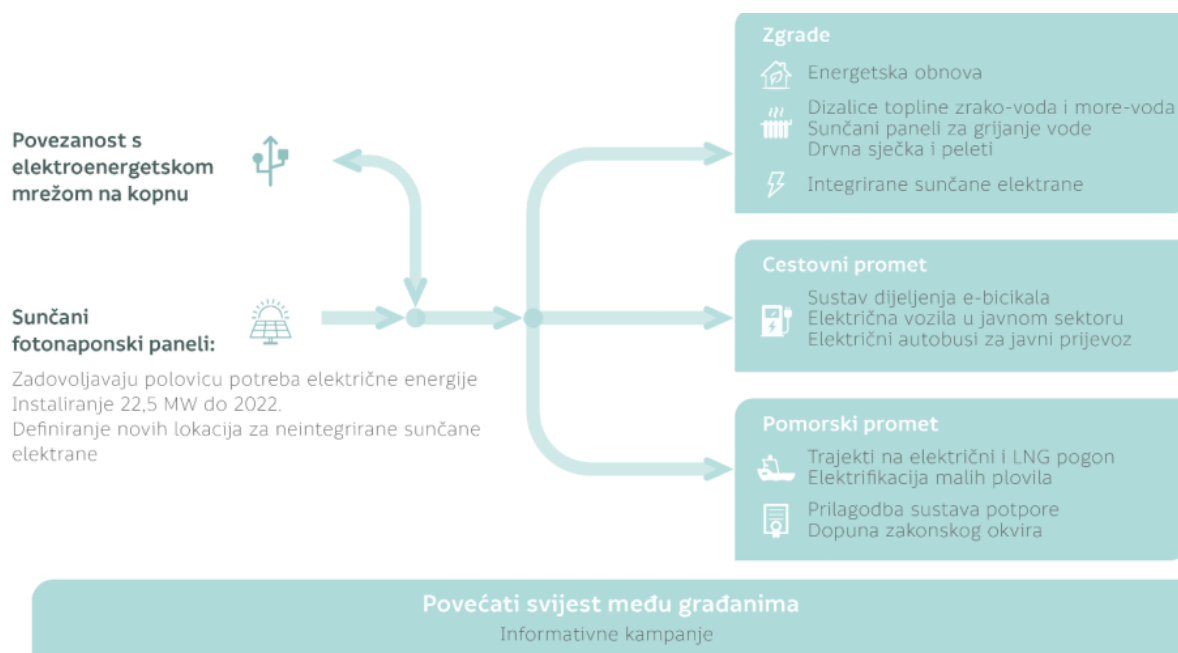
4.5.3. Plan energetske razvoja cresko-lošinjskog arhipelaga

U cilju provedbe energetske tranzicije cresko-lošinjsko otočje planira integrirati relevantne tehnologije i inicijative te poticati projekte obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti kako bi se maksimalno iskoristio njihov maksimalni potencijal. Prema planu energetske tranzicije cresko-lošinjskog arhipelaga otoci će ostati povezani s kopnom te će se instalirati planirane neintegrirane sunčane elektrane. Očekuje se da će neintegrirane sunčane elektrane osigurati polovicu godišnjih potreba električne energije jer se planira instalirati 22,5 MW kapaciteta čija će proizvodnja biti 29.250 MWh. Zbog važnosti povećanja udjela OIE ispitat će se mogućnost uvođenja novih lokacija za izgradnju neintegriranih sunčanih elektrana u prostornoplansku dokumentaciju. Električna energija proizvedena na arhipelagu predavat će se u elektroenergetsku mrežu koja će opskrbljivati otoke. Prometni sektor će također biti

povezan s elektroenergetskom mrežom te će ga se postupno elektrificirati zahvaljujući integraciji mreže električnih punionica te upotrebi električnih vozila u javnom sektoru. Jedinice lokalne samouprave preuzet će vodeću ulogu u kupnji električnih i hibridnih automobila za vozni park javnih ustanova te će se nabaviti barem jedan električni autobus i uspostaviti iznajmljivanje e-bicikala. Pomorski promet će se dekarbonizirati zamjenom trenutnih trajekata onima na LNG ili električni pogon, ovisi o dostupnosti odgovarajućih tehnologija i financijskim mogućnostima. U planu je i obnoviti stambene, poslovne i javne zgrade kako bi bile energetske učinkovitije te na njihove krovove instalirati integrirane sunčane elektrane čija će se proizvedena električna energija koristiti za pokrivanje njihove vlastite potrošnje. Zahtjevi za toplom vodom bit će zadovoljeni instaliranjem sunčanih kolektora. Kotlovi na lož ulje zamijenit će se sustavima koji koriste obnovljive izvore energije, a u planu su dvije opcije:

- lokalna proizvodnja peleta i sječke kao alternativno gorivo koji bi se koristili u kotlovima na biomasu
- korištenje toplinskih pumpi zrak-voda, a tamo gdje je moguće, toplinske pumpe more-voda za opskrbu toplinom većih potrošača npr. hotela

Kako bi građani bili u toku s integracijom i korištenjem novih tehnologija informirat će ih se o mogućnostima proizvodnje električne i toplinske energije iz obnovljivih izvora, povećanju energetske učinkovitosti, čistim načinima mobilnosti i sudjelovanju u projektima građanske energije [19]. Slika 12. prikazuje smjerove energetske tranzicije cresko-lošinjskog otočja.



Slika 12. Smjerovi energetske tranzicije cresko-lošinjskog otočja [19]

5. MODELIRANJE BUDUĆEG ENERGETSKOG SUSTAVA ARHIPELAGA CRES – LOŠINJ

Modeliranje energetske tranzicije i budućeg energetskeg sustava arhipelaga Cres – Lošinj provedeno je s pomoću računalnog alata Investment Planning Toola (IPT). IPT je online software kojeg je razvila tvrtka Artelys u sklopu projekta INSULAE s ciljem da pomogne otočnim zajednicama u izradi energetske strategije i praćenju njihovog utjecaja na otočne energetske sustave. IPT je podijeljen na dva modula rada:

1. Island Modeling Assistant – omogućuje prikaz trenutnog stanja energetskeg sustava otoka
2. Scenarisation Module – omogućuje prikaz različitih scenarija razvoja energetskeg sustava otoka kroz implementiranje određenih mjera [27] [28].

Cilj modeliranja energetske tranzicije cresko-lošinjskog otočja u IPT-u bit će prikazati učinak implementacije obnovljivih izvora energije, baterijskih sustava, mjera energetske učinkovitosti elektrifikacije prometa, razvoja infrastrukture i promjene potražnje na ukupni elektroenergetski sustav kroz niz godina. Model je izrađen na temelju podataka iz „Tranzicijskog plana prema čistoj energiji cresko-lošinjskog otočja“ čiji su podaci za 2018. godinu iskorišteni za kreiranje elektroenergetskog sustava otočja referentne 2020. godine.

5.1. Scenariji

Za modeliranje energetske tranzicije i budućeg energetskeg sustava cresko-lošinjskog arhipelaga kao referentna godina odabrana je 2020. godina, a praćen je razvoj energetskeg sustava kroz implementiranje različitih mjera u 2030. godini, 2040. godini te 2050. godini koja je označena kao godina do koje će Europska unija postići klimatsku neutralnost.

U model razvoja energetskeg sustava otočja Cres – Lošinj implementirane su mjere:

- Integracija proizvodnje električne energije iz sunčanih elektrana
- Integracija baterijskih spremnika za pohranu električne energije
- Izgradnja novih kapaciteta prijenosne mreže
- Promjena potražnje električne energije zbog promjene broja stanovnika, elektrifikacije prometa i povećanja energetske učinkovitosti

Referentna 2020. godina prikazuje trenutno stanje energetskog sustava otočja, a na temelju promjene demografije i udjela električnih vozila kreirano je 9 različitih scenarija energetske tranzicije otočja koji obuhvaćaju razdoblje od 2030. do 2050. godine.

Utjecaj demografije na promjenu potrošnje električne energije obuhvaćen je kroz tri različita slučaja:

- Porast broja stanovnika za 5 % u odnosu na prijašnje razdoblje
- Stagnacija broja stanovnika
- Pad broja stanovnika za 5 % u odnosu na prijašnje razdoblje

Utjecaj elektrifikacije prometa na promjenu potrošnje električne energije baziran je na povećanju udjela električnih vozila na otočju:

- Spora elektrifikacija: 10 % do 2030. godine, 20 % do 2040. godine, 40 % do 2050. godine
- Umjerena elektrifikacija: 20 % do 2030. godine, 40 % do 2040. godine, 60 % do 2050. godine
- Brza elektrifikacija: 40 % do 2030. godine, 60 % do 2040. godine, 80 % do 2050. godine

Utjecaj povećanja energetske učinkovitosti na smanjenje potrošnje električne energije podijeljen je u dvije kategorije:

- Efikasnost sustava: 11,7 % 2030. godine, 19 % 2040. godine, 21 % 2050. godine
- Efikasnost zgrada: 4,9 % 2030. godine, 21 % 2040. godine, 35 % 2050. godine.

Sistematizacija promjena koje utječu na potrošnju električne energije prikazane su u Tablici 10.

Tablica 10. Promjene - demografija, električna vozila i energetska učinkovitost

		2030	2040	2050
Demografija	Porast broja stanovnika	5%	5%	5%
	Stagnacija broja stanovnika	0%	0%	0%
	Pad broja stanovnika	-5%	-5%	-5%
Električna vozila	Spora elektrifikacija	10%	20%	40%
	Umjerena elektrifikacija	20%	40%	60%
	Brza elektrifikacija	40%	60%	80%
Energetska učinkovitost	Efikasnost sustava	11,7%	19%	21%
	Efikasnost zgrada	4,9%	21%	35%

Scenariji modelirani na temelju navedenih promjena prikazani su u Tablici 11.

Tablica 11. Scenariji energetske tranzicije arhipelaga Cres - Lošinj

SCENARIJ	DEMOGRAFIJA			ELEKTRIČNA VOZILA			ENERGETSKA UČINKOVITOST					
	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030		2040		2050	
1	5%	5%	5%	40%	60%	80%	11,7%	4,9%	19%	21%	21%	35%
2	5%	5%	5%	20%	40%	60%						
3	5%	5%	5%	10%	20%	40%						
4	0%	0%	0%	40%	60%	80%						
5	0%	0%	0%	20%	40%	60%						
6	0%	0%	0%	10%	20%	40%						
7	-5%	-5%	-5%	40%	60%	80%						
8	-5%	-5%	-5%	20%	40%	60%						
9	-5%	-5%	-5%	10%	20%	40%						

Kroz Scenarisation module IPT alata modeliran je utjecaj promjena potrošnje električne energije na elektroenergetski sustav otočja za 9 scenarija na temelju promjene demografije, udjela električnih vozila i energetske učinkovitosti kako je prikazano u Tablici 11. Važno je naglasiti da iako su u tablicama dane relativne promjene vrijednosti u IPT su uvrštene apsolutne promjene na temelju proračuna provedenog u Microsoft Excelu. Proračun je proveden tako da se apsolutni iznos ukupne potrošene električne energije iz referentne 2020. godine mijenjao s obzirom na apsolutne promjene potrošnje električne energije uzrokovane promjenama u demografiji, udjelu električnih vozila i energetske učinkovitosti za svaki od 9 scenarija.

Ovakve promjene u demografiji odabrane su kako bi se prikazao odraz svi mogući slučajeva, dakle porasta, stagnacije i pad broja stanovnika, na potrošnju električne energije. Postotci porasta i pada broja stanovnika odabrani su proizvoljno u granicama mogućeg kretanja broja stanovnika u Republici Hrvatskoj do 2050. godine. U proračunu su apsolutne vrijednosti promjene potrošnje električne energije zbog promjene broja stanovnika dobivene jednostavnim množenjem potrošnje električne energije iz referentne 2020. godine s postotnom promjenom broja stanovnika.

Porast potrošnje električne energije zbog povećanja udjela električnih vozila izračunat je na temelju postojećeg broja vozila koja koriste fosilna goriva na otočju tako da je njihova godišnja potrošnja energije iz fosilnih goriva pretvorena u ekvivalent električne energije koju bi potrošio isti broj električna vozila (EV). Zbog različite potrošnje između promatranih kategorija vozila proračun je odrađen za svaku pojedinačnu kategoriju prema dostupnim podacima za prosječnu potrošnju MSUI vozila i EV te je određena ukupna ekvivalentna potrošena električna energija što je prikazano u Tablici 12.

Tablica 12. Potrošnja energije istog broja MSUI vozila i električnih vozila [19], [29]

Vrsta vozila	Prosječna potrošnja goriva MSUI [l/100 km]	Prosječna potrošnja EV [kWh/100 km]	Potrošnja energije iz fosilnih goriva (MWh)	Potrošnja električne energije (MWh)
Moped	2	2	159,65	17,56
Motocikl	2,4	4	129,86	24,35
Osobni automobil	6,1	18	14.293,81	4.733,36
Kombi	13,5	30	4.326,17	1.079,94
Autobus	37,2	100	91,00	27,47
Manji kamion	44,5	115	929,13	269,76
UKUPNO			19.929,62	6.152,44

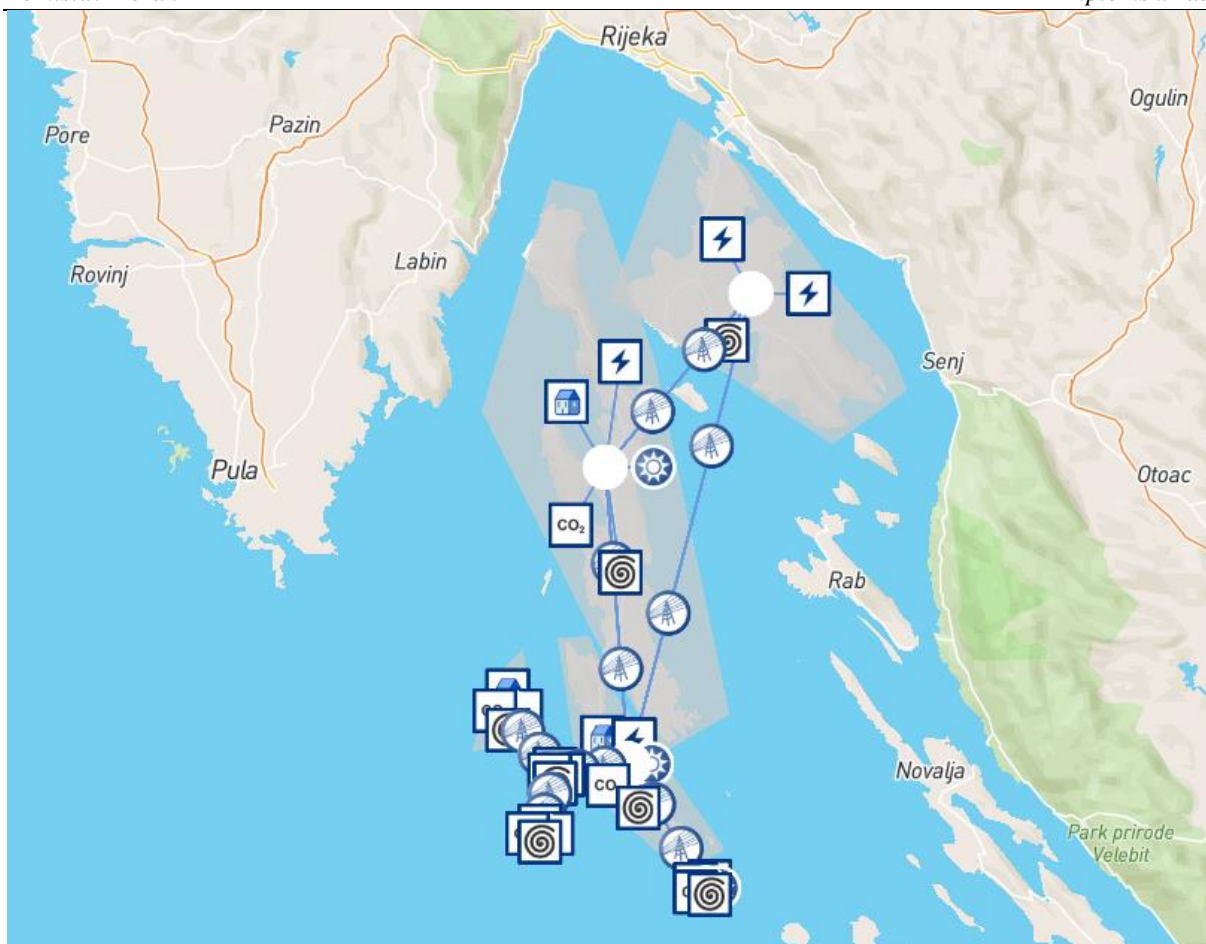
Dobiveni ekvivalent potrošene električne energije električnih vozila zatim je skaliran prema udjelu električnih vozila u određenoj godini te je pridodan ukupnoj godišnjoj potrošnji električne energije otočja.

Energetska učinkovitost podijeljena je na povećanje efikasnosti sustava i povećanje efikasnosti zgrada. Postotno smanjenje potrošnje energije zbog povećanja efikasnosti sustava i efikasnosti zgrada po godinama, preuzeto je iz trenutnih planova Europske unije koji propisuju ciljeve za povećanje energetske učinkovitosti i energetske obnovu zgrada [3].

Uz promjenu potrošnje električne energije za promatrane godine 2030., 2040. i 2050. za svaki od 9. scenarija implementirane su i nove sunčane elektrane, baterijski spremnici te novi kapaciteti elektroenergetske mreže prema planu razvoja arhipelaga Cres – Lošinj.

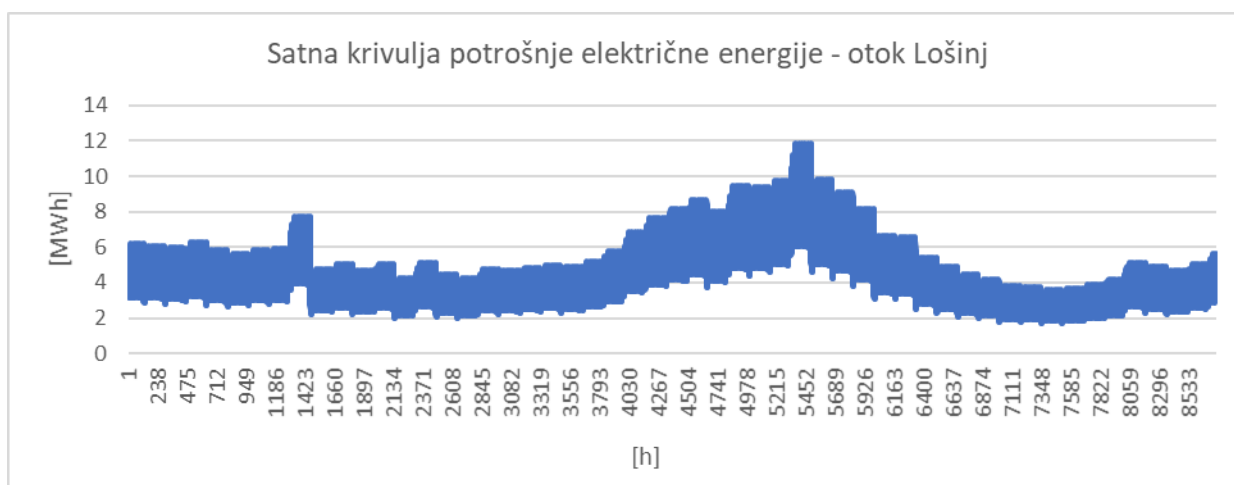
5.2. Referentna godina – 2020.

Referentna godina 2020. prikazuje trenutačno stanje energetskeg sustava cresko-lošinjskog arhipelaga. Na Slici 13. prikazan je model elektroenergetskeg sustava otočja u IPT-u.



Slika 13. Prikaz elektroenergetskog sustava arhipelaga Cres – Lošinj u IPT-u

Za potrebe modeliranja trenutnog elektroenergetskog sustava arhipelaga Cres – Lošinj u IPT-u potrebne su satne krivulje potrošnje, a u ovom slučaju korištena je normalizirana krivulja potrošnje na prosječnom jadranskom otoku koja je za svaki promatrani otok u arhipelagu skalirana prema broju stanovnika kako bi se dobila krivulja potrošnje za svaki otok. Slika 14. prikazuje satnu krivulju potrošnje električne energije za otok Lošinj 2020. godine.



Slika 14. Satna krivulja potrošnje električne energije – otok Lošinj

Promatrani otoci u ovom modelu su: Lošinj, Cres, Susak, Ilovik, Unije te Male i Vele Srakane.

U Tablici 13. vidljiva je potrošnja električne energije svakog od otoka, a valja naglasiti da su Male i Vele Srakane promatrane kao cjelina zbog male potrošnje energije.

Tablica 13. Potrošnja električne energije na arhipelagu Cres – Lošinj u 2020. godini [19]

Otok	Potrošnja [MWh]
Lošinj	39.869,17
Cres	18.046,61
Susak	767,56
Ilovik	585,34
Unije	364,46
Male i Vele Srakane	33,13
Ukupno	59.666,27

Ukupna potrošnja električne energije na arhipelagu je u promatranoj 2020. godini bila 59.666,27 MWh. Skoro sva potrošena električna energija uvozi se s kopna preko otoka Krka koji je također promatran u modelu, ali samo kao čvorište s kojeg se energija uvozi na arhipelag ili na koji se energija izvozi s arhipelaga. Na arhipelagu postoji i proizvodnja električne energije iz 10 sunčanih elektrana koje su instalirane na Cresu, Lošinju i Iloviku, ukupne snage 713,84 kW [19]. Za modeliranje proizvodnje električne energije iz fotonaponskih sustava potrebno je imati satnu raspodjelu Sunčevog zračenja koja je u ovom slučaju preuzeta iz online alata Europske komisije, PVGIS, a prikazana je na Slici 11. [24]. Zbog velike površine otočja te razlike u srednjoj godišnjoj ozračenosti između sjevera i juga odabrani su podaci za lokaciju na sredini arhipelaga. Tablica 14. prikazuje ukupnu instaliranu snagu sunčanih elektrana po otocima u 2020. godini.

Tablica 14. Ukupna snaga instaliranih sunčanih elektrana na otocima 2020. godine [19]

Sunčana elektrana	Instalirana snaga [kW]
SE Ilovik	10
SE Cres	53,54
SE Lošinj	650,3
UKUPNO	713,84

Model elektroenergetskog sustava cresko-lošinjskog arhipelaga za referentnu 2020. godinu baza je za modeliranje energetske tranzicije otočja kroz implementiranje niza mjera u razdoblju od 2030. godine do 2050. godine.

5.3. Implementacije za 2030. godinu

Prva godina promatranja razvoja elektroenergetskog sustava arhipelaga Cres – Lošinj je 2030. U 2030. godini u model elektroenergetskog sustava implementirane su sljedeće stavke:

1. U skladu s „Tranzicijskim planom prema čistoj energiji cresko-lošinjskog otočja“ na rezerviranim lokacijama prema prostornoplanskoj dokumentaciji instalirano je 5 sunčanih elektrane ukupne snage 22,5 MW.

Tablica 15. Sunčane elektrane instalirane do 2030. godine

Sunčana elektrana	Otok	Snaga (MW)
Ustrine	Cres	10
Orlec Trinket - istok	Cres	6,5
Orlec Trinket - zapad	Cres	4,5
Unije	Unije	1
Filozici	Cres	0,5
UKUPNO		22,5

2. Instalirana je plutajuća sunčana elektrana Vrana na otoku Cresu na Vranskom jezeru snage 1 MW
3. Instalirana je baterija kapaciteta 1 MWh na otoku Cresu koja je povezana sa sunčanom elektranom Vrana
4. Instalirana je baterija kapaciteta 1 MWh na otoku Unije koja je povezana sa sunčanom elektranom Unije
5. Promjena potrošnje električne energije zbog promjene broja stanovnika, elektrifikacije prometa i povećanja energetske učinkovitosti.

5.4. Implementacije za 2040. godinu

U 2040. godini u model elektroenergetskog sustava implementirane su sljedeće stavke:

1. Instaliran je novi podmorski kabel Cres-Plomin/Plomin-Cres napona 110 kV čime je Cres energetski direktno povezan s kopnom
2. Instaliran je dodatan kapacitet za sunčanu elektranu Vrana na otoku Cresu - nova ukupna snaga sunčane elektrane Vrana je 200 MW
3. Instaliran je dodatan kapacitet za bateriju na Cresu povezanu sa sunčanom elektranom Vrana – novi kapacitet baterije je 20 MWh
4. Promjena potrošnje električne energije zbog promjene broja stanovnika, elektrifikacije prometa i povećanja energetske učinkovitosti.

5.5. Implementacije za 2050. godinu

U 2050. godini u model elektroenergetskog sustava implementirane su sljedeće stavke:

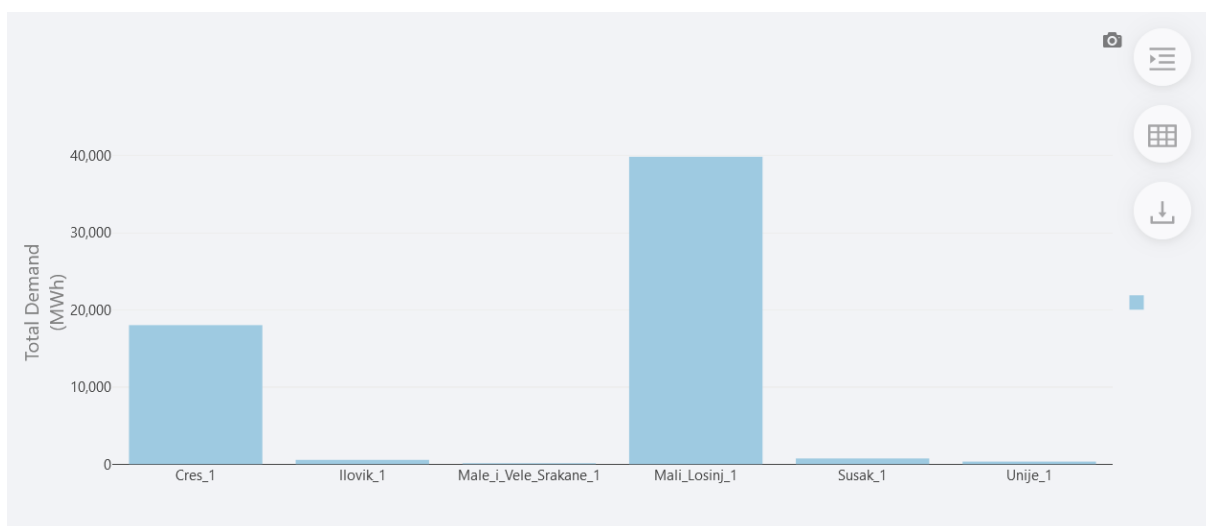
1. Instaliran je dodatan kapacitet sunčane elektrane Vrana - nova ukupna snaga sunčane elektrane je 460 MW
2. Instaliran je dodatan kapacitet baterije na otoku Cresu povezane sa sunčanom elektranom Vrana – novi kapacitet baterije je 50 MWh
3. Promjena potrošnje električne energije zbog promjene broja stanovnika, elektrifikacije prometa i povećanja energetske učinkovitosti.

6. REZULTATI

Modeliranje energetske tranzicije i razvoja energetskog sustava arhipelaga Cres – Lošinj provedeno je u razdoblju od referentne 2020. godine za koju je izrađen bazni model elektroenergetskog sustava, preko 2030. i 2040. do 2050. godine kroz koje je implementiran niz mjera u 9 scenarija. Rezultati modela energetske tranzicije arhipelaga Cres - Lošinj prikazani su u nastavku.

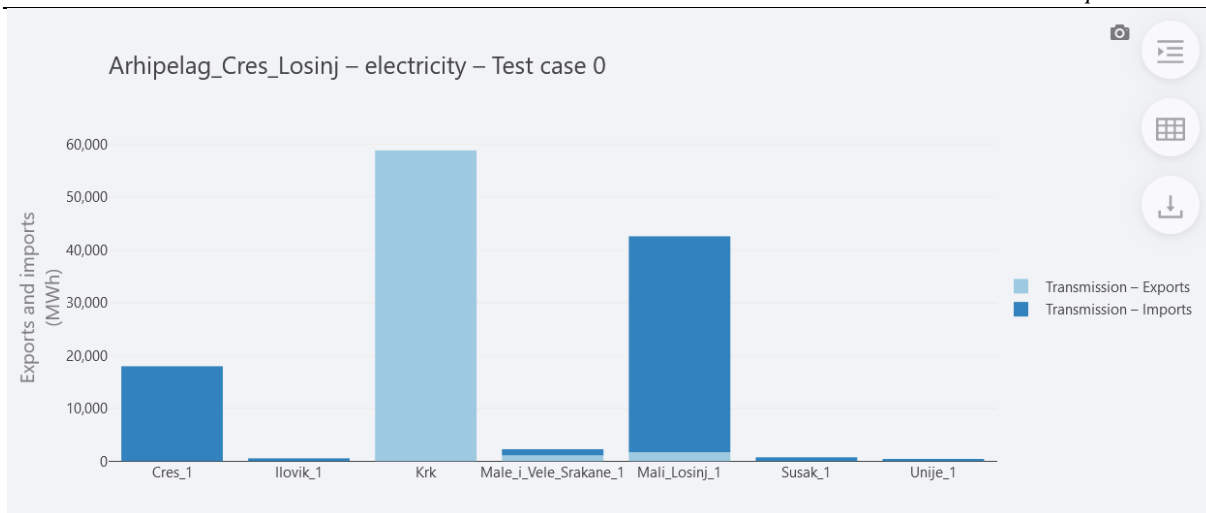
6.1. Referentna godina – 2020.

U referentnoj 2020. godini potrošnje električne energije na arhipelagu iznosila je 59,67 GWh, a na dijagramu na Slici 15. vidljiva je potrošnja po otocima. Treba naglasiti da je zbog smještaja elektroenergetskog čvorišta otok Lošinj na grafovima nazvan Mali Lošinj, a zbog male potrošnje električne energije otoci Male i Vele Srakane promatrani su zajedno.



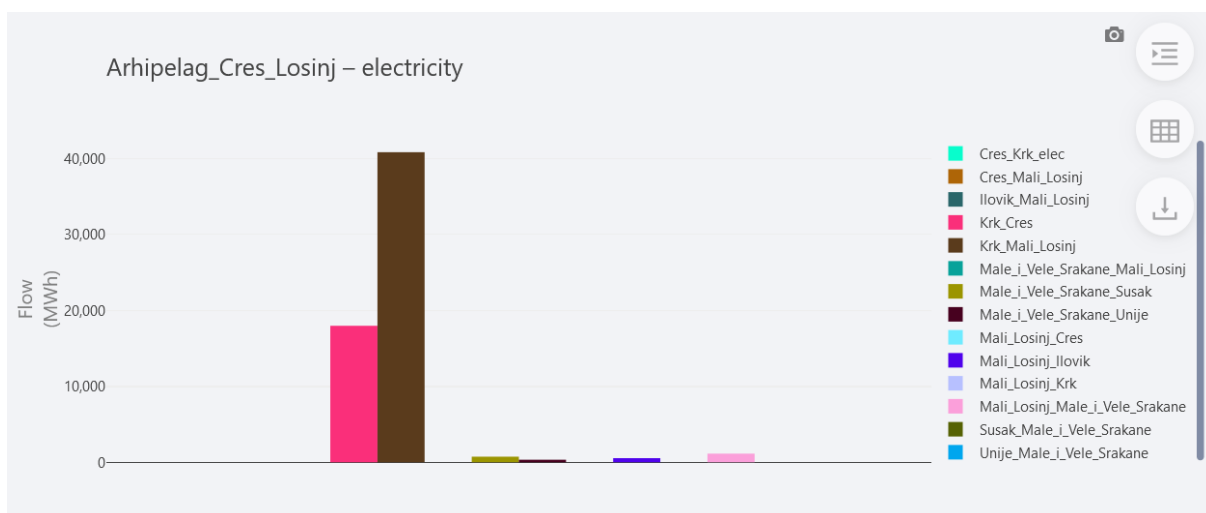
Slika 15. Potrošnja električne energije na arhipelagu – 2020.

Iz dijagrama je jasno vidljivo da se najviše energije troši na otoku Lošinj (čvorište Mali Lošinj) oko 40 GWh jer ima najviše stanovnika te najrazvijenije gospodarstvo i turizam, a zatim slijedi otok Cres s nešto manjom potrošnjom od otprilike 18 GWh. Zbog malog broja stanovnika ostali otoci imaju jako malu potrošnju električne energije ispod 1 GWh, a Male i Vele Srakane samo 33 MWh. Jedina veza za prijenos električne energije s kopna na cresko-lošinjski arhipelag je otok Krk. Skoro sva električna energija potrošena na otočju, točnije 58,8 GWh uvezena je s kopna preko otoka Krka što je prikazano na Slici 16.



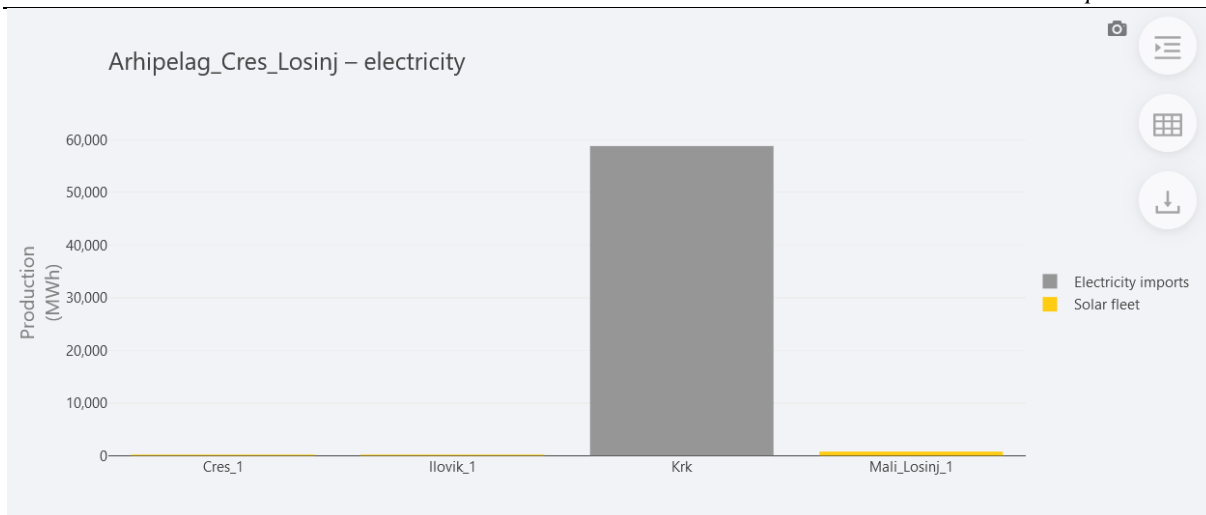
Slika 16. Uvoz i izvoz električne energije cresko-lošinjskog arhipelaga – 2020.

Kod Lošinja te Malih i Velih Srakana može se primijetiti i određeni izvoz električne energije što je posljedica toga da se preko Lošinja električna energija distribuira na Ilovik te Male i Vele Srakane, dok se s otoka Male i Vele Srakane električna energija distribuira prema Unijama i Susku. Energetski tokovi između otoka prikazani su na dijagramu na Slici 17. s koje je jasno vidljivo da se najviše električne energije distribuira s Krka prema Lošinju i Cresu koji imaju najveće potrebe za električnom energijom. Cres je s Krka preuzeo 18 GWh električne energije, dok je Lošinj, iako ima potrebu od 39 GWh, preuzeo 41 GWh zbog toga što se preko njega električna energija distribuira na manje otoke u arhipelagu.



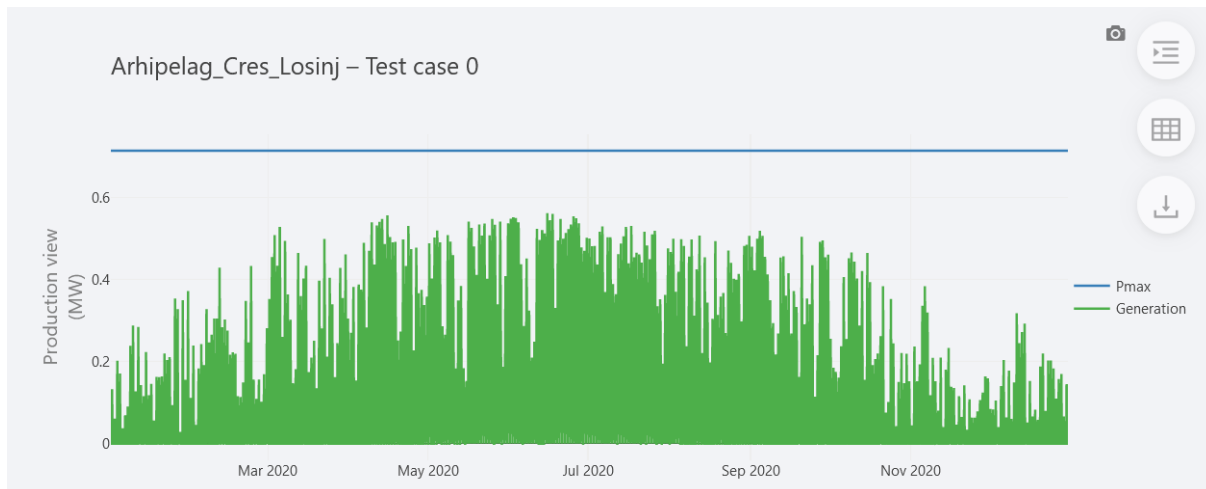
Slika 17. Energetski tokovi između otoka/čvorišta – 2020.

Instalirani kapacitet sunčanih elektrana 2020. godine bio je 718,13 kW, a zbog male integracije obnovljivih izvora većina električne energije mora se uvoziti, dok je mali dio proizveden iz postojećih sunčanih elektrana što je vidljivo na dijagramu na Slici 18.



Slika 18. Uvoz električne energije i proizvodnja iz sunčanih elektrana - 2020.

Ukupna proizvodnja električne energije iz sunčanih elektrana 2020. godine bila je oko 880 MWh. Kada to usporedimo s ukupnom potrošnjom koja je nešto manja od 60 GWh dobije se da je udio obnovljive energije samo 1,5 %. Dijagram na Slici 19. prikazuje satnu proizvodnju električne energije iz svih sunčanih elektrana na cresko-lošinjskom arhipelagu za referentnu 2020. godinu iz kojeg je vidljivo da se najviše električne energije proizvodi za vrijeme proljetnih i ljetnih mjeseci, dok je manja proizvodnja u jesenskim i zimskim mjesecima.

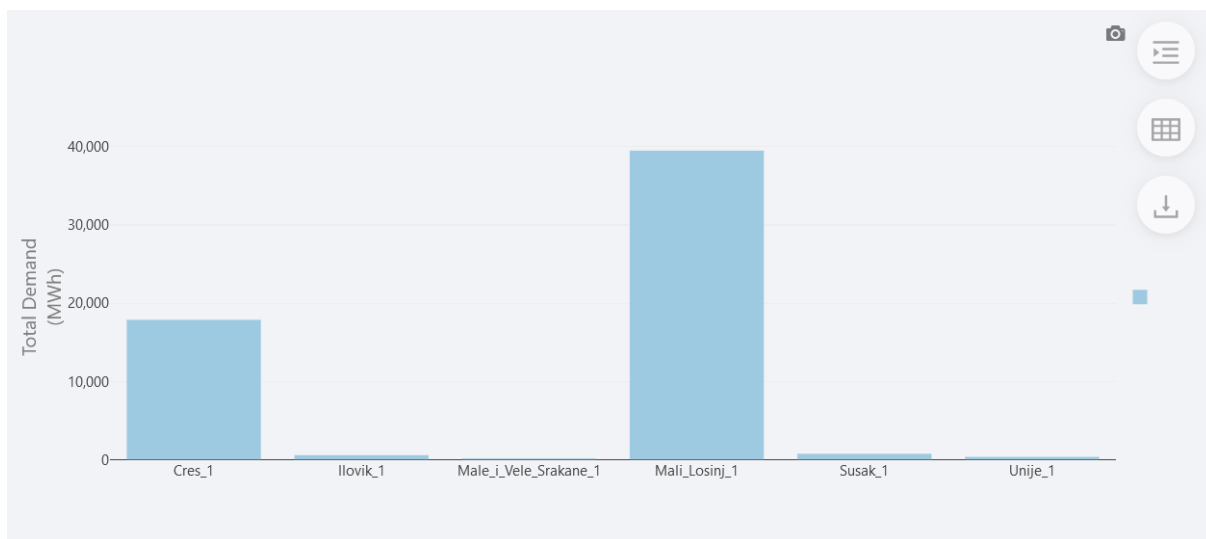


Slika 19. Satna krivulja ukupne proizvodnje električne energije iz sunčanih elektrana - 2020.

Referentna godina 2020. predstavlja početnu godinu za svih 9 scenarija energetske tranzicije cresko-lošinjskog arhipelaga, a u nastavku će biti prikazani detaljni rezultati energetske tranzicije za scenarij 2, dok će za kraj biti uspoređeni rezultati svih 9 scenarija definiranih u Tablici 11.

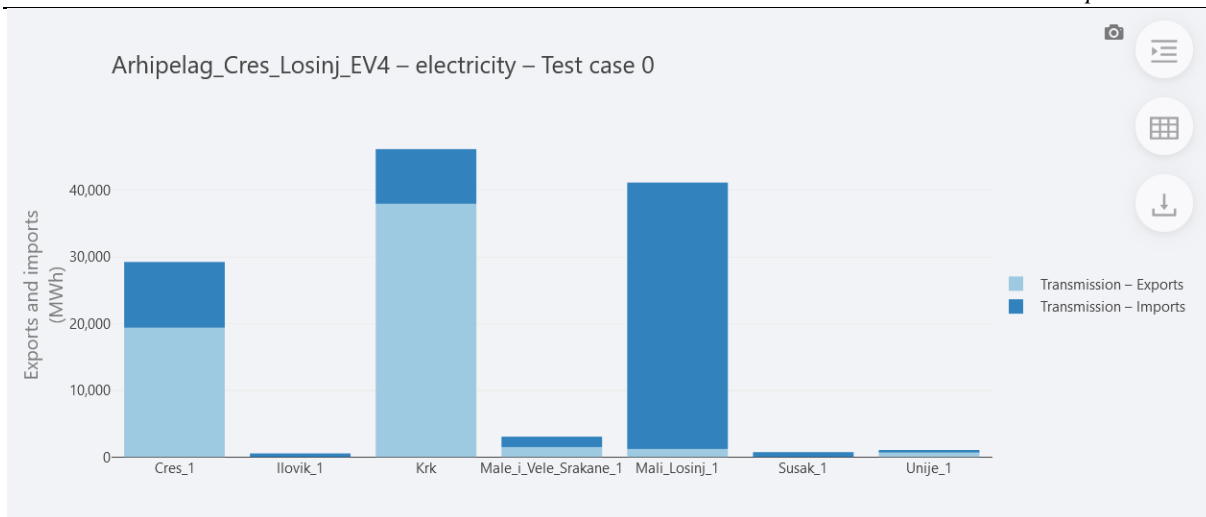
6.2. Stanje na arhipelagu 2030. godine

Stanje na arhipelagu 2030. godine promijenilo se zbog instalacije 22,5 MW novih sunčanih elektrana. Također instalirana je plutajuća solarna elektrana Vrana smještena na Vranskom jezeru snage 1 MW koja je spojena s baterijskim sustavom kapaciteta 1 MWh. Na otoku Unije također je instalirana sunčana elektrana povezana s baterijskim sustavom kapaciteta 1 MWh. Nakon implementacije mjera za 2030. godinu smanjila se potrošnja električne energije, a Slika 20. prikazuje potrošnju električne energije po otocima.



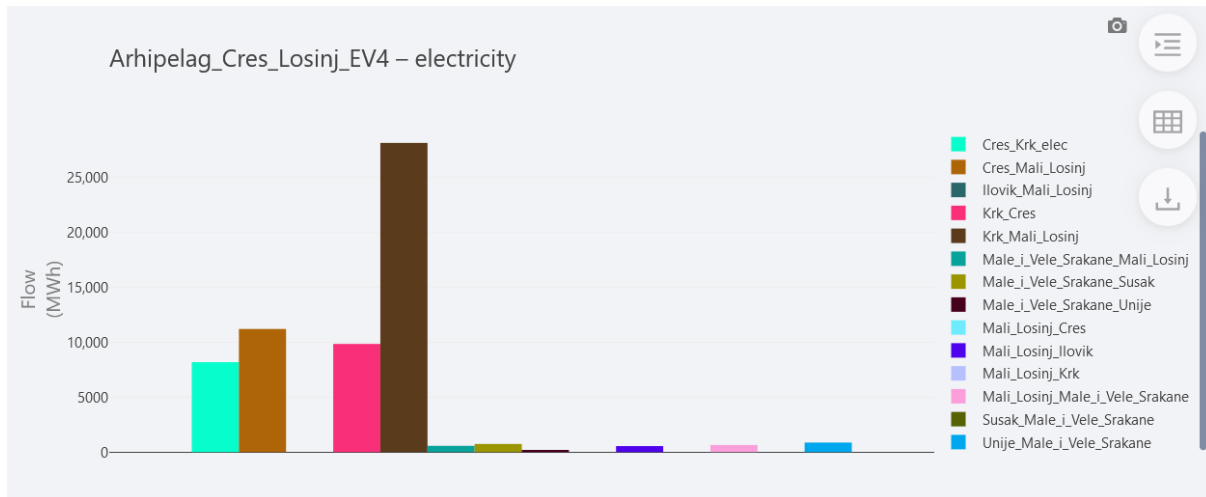
Slika 20. Potrošnja električne energije na arhipelagu – 2030.

Uspoređujući potrošnju električne energije 2030. godine koja iznosi 59 GWh s referentom 2020. godinom uočen je pad potrošnje od 566,62 MWh što je otprilike smanjenje za 0,95 %. Pad u potrošnji električne energije na otočju još nije velik zbog elektrifikacije prometa koja značajno podiže potrošnju električne energije, no sve više električne energije dolazi iz obnovljivih izvora. Uvoz električne energije s Krka iznosi 38 GWh što je smanjenje u odnosu na referentu godinu za 35,4 %, a zbog integracije sunčanih elektrana postoji i izvoz s Cresa koji iznosi 19,41 GWh te Unija 0,9 GWh što je vidljivo na dijagramu na Slici 21.



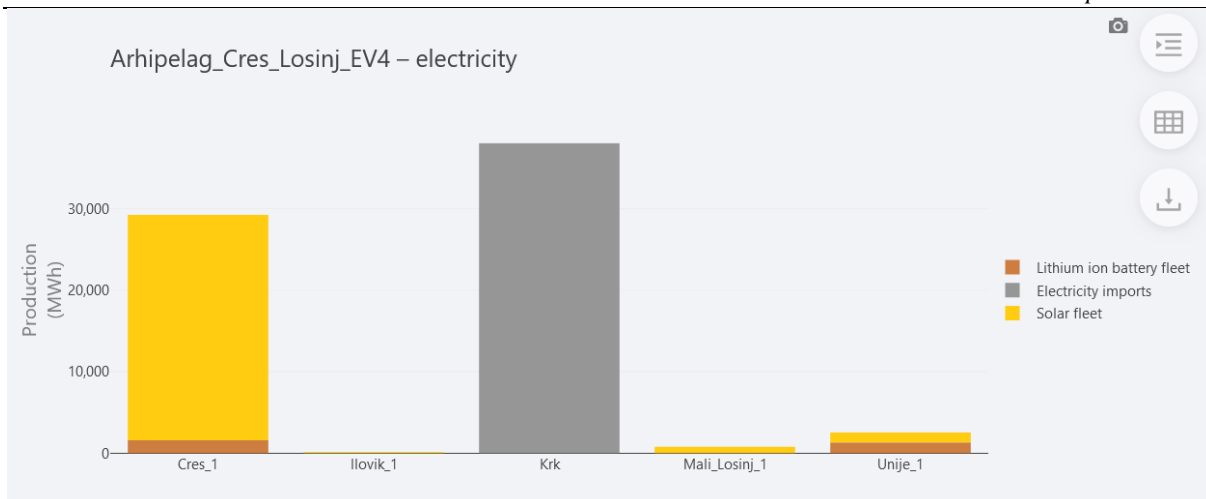
Slika 21. Uvoz i izvoz električne energije arhipelaga – 2030.

Detaljniji prikaz energetskega tokova vidljiv je na dijagramu na Slici 22. na kojem kao i 2020. prednjači uvoz električne energije s Krka prema Lošinju i Cresu. U 2030. godini s Krka je na Cres uvezeno 9,85 GWh električne energije što je za 45 % manje nego 2020. godine, dok je na Lošinju uvezeno 28,13 GWh što predstavlja smanjenje za 31 %. Zbog integracije novih sunčanih elektrana na Cresu može se primijetiti izvoz s Cresa prema Lošinju i Krku. Izvoz prema Lošinju iznosi 11,20 GWh dok se direktno prema Krku šalje 8,20 GWh električne energije.



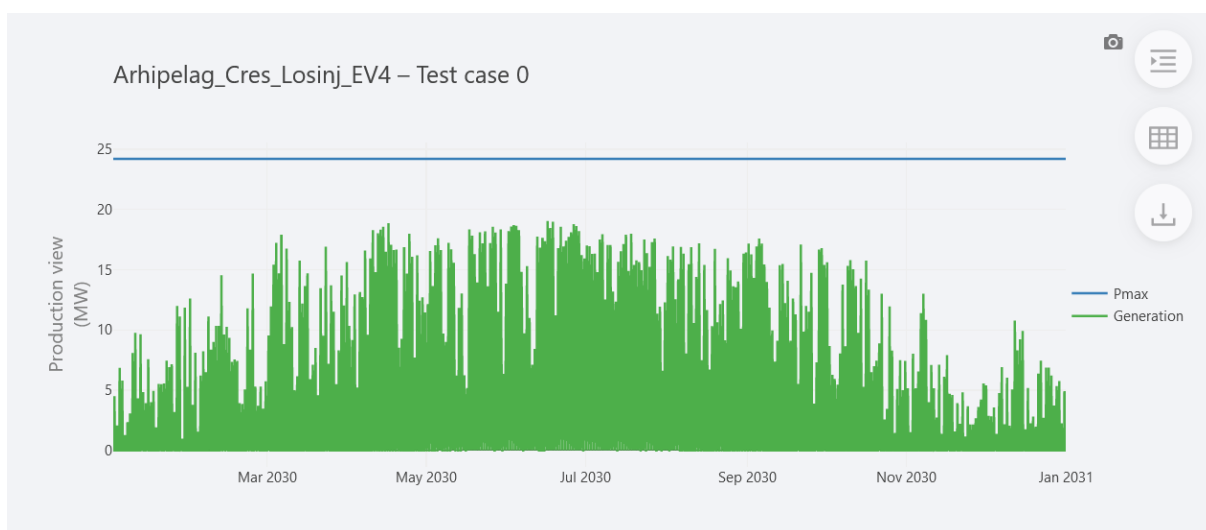
Slika 22. Energetski tokovi između otoka/čvorišta – 2030.

Do 2030. godine na cresko-lošinjskom arhipelagu instalirano je ukupno 24,21 MW snage sunčanih elektrana koje su generirale oko 29,6 GWh električne energije što je oko 50 % električne energije generirane iz obnovljivih izvora. Na otoku Cresu i Unijama postavljeni su i baterijski spremnici ukupnog kapaciteta 2 MWh koji su povezani sa sunčanim elektranama. Zbog novih instaliranih kapaciteta došlo je do velikog povećanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora i manjeg uvoza što je prikazano na dijagramu na Slici 23.



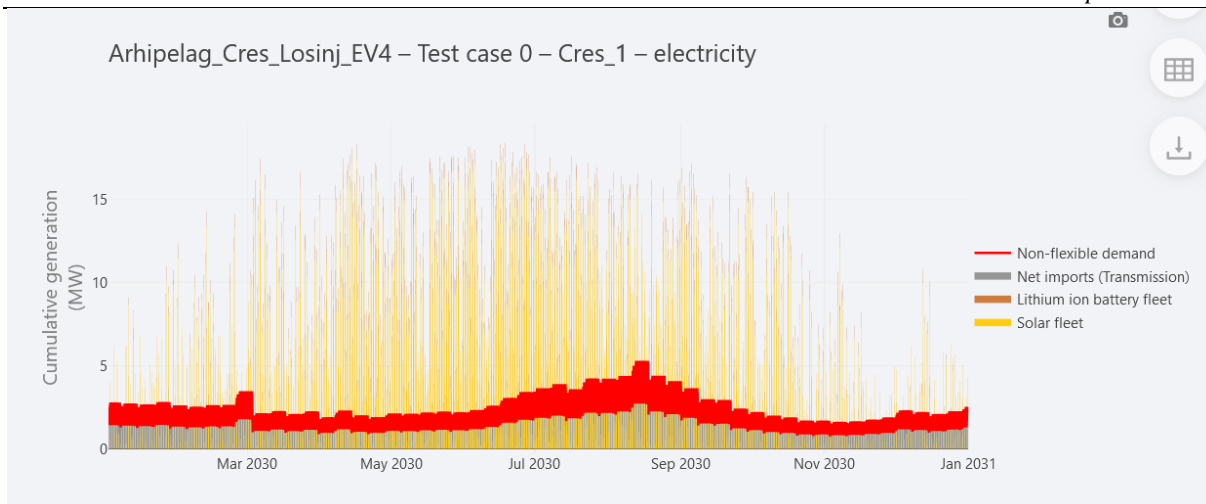
Slika 23. Uvoz električne energije i proizvodnja iz sunčanih elektrana – 2030.

Sunčane elektrane na otoku Cresu u 2030. godini proizvele su 27,61 GWh električne energije kojom se opskrbljuje dio arhipelaga, a nova sunčana elektrana na Unijama generirala je 1,22 GWh električne energije za potrebe otoka. Dijagram na Slici 24. prikazuje satnu proizvodnju električne energije iz svih sunčanih elektrana na cresko-lošinjskom arhipelagu 2030. godine.



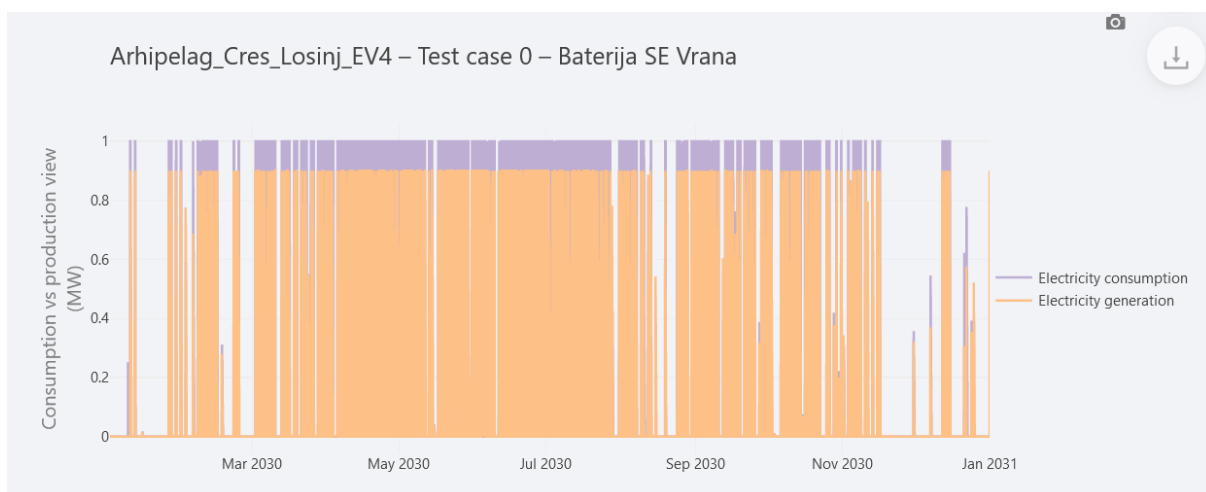
Slika 24. Satna krivulja ukupne proizvodnje električne energije iz sunčanih elektrana – 2030.

Dijagram na Slici 25. prikazuje satni optimizirani rad sustava otoka Cresa koji je glavni proizvođač električne energije na arhipelagu. Crvena krivulja prikazuje satnu potrebu za električnom energijom, dok žuta prikazuje satnu proizvodnju iz sunčanih elektrana. Na dijagramu se može vidjeti u kojim trenucima se na Cresu proizvodi više električne energije nego mu je potrebno, ali i trenutke u kojima se energija uvozi.



Slika 25. Satna proizvodnja iz FN, rad baterijskog sustava i uvoz električne energije na Cresu - 2030.

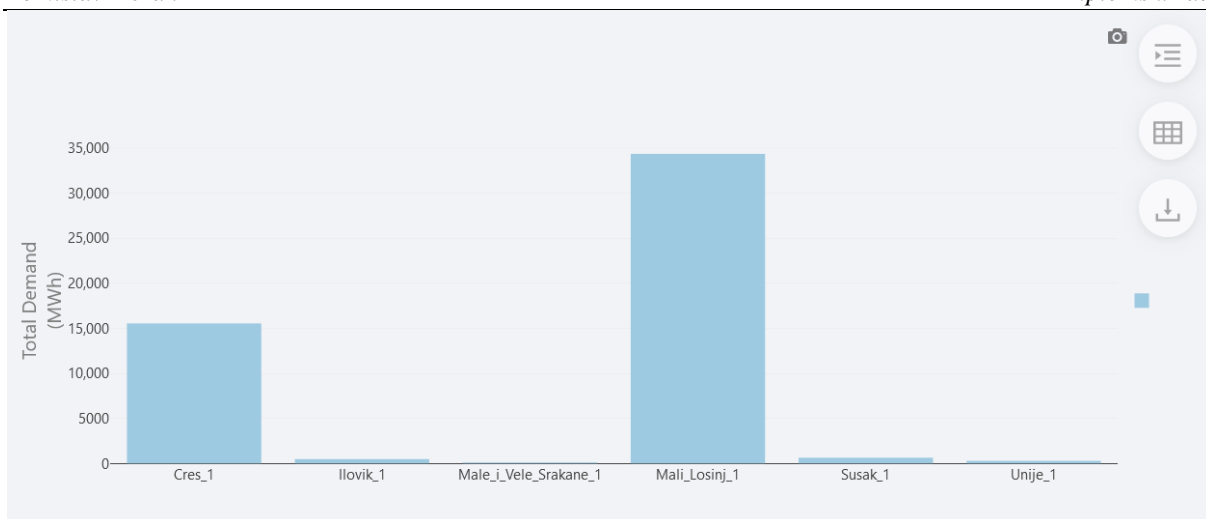
Satni rad baterijskog sustava na otoku Cresu koji je povezan sa sunčanom elektranom Vrana prikazan je na dijagramu na Slici 26.



Slika 26. Rad baterijskog sustava na satnoj razini na lokaciji kod Vranskog jezera – 2030.

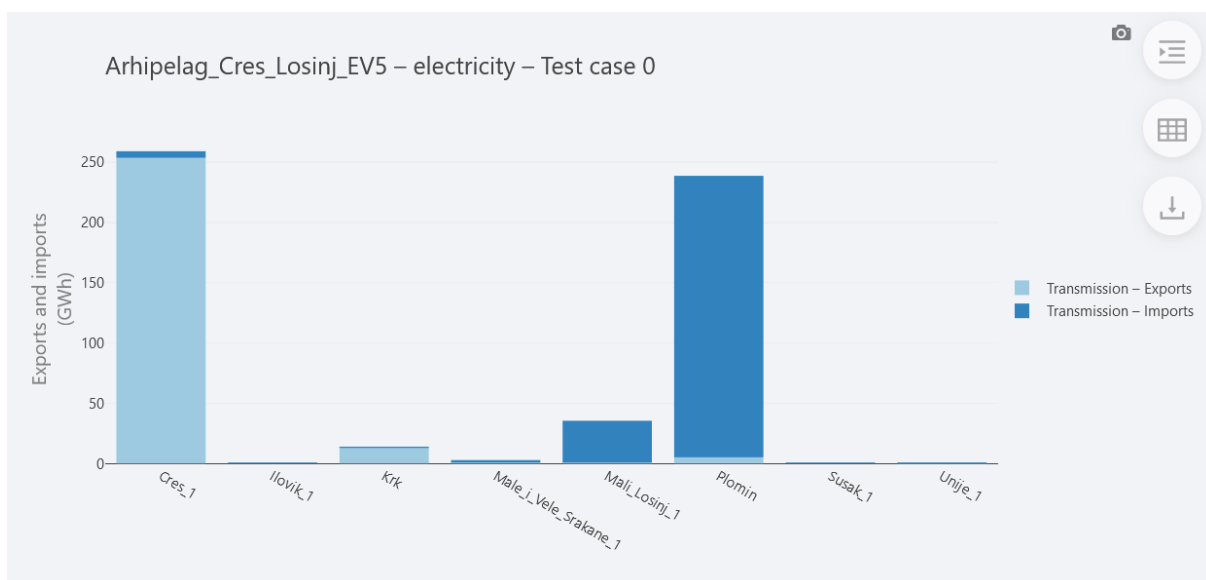
6.3. Stanje na arhipelagu 2040. godine

Stanje na arhipelagu 2040. godine značajno je promijenjeno zbog velikog zamaha energetske tranzicije. Plutajućoj sunčanoj elektrani i baterijskom sustavu na otoku Cresu kod Vranskog jezera osjetno je povećan kapacitet te snaga sunčane elektrane iznosi 200 MW, a kapacitet baterijskog sustava je 20 MWh. Zbog mogućnosti integracije tako velikog OIE kapaciteta instaliran je podmorski kabel Cres-Plomin napona 110 kV koji će spriječiti dolazak do velikih iznosa curtailmenta. Zbog povećanja energetske učinkovitosti dolazi do daljnjeg pada potrošnje električne energije na arhipelagu. Potrošnja električne energije po otocima prikazana je na dijagramu na Slici 27., a vidljiv je značajan pad potrošnje u odnosu na 2030. godinu.



Slika 27. Potrošnja električne energije na arhipelagu – 2040.

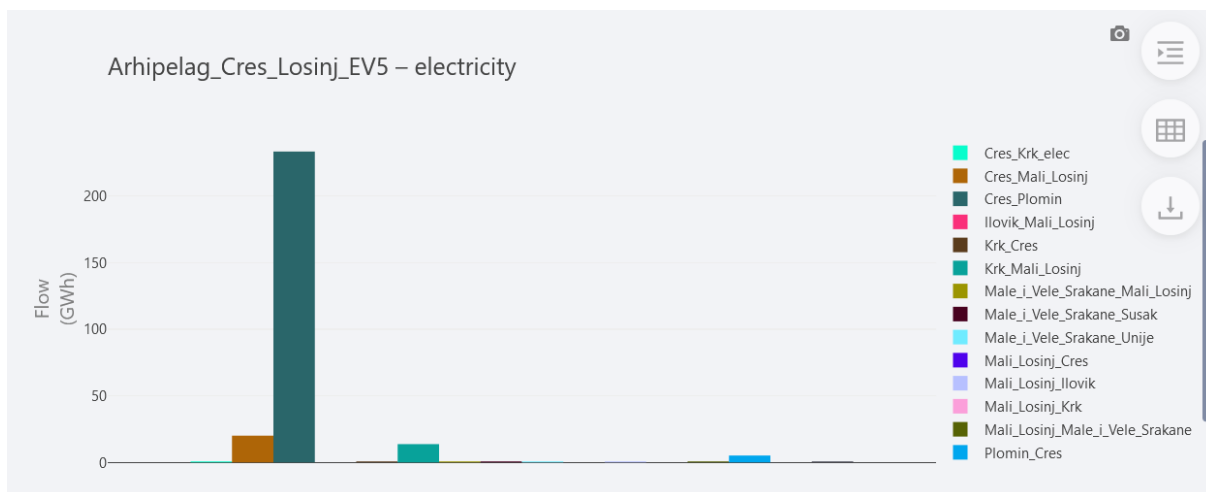
Ukupna potrošnja električne energije iznosi 51,42 GWh, a u odnosu na 2030. godinu pala je za 7,68 GWh odnosno 13 %. Nakon implementacije novog 110 kV podmorskog kabla na relaciji Cres – Plomin otočje je još bolje energetske povezano s kopnom, a uvoz s Krka značajno je smanjen te proizvodnja iz sunčanih elektrana postaje glavni opskrbljivač arhipelaga električnom energijom. Dijagram na Slici 28. prikazuje uvoz s otoka Krka koji iznosi 14 GWh što predstavlja smanjenje od 63 % u odnosu na 2030. godinu, dok se izvoz električne energije s Cresa povećao 13 puta i iznosi 253,50 GWh.



Slika 28. Uvoz i izvoz električne energije cresko-lošinjskog arhipelaga – 2040.

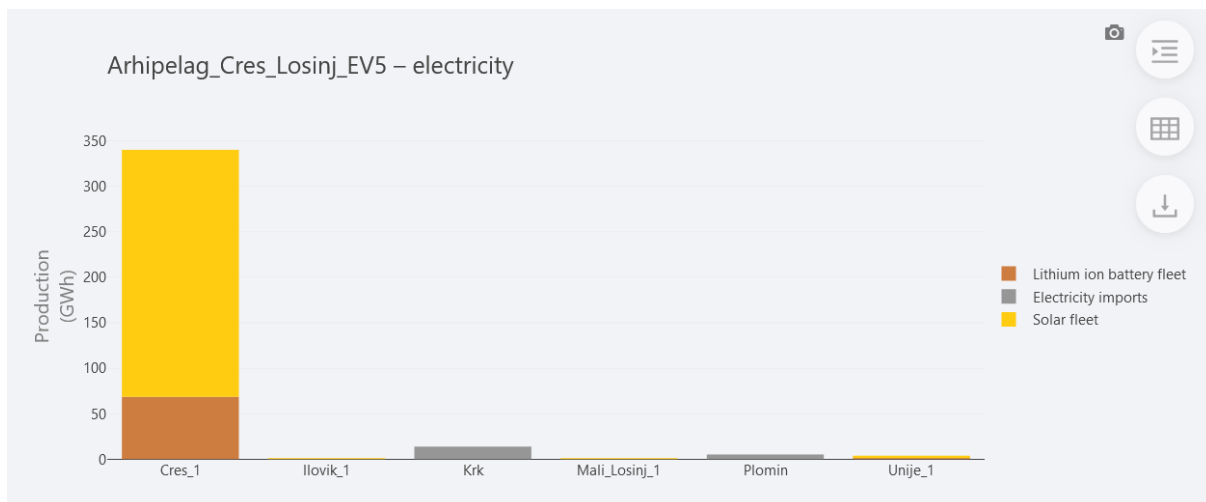
Glavni cilj razvoja elektroenergetske mreže instalacijom novog podvodnog kabla 110 kV bio je izvozom proizvedene električne energije iz plutajuće sunčane elektrane Vrana na Cresu direktno u Plomin spriječiti problem smanjenja proizvodnje zbog ograničenja prijenosa. Upravo to prikazano je na dijagramu energetske tokova na Slici 29. gdje se jasno vidi da skoro sva

električna energije proizvedena u sunčanoj elektrani Vrana odlazi u Plomin. Od ukupno izvezenih 253,50 GWh električne energije s Cresa čak 233,26 GWh električne energije odlazi direktno u Plomin, dok se ostatak distribuira na druge otoke u arhipelagu.



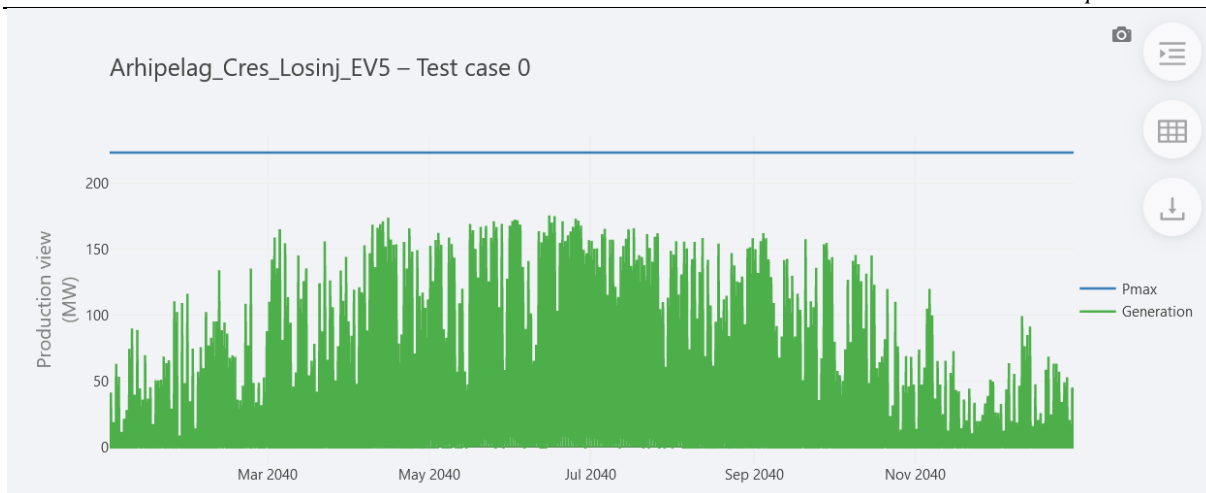
Slika 29. Energetski tokovi između otoka/čvorišta – 2040.

Instalirana snaga sunčanih elektrana 2040. godine iznosi 223,21 MW, a proizvele su 273,24 GWh električne energije, dok je instalirani kapacitet baterijskih skladišta energije povećan na ukupno 21 MWh. Proizvodnja električne energije iz sunčanih elektrana kao i uvoz električne energije na arhipelag prikazan je na dijagramu na Slici 30.



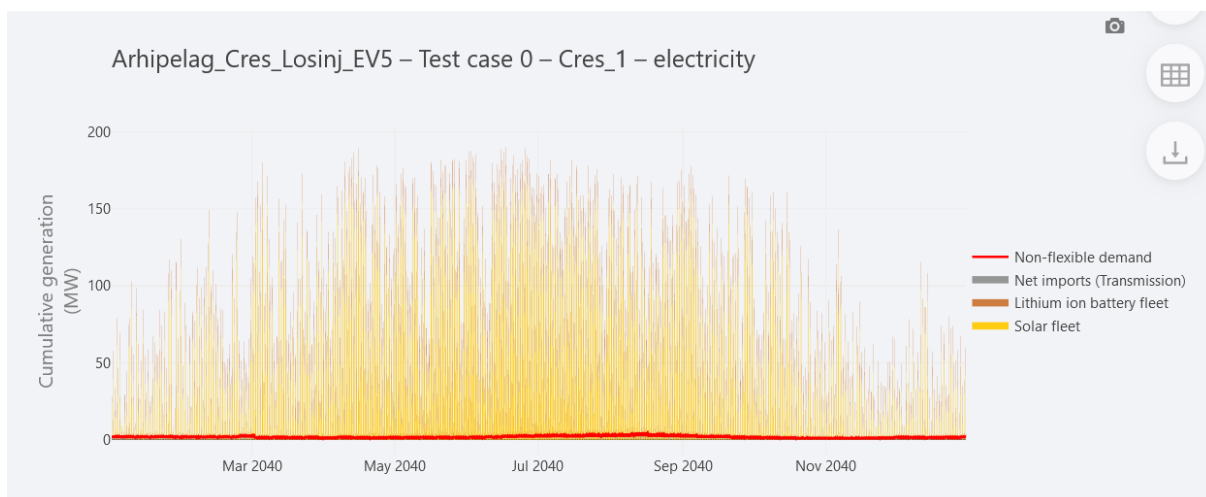
Slika 30. Uvoz električne energije i proizvodnje iz sunčanih elektrana – 2040.

Otok Cres proizvodi velike količine električne energije koje daleko premašuju njegove potrebe pa svoje viškove šalje na druge otoke arhipelaga te direktnom vezom u Plomin. Iz dijagram je vidljivo da je uvoz električne energije na arhipelag s Krka i Plomina sveden na minimum, ali je i dalje potreban. Dijagram na Slici 31. prikazuje satnu proizvodnju električne energije iz svih sunčanih elektrana na arhipelagu 2040. godine.



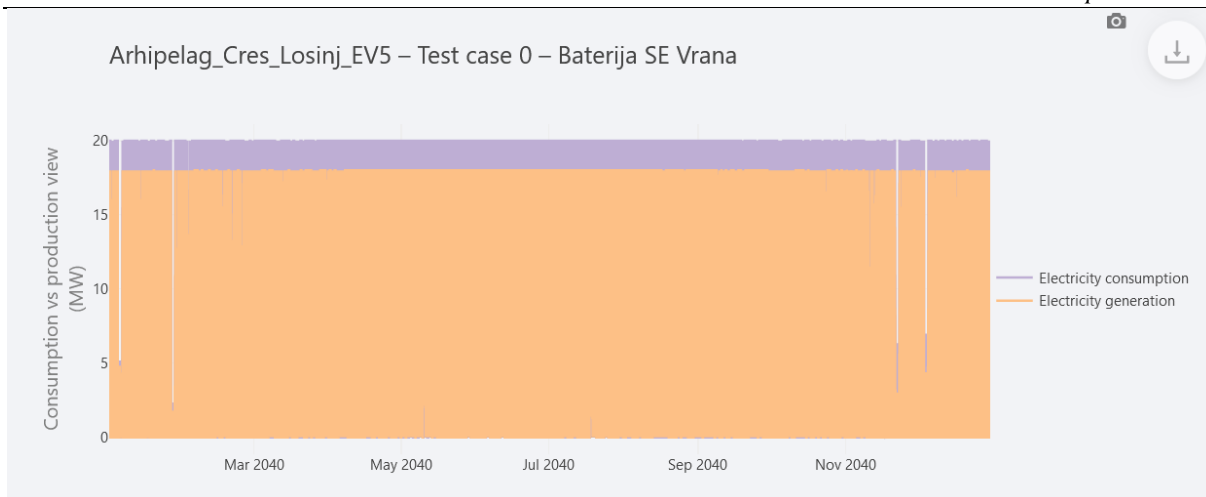
Slika 31. Satna krivulja ukupne proizvodnje električne energije iz sunčanih elektrana – 2040.

Dijagram na Slici 32. prikazuje satnu proizvodnju električne energije iz sunčanih elektrana, rad baterijskog sustava i uvoz električne energije na Cresu za 2040. godinu



Slika 32. Satna proizvodnja iz FN, rad baterijskog sustava i uvoz električne energije na Cresu – 2040.

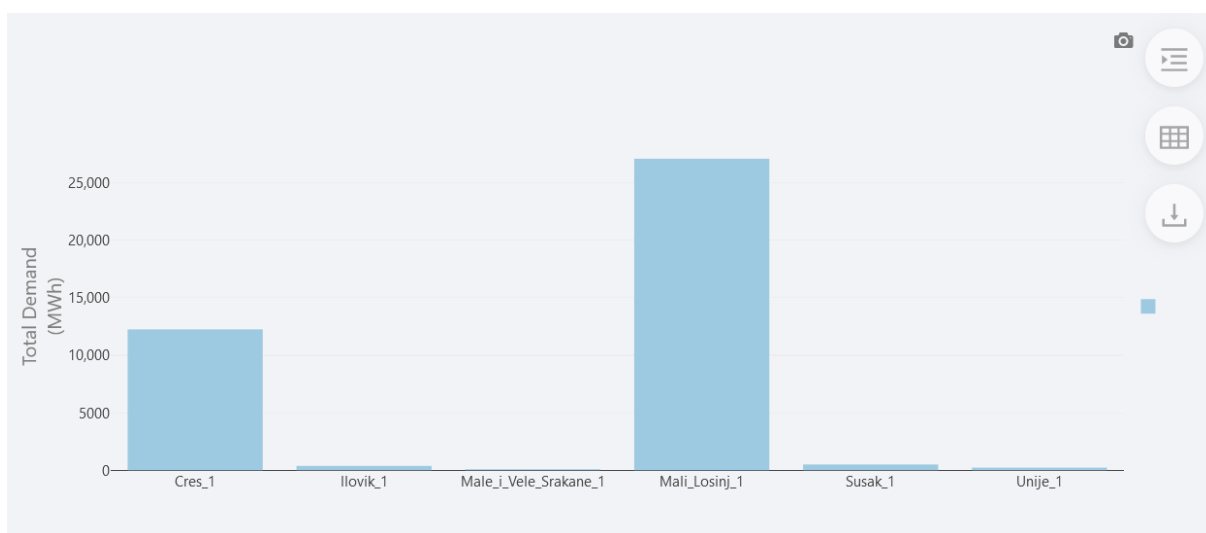
Iz dijagrama na Slici 32. je vidljivo da proizvodnja sunčanih elektrana na Cresu premašuje njegove potrebe pa se viškovi šalju na ostale otoke arhipelaga te u Plomin. Satni rad baterijskog sustava kraj Vranskog jezera na otoku Cresu prikazan je na Slici 33.



Slika 33. Rad baterijskog sustava na satnoj razini na lokaciji kod Vranskog jezera – 2040.

6.4. Stanje na arhipelagu 2050. godine

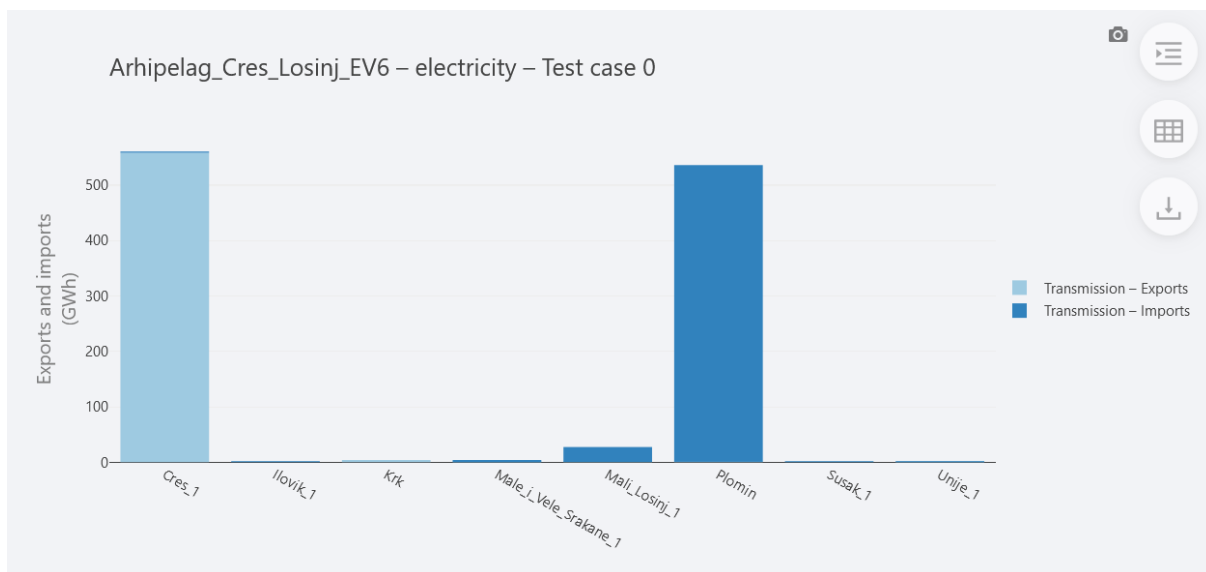
Na arhipelagu se 2050. godine nadograđuje postojeći kapacitet plutajuće sunčane elektrane i baterijskog sustava na otoku Cresu kod Vranskog jezera. Novi kapacitet plutajuće sunčane elektrane iznosi 460 MW, a kapacitet baterijskog sustava je 50 MWh. Otočje je tako postalo veliki proizvođač električne energije te zbog velikog baterijskog kapaciteta pokazuje naznake samodostatnosti. Zbog provođenja dodatnih mjera energetske učinkovitosti potrošnja električne energije nastavlja padati što je prikazano na Slici 34. Potrošnje električne energije iznosi 40,52 GWh što je u odnosu na 2040. godinu za 10,9 GWh manje, odnosno pad od 21,2 %.



Slika 34. Potrošnja električne energije na arhipelagu – 2050.

Izvoz i uvoz električne energije arhipelaga 2050. godine vidljiv je na dijagramu na Slici 35. Uvoz s otoka Krka nastavlja padati te iznosi samo 3 GWh što je smanjenje od 79 % u odnosu na 2040. godinu. Izvoz s otoka Cresa prema Plominu, Lošinj i Krku iznosi 558 GWh što je 2,2

puta više u odnosu na 2040. godinu, a zahvaljujući prijenosnoj vezi Cres-Plomin uvoz u Plomin iznosi 535 GWh što je 56,4 % više u odnosu na 2040. godinu.



Slika 35. Uvoz i izvoz električne energije cresko-lošinjskog arhipelaga – 2050.

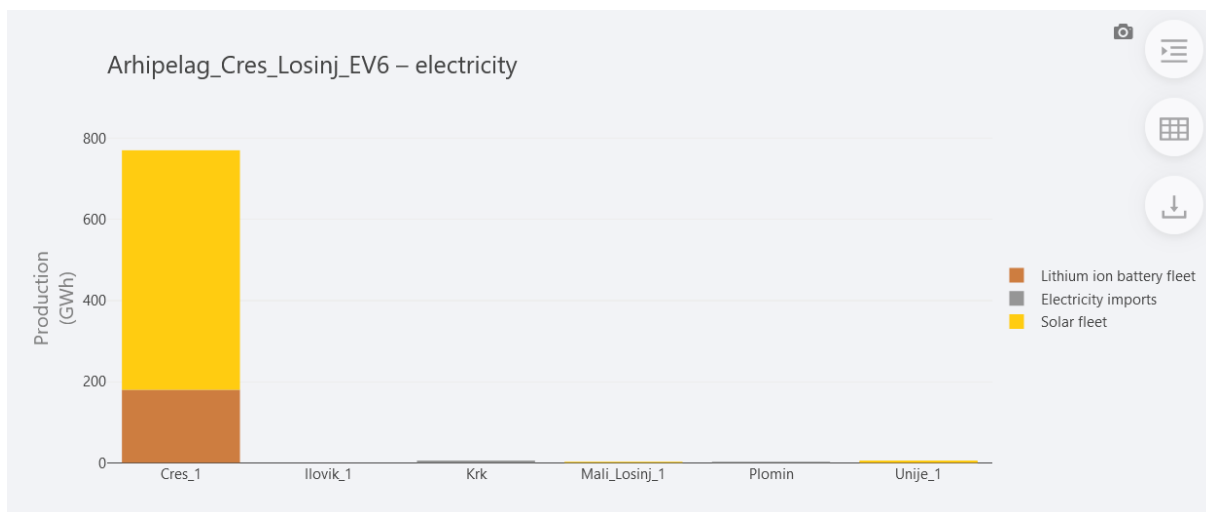
Postavljanje novog podmorskog kabla na relaciji Cres – Plomin pokazalo se kao dobro rješenje jer sav višak električne energije koji nije iskorišten na otočju direktno odlazi s Cresa u Plomin što je prikazano na dijagramu energetskega tokova na Slici 36.



Slika 36. Energetski tokovi između otoka/čvorišta – 2050.

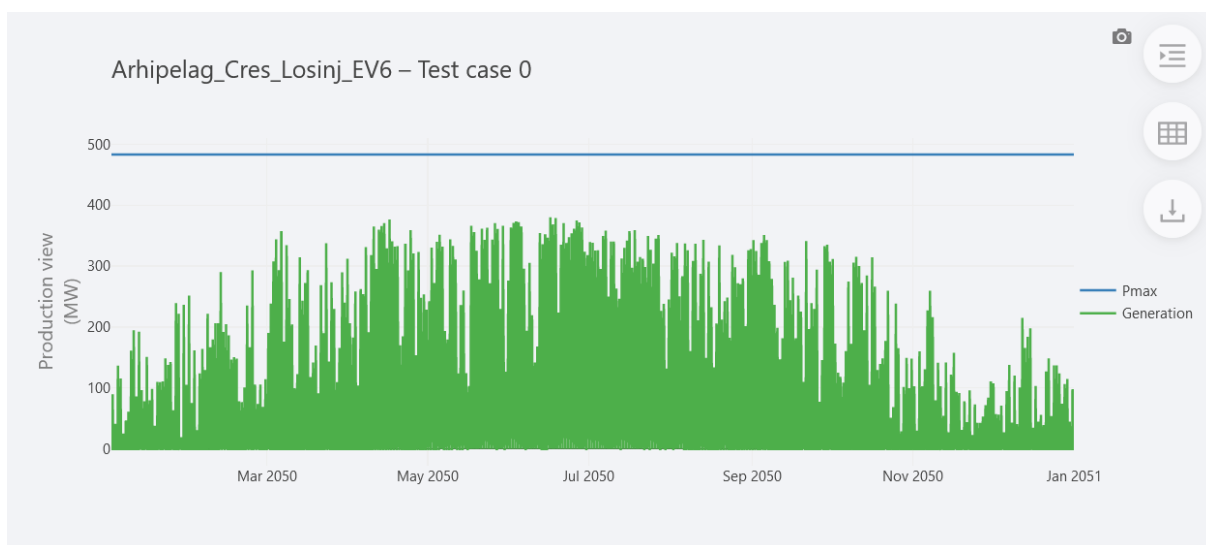
Zahvaljujući velikoj plutajućoj sunčanoj elektrani na Cresu snage 460 MW i baterijskog kapaciteta 50 MWh arhipelag je u mogućnosti osiguravati skoro sve vlastite potrebe, a za vrijeme velike proizvodnje FN sustava postaje veliki izvoznik električne energije čime značajno podiže razinu energije iz obnovljivih izvora sebi, ali i cijeloj državi. Instalirana snaga sunčanih elektrana je 483,214 MW, a u 2050. godini proizvele su 591,52 GWh električne energije. Ukupni instalirani kapacitet baterijskih sustava iznosi 51 MWh. Dijagram sa Slike 37. prikazuje

proizvodnju električne energije iz sunčanih elektrana te uvoz s Krka i Plomina koji su zanemarivi.



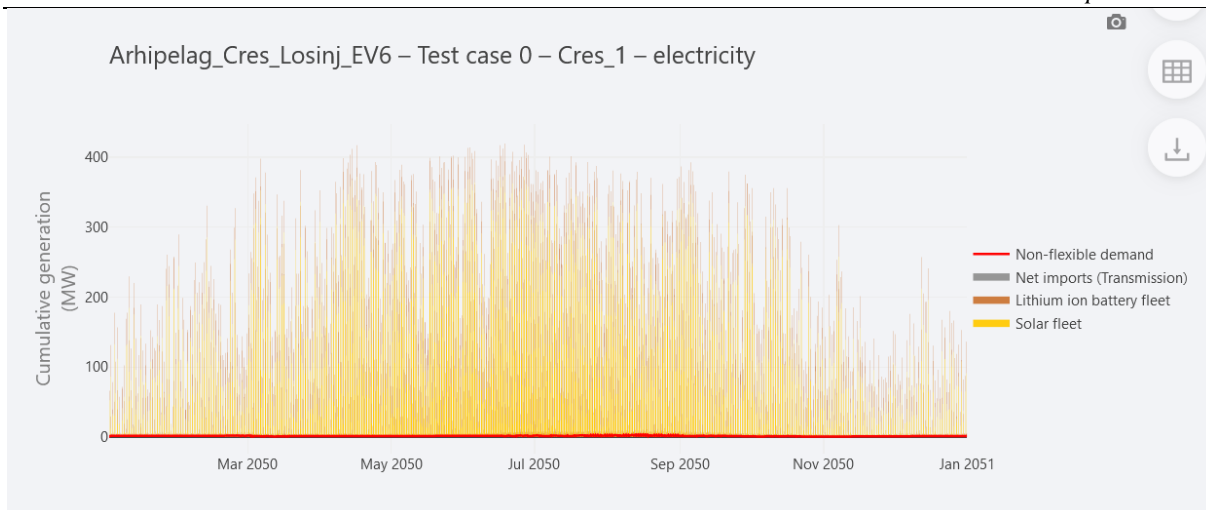
Slika 37. Uvoz električne energije i proizvodnje iz sunčanih elektrana – 2050.

Dijagram na Slici 38. prikazuje satnu proizvodnju električne energije iz svih sunčanih elektrana na arhipelagu 2050. godine.



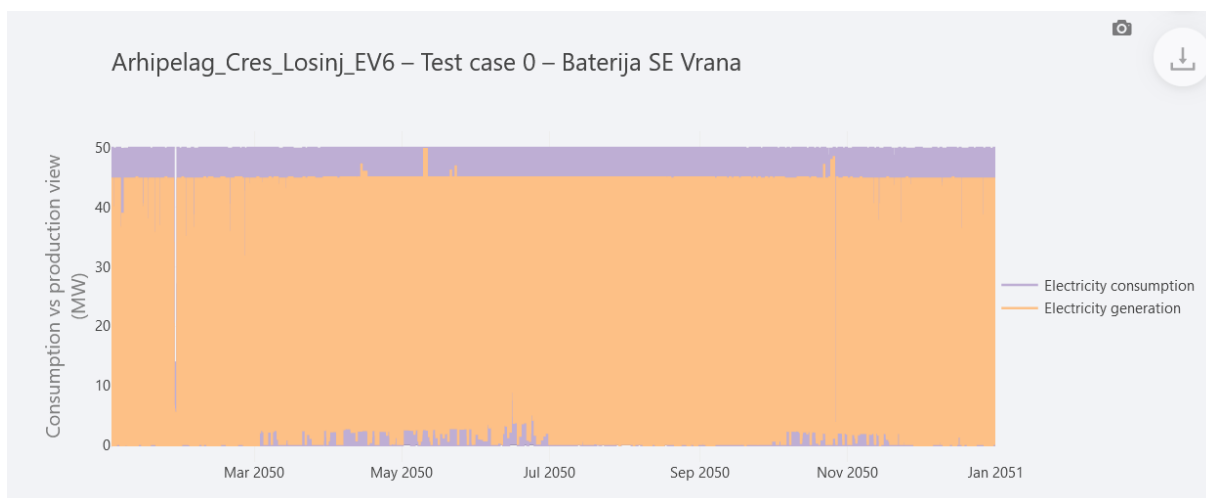
Slika 38. Satna krivulja ukupne proizvodnje električne energije iz sunčanih elektrana – 2050.

Dijagram na Slici 39. prikazuje satnu proizvodnje električne energije iz sunčanih elektrana, rad baterijskog sustava i uvoz električne energije na Cres za 2050. godinu.



Slika 39. Satna proizvodnja iz FN, rad baterijskog sustava i uvoz električne energije na Cresu – 2030.

Iz dijagrama je jasno vidljivo da je proizvodnja električne energije puno veća od potražnje te da je potreba uvoza električne energije svedena na minimum zbog kombinacije plutajuće sunčane elektrane Vrana i baterijskog sustava velikog kapaciteta. Satni rad baterijskog sustava kraj Vranskog jezera na otoku Cresu prikazan je na dijagramu na Slici 40.

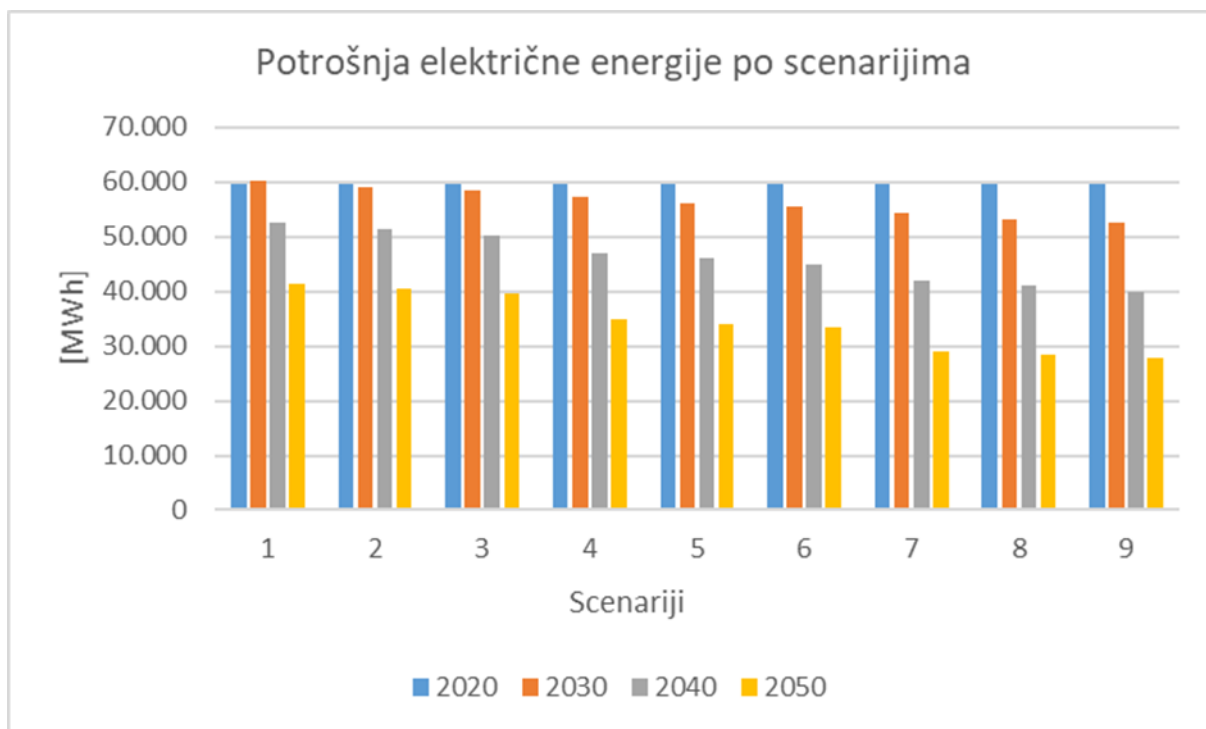


Slika 40. Rad baterijskog sustava na satnoj razini na lokaciji kod Vranskog jezera – 2050.

Provođenjem energetske tranzicije cresko-lošinjski arhipelag u ovom scenariju smanjio je potrošnju električne energije za 32 % posto u odnosu na 2020. godinu. Arhipelag je značajno povećao proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora čiji udio iznosi preko 90 % u ukupnoj potrošnji. Uvoz električne energije s kopna je minimiziran, dok je izvoz na kopno značajan čime se podiže i nacionalni udio obnovljive energije u ukupnoj potrošnji.

6.5. Usporedba scenarija

Cilj modeliranja 9 različitih scenarija energetske tranzicije cresko-lošinjskog arhipelaga bio je prikazati što više potencijalno različitih ishoda zbog promjena u demografiji, elektrifikaciji prometa i povećanju energetske učinkovitosti. Sve te mjere utjecale su na promjenu potrošnje električne energije koja je imala veliki utjecaj na ishod energetske tranzicije otočja. Potrošnja električne energije kroz razdoblje energetske tranzicije cresko-lošinjskog arhipelaga od 2020. do 2050. godine za 9 promatranih scenarija prikazana je na dijagramu na Slici 41.



Slika 41. Potrošnja električne energije 9 scenarija energetske tranzicije arhipelaga Cres - Lošinj

Zbog mogućnosti bolje usporedbe utjecaja mjera na promjenu potrošnje električne energije u dijagramu je prikazana i potrošnja električne energije referentne 2020. godine. Potrošnja u 2030. godini kroz 9 scenarija je u rasponu od 60,3 GWh do 52,5 GWh, u 2040. godini je u rasponu od 52,5 GWh do 40 GWh, a u 2050. u rasponu od 41,3 GWh do 27,8 GWh. Iz grafa je jasno vidljivo da za sve scenarije kroz promatrane godine pada potrošnja električne energije osim u slučaju scenarija broj 1 gdje je uočen mali porast potrošnje električne energije u 2030. u odnosu na 2020. godinu uzrokovan porastom broja stanovnika te brzom elektrifikacijom prometa. Uspoređujući pad potrošnje električne energije najmanji pad je u scenariju gdje dolazi do porasta broja stanovnika i brze elektrifikacije prometa, dok je najveći pad uočen u scenarijima gdje dolazi do pada broja stanovnika i spore elektrifikacije prometa.

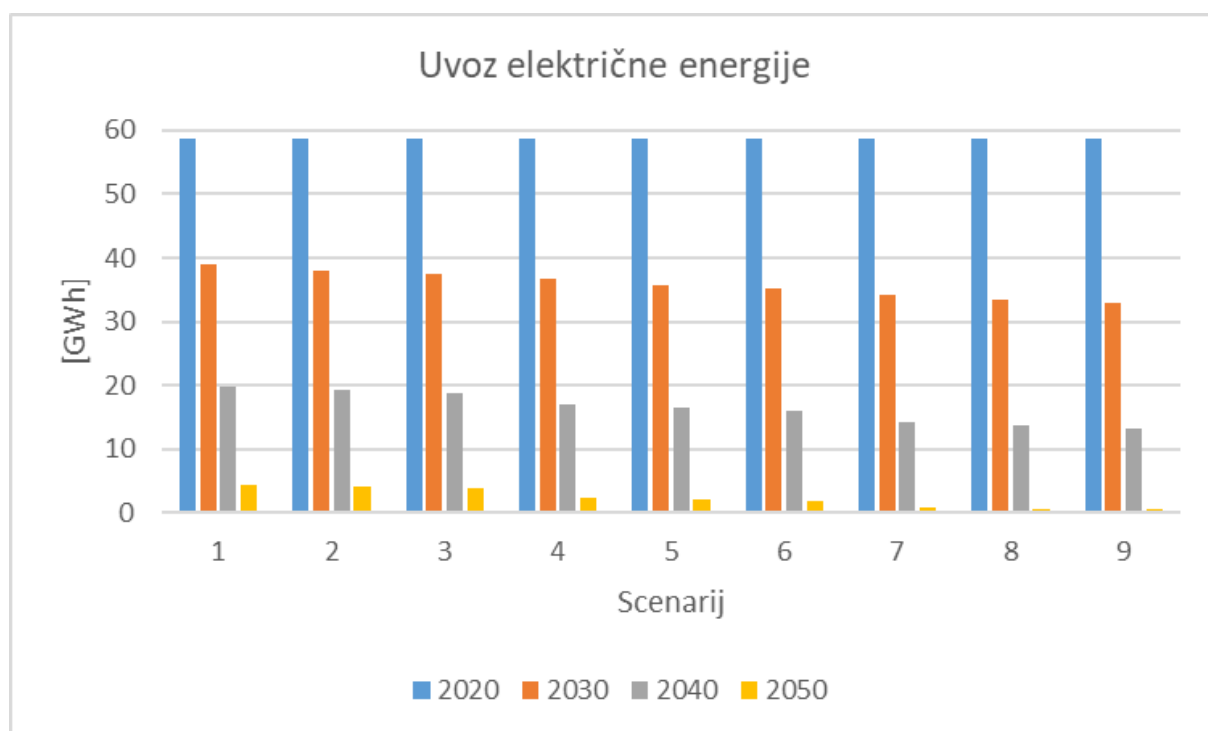
Kroz proces energetske tranzicije cresko-lošinjskog arhipelaga dolazi do značajnog smanjenja potrošnje električne energije u svih 9 scenarija primjenom različitih mjera, a ukupno smanjenje potrošnje električne energije u razdoblju od 2020. do 2050. godine prikazan je u Tablici 16.

Tablica 16. Ukupno smanjenje potrošnje električne energije u razdoblju od 2020.-2050.

SCENARIJ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Smanjenje potrošnje električne energije [GWh]	18,35	19,15	20,02	24,83	25,53	26,32	30,57	31,19	31,90
Postotak smanjenja potrošnje električne energije	31%	32%	34%	42%	43%	44%	51%	52%	53%

Iz Tablice 16. jasno je vidljivo da je najmanje smanjenje potrošnje električne energije u scenarijima s porastom broja stanovnika i brzom elektrifikacijom prometa, a najveće smanjenje potrošnje u scenarijima s padom broja stanovnika i sporom elektrifikacijom prometa.

Uvoz električne energije na cresko-lošinjski arhipelag smanjuje se značajno kroz godine energetske tranzicije što je vidljivo na dijagramu na Slici 42. Uvoz za 2030. je kroz 9 scenarija u rasponu od 39 GWh do 32,9 GWh, za 2040. u rasponu od 19,9 GWh do 13,3 GWh, dok je za 2050. godinu raspon od 4,52 GWh do 0,6 GWh.



Slika 42. Uvoz električne energije 9 scenarija energetske tranzicije arhipelaga

Iz dijagrama se može uočiti da najveći uvoz na kraju energetske tranzicije imaju prva tri scenarija koji bilježe porast broja stanovnika u tom razdoblju, dok najmanji uvoz na kraju imaju

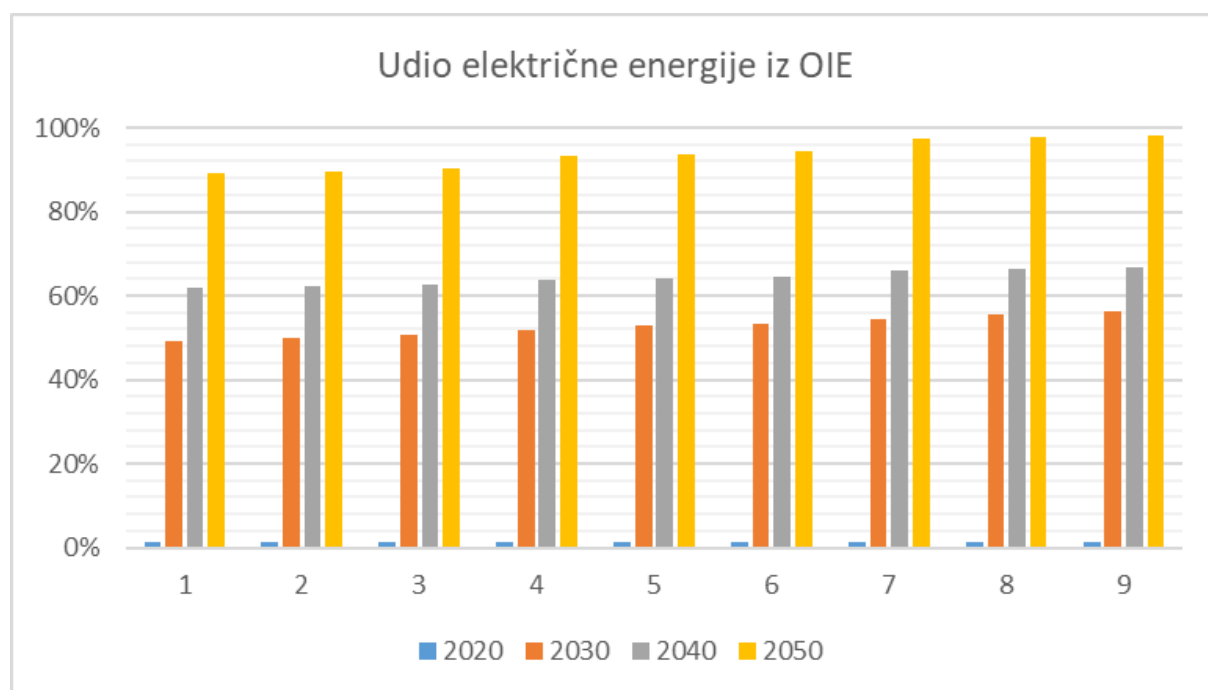
posljednja tri scenarija čija je potrošnja pa tako i uvoz značajno pao zbog smanjenja broja stanovnika. Može se zaključiti da iako na kraju energetske tranzicije postoji velika proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora te značajni baterijski kapaciteti ipak i dalje postoji potreba za određenom količinom uvozne električne energije.

Kroz energetske tranzicije Cresko-lošinjskog arhipelaga drastično je porasla proizvodnja energije iz obnovljivih izvora, a sunčane elektrane postale su glavni proizvođači električne energije što je vidljivo u Tablici 17.

Tablica 17. Instalirana snaga, proizvodnja i izvoz električne energije iz SE

Godina	Instalirana snaga SE [MW]	Proizvodnja električne energije iz SE [GWh]	Prosječan izvoz električne energije [GWh]
2020	0,714	0,88	0
2030	24,2	29,6	8,8
2040	223,2	273,2	235,7
2050	483,2	591,5	539,0

Iz Tablice 17. jasno je vidljivo da je instalirana snaga sunčanih elektrana kroz energetske tranzicije ubrzano rasla kako bi arhipelag imao vlastitu proizvodnju obnovljive energije i tako zadovoljio svoje potrebe te postao energetski neovisan. Prema kraju energetske tranzicije Cresko-lošinjski arhipelag je zbog plutajuće sunčane elektrane snage 460 MW na Cresu postao veliki izvoznik električne energije te je tako omogućio obnovljivu električnu energiju ne samo sebi, nego i cijeloj Hrvatskoj. Udjeli električne energije iz OIE kroz energetske tranzicije Cresko-lošinjskog arhipelaga za svih 9 scenarija prikazani su na Slici 43.



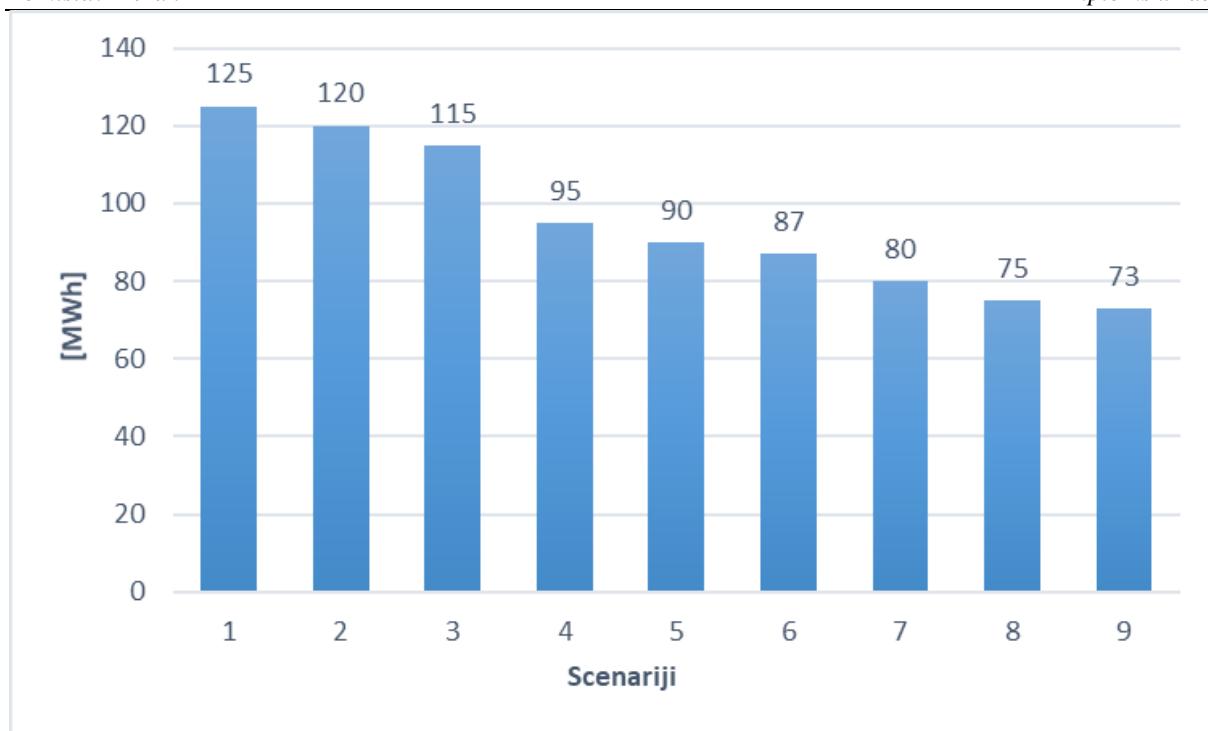
Slika 43. Udio električne energije iz OIE na Cresko-lošinjskom arhipelagu za 9 scenarija

Referentne godine 2020. udio obnovljivih izvora u proizvodnji električne energije cresko-lošinjskog arhipelaga iznosio je jedva 1,5 %. Iz dijagrama na slici 43. jasno je vidljivo da već nakon postavljanja sunčanih elektrana i baterijskih sustava do 2030. godine otočje zadovoljava 50 % svojih potreba električnom energijom proizvedenom iz obnovljivih izvora. Postavljanjem dodatnih kapaciteta do 2040. godine udio energije iz obnovljivih izvora raste na preko 60 %, a u 2050. godini doseže se udio od preko 90 %. Iz dijagrama se može primijetiti da scenariji s porastom broja stanovnika zadovoljavaju manje potreba za električnom energijom iz OIE nego scenariji gdje se događa pad broja stanovnika jer u scenarijima gdje dolazi do porasta broja stanovnika raste i potrošnja električne energije. Zanimljivo je izdvojiti scenarij 1 u kojem zbog porasta broja stanovnika 2050. godine udio OIE iznosi 89,1 % te scenarij broj 9 u kojem zbog pada broja stanovnika udio OIE 2050. godine iznosi čak 98 % čime je arhipelag na pragu energetske neovisnosti i klimatske neutralnosti. U tablici 18. prikazani su udjeli OIE za svih 9 scenarija energetske tranzicije cresko-lošinjskog arhipelaga.

Tablica 18. Udio električne energije iz OIE

SCENARIJ	2020	2030	2040	2050
1	1,5%	49,1%	62,1%	89,1%
2		50,1%	62,4%	89,6%
3		50,6%	62,7%	90,1%
4		51,6%	63,8%	93,3%
5		52,7%	64,2%	93,8%
6		53,3%	64,6%	94,3%
7		54,4%	65,8%	97,3%
8		55,7%	66,3%	97,6%
9		56,4%	66,8%	98,0%

Zbog plana Europske unije da i otoci do 2050. godine postanu energetski neovisni i samodostatni za svih 9 scenarija dobiveni su rezultati potrebnog kapaciteta baterijskog sustava na otočju do 2050. godine kako bi elektroenergetski sustav funkcionirao bez uvoza električne energije s kopna. Dijagram na Slici 44. prikazuje kapacitet baterijskog sustava potreban za energetske neovisnost cresko-lošinjskog arhipelaga 2050. godine.



Slika 44. Potreban kapacitet baterijskog sustava za energetsku neovisnost cresko-lošinjskog arhipelaga 2050. godine

7. ZAKLJUČAK

Analizom trenutnih zakona, odredbi, propisa i strategija primjene obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj kao i onih koji definiraju korištenje obnovljivih izvora energije na hrvatskim otocima dolazi se do zaključka da Hrvatska ulaže velike napore da omogući dostupnost uporabe obnovljivih izvora energije kako bi se dostigli ciljevi Europske unije o klimatski neutralnom društvu i gospodarstvu do 2050. godine. Poseban fokus u strategijama i zakonodavstvu stavljen je na hrvatske otoke koji kao izolirane sredine mogu imati veliku koristi od proizvodnje energije iz obnovljivih izvora jer bi njihovom primjenom mogli iskoristiti prirodni potencijal koji imaju zbog dobrog geografskog položaja i povoljne klime te tako smanjiti ovisnost o uvozu energenata.

Analizom energetske sustava arhipelaga Cres – Lošinj dolazi se do zaključka da postoji veliki prostor za napredak koji se može ostvariti energetske tranzicijom i prelaskom na obnovljive izvore energije te sustave skladištenja energije. Potencijal proizvodnje električne energije iz energije Sunca cresko-lošinjskog arhipelaga jako je velik zbog povoljnog geografskog položaja, a u kombinaciji s baterijskim sustavima omogućilo bi se korištenje obnovljive energije u svakom trenutku na cijelom arhipelagu što bi na kraju dovelo do neovisnosti o uvozu s kopna. Modeliranjem energetske tranzicije za 9 različitih scenarija s pomoću IPT alata dolazi se do zaključka da bi se pojačanom integracijom sunčanih elektrana i baterijskih sustava u elektroenergetski sustav te elektrifikacijom prometa i primjenom mjera energetske učinkovitosti do 2050. mogla osigurati energetska neovisnost arhipelaga Cres – Lošinj čiji bi udio električne energije iz OIE bio preko 90 %. Kako bi takav ishod za arhipelag bio moguć ključno je instalirati novu 110 kV vezu Cres-Plomin jer postojeća veza Cresa s Krkom nije dovoljna za integraciju velikih kapaciteta iz obnovljivih izvora. Nova 110 kV veza omogućila bi tako integraciju novih kapaciteta iz obnovljivih izvora u elektroenergetsku mrežu bez smanjenja proizvodnje zbog ograničenja prijenosa, a istovremeno bi se iskoristila postojeća elektroenergetska oprema termoelektrane Plomin čime bi se smanjio kapitalni trošak prelaska na obnovljivi sustav. Cresko-lošinjski arhipelag tako bi mogao postati veliki proizvođač obnovljive energije kojom bi uvelike doprinio prelasku cijele Hrvatske na čistu energiju te bi se postavio na kartu energetske neovisnih i klimatski neutralnih dijelova Europe čime bi otvorio vrata za nova ulaganja, razvoj gospodarstva i turizma te ostanak stanovništva na otocima.

LITERATURA

- [1] Europsko vijeće, <https://www.consilium.europa.eu/hr/policies/climate-change/paris-agreement/>, (zadnji pristup 26.2.2024.)
- [2] Europska komisija, https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/clean-energy-eu-islands_en, (zadnji pristup 27.2.2024.)
- [3] Europska komisija, Provedba europskog zelenog plana https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_hr, (zadnje pristup 3.3.2024.)
- [4] Europska komisija, Europski zeleni plan, Bruxelles, 2019.
- [5] I. Šimić, I. Dominković Cecelja, M. Turković, V. Ercegovac, K. Vrana, P. Dropulić Vejin, D. Domitrović, B. Leib, J. Trstenjak, I. Komušanac, Vodič za razvoj i provedbu projekata obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj, 2021.
- [6] Europski parlament i Vijeće, DIREKTIVA (EU) 2018/2001, Bruxelles, 2018.
- [7] “Smart Islands Declaration to create smart, inclusive and thriving island societies for an innovative and sustainable Europe New pathways for European Islands.”
- [8] Ministarstvo regionalnoga razvoja i fondova Europske unije - Uprava za regionalni razvoj, Sektor za otoke, „Uvodna prezentacija: Podloga za Radnu skupinu za izradu nacrtu novog Zakona o otocima“
- [9] Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, Strategija niskougljičnog energetskog razvoja Republike Hrvatske do 2030. godine s pogledom na 2050. godinu, Zagreb, 2021.
- [10] Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, Integrirani nacionalni energetski i klimatski plan Republike Hrvatske za razdoblje od 2021. do 2030. godine, Zagreb, 2019.
- [11] Hrvatski sabor, Zakon o energiji, NN 68/2018, Zagreb, 2018.
- [12] Ministarstvo gospodarstva, Pravilnik o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije, NN116/2018, Zagreb, 2018.
- [13] Hrvatski sabor, Zakon o tržištu električne energije, NN 111/2021, Zagreb, 2021.
- [14] Hrvatski sabor, Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji, NN 138/2021, Zagreb, 2021.
- [15] Vlada Republike Hrvatske, Uredba o korištenju obnovljivih izvora energije i visokoučinkovitih kogeneracija, NN28/2023, Zagreb, 2023.
- [16] Vlada Republike Hrvatske, Uredba o poticanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i visokoučinkovitih kogeneracija, NN70/2023, Zagreb, 2023.
- [17] Hrvatski sabor, Zakon o otocima, NN116/2018, Zagreb, 2018.

- [18] Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova Europske unije, Nacionalni plan razvoja otoka 2021.-2027., Zagreb, 2021.
- [19] Tajništvo čiste energije za EU otoke, Tranzicijski plan prema čistoj energiji cresko-lošinjskog otočja, Cres – Mali Lošinj, 2019.
- [20] Regionalna razvojna agencija Primorsko-goranske županije, Plan razvoja cresko-lošinjskog otočja do 2027. godine, Rijeka, 2022.
- [21] Portal Pokret Otoka, <https://otoci.eu/cres-losinj-program-tranzicije-prema-cistoj-energiji-2/>, (zadnji pristup 9.3.2024.)
- [22] Državni zavod za statistiku, Popis stanovništva 2021., Republika Hrvatska
- [23] V. Komen, A. Antonić, T. Baričević, M. Skok, T. Dolenc, „Coordinated TSO and DSO network development plan on the islands Cres and Lošinj“, 47. savjetovanje CIGRÉ 2018, Pariz.
- [24] PVGIS tool, https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/, (zadnji pristup 18.3.2024.)
- [25] Zdeslav Matić, Priručnik za energetske korištenje Sunčevog zračenja, Zagreb, 2007.
- [26] STUDIJA PREDIZVODLJIVOSTI SE VRANA, SDEWES Centre, prosinac, 2022.
- [27] Insulae, <http://insulae-h2020.eu/>, 2024.
- [28] Arteleys, Investment Planning Tool - User-guide, 2022.
- [29] <https://www.fzoeu.hr/>, (zadnji pristup 28.2.2024.)