

Analiza i planiranje naprednog energetskeg sustava otoka Šolte

Markoč, Mislav

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:981631>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-19**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mislav Markoč

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Dr. sc. Goran Krajačić, dipl. ing.

Student:

Mislav Markoč

Zagreb, 2020.

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

Zahvaljujem se mentoru Dr.sc. Goranu Krajačiću na ukazanom vremenu i uloženom trudu. Također bih se želio zahvaliti Marku Mimici na korisnim savjetima i ispravicima.

Posebno se zahvaljujem gospodinu Jadranu Jurjeviću te svim ostalim djelatnicima HEP-a koji su mi ustupili prijeko potrebne podatke. Isto tako, zahvalu upućujem INSULAE projektu, gospodinu Zoranu Civadeliću te svima ostalima koji su na bilo koji način doprinijeli izradi ovog rada.

Na kraju, zahvaljujem se svojoj obitelji, prijateljima i djevojci koji su mi pružali podršku tijekom školovanja.

Mislav Markoč



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



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

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum: 24. rujna 2020.	Prilog:
Klasa: 602 - 04 / 20 - 6 / 3	
Ur. broj: 15 - 1703 - 20 -	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Mislav Markoč** Mat. br.: 0035195758

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza i planiranje naprednog energetskog sustava otoka Šolte**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Analysis and planning of advanced energy system of Šolta island**

Opis zadatka:

Energetskom politikom Europske unije (EU) je predviđeno povećanje udjela obnovljivih izvora energije (OIE) kako bi se postigao klimatski neutralan kontinent do 2050. Takva politika ne predviđa nova upravljiva konvencionalna postrojenja na fosilna goriva već dovodi do sve veće integracije varijabilnih OIE, čiji rad ne ovisi samo o pogonskim parametrima u sustavu, već i o raspoloživom neupravljivom potencijalu pojedinog izvora. Stoga se pojavljuje potreba za izradom novih planova energetske tranzicije. Sve je veći trend testiranja novih pristupa razvoja energetskih sustava na otocima jer se na taj način ulaže u otočne zajednice te se postižu kvalitetna rješenja za integraciju varijabilnih OIE, a koja se potom mogu integrirati i skalirati na sustave na kopnu.

U okviru diplomskog rada potrebno je napraviti sljedeće:

1. Analizirati trenutni energetski sustav otoka Šolte (prikupiti i analizirati potrošnju energije te potencijal za proizvodnju iz OIE na otoku Šolti).
2. Predložiti plan energetske tranzicije otoka Šolte prema primjeru drugih otoka koji su izradili slične planove.
3. Modelirati razvoj energetskog sustava otoka Šolte u alatu EnergyPLAN s posebnim osvrtom na:
 - a) Trošak budućeg energetskog sustava,
 - b) Energetsku bilancu budućeg energetskog sustava na otoku Šolti,
 - c) Ponašanje parametra „viška proizvodnje električne energije“ *CEEP (Critical excess of electricity production)*.

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

Zadatak zadan:

24. rujna 2020.

Datum predaje rada:

26. studenoga 2020.

Predviđeni datum obrane:

30.11. – 4.12.2020.

Zadatak zadao:

Izv. prof. dr. sc. Goran Krajačić

Predsjednica Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS DIJAGRAMA	V
POPIS OZNAKA I KRATICA	VI
SAŽETAK.....	VII
SUMMARY	VIII
1 UVOD.....	1
1.1 Klimatski neutralna Europa 2050. godine.....	1
1.2 Otoci – poligon za testiranje novih sustava	3
2 METODOLOGIJA MODELIRANJA ENERGETSKE TRANZICIJE OTOKA	5
2.1 Prikupljanje i obrada podataka.....	5
2.2 Modeliranje energetskog sustava i odabir scenarija	6
2.2.1 EnergyPLAN.....	6
2.2.2 Odabir scenarija	7
2.3 Usporedba rezultata.....	8
3 OPĆENITO O OTOKU ŠOLTI	9
3.1 Geografske karakteristike	9
3.2 Demografske karakteristike	10
3.3 Gospodarske karakteristike	11
3.4 Povezanost s kopnom.....	12
4 ENERGETSKI SUSTAV OTOKA ŠOLTE.....	13
4.1 Trenutno stanje energetskog sustava.....	13
4.2 Analiza potrošnje električne energije.....	14
4.2.1 Potrošnja električne energije – Donje Selo	15
4.2.2 Potrošnja električne energije – Gornje Selo.....	17
4.2.3 Potrošnja električne energije – Grohote.....	19
4.2.4 Potrošnja električne energije – Maslinica	21
4.2.5 Potrošnja električne energije – Nečujam	23
4.2.6 Potrošnja električne energije – Rogač.....	25
4.2.7 Potrošnja električne energije – Srednje Selo.....	27
4.2.8 Potrošnja električne energije – Stomorska.....	29
4.2.9 Potrošnja električne energije – otok Šolta.....	31
4.2.10 Zaključak analize potrošnje električne energije.....	33
4.3 Analiza sektora transporta.....	33
4.3.1 Struktura vozila na otoku Šolti	34
4.3.2 Vozila po tipu goriva	35
4.4 Obnovljivi izvori energije	35
4.4.1 Trenutna iskorištenost potencijala OIE.....	35
4.4.2 Potencijal za proizvodnju solarne energije	35
4.4.3 Potencijal za iskorištenje energije vjetrova.....	38

5	MODELIRANJE ENERGETSKE TRANZICIJE OTOKA ŠOLTE	39
5.1	Referentni model – 2019. godina	39
5.2	BAU scenarij – 2035. godina	42
5.3	Implementacija pametne rasvjete	44
5.4	Elektrifikacija cestovnog prometa	45
5.5	Prebacivanje pomorskog linijskog prometa na LNG	47
5.6	Integracija proizvodnje električne energije iz PV modula	48
5.7	Skupni scenarij – Šolta 2035.	51
5.8	Usporedba simuliranih modela	52
6	PRIJEDLOG ENERGETSKE TRANZICIJE OTOKA ŠOLTE	55
6.1	Vizija energetske tranzicije	55
6.2	Stupovi energetske tranzicije	55
6.2.1	Proizvodnja električne energije u sunčanim elektranama	55
6.2.2	Cestovni promet	56
6.2.3	Pomorski promet	56
7	ZAKLJUČAK	57
	LITERATURA	58
	PRILOZI	59

POPIS SLIKA

Slika 1. Putanja emisija stakleničkih plinova u scenariju od 1.5 °C [3]	2
Slika 2. Shema europskog zelenog plana [4]	2
Slika 3. Sučelje računalnog programa EnergyPLAN – vezija 2017.	7
Slika 4. Geografski smještaj otoka Šolte.....	9
Slika 5. Elektroenergetska mreža Splitsko-dalmatinske županije [8]	13
Slika 6. Elektroenergetska mreža otoka Šolte	14
Slika 7. Srednja dnevna ozračenost vodoravne plohe RH [9].....	36
Slika 8. Godišnja potrošnja javnog linijskog pomorskog prometa za otok Hvar [12].....	41
Slika 9. Način korištenja površina na otoku Šolti [6]	48

POPIS TABLICA

Tablica 1. Stanovništvo otoka Šolte po naseljenim mjestima [6]	10
Tablica 2. Broj dolazaka i noćenja turista na otoku Šolti za 2018. godinu [7]	11
Tablica 3. Broj potrošača – Donje Selo.....	15
Tablica 4. Potrošnja električne energije – Donje Selo	15
Tablica 5. Broj potrošača – Gornje Selo	17
Tablica 6. Potrošnja električne energije – Gornje Selo	17
Tablica 7. Broj potrošača – Grohote	19
Tablica 8. Potrošnja električne energije – Grohote	19
Tablica 9. Broj potrošača – Maslinica.....	21
Tablica 10. Potrošnja električne energije – Maslinica	21
Tablica 11. Broj potrošača – Nečujam	23
Tablica 12. Potrošnja električne energije – Nečujam.....	23
Tablica 13. Broj potrošača – Rogač	25
Tablica 14. Potrošnja električne energije – Rogač.....	25
Tablica 15. Broj potrošača – Srednje Selo	27
Tablica 16. Potrošnja električne energije – Srednje Selo.....	27
Tablica 17. Broj potrošača – Stomorska	29
Tablica 18. Potrošnja električne energije – Stomorska.....	29
Tablica 19. Broj potrošača – otok Šolta	31
Tablica 20. Potrošnja električne energije – otok Šolta.....	31
Tablica 21. Struktura vozila na otoku Šolti.....	34
Tablica 22. Najvažniji parametri – referentni model Šolta 2019.	42
Tablica 23. Potrošnja električne energije otok Šolta 2035. godine	42
Tablica 24. Udio pojedinog tipa goriva u strukturi novih automobila, EU 2016. – 2019. [15]43	
Tablica 25. Najvažniji parametri – model Šolta 2035. BAU	44
Tablica 26. Najvažniji parametri – model Šolta 2035. pametna rasvjeta.....	45
Tablica 27. Efikasnost različitih tipova vozila	46
Tablica 28. Najvažniji parametri – model Šolta 2035. elektrifikacija vozila.....	46
Tablica 29. Najvažniji parametri – model Šolta 2035. LNG trajekt	47
Tablica 30. Instalirane snage integriranih sunčanih elektrane ovisno o pokrivenosti krovnih površina PV modulima.....	49
Tablica 31. Najvažniji parametri – model Šolta 2035. PV 30 %	50
Tablica 32. Najvažniji parametri – model Šolta 2035. PV 40 %	50
Tablica 33. Najvažniji parametri – model Šolta 2035. PV 50 %	51
Tablica 34. Najvažniji parametri – model Šolta 2035. skupno	52

POPIS DIJAGRAMA

Dijagram 1. Raspodjela subjekata privatnog sektora po gospodarskim djelatnostima	11
Dijagram 2. Potrošnja električne energije 2019. godine – Donje Selo	15
Dijagram 3. Indikatori potrošnje po stanovniku i potrošaču – Donje Selo	16
Dijagram 4. Indikator potrošnje po površini – Donje Selo	16
Dijagram 5. Potrošnja električne energije 2019. – Gornje Selo	17
Dijagram 6. Indikatori potrošnje po stanovniku i potrošaču – Gornje Selo	18
Dijagram 7. Indikator potrošnje po površini – Gornje Selo	18
Dijagram 8. Potrošnja električne energije 2019. – Grohote	19
Dijagram 9. Indikatori potrošnje po stanovniku i potrošaču – Grohote	20
Dijagram 10. Indikator potrošnje po površini – Grohote	20
Dijagram 11. Potrošnja električne energije 2019. – Maslinica	21
Dijagram 12. Indikatori potrošnje po stanovniku i potrošaču – Maslinica	22
Dijagram 13. Indikator potrošnje po površini – Maslinica	22
Dijagram 14. Potrošnja električne energije 2019. – Nečujam	23
Dijagram 15. Indikatori potrošnje po stanovniku i potrošaču – Nečujam	24
Dijagram 16. Indikator potrošnje po površini – Nečujam	24
Dijagram 17. Potrošnja električne energije 2019. – Rogač	25
Dijagram 18. Indikatori potrošnje po stanovniku i potrošaču – Rogač	26
Dijagram 19. Indikator potrošnje po površini – Rogač	26
Dijagram 20. Potrošnja električne energije 2019. – Srednje Selo	27
Dijagram 21. Indikatori potrošnje po stanovniku i potrošaču – Srednje Selo	28
Dijagram 22. Indikator potrošnje po površini – Srednje Selo	28
Dijagram 23. Potrošnja električne energije 2019. – Stomorska	29
Dijagram 24. Indikatori potrošnje po stanovniku i potrošaču – Stomorska	30
Dijagram 25. Indikator potrošnje po površini – Stomorska	30
Dijagram 26. Potrošnja električne energije 2019. – otok Šolta	31
Dijagram 27. Indikatori potrošnje po stanovniku i potrošaču – otok Šolta	32
Dijagram 28. Indikator potrošnje po površini – otok Šolta	32
Dijagram 29. Struktura vozila na otoku Šolti	34
Dijagram 30. Vozila po tipu goriva	35
Dijagram 31. Mjesečno Sunčevo ozračenje pod optimalnim kutom – otok Šolta 2016. godine	37
Dijagram 32. Satna raspodjela Sunčevog zračenja – otok Šolta 2016. godina	37
Dijagram 33. Krivulja potrošnje električne energije – trafostanica 35/10 Grohote 2019.	40
Dijagram 34. Usporedba simuliranih modela po godišnjem trošku sustava	52
Dijagram 35. Usporedba simuliranih modela po kritičnom višku proizvodnje električne energije (CEEP)	53
Dijagram 36. Usporedba simuliranih modela po emisijama CO ₂	53
Dijagram 37. Usporedba simuliranih modela po potrebnom uvozu električne energije	54
Dijagram 38. Usporedba simuliranih modela po udjelu OIE u potrošnji primarne energije ...	54

POPIS OZNAKA I KRATICA

Oznaka/Kratika	Opis
BAU	Business As Usual
CAES	Compressed Air Energy Storage
CEEP	Critical Excess of Electricity Production
CO ₂	Ugljikov dioksid
d.o.o.	Društvo s ograničenom odgovornošću
e.g.	Exempli gratia / primjera radi
€	Euro
EU	Europska unija
GW	Gigavat
GWh	Gigavat - sat
km	Kilometar
km ²	Kilometar kvadratni
kt	Kilotona
kV	Kilovolt
kWh	Kilovat - sat
LED	Light-emitting Diode
LNG	Liquefied Natural Gas
m	Metar
m ²	Metar kvadratni
mm/m ²	Milimetara po metru kvadratnom
MW	Megavat
MWh	Megavat - sat
OIE	Obnovljivi izvori energije
PV	Photovoltaic
PVGIS	Photovoltaic Geographical Information System
RH	Republika Hrvatska
SE	Sunčana elektrana
st. / km ²	Stanovnika po kilometru kvadratnom
TS	Trafostanica
ZOP	Zaštićeni obalni pojas
°	Stupanj
°C	Stupanj Celzijev
%	Postotak

SAŽETAK

Donošenjem „Europskog zelenog plana“ Europska unija odlučila je do 2050. godini učiniti Europu prvim klimatski neutralnim kontinentom. Kako bi se taj cilj sproveo u djelo potrebno je implementirati nove mjere povećanja energetske učinkovitosti te integracije proizvodnje iz varijabilnih obnovljivih izvora energije.

Otoci su, zbog svoje izoliranost te, s energetske gledišta, povoljnog geografskog položaja, idealni poligoni za testiranje integracije novih tehnologija u energetske sustave. Sami otoci od toga imaju dvojak korist – čistu, jeftinu i sigurnu energiju, ali i socio-ekonomski razvitak. Potencijal otoka prepoznat je i od strane EU osnivanjem „Tajništva za čistu energiju otoka EU“ koje pomaže otocima tijekom energetske tranzicije.

U okviru rada analiziran je primjer otoka Šolte. Najprije je, prema podacima ustupljenim od strane opskrbljivača energijom napravljena analiza trenutne potrošnje energije na otoku. Također je analizirano i trenutno stanje sektora transporta. Pomoću meteoroloških karakteristika dana je i procjena potencijala za proizvodnju iz OIE.

Zatim je, u računalnom alatu EnergyPLAN, simulirana energetska tranzicija otoka s krajnjom 2035. godinom. Kreirana su četiri scenarija: implementacija pametne rasvjete, elektrifikacija cestovnog prometa, prebacivanje pomorskog linijskog prometa na LNG pogon, integracija proizvodnje električne energije iz PV modula te skupni scenarij.

Simulirani scenariji uspoređeni su po najvažnijim parametrima: emisijama CO₂, trošku energetske sustava, CEEP-u, potrebnom uvozu električne energije te udjelu OIE u primarnoj potrošnji energije.

Usporedbom je zaključeno kako najbolje rezultate daju integracija proizvodnje električne energije iz PV modula te elektrifikacija cestovnog prometa te su upravo te mjere predložene kao stupovi buduće energetske tranzicije otoka Šolte.

Ključne riječi: Europski zeleni plan, otoci, energetska učinkovitost, emisije CO₂, obnovljivi izvori energije, otok Šolta, EnergyPLAN

SUMMARY

By adopting the “European Green Deal”, the European Union has decided to make Europe the first climate-neutral continent by 2050. In order to reach this goal, it is necessary to implement new measures of increasing energy efficiency as well as integrate production from variable renewable energy sources.

Due to their isolation and, from an energetic standpoint, favorable geographical position, islands make an ideal testing grounds for testing the integration of new technologies into energy systems. The benefit to the islands themselves is twofold – they receive clean, cheap and secure energy, but also a socio-economic development is achieved. The potential of the islands has also been recognized by the EU with the establishment of “The Clean Energy for EU Islands Secretariat”, which helps islands with their energy transition.

Within the framework of this paper an example of the island of Šolta is analyzed. Foremost, based on the data provided by the energy supplier, an analysis of the current energy consumption on the island was conducted. The current state of the transport sector was also analyzed. Using meteorological data, an assessment of the production from RES is given.

Afterwards, using the computer tool EnergyPLAN, a simulation of the energy transition with the final year of 2035. was conducted. Four scenarios were created: implementation of smart lightning, electrification of road traffic, switching of maritime traffic to LNG propulsion, integration of electricity production from PV modules and a final, common scenario.

The simulated scenarios were compared according to the most important parameters: CO₂ emissions, cost of the energy system, CEEP, required import of electricity and the share of RES in the primary energy consumption.

The comparison concluded that the best results are given by the integration of the energy production from the PV modules and electrification of road traffic, so these measures are proposed as the pillars of the future energy transition of the island of Šolta.

Key words: European Green Deal, islands, energy efficiency, CO₂ emissions, renewable energy sources, island of Šolta, EnergyPLAN

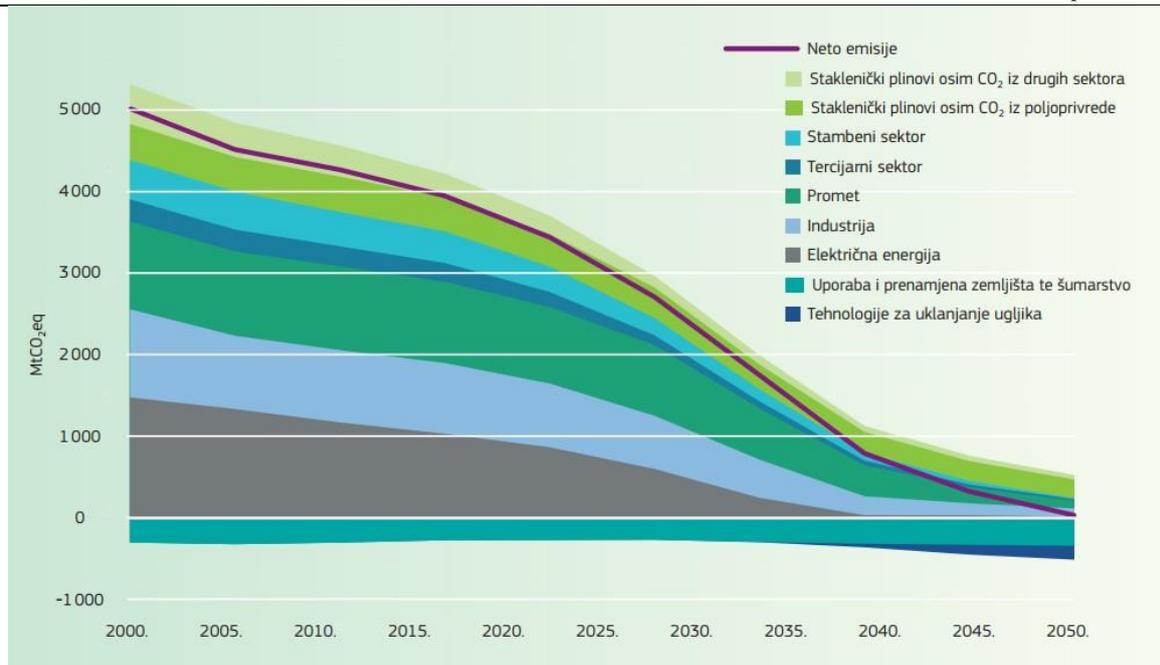
1 UVOD

Podizanjem svijesti o klimatskim promjenama koje zahvaćaju planet, sve više zemalja i zajednica počelo se okretati održivom razvoju gospodarstva s ciljem usporavanja negativnih klimatskih efekata. Sukladno tome, 2015. godine je predstavljen Pariški klimatski sporazum kojeg je dosad potpisalo 195 zemalja svijeta. Osnovni cilj Pariškog sporazuma jest različitim mjerama ograničiti povećanje prosječne globalne temperatura ispod 2 °C u odnosu na preindustrijsko razdoblje, s daljnjim ciljem smanjenja povećanja na vrijednost ispod 1.5 °C [1]. Kontinent koji se istakao kao predvodnik u borbi protiv klimatskih promjena je Europa, točnije Europska unija koja je odlučila postati klimatski neutralna do 2050. godine.

1.1 Klimatski neutralna Europa 2050. godine

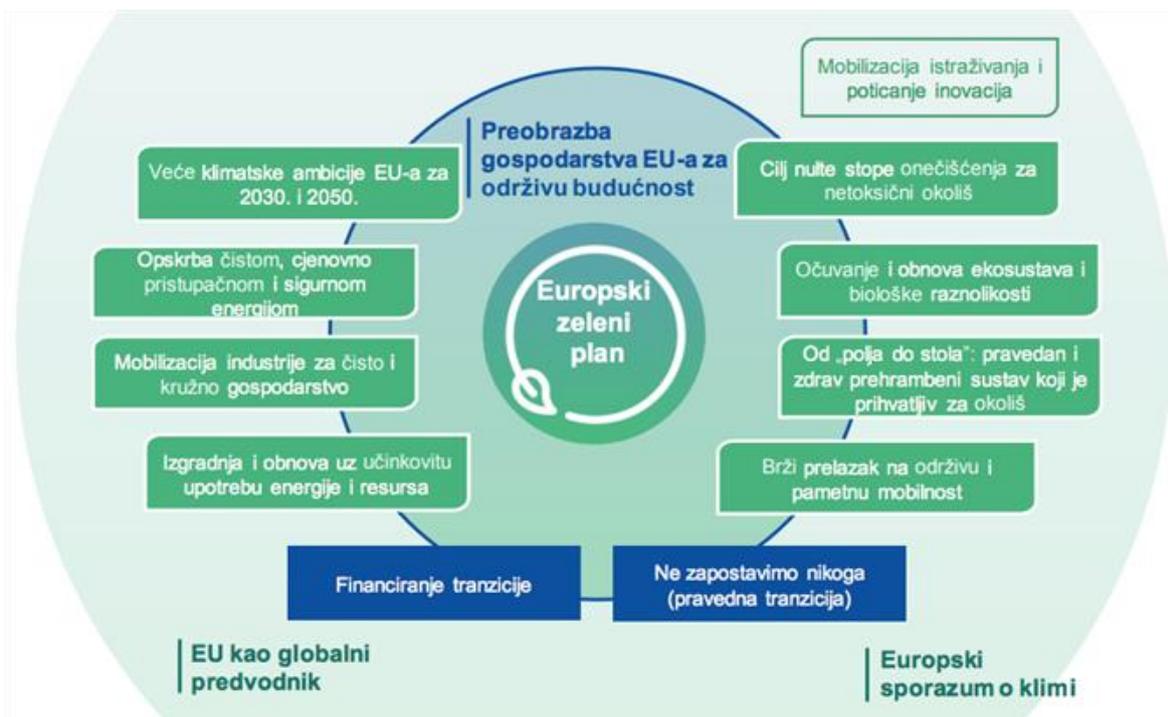
Nakon što je ispunila vlastiti cilj za razdoblje do 2020. godine, poznat pod nazivom 20-20-20 (20 % energije iz obnovljivih izvora, 20 % povećanje energetske učinkovitosti te 20 % smanjenje emisija stakleničkih plinova), Europska unija je dokumentom „Europski zeleni plan“ donijela nove energetske ciljeve za prvu polovicu 21. stoljeća. Tako se do 2030. godine planira smanjenje emisija stakleničkih plinova za 40 % (u odnosu na vrijednosti iz 1990. godine), povećanje energetske učinkovitosti za minimalno 32.5 % te minimalno 32 % energije iz obnovljivih izvora. Vjeruje se da će do 2021. godine Europska komisija donijeti još radikalniji plan koji bi imao za cilj smanjenje emisija stakleničkih plinova za čak 55 % do 2030. godine [2].

Što se tiče potpune klimatske neutralnosti EU, ona je planirana za 2050. godinu, a podrazumijeva potpuno klimatski neutralno gospodarstvo koje ima neto vrijednost emisija stakleničkih plinova jednaku nuli. Predviđena krivulja kretanja emisija stakleničkih plinova za scenarij povećanja temperature za 1.5 °C te nulte emisije do 2050. godine, projicirana od strane Europske komisije, prikazana je na Slici 1.



Slika 1. Putanja emisija stakleničkih plinova u scenariju od 1.5 °C [3]

Kako bi se takav scenarij postigao potrebna je potpuna transformacija ekonomije čiji su glavni stupovi – pravedan, zdrav i ekološki prihvatljiv prehrambeni sustav, održiva i pametna mobilnost, očuvanje i obnova ekosustava te opskrba čistom, sigurnom i cjenovno prihvatljivom energijom, prikazani na shemi Europskog zelenog plana (Slika 2.)



Slika 2. Shema europskog zelenog plana [4]

Politika konstantnog povećanja udjela obnovljivih izvora energije ne podrazumijeva izgradnju novih konvencionalnih postrojenja na fosilna goriva, već dovodi do sve veće integracije varijabilnih OIE, čiji rad ne ovisi samo o pogonskim parametrima u sustavu, već i o raspoloživom neupravljivom potencijalu pojedinog izvora. Stoga se pojavljuje potreba za izradom i provedbom novih planova energetske tranzicije prema održivom gospodarstvu. Kao idealni testni poligoni za provedbu pionirskih energetske tranzicija nameću se otočni sustavi jer se kod njihove tranzicije prema održivom gospodarstvu uviđa dvostruka korist. Najprije, otočni sustavi, uglavnom zatvoreni i (djelomično) izolirani, služe kao odličan poligon za ocjenu učinkovitosti novih kvalitetnih rješenja za integraciju varijabilnih OIE, koja se kasnije mogu skalirati i integrirati u sustave na kopnu. Također, razvojem energetske sustava ulaže se u otočnu zajednicu te sprječava sveprisutni odljev stanovništva s otočnih područja.

1.2 Otoci – poligon za testiranje novih sustava

Otoci su, zbog svog specifičnog geografskog i klimatskog položaja, suočeni s brojnim energetske izazovima, ali i prilikama. Na teritoriju Europske unije nalazi se preko 2200 naseljenih otoka [5], od kojih velika većina ima potencijalne obnovljive izvore energije. No, uslijed nedovoljne razvijenosti energetske sustava, većina ih se i dalje oslanja na fosilna goriva i uvoz električne energije s kopna.

Zbog svog prirodnog potencijala upravo otoci imaju priliku postati predvodnici europske tranzicije prema održivom i čistom gospodarstvu. Taj je potencijal prepoznala i Europska komisija te je 2017. godine, za vrijeme malteškog predsjedanja Europskom unijom, potpisala „Političku deklaraciju o čistoj energiji za otoke Europske unije“. Uz Europsku komisiju, supotpisnici deklaracije su i 14 zemalja članica EU, među kojima se nalazi i Republika Hrvatska. Godinu dana kasnije, komisija je, u suradnji s Europskim parlamentom, osnovala „Tajništvo za čistu energiju otoka Europske unije“ (eng. „The Clean Energy for EU Islands Secretariat) koje se brine o provedbi inicijative „Čista energije za otoke EU“. Uloga tajništva jest, savjetima i primjerima, potpomagati nove otočke tranzicijske programe prema čistoj energiji.

Konačni cilj inicijative je pomoći otocima da generiraju vlastitu, održivu energiju niske cijene.

Posljedice generiranja takve energiji su:

- smanjenje cijene energije te povećanje udjela OIE u energetske bilanci,
- manja ovisnost o uvozu energije što rezultira većom sigurnošću opskrbe energijom,
- poboljšanje kvalitete zraka, smanjenje emisija stakleničkih plinova te shodno tome i smanjenje utjecaja na otočke ekosustava,
- stvaranje novih radnih mjesta koje doprinosi ekonomskoj samoodrživosti otoka.

Navedeni rezultati energetske tranzicije otoka potvrđuju pretpostavku o njenoj dvojakoj korisnosti. Osim glavnog, ekološkog efekta u vidu smanjenja štetnih emisija stakleničkih plinova, energetska tranzicija otoka uvelike potpomaže socio-ekonomski aspekt otočkog života, pružajući stanovništvu bolje uvjete za život i rad, zadržavajući ga tako na otocima.

Što se tiče otoka na teritoriju Republike Hrvatske, predvodnici energetske tranzicije su svakako otoci Cres i Lošinj, povezani u jednu inicijativu. Iza njih slijede Hvar, Brač i Korčula, a kao tema ovog diplomskog rada odabrana je energetska tranzicija otoka Šolte.

2 METODOLOGIJA MODELIRANJA ENERGETSKE TRANZICIJE OTOKA

U cilju pomoći europskim otocima zainteresiranim za provedbu energetske tranzicije, „Tajništvo za čistu energiju otoka Europske unije“ izdalo je „Priručnik za energetske tranzicije otoka“ [23]. Navedeni priručnik zapravo je predložak koji vodi zainteresiranu stranu kroz potrebne korake za izradu plana energetske tranzicije. Sastavljen je na temelju iskustava europskih otoka s uspješno provedenom tranzicijom prema čistoj energiji. Dokument je dostupan na više jezika, između ostalih i na hrvatskom jeziku te je upravo on uzet kao osnova za izradu modela energetske tranzicije otoka Šolte.

2.1 Prikupljanje i obrada podataka

Na početku izrade plana energetske tranzicije otoka potrebno je prikupiti te na jednom mjestu sažeti osnovne podatke o otoku. Osim opisa trenutnog stanja energetskog sustava, vrlo je važno navesti i geografske, demografske, transportne te gospodarske karakteristike otoka.

Za prikupljanje geografskih, demografskih i gospodarskih podataka moguće je koristiti službene dokumente otočke samouprave ili relevantnih državnih ustanova. Kod prikupljanja podataka o cestovnom prometu na otoku te linijskom pomorskom prometu koji povezuje otok s kopnom, preporučljivo je koristiti podatke samih prijevoznika.

Što se tiče opisa trenutnog stanja energetskog sustava, shema sustava može se pronaći u prostornom planu pojedinog otoka. Podaci o potrošnji bi trebali biti ustupljeni od strane opskrbljivača električnom energijom. Za slučaj hrvatskih otoka, radi se o „Hrvatskoj elektroprivredi d.o.o.“ koja može ustupiti podatke o potrošnji električne energije na otoku. Navedeni podaci mogu biti podijeljeni na specifičnu potrošnju po svakom naselju. Isto tako, radi modeliranja u računalnim alatima na satnoj bazi, korisno je zatražiti satnu krivulju opterećenja otočkog elektroenergetskog sustava.

Sama analiza podataka može se provesti u nekom od računalnih alata. Prilikom izrade ovog diplomskog rada korišten je računalni alat „Microsoft Excel“, u kojem su dobiveni podaci od distributera električne energije predloženi pomoću dijagrama potrošnje. Isto tako, uzimajući u obzir broj potrošača, površinu naselja te broj stanovnika, izrađeni su i indikatori potrošnje po stanovniku, površini te potrošaču.

Osim trenutnog stanja energetskog sustava, bitno je odrediti u potencijal otoka za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora. Za potencijal proizvodnje solarne energije, moguće je koristiti

podatke o Sunčevom ozračenju otoka iz različitih izvora. Prilikom određivanja potencijala otoka Šolte korišten je PVGIS (eng. Photovoltaic Geographical Information System), alat Europske komisije koji korisnicima nudi raznovrsne podatke o Sunčevom zračenju te mogućnosti proizvodnje solarne energije.

2.2 Modeliranje energetskeg sustava i odabir scenarija

Premda modeliranje energetskeg sustava otoka može biti izvršeno u raznim računalnim alatima, energetske modeliranje otoka Šolte izvršeno je u računalnom programu EnergyPLAN. Najprije je, prema prikupljenim podacima, modelirana bazna 2019. godina, a za krajnju godinu energetske tranzicije uzeta je 2035. godina.

2.2.1 EnergyPLAN

EnergyPLAN je računalni program koji simulira ponašanje energetskeg sustava nekog grada, regije ili države na satnoj osnovi.

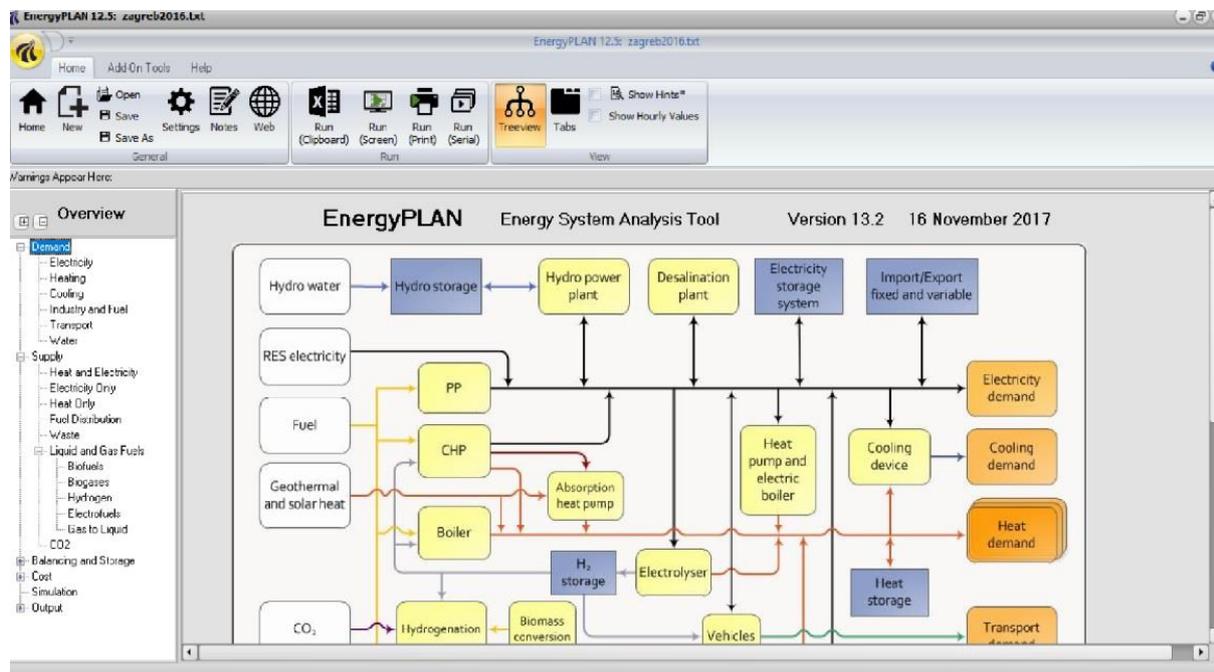
Riječ je o determinističkom sustavu koji na osnovu mnogobrojnih potrebnih ulaznih podataka prikazuje određene izlazne podatke.

Za izradu modela u program je potrebno unijeti ulazne podatke o ukupnoj potražnji za električnom energijom te satnoj distribuciji potražnje. Ukupnu potražnju potrebno je raspodijeliti po sektorima. Potrebno je navesti vrstu i snagu instaliranih kapaciteta za proizvodnju električne energije iz konvencionalnih i obnovljivih izvora, mogućnosti skladištenja energije, satnu krivulju proizvodnje energije iz obnovljivih izvora te vrstu korištenog goriva kod neobnovljivih izvora. Moguć je i unos različitih vrsta regulacije te uvrštavanje cijene električne energije kako bi se analizi moglo pristupiti i s ekonomskog aspekta.

Na izlaznoj strani programa očitavaju se energetske bilance sustava, satna proizvodnja energije iz određenog izvora, CEEP u sustavu, ukupni troškovi sustava, potrošnja goriva, emisije CO₂ itd.

EnergyPLAN je razvijen od strane danskog Sveučilišta u Aalborgu, no svoju primjenu naišao je diljem svijeta te je čest alat u energetskeg case-study slučajevima. Posebno je koristan prilikom analize integracije obnovljivih izvora energije u elektro-energetski sustav nekog područja.

Slika 3. prikazuje sučelje računalnog programa EnergyPLAN.



Slika 3. Sučelje računalnog programa EnergyPLAN – vezija 2017.

2.2.2 Odabir scenarija

Scenariji za krajnju godinu energetske tranzicije konstruirani su prema odabranim implementiranim mjerama.

Najprije je potrebno odrediti BAU (eng. Business As Usual) scenarij za 2035. godinu. U tom scenariju se, prema dostupnim podacima, pretpostavlja kretanja potrošnje električne energije te kretanje sektora transporta.

Mjere povećanja energetske učinkovitosti te integracije proizvodnje energije iz OIE odabrane su uz pomoć „Priručnika za energetske tranzicije otoka“ [23], koji prema dosadašnjem iskustvu otoka koji su proveli tranziciju, predlaže najčešće implementirane mjere.

U model energetske sustava otoka Šolte implementirane su mjere:

- pametne javne rasvjete,
- elektrifikacije cestovnog prijevoza,
- prebacivanja pomorskog prijevoza na ukapljeni prirodni plin te

- integracije proizvodnje električne energije iz PV modula.

Prema implementiranim mjerama dobiveno je pet scenarija u EnergyPLAN-u – po jedan za svaku implementiranu mjere te završni, skupni scenarij.

2.3 Usporedba rezultata

Nakon uvrštavanja odabranih scenarija u EnergyPLAN, izlazni podaci uspoređeni su po najvažnijim parametrima sustava.

Navedeni scenariji uspoređeni su s obzirom na:

- kritični višak proizvodnje električne energije (eng. CEEP – Critical Excess Electricity Production),
- ukupne troškove energetskeg sustava,
- izvoz/uvoz električne energije te
- štetne emisije CO₂.

Rezultati usporedbe dani su u tabličnom i grafičkom prikazu.

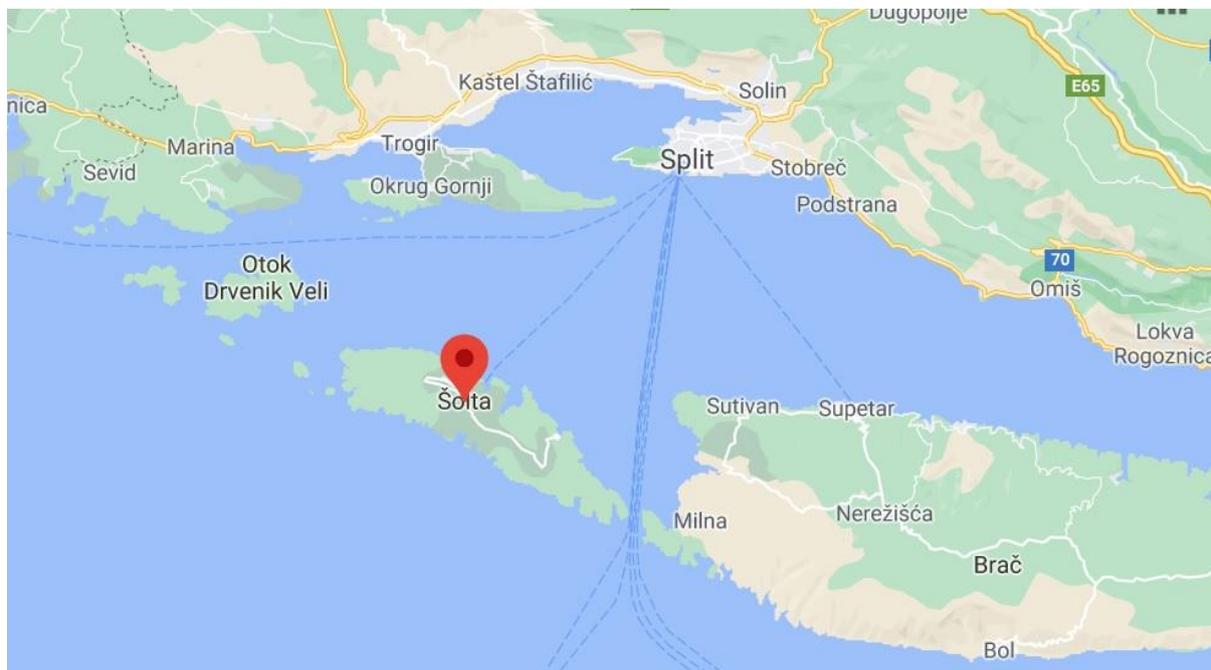
3 OPĆENITO O OTOKU ŠOLTI

3.1 Geografske karakteristike

Otok Šolta je dio tzv. Centralnog dalmatinskog arhipelaga. S površinom od 59,07 km² spada u skupinu srednjih otoka (50-100 km²). Duljina otoka iznosi 18,2 km (udaljenost između krajnjih točaka – Rt Livka i Rt Obinuš), a najveća širina 5 km, što Šolti daje izduženi oblik u smjeru SZ-JI [6].

Što se tiče položaja u odnosu na cjelokupnu regiju Dalmaciju, otok Šolta zauzima centralni položaj. Na istočnoj strani ju od otoka Brača dijeli morski prolaz Splitska vrata (širine 700 m), dok ju na zapadnoj strani od Drvenika Velog dijeli Šoltanski kanal (širine 3,4 km). Od županijskog središta Splita dijeli ju Splitski kanal (širine 7-15 km).

Geografski smještaj otoka Šolte prikazan je na Slici 4.



Slika 4. Geografski smještaj otoka Šolte

Duljina obale otoka iznosi 73,1 km te s koeficijentom razvedenosti 2,69 otok Šolta spada među jako razvedene otoke. Sjevernu stranu otoka karakteriziraju prostrane i duboke uvale, dok je južna strana razvedenija, ali i strmija, kamenitija i nepristupačnija. Najviši vrh otoka je Vela straža, visine 273 m [6].

Što se klimatskih karakteristika tiče, klima otoka jest karakteristična mediteranska otočka klima koju karakteriziraju vruća i sušna ljeta te blage i vlažne zime.

U tijeku jedne godine na otoku ima 110-120 kišnih dana, s prosječnom godišnjom količinom padalina od 700-800 mm/m². Međutim, količina padalina vrlo je neravnomjerno raspoređena te su one najčešće u kasnu jesen (studen, prosinac), a vrlo rijetke tijekom ljetnih mjeseci. Oblačnost na području otoka je, kao i na većini Jadrana, vrlo mala [6].

Šolta se nalazi na najsunčanijem dijelu jadranske obale s insolacijom od 2697 sati godišnje te 7,39 sati dnevno u prosjeku [6].

Srednja siječanjska temperatura na otoku iznosi 7,8 °C, dok je ona srpanjska 25,3 °C. Dani kada se temperatura na otoku spušta ispod nule vrlo su rijetki, u prosjeku 5-6 dana godišnje [6].

Otok Šolta spada u veoma vjetrovita područja s 329 dana vjetra godišnje. Od tih 329 dana, 249 dana je sa slabim, 60 s umjerenim te 20 s jakim vjetrom. Dominantni vjetrovi su bura koja puše iz smjera SI 39 dana godišnje u prosjeku te jugo koje puše iz smjera JI-I oko 100 dana godišnje u prosjeku. Od ostalih vjetrova ističu se maestral (SZ), levant (I), lebić (JZ) te tramuntana (S).

3.2 Demografske karakteristike

Prema nacionalnom popisu iz 2011. godine na otoku Šolti živi 1700 stanovnika, što daje gustoću naseljenosti od 28,78 stanovnika/km² [6].

Na otoku se nalazi osam naselja: Donje Selo, Gornje Selo, Grohote, Maslinica, Nečujam, Rogaç, Srednje Selo i Stomorska. Prikaz broja stanovnika po naseljima te površine i gustoće naseljenosti pojedinih sela dan je u Tablici 1.

Tablica 1. Stanovništvo otoka Šolte po naseljenim mjestima [6]

Naselje	Broj stanovnika	Površina [km ²]	Gustoća naseljenosti
Donje Selo	159	11,94	13,32 st./km ²
Gornje Selo	238	15,46	15,39 st./km ²
Grohote	449	11,8	38,05 st./km ²
Maslinica	208	1,67	124,55 st./km ²
Nečujam	171	7,03	24,32 st./km ²
Rogač	126	0,97	129,9 st./km ²
Srednje Selo	104	7,16	14,53 st./km ²
Stomorska	245	3,04	80,59 st./km ²
Ukupno	1700	59,07	28,78 st./km²

Demografsku sliku otoka karakterizira kontinuirani proces depopulacije autohtonog stanovništva, visok indeks starosti te niska stopa fertiliteta i aktivnosti (omjer radno aktivno i radno spodobnog stanovništva). Stanje demografske mase jest takvo da je revitalizacija stanovništva iz autohtone baze gotovo nemoguća. Pa ipak, u zadnja dva popisa, zbog priljeva stanovništva na otok, dolazi do polaganog usporavanja negativnih trendova [6].

Pošto, uz poljoprivredu i ribarstvo, glavnu gospodarsku djelatnost na otoku čini turizam, u kalkulaciju broja stanovnika otoka bitno je uzeti i broj dolazak turista. U Tablici 2. prikazan je broj dolazak te noćenja turista na otoku Šolti za 2018. godinu [7].

Tablica 2. Broj dolazaka i noćenja turista na otoku Šolti za 2018. godinu [7]

	Broj dolazaka	Broj noćenja
Domaći turisti	2697	27647
Strani turisti	17417	157954
Ukupno	20114	185601

Ukoliko se uzme u omjer broj dolazak 2018. godine te broj lokalnih stanovnika, može se vidjeti kako on iznosi čak 11,83. Iako taj omjer nije toliko velik kao kod nekih drugi otoka u srednjoj Dalmaciji (e.g. Hvar 30:1), svakako valja očekivati povećano potrebu za energijom tijekom ljetnih mjeseci.

3.3 Gospodarske karakteristike

Otok Šolta nema razvijeno gospodarstvo, a najbolji pokazatelj jest činjenica da je od 1035 radno aktivnih stanovnika, u stalnom radnom odnosu tek njih 35,4 % (367) [6]. Glavna gospodarska djelatnost jest turizam (uz pripadajuće ugostiteljstvo), a zatim slijede poljoprivreda te trgovina. Industrije na otoku više nema. Raspodjela subjekata privatnog sektora po gospodarskim granama dana je na Dijagramu 1.



Dijagram 1. Raspodjela subjekata privatnog sektora po gospodarskim djelatnostima

3.4 Povezanost s kopnom

Otok Šolta povezan je s transportnim središtem županije Splitom linijama javnog linijskog obalnog prijevoza.

Glavna poveznica jest trajekta linija broj 636 - Rogač – Split, na kojoj prijevoz putnika i automobila svakodnevno obavlja Jadrolinija d.o.o. Dnevni broj linija razlikuje se u sezonskom i vansezonskom razdoblju te tako trajekt van ljetnih mjeseci obavlja 4 povratna putovanja na dan, u predsezoni riječ je o 5 dnevnih putovanja, dok se ta brojka u sezoni penje na 6 putovanja. Iako povremeno prijevoz obavljaju i drugi brodovi, najčešći trajekt na relaciji Split-Rogač-Split jest „Vladimir Nazor“, kapaciteta 450 putnika i 70 automobila, što u potpunosti zadovoljava potrebe otoka [6].

Osim trajektne linije, Šoltu sa Splitom, ali i otokom Bračem povezuje i državna brzobrodaska katamaranska linija broj 9601. Linija, na svojoj ruti – Split-Rogač-Stomorska-Milna, prometuje dva puta dnevno.

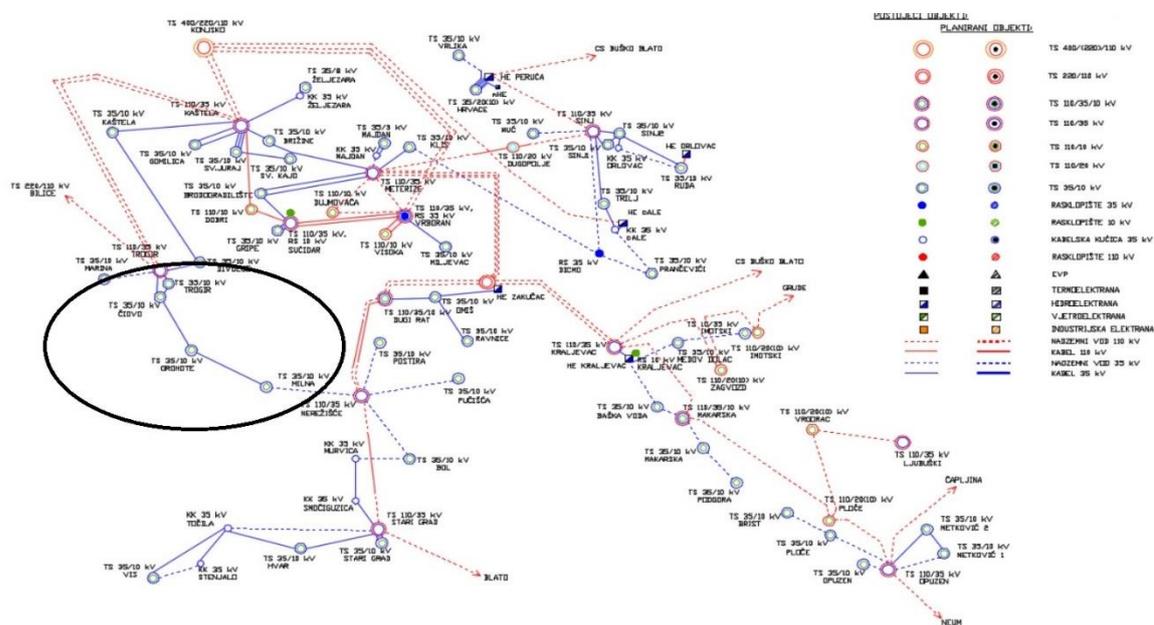
4 ENERGETSKI SUSTAV OTOKA ŠOLTE

4.1 Trenutno stanje energetskog sustava

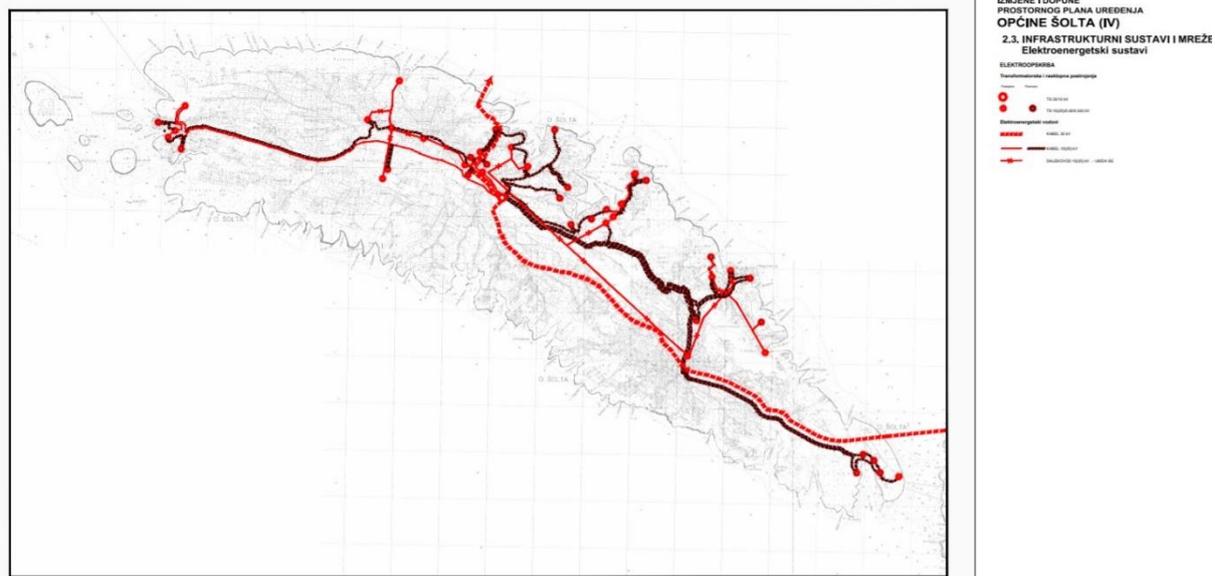
Glavna komponenta svakog energetskog sustava jest sustav opskrbe električnom energijom. Ta činjenica još značajnije dolazi do izražaja u priobalju i na otocima gdje je električna energija glavni energent za grijanje i hlađenje.

Sustav opskrbe električnom energijom otoka Šolte podijeljen je u tri glavna dijela – istočni s naseljima Stomorska i Gornje Selo, zapadni s naseljem Maslinica te najveći, središnji, kojeg čine naselja Rogač, Grohote, Srednje Selo, Donje Selo i Nečujam [6].

Osnovno napajanje otoka Šolte osigurava se trafostanicom 35/10 kV smještenom u naselju Grohote, koja je s elektroenergetskom mrežom Republike Hrvatske povezana preko podmorskih kabela koji spajaju otok Šoltu s otokom Čiovom na sjeverozapadnoj te otokom Bračem na istočnoj strani otoka [6]. Shema elektroenergetskog sustava Splitsko-dalmatinske županije, s označenim sustavom otoka Šolte, prikazana je na Slici 5., dok je uvećani plan elektroenergetskog sustava otoka prikazan na Slici 6.



Slika 5. Elektroenergetska mreža Splitsko-dalmatinske županije [8]



Slika 6. Elektroenergetska mreža otoka Šolte

Prema podacima prikupljenima od Hrvatske elektroprivrede, ukupan broj potrošača na otoku 2019. godine bio je 3217, od čega je 2981 kućanstava. Ukupna godišnja potrošnja 2019. godine iznosila je 8,68 GWh. Detalja analiza potrošnje električne energije na otoku Šolti, za tri uzastopne godine (2017., 2018., 2019.) dana je u sljedećem poglavlju.

4.2 Analiza potrošnje električne energije

Analiza potrošnje električne energije na otoku Šolti napravljena je za tri uzastopne godine – 2017., 2018. i 2019. godinu. Podaci su prikupljeni od Elektrodalmacije d.o.o., ogranka Hrvatske elektroprivrede za Splitsko-dalmatinsku županiju.

Prilikom kategoriziranja potrošača, razlikovane su tri kategorije: kućanstva, javna rasvjeta te poduzetništvo.

Analiza potrošnje napravljena je za svako naselje posebno te, na kraju, skupno za cijeli otok. Uz brojčane vrijednosti, dani su i indikatori potrošnje po stanovniku, potrošaču i površini.

4.2.1 Potrošnja električne energije – Donje Selo

Broj potrošača u naselju Donje Selo prikazan je u Tablici 3.

Tablica 3. Broj potrošača – Donje Selo

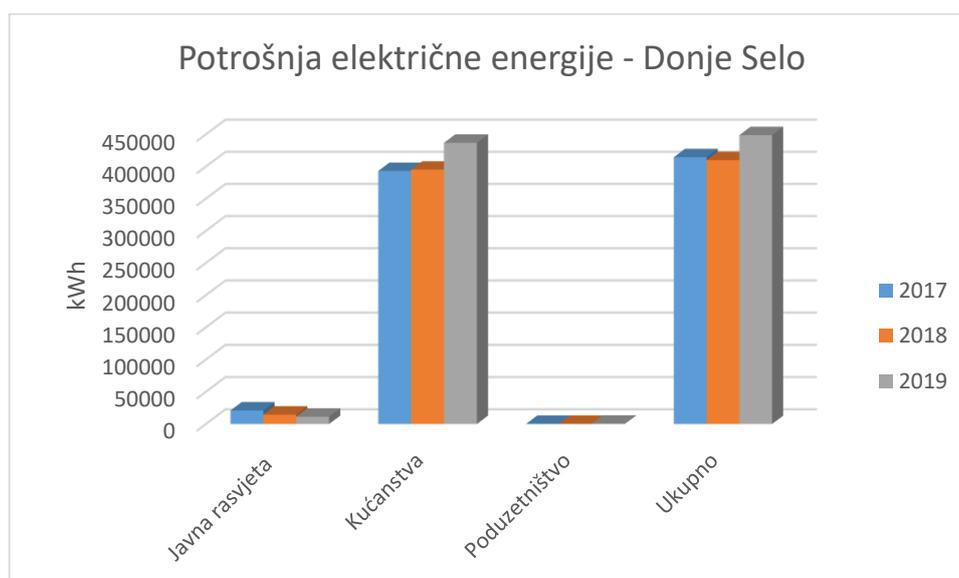
Godina	Broj potrošača – javna rasvjeta	Broj potrošača - kućanstva	Broj potrošača - poduzetništvo	Ukupan broj potrošača
2017	3	274	1	278
2018	3	270	2	275
2019	3	276	1	280

Potrošnja električne energije za naselje Donje Selo prikazana je u Tablici 4.

Tablica 4. Potrošnja električne energije – Donje Selo

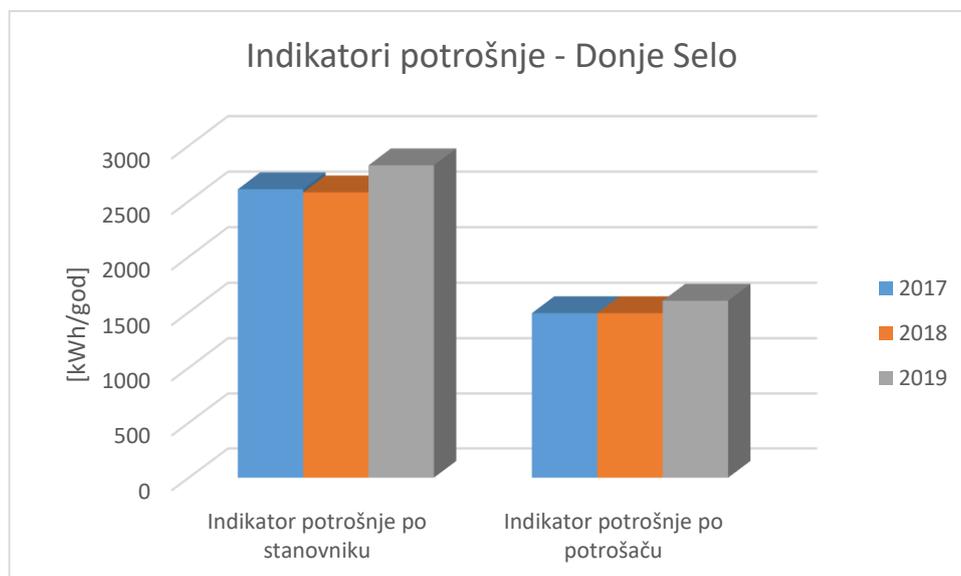
Godina	Javna rasvjeta [kWh]	Kućanstva [kWh]	Poduzetništvo [kWh]	Ukupno [kWh]
2017	21 049	393 230	307	414 586
2018	14 535	395 259	248	410 042
2019	11 333	436 966	542	448 841

Grafički prikazan potrošnje električne energije za naselje Donje Selo dan je na Dijagramu 2.

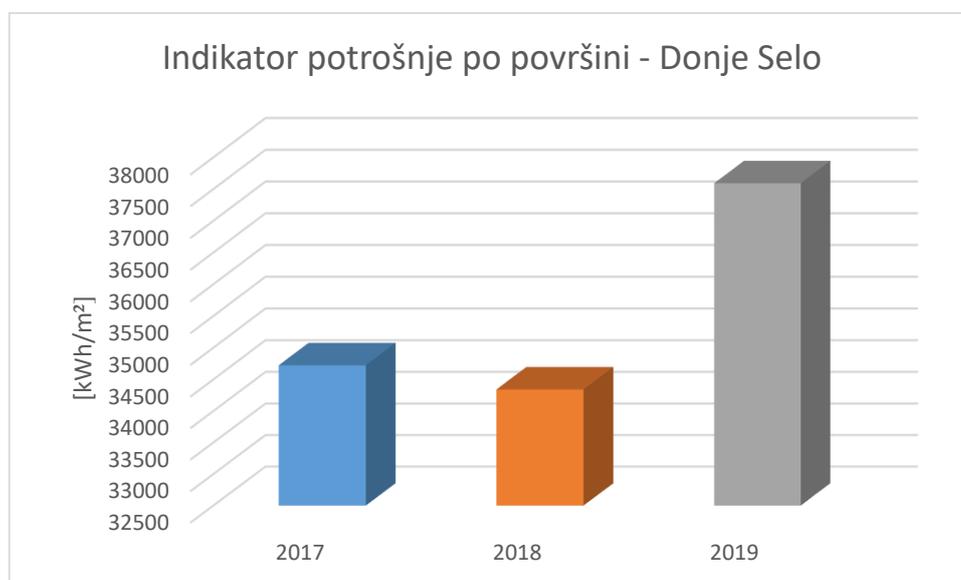


Dijagram 2. Potrošnja električne energije 2019. godine – Donje Selo

Indikatori potrošnje po stanovniku, potrošaču te površini, za naselje Donje Selo, prikazani su na Dijagramima 3. i 4.



Dijagram 3. Indikatori potrošnje po stanovniku i potrošaču – Donje Selo



Dijagram 4. Indikator potrošnje po površini – Donje Selo

4.2.2 Potrošnja električne energije – Gornje Selo

Broj potrošača u naselju Gornje Selo prikazan je u Tablici 5.

Tablica 5. Broj potrošača – Gornje Selo

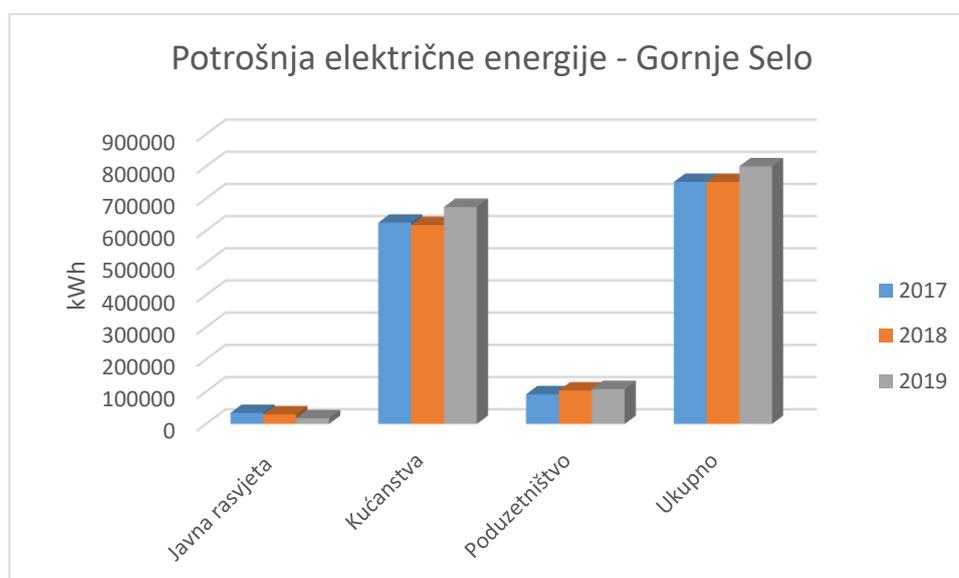
Godina	Broj potrošača – javna rasvjeta	Broj potrošača - kućanstva	Broj potrošača - poduzetništvo	Ukupan broj potrošača
2017	2	273	32	307
2018	2	266	20	288
2019	2	273	14	289

Potrošnja električne energije za naselje Gornje Selo prikazana je u Tablici 6.

Tablica 6. Potrošnja električne energije – Gornje Selo

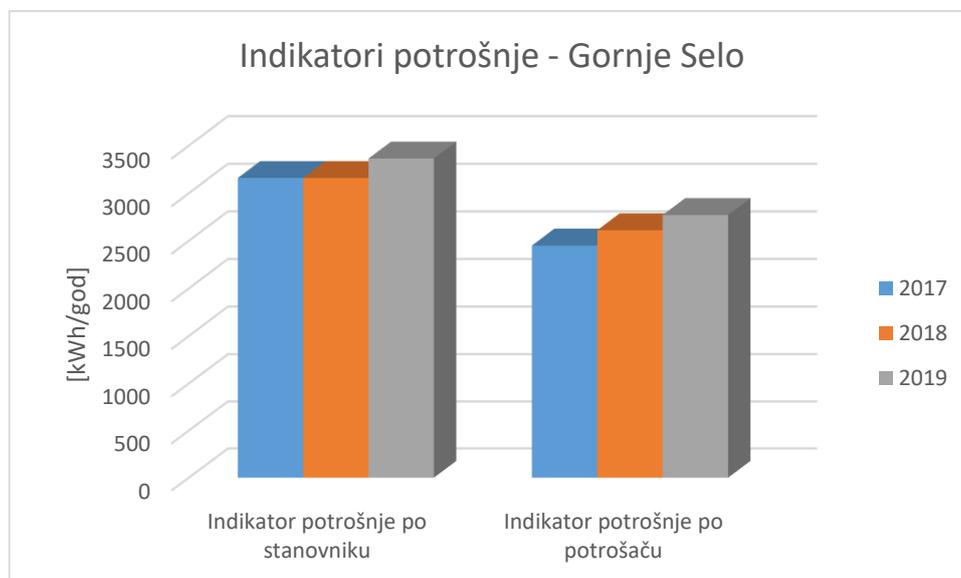
Godina	Javna rasvjeta [kWh]	Kućanstva [kWh]	Poduzetništvo [kWh]	Ukupno [kWh]
2017	34 440	625 505	92 250	752 195
2018	29 791	618 111	104 162	752 064
2019	17 858	674 415	108 454	800 727

Grafički prikazan potrošnje električne energije za naselje Gornje Selo dan je na Dijagramu 5.

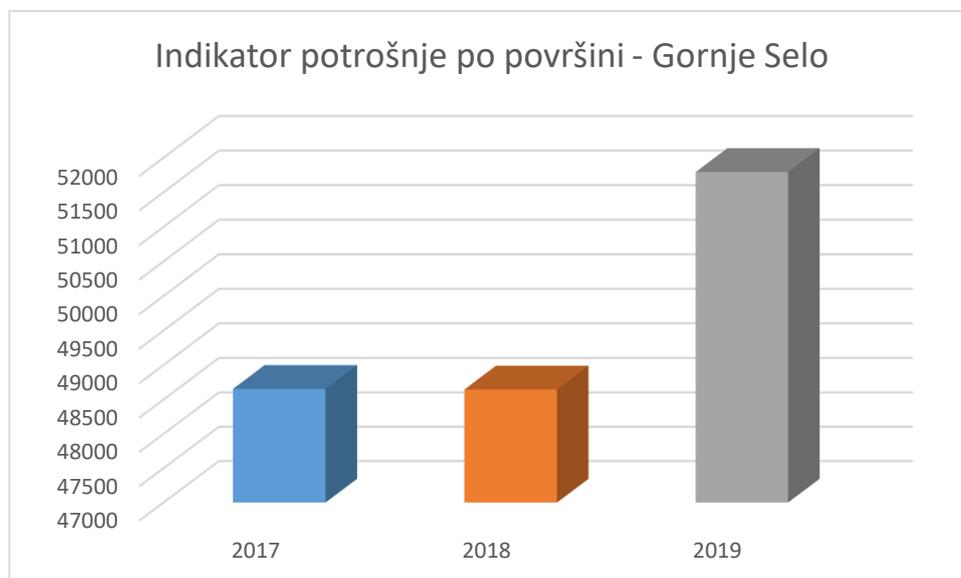


Dijagram 5. Potrošnja električne energije 2019. – Gornje Selo

Indikatori potrošnje po stanovniku, potrošaču te površini, za naselje Gornje Selo, prikazani su na Dijagramima 6. i 7.



Dijagram 6. Indikatori potrošnje po stanovniku i potrošaču – Gornje Selo



Dijagram 7. Indikator potrošnje po površini – Gornje Selo

4.2.3 Potrošnja električne energije – Grohote

Broj potrošača u naselju Grohote prikazan je u Tablici 7.

Tablica 7. Broj potrošača – Grohote

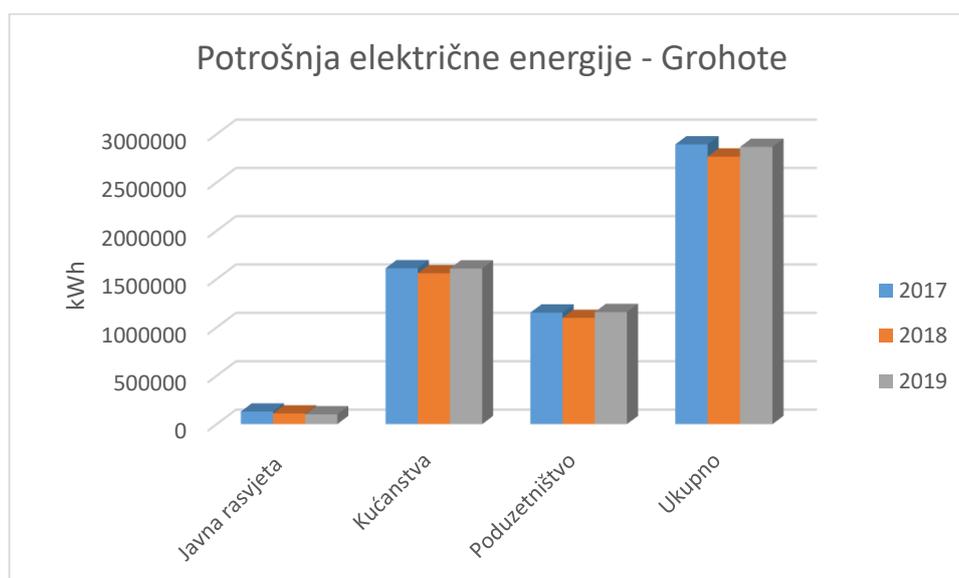
Godina	Broj potrošača – javna rasvjeta	Broj potrošača - kućanstva	Broj potrošača - poduzetništvo	Ukupan broj potrošača
2017	8	887	117	1012
2018	8	859	82	949
2019	8	864	89	961

Potrošnja električne energije za naselje Grohote prikazana je u Tablici 8.

Tablica 8. Potrošnja električne energije – Grohote

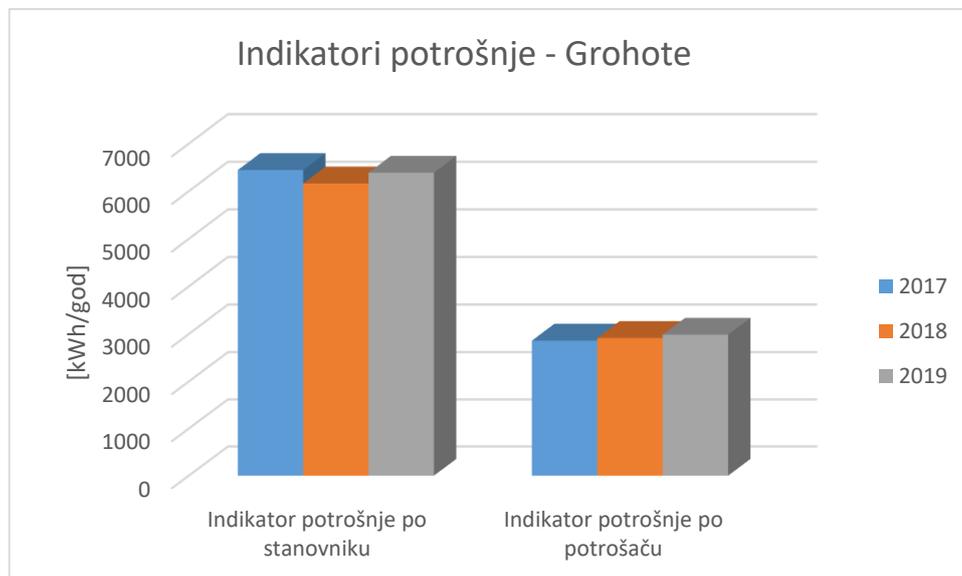
Godina	Javna rasvjeta [kWh]	Kućanstva [kWh]	Poduzetništvo [kWh]	Ukupno [kWh]
2017	129 872	1 611 121	1 152 955	2 893 948
2018	109 799	1 559 110	1 098 305	2 767 214
2019	101 513	1 609 029	1 157 921	2 868 463

Grafički prikazan potrošnje električne energije za naselje Grohote dan je na Dijagramu 8.

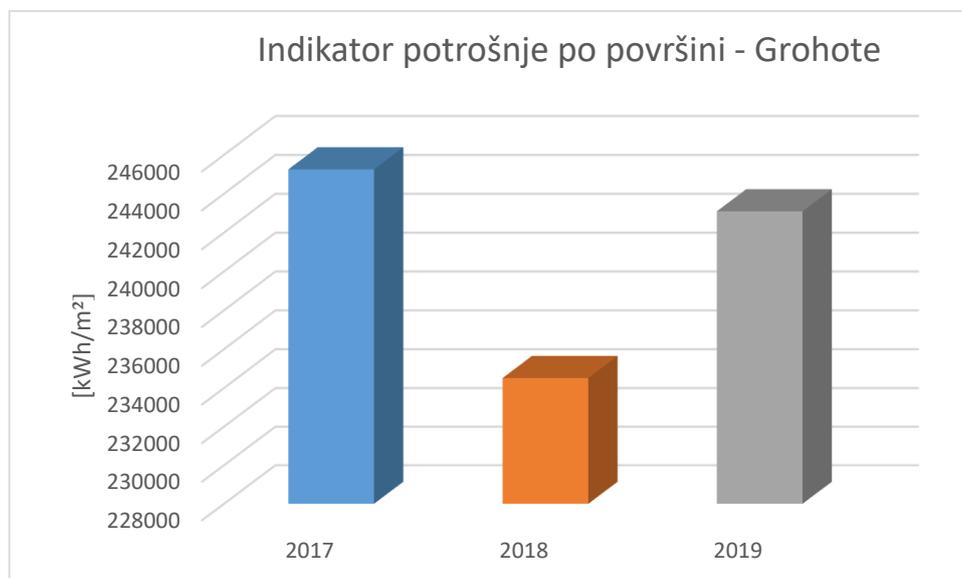


Dijagram 8. Potrošnja električne energije 2019. – Grohote

Indikatori potrošnje po stanovniku, potrošaču te površini, za naselje Grohote, prikazani su na Dijagramima 9. i 10.



Dijagram 9. Indikatori potrošnje po stanovniku i potrošaču – Grohote



Dijagram 10. Indikator potrošnje po površini – Grohote

4.2.4 Potrošnja električne energije – Maslinica

Broj potrošača u naselju Maslinica prikazan je u Tablici 9.

Tablica 9. Broj potrošača – Maslinica

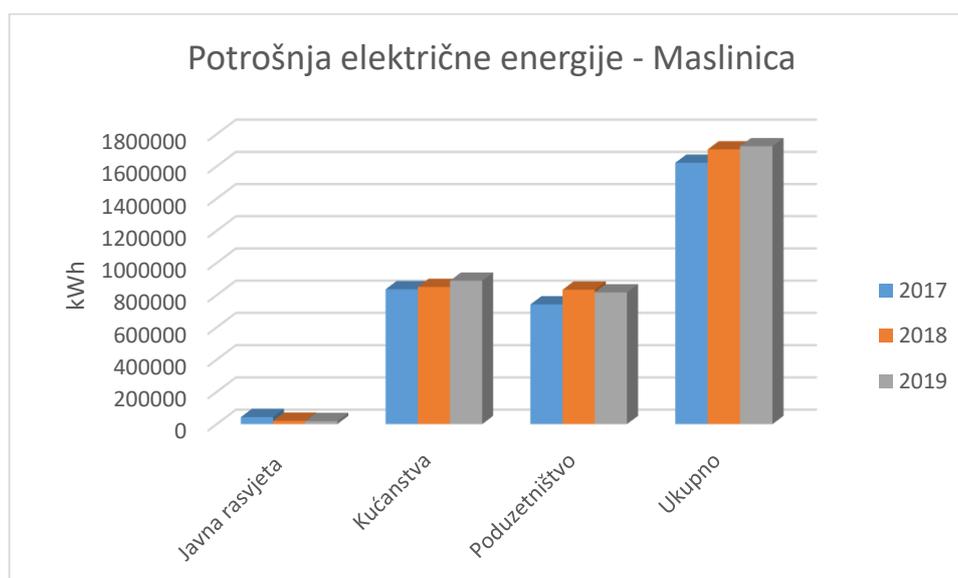
Godina	Broj potrošača – javna rasvjeta	Broj potrošača - kućanstva	Broj potrošača - poduzetništvo	Ukupan broj potrošača
2017	2	314	33	349
2018	2	319	31	352
2019	2	309	33	344

Potrošnja električne energije za naselje Maslinica prikazana je u Tablici 10.

Tablica 10. Potrošnja električne energije – Maslinica

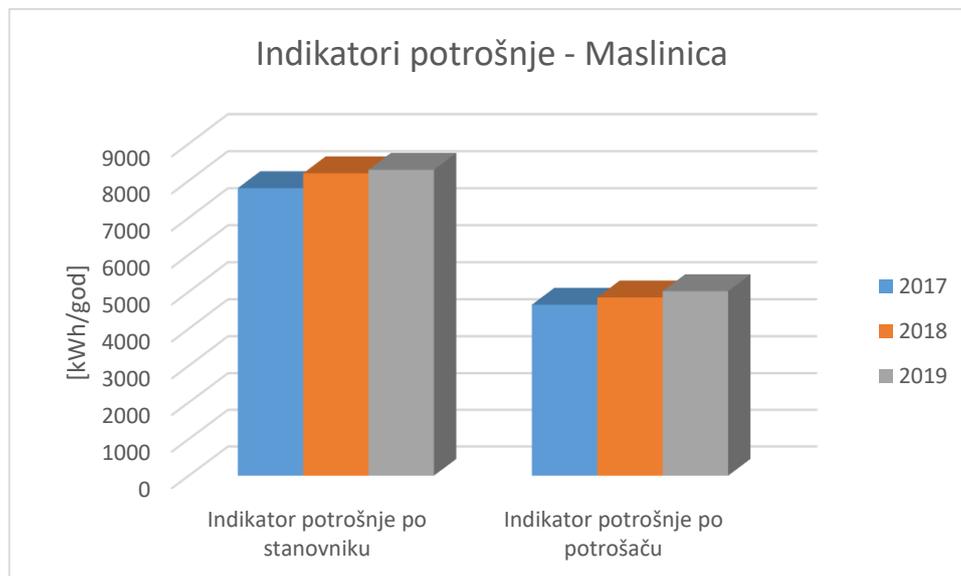
Godina	Javna rasvjeta [kWh]	Kućanstva [kWh]	Poduzetništvo [kWh]	Ukupno [kWh]
2017	43 668	836 154	742 422	1 622 244
2018	20 900	850 830	833 587	1 705 317
2019	18 773	889 297	816 782	1 724 852

Grafički prikazan potrošnje električne energije za naselje Maslinica dan je na Dijagramu 11.

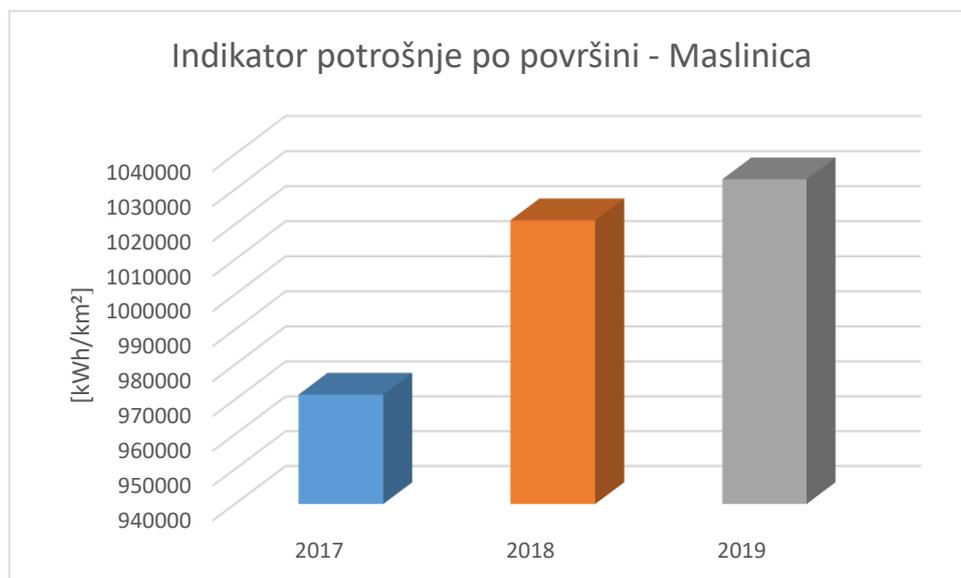


Dijagram 11. Potrošnja električne energije 2019. – Maslinica

Indikatori potrošnje po stanovniku, potrošaču te površini, za naselje Maslinica, prikazani su na Dijagramima 12. i 13.



Dijagram 12. Indikatori potrošnje po stanovniku i potrošaču – Maslinica



Dijagram 13. Indikator potrošnje po površini – Maslinica

4.2.5 Potrošnja električne energije – Nečujam

Broj potrošača u naselju Nečujam prikazan je u Tablici 11.

Tablica 11. Broj potrošača – Nečujam

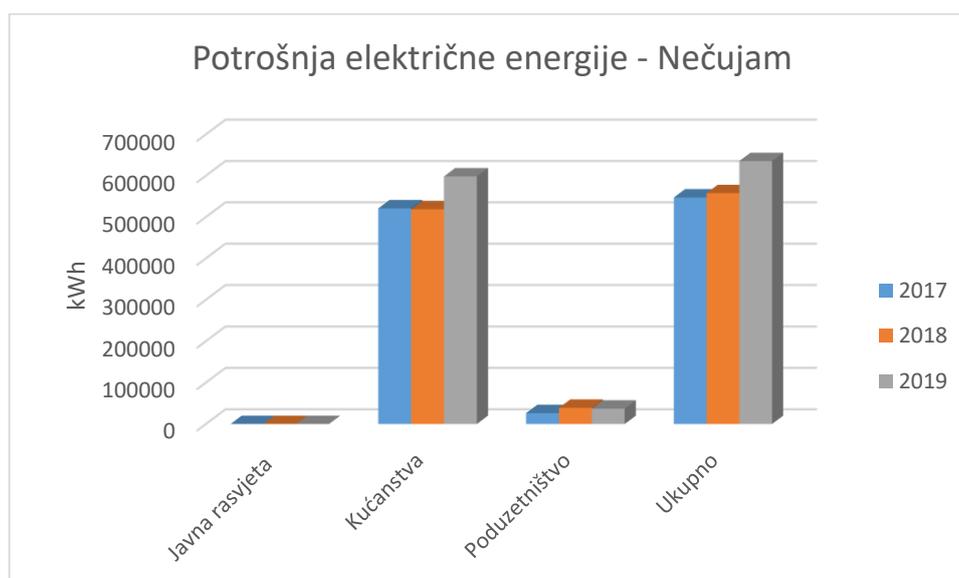
Godina	Broj potrošača – javna rasvjeta	Broj potrošača - kućanstva	Broj potrošača - poduzetništvo	Ukupan broj potrošača
2017	0	440	46	486
2018	0	449	29	478
2019	0	490	29	519

Potrošnja električne energije za naselje Nečujam prikazana je u Tablici 12.

Tablica 12. Potrošnja električne energije – Nečujam

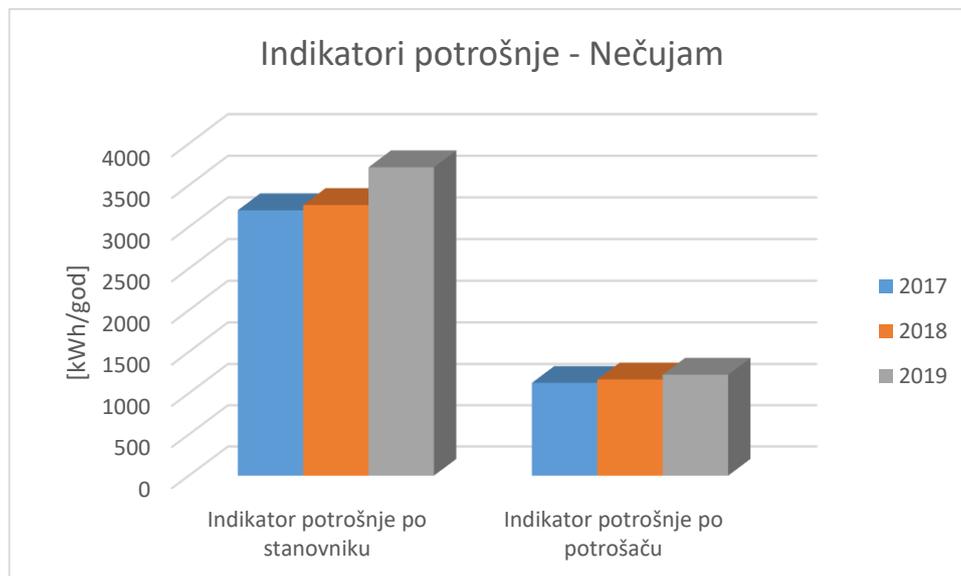
Godina	Javna rasvjeta [kWh]	Kućanstva [kWh]	Poduzetništvo [kWh]	Ukupno [kWh]
2017	0	521 048	26 217	547 265
2018	0	518 939	39 003	557 942
2019	0	598 293	37 121	635 414

Grafički prikazan potrošnje električne energije za naselje Nečujam dan je na Dijagramu 14.

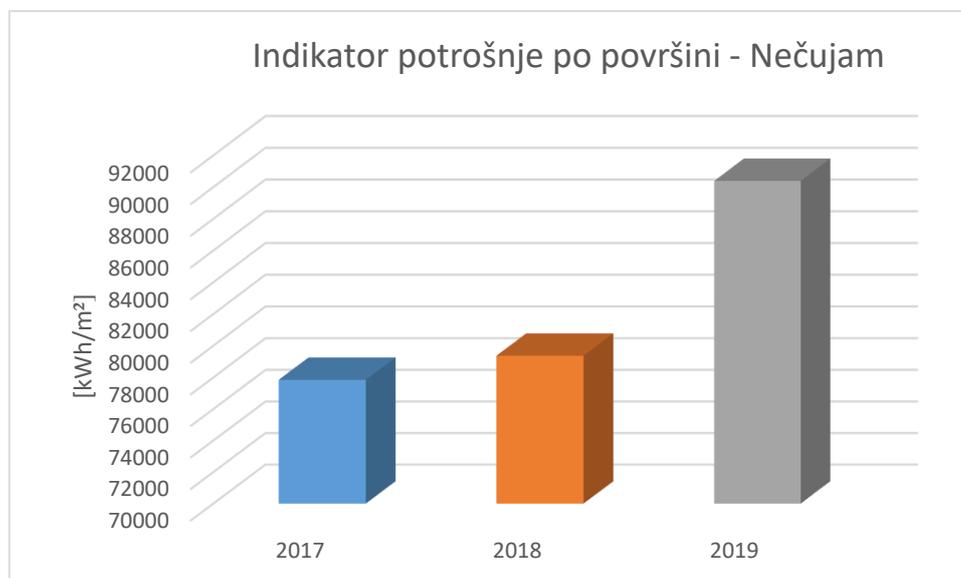


Dijagram 14. Potrošnja električne energije 2019. – Nečujam

Indikatori potrošnje po stanovniku, potrošaču te površini, za naselje Nečujam, prikazani su na Dijagramima 15. i 16.



Dijagram 15. Indikatori potrošnje po stanovniku i potrošaču – Nečujam



Dijagram 16. Indikator potrošnje po površini – Nečujam

4.2.6 Potrošnja električne energije – Rogač

Broj potrošača u naselju Rogač prikazan je u Tablici 13.

Tablica 13. Broj potrošača – Rogač

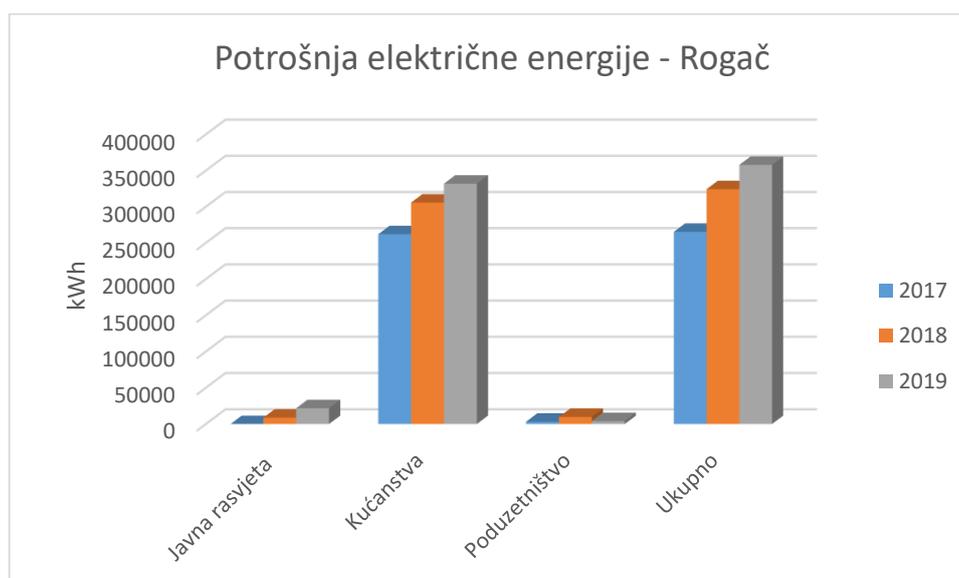
Godina	Broj potrošača – javna rasvjeta	Broj potrošača - kućanstva	Broj potrošača - poduzetništvo	Ukupan broj potrošača
2017	0	115	5	120
2018	1	106	3	110
2019	1	111	3	115

Potrošnja električne energije za naselje Rogač prikazana je u Tablici 14.

Tablica 14. Potrošnja električne energije – Rogač

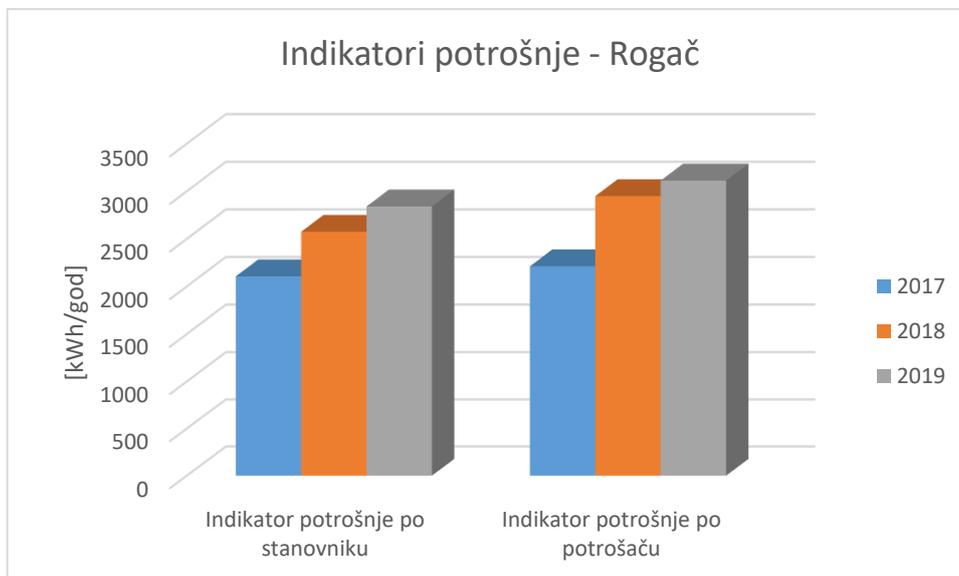
Godina	Javna rasvjeta [kWh]	Kućanstva [kWh]	Poduzetništvo [kWh]	Ukupno [kWh]
2017	0	262 090	3 248	265 338
2018	8 801	305 799	9 755	324 355
2019	21 822	331 943	4 074	357 839

Grafički prikazan potrošnje električne energije za naselje Rogač dan je na Dijagramu 17.

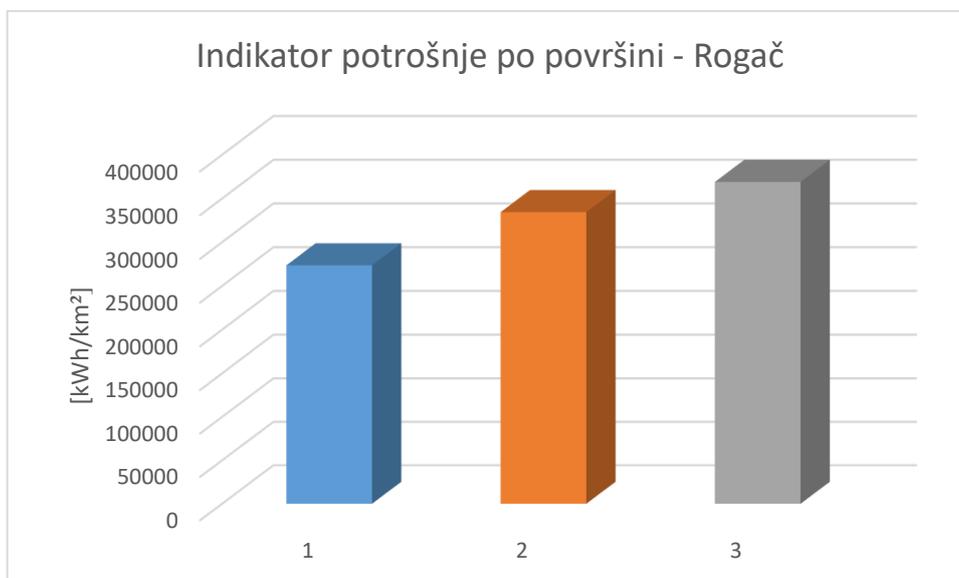


Dijagram 17. Potrošnja električne energije 2019. – Rogač

Indikatori potrošnje po stanovniku, potrošaču te površini, za naselje Rogač, prikazani su na Dijagramima 18. i 19.



Dijagram 18. Indikatori potrošnje po stanovniku i potrošaču – Rogač



Dijagram 19. Indikator potrošnje po površini – Rogač

4.2.7 Potrošnja električne energije – Srednje Selo

Broj potrošača u naselju Srednje Selo prikazan je u Tablici 15.

Tablica 15. Broj potrošača – Srednje Selo

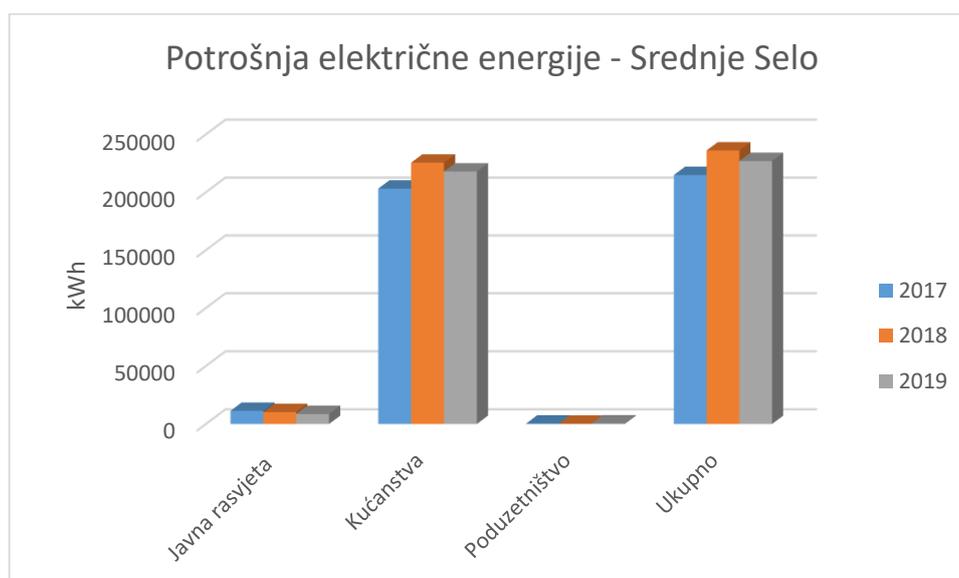
Godina	Broj potrošača – javna rasvjeta	Broj potrošača - kućanstva	Broj potrošača - poduzetništvo	Ukupan broj potrošača
2017	1	119	2	122
2018	1	119	2	122
2019	1	117	2	120

Potrošnja električne energije za naselje Srednje Selo prikazana je u Tablici 16.

Tablica 16. Potrošnja električne energije – Srednje Selo

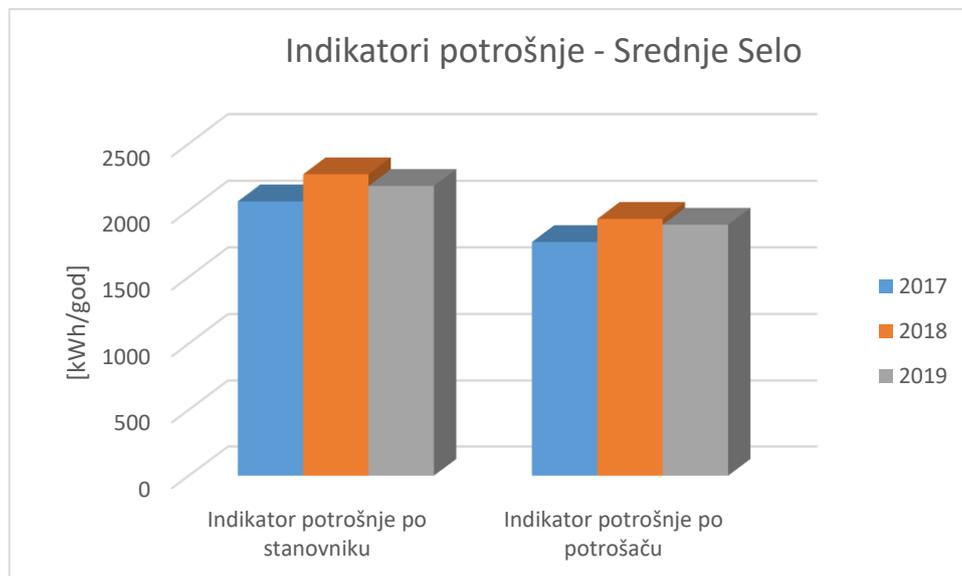
Godina	Javna rasvjeta [kWh]	Kućanstva [kWh]	Poduzetništvo [kWh]	Ukupno [kWh]
2017	11 345	203 166	399	214 910
2018	10 218	225 597	272	236 087
2019	8 586	217 916	465	226 967

Grafički prikazan potrošnje električne energije za naselje Srednje Selo dan je na Dijagramu 20.



Dijagram 20. Potrošnja električne energije 2019. – Srednje Selo

Indikatori potrošnje po stanovniku, potrošaču te površini, za naselje Srednje Selo, prikazani su na Dijagramima 21. i 22.



Dijagram 21. Indikatori potrošnje po stanovniku i potrošaču – Srednje Selo



Dijagram 22. Indikator potrošnje po površini – Srednje Selo

4.2.8 Potrošnja električne energije – Stomorska

Broj potrošača u naselju Stomorska prikazan je u Tablici 17.

Tablica 17. Broj potrošača – Stomorska

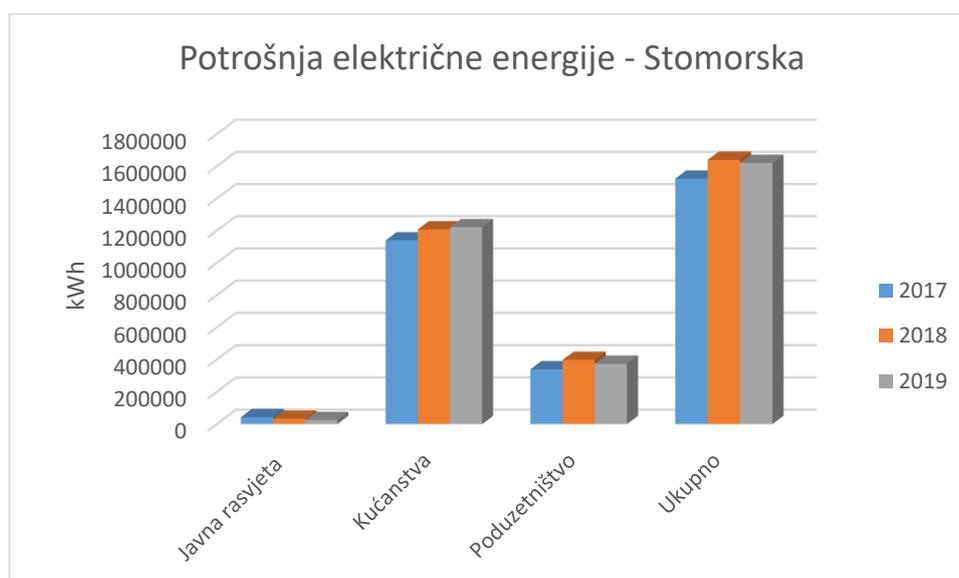
Godina	Broj potrošača – javna rasvjeta	Broj potrošača - kućanstva	Broj potrošača - poduzetništvo	Ukupan broj potrošača
2017	2	525	63	590
2018	2	534	45	581
2019	2	541	46	589

Potrošnja električne energije za naselje Stomorska prikazana je u Tablici 18.

Tablica 18. Potrošnja električne energije – Stomorska

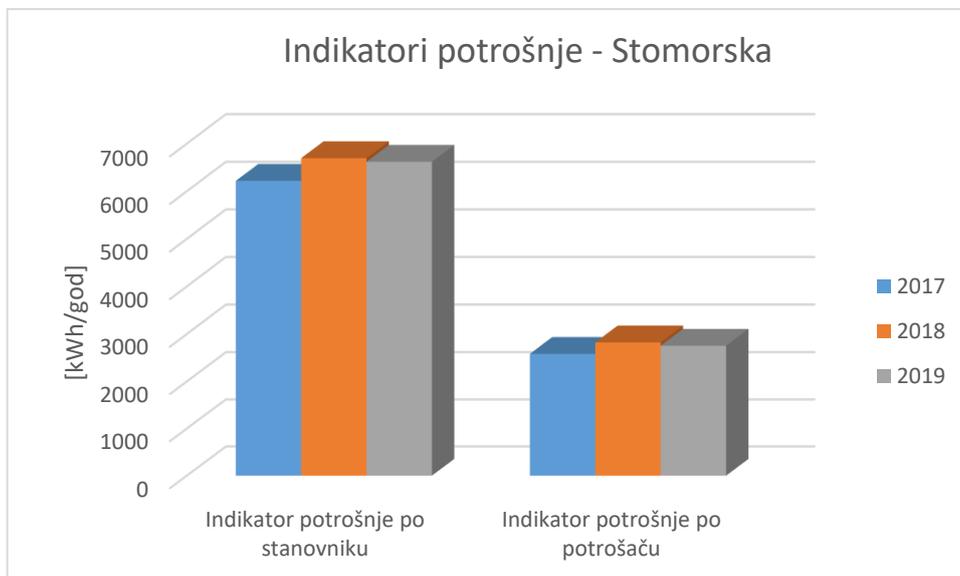
Godina	Javna rasvjeta [kWh]	Kućanstva [kWh]	Poduzetništvo [kWh]	Ukupno [kWh]
2017	43 445	1 139 970	340 076	1 523 491
2018	33 534	1 208 337	398 422	1 640 293
2019	25 344	1 222 085	374 091	1 621 520

Grafički prikazan potrošnje električne energije za naselje Stomorska dan je na Dijagramu 23.

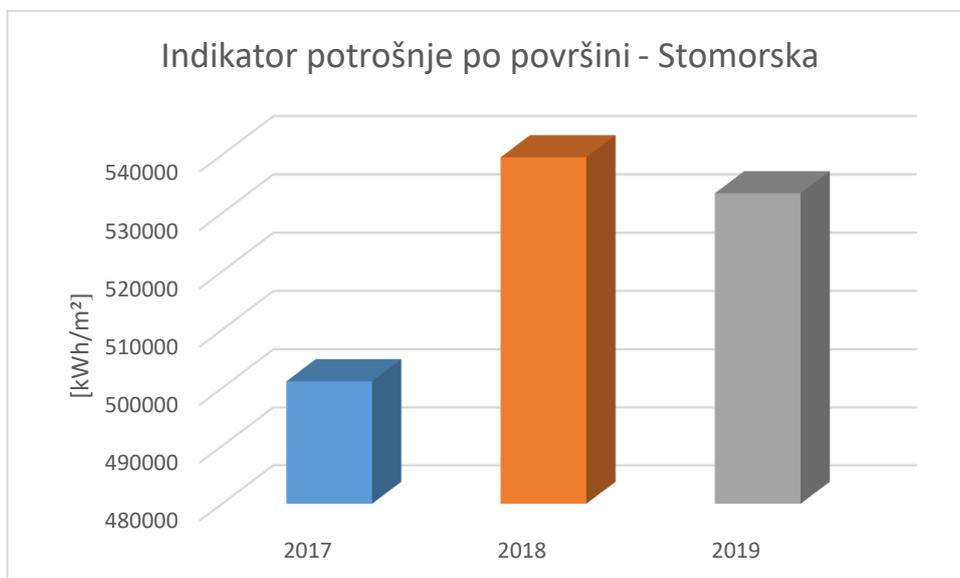


Dijagram 23. Potrošnja električne energije 2019. – Stomorska

Indikatori potrošnje po stanovniku, potrošaču te površini, za naselje Stomorska, prikazani su na Dijagramima 24. i 25.



Dijagram 24. Indikatori potrošnje po stanovniku i potrošaču – Stomorska



Dijagram 25. Indikator potrošnje po površini – Stomorska

4.2.9 Potrošnja električne energije – otok Šolta

Broj potrošača na cjelokupnom otoku Šolti prikazan je u Tablici 19.

Tablica 19. Broj potrošača – otok Šolta

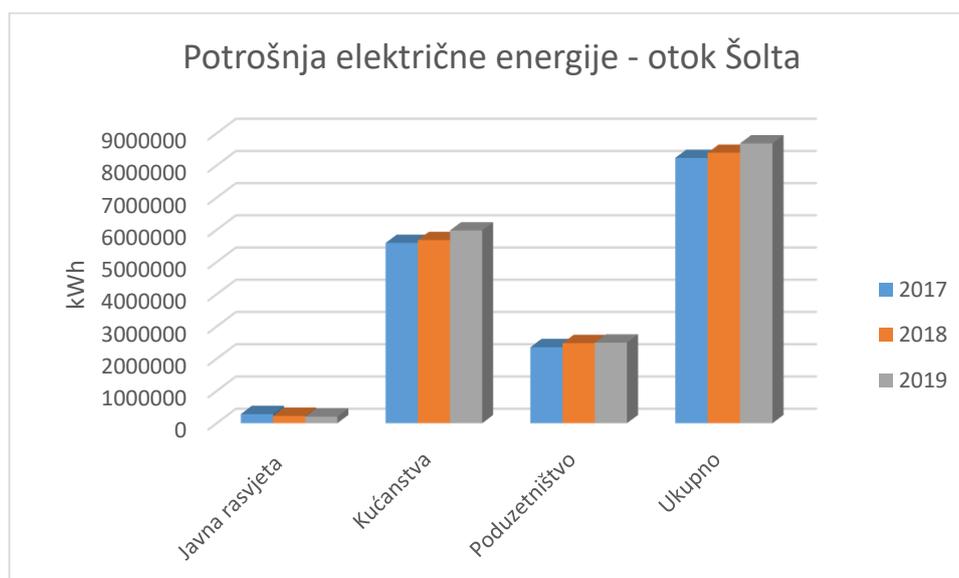
Godina	Broj potrošača – javna rasvjeta	Broj potrošača - kućanstva	Broj potrošača - poduzetništvo	Ukupan broj potrošača
2017	18	2 947	299	3 264
2018	19	2 922	214	3 155
2019	19	2 981	217	3 217

Potrošnja električne energije za cjelokupan otok Šoltu prikazana je u Tablici 20.

Tablica 20. Potrošnja električne energije – otok Šolta

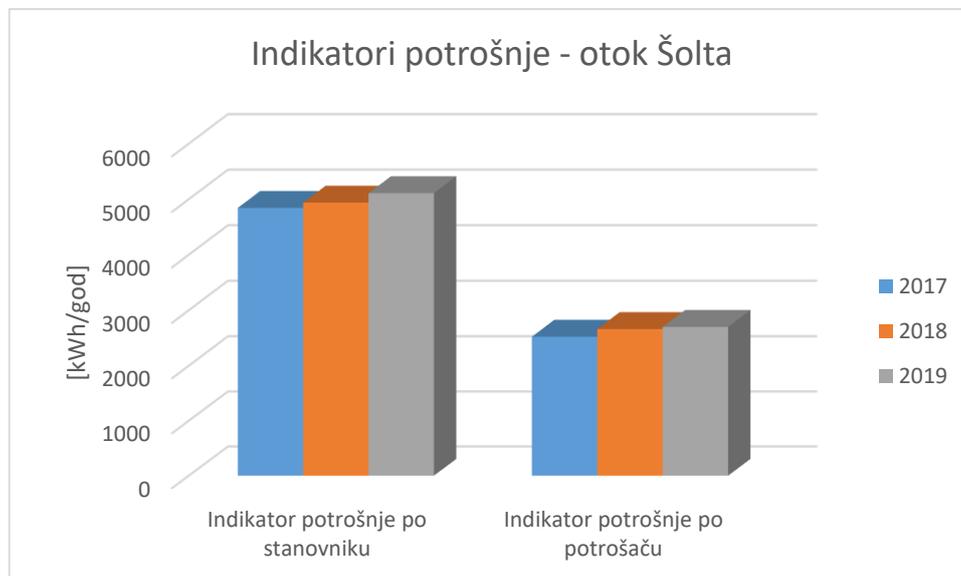
Godina	Javna rasvjeta [kWh]	Kućanstva [kWh]	Poduzetništvo [kWh]	Ukupno [kWh]
2017	283 819	5 593 284	2 357 874	8 233 977
2018	227 578	5 681 982	2 483 754	8 393 314
2019	205 229	5 979 944	2 499 450	8 684 623

Grafički prikazan potrošnje električne energije za cjelokupna otok Šoltu dan je na Dijagramu 26.

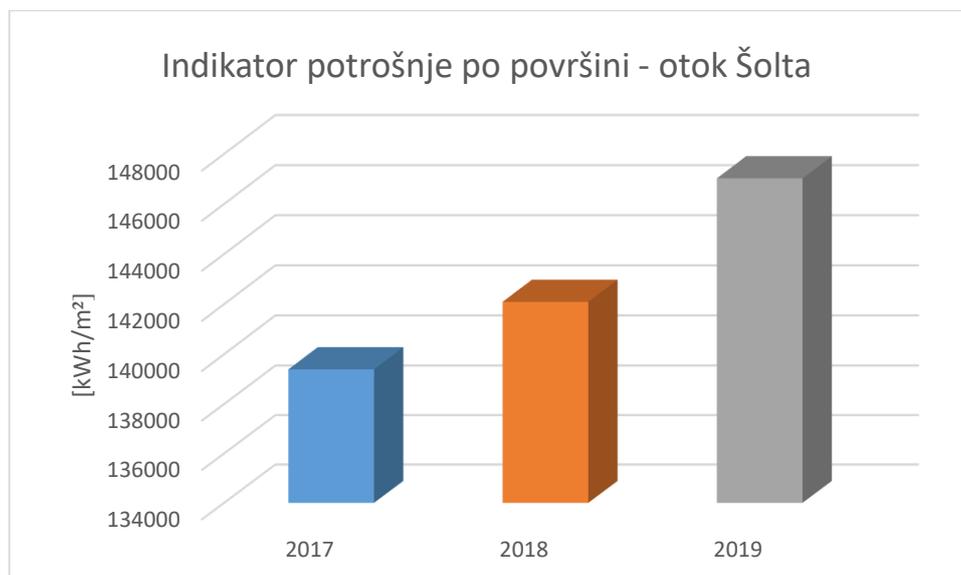


Dijagram 26. Potrošnja električne energije 2019. – otok Šolta

Indikatori potrošnje po stanovniku, potrošaču te površini, za cjelokupan otok Šolta, prikazani su na Dijagramima 27. i 28.



Dijagram 27. Indikatori potrošnje po stanovniku i potrošaču – otok Šolta



Dijagram 28. Indikator potrošnje po površini – otok Šolta

4.2.10 Zaključak analize potrošnje električne energije

Analizom potrošnje električne energije može se doći do zaključka kako potrošnja energije na otoku Šolti raste. Ukoliko se u obzir uzme trogodišnje razdoblje od 2017. do 2019., može se iščitati kako je potrošnja električne energije u tom periodu narasla za 5,47 %. Taj će se podatak koristiti prilikom modeliranja buduće potrošnje električne energije.

Pogleda li se potrošnja rasvjetnih tijela na otoku u trogodišnjem razdoblju, vidljivo je da, unatoč povećanju broja rasvjetnih tijela, njihova potrošnja pada. Razlog tomu je činjenica da je na otoku Šolti obavljena obnova rasvjetnih tijela s ciljem povećanja njihove energetske učinkovitosti.

Što se tiče preostalih dvaju sektora, vidljivo je kako sektor kućanstava rast brže od sektora poduzetništva, što se može objasniti nepostojanjem industrijskih kompleksa na otoku te nedovoljnom stopom razvoja gospodarstva.

4.3 Analiza sektora transporta

Cestovna mreža otoka Šolte razvrstana je prema funkcionalnom karakteru na sljedeće kategorije:

1. državna otočna cesta, ukupne duljine 20,3 km,
2. lokalne ceste, ukupne duljine 9,8 km,
3. nerazvrstane ceste, ukupne duljine 5,5 km te
4. gospodarski putevi, ukupne duljine 30 km [6].

Glavna otočna cesta povezuje Stomorsku – Gornje Selo – Grohote – Rogač – Srednje Selo – Donje Selo i Maslinicu, a posebnim priključkom i Nečujam. Sadašnja cestovna infrastruktura uglavnom zadovoljava potrebe otoka [6].

Što se tiče javnog cestovnog prijevoza, na otoku postoje dvije autobusne linije na kojima putnike prevozi „Promet – Split“. Ruta prve linije jest: Maslinica – Donje Selo – Srednje Selo – Grohote – Rogač, dok druga povezuje naselja: Stomorska – Gornje Selo – Nečujam – Grohote – Rogač [6].

Podaci o broju i vrsti registriranih vozila na otoku za 2019. godinu prikupljeni su od Agencije za obalni linijski pomorski promet.

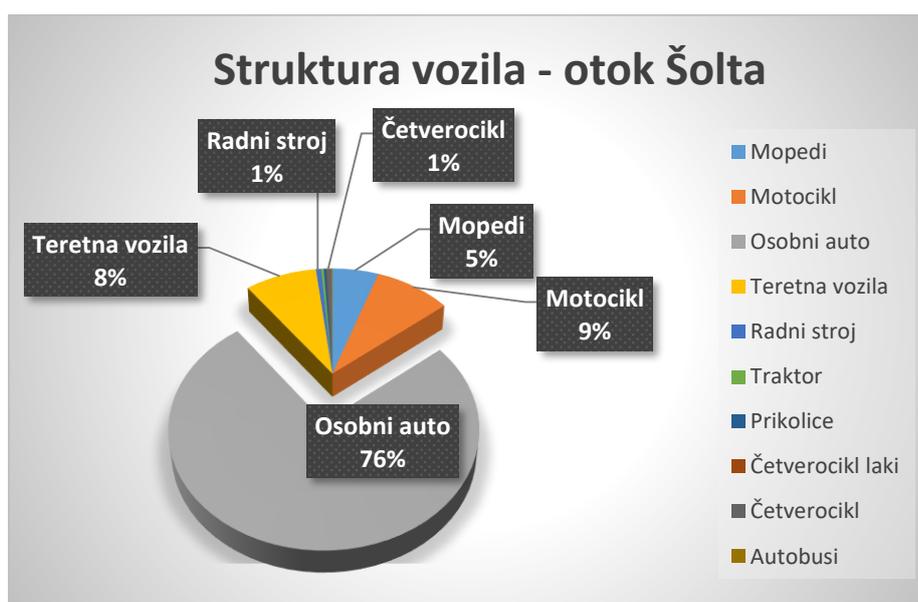
4.3.1 Struktura vozila na otoku Šolti

Struktura vozila na otoku Šolti 2019. godine prikazan je u Tablici 21.

Tablica 21. Struktura vozila na otoku Šolti

Tip vozila	Broj vozila
Mopedi	90
Motocikli	152
Osobni automobili	1 297
Teretna vozila	141
Radni strojevi	10
Traktori	5
Prikolice	5
Četverocikli laki	1
Četverocikli	9
Autobusi	2
Ukupno	1712

Grafički prikaz strukture vozila na otoku Šolti dan je na Dijagramu 29.



Dijagram 29. Struktura vozila na otoku Šolti

Gledajući strukturu vozila na otoku Šolti jasno je kako dominiraju osobni automobili. Zatim slijede motocikli te teretna vozila.

4.3.2 Vozila po tipu goriva

Prilikom podjele vozila po tipu goriva pretpostavljeno je da pod dizelsko pogonsko gorivo potpadaju: prikolice, traktori, radni strojevi te teretna vozila, dok pod benzinsko pogonsko gorivo pripadaju: mopedi, motocikli, četverocikli, četverocikli laki, autobusi.

Osobna vozila raspoređena su po omjeru dizel/benzin = 60%/40%. Tako je na otoku Šolti 2019. godine bilo registrirano 939 dizelskih i 773 benzinskih vozila.

Grafički prikaz omjera benzinskih i dizelskih vozila vidljiv je na Dijagramu 30.



Dijagram 30. Vozila po tipu goriva

4.4 Obnovljivi izvori energije

4.4.1 Trenutna iskorištenost potencijala OIE

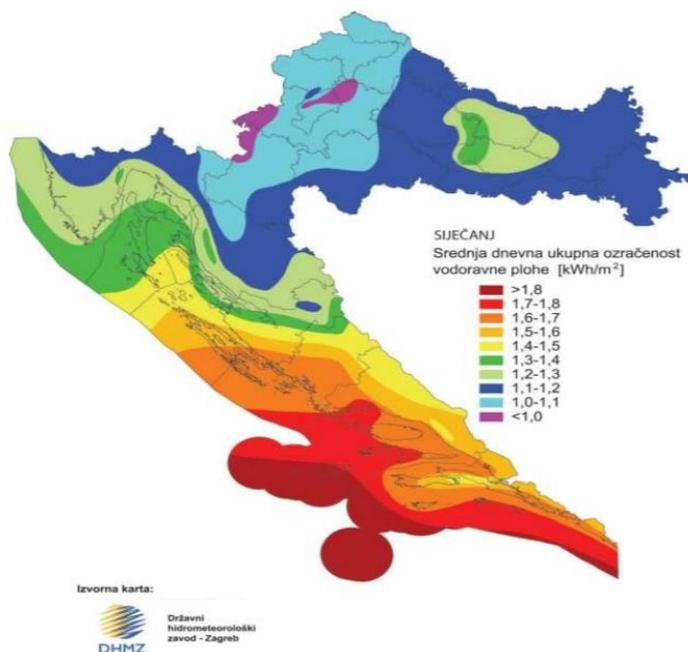
Premda je u Strategiji razvoja Općine Šolta do 2020. godine kao jedna od glavnih slabosti otoka navedena nedovoljna iskorištenost potencijala za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora [6], na otoku i dalje nije došlo do značajnijeg napretka po tom pitanju. Trenutno na otoku, osim pojedinačno instaliranih sustava, nema značajnije proizvodnje energije iz obnovljivih izvora.

4.4.2 Potencijal za proizvodnju solarne energije

Kao glavni potencijal obnovljive energije, kao i kod većine jadranskih otoka, ističe se Sunčeva energija. Sunčeva energija predstavlja najveći izvor energije na Zemlji te godišnje na planet dozrači 15 000 puta više energije od svjetskih potreba. Također, Sunčeva energija ima

višestrukom primjeni – od kolektora za pripremu potrošne tople vode i vode za grijanje, pa sve do proizvodnje električne energije preko fotonaponskih ćelija.

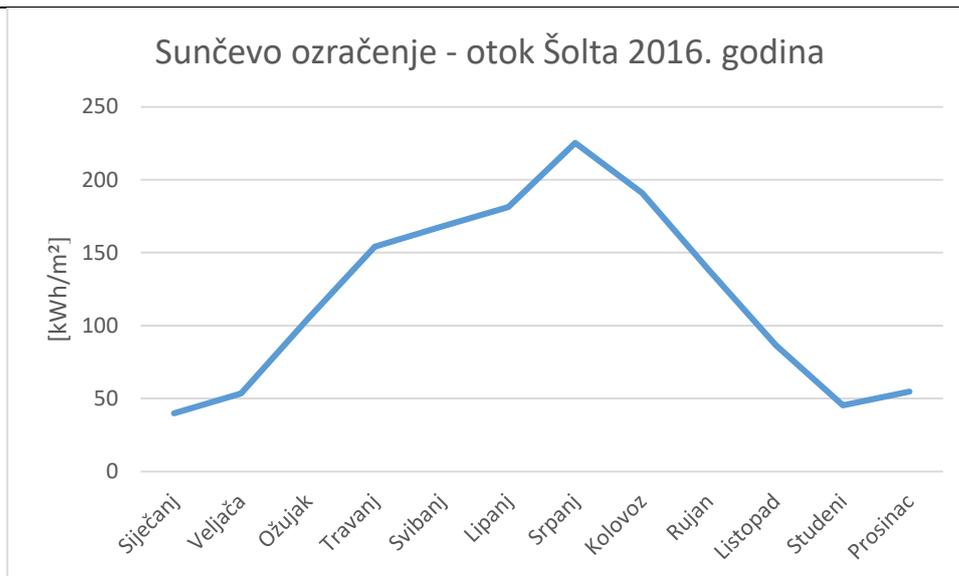
Kao što se može vidjeti na Slici 7., otok Šolta spada u predio Republike Hrvatske s najvećom dnevnom prosječnom ozračenošću vodoravne plohe.



Slika 7. Srednja dnevna ozračenost vodoravne plohe RH [9]

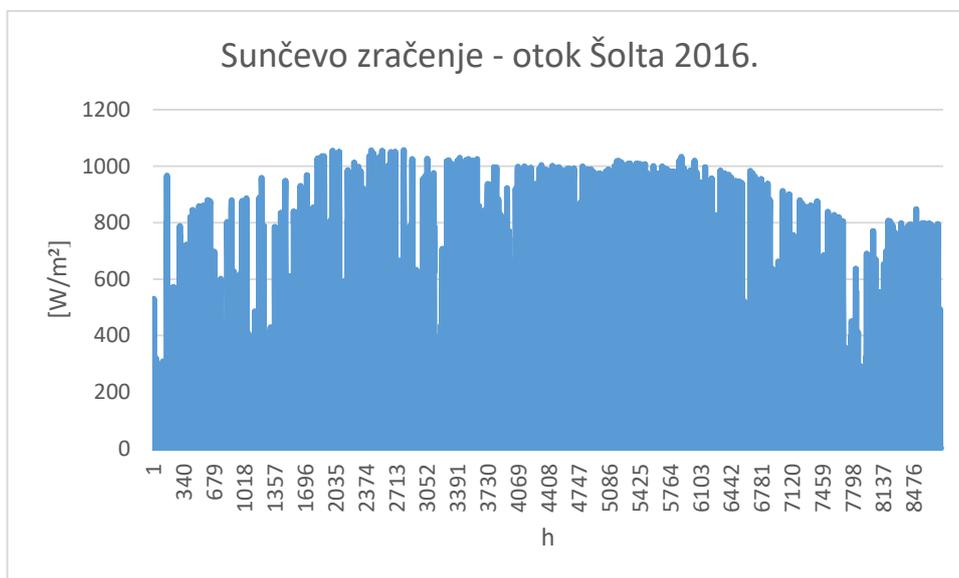
Konkretni podaci za otok Šoltu dobiveni su pomoću PVGIS-a (eng. Photovoltaic Geographical Information System), alata Europske komisije koji korisnicima nudi raznovrsne podatke o Sunčevom zračenju te mogućnosti proizvodnje solarne energije.

Dijagram 31. prikazuje prosječno mjesečno Sunčevo ozračenje za otok Šoltu 2016. godine, pod optimalnim nagibom od 35°.



Dijagram 31. Mjesečno Sunčevo ozračenje pod optimalnim kutom – otok Šolta 2016. godine
Iz podataka je vidljivo kako je količina dozračene Sunčeve energije vrlo visoka, posebice u ljetnim mjesecima kada mjesečni iznos dozračene energije prelazi i 200 kWh.

Pošto je za daljnje modeliranje energetskeg sustava bilo potrebno imati satne podatke o Sunčevom zračenju, Dijagram 32. prikazuje satnu raspodjelu Sunčevog zračenja na otoku Šolti kroz 2016. godinu.



Dijagram 32. Satna raspodjela Sunčevog zračenja – otok Šolta 2016. godina

Iz navedenih dvaju dijagrama vidljivo je kako otok Šolta ima visok potencijal za proizvodnju solarne energije.

4.4.3 Potencijal za iskorištenje energije vjetra

Premda otok Šolta spada u veoma vjetrovita područja s 329 dana vjetra godišnje [6], problem neiskorištavanja tog prirodnog kapaciteta jest zakonodavne prirode.

Naime, Republika Hrvatska je 2004. godine u sklopu „Uredbe o uređenju i zaštiti zaštićenog obalnog područja mora“ donijela zabranu izgradnje vjetroelektrana u zaštićenom obalnom pojasu. Zaštićeni obalni pojas (ZOP) jest prema „Zakonu o prostornom uređenju“ iz 2007. godine definiran kao pojas kopna 1 000 metara od obalne linije, pojas mora 300 m od obalne linije te cjelokupni prostor svih otoka [10].

Ipak, 2013. godine, donošenjem novog „Zakona o prostornom uređenju“, iz definicije ZOP-a gubi se dio o otočkom području te se tako, de facto, dopušta gradnja vjetroelektrana na otocima. Svejedno, zbog nejasnog regulacijskog okvira te straha od nagrđenja obale koja bi štetila osnovnoj gospodarskoj djelatnosti većine otoka – turizmu, vjetroelektrane na hrvatskim otocima nisu građene te taj potencijal OIE ostaje neiskorišten.

5 MODELIRANJE ENERGETSKE TRANZICIJE OTOKA ŠOLTE

Glavna cilj energetske tranzicije otoka Šolte jest, metodama povećanja energetske učinkovitosti te integriranjem obnovljivih izvora energije, stvoriti neovisniji i sigurniji sustav opskrbe energijom sa smanjenim utjecajem na okoliš. Takva tranzicije slijedi smjernice Europskog zelenog plana te inicijative „Čiste energije za otoke EU“.

Kako bi se mogla procijeniti efikasnost i isplativost različitih mjera i integracija OIE te prema tome dati prijedlog energetske tranzicije otoka, bilo je potrebno modelirati energetski sustav otoka Šolte te u taj model implementirati mjere poboljšanja energetske učinkovitosti i integracije OIE.

Energetsko modeliranje otoka Šolte izvršeno je u računalnom programu EnergyPLAN. Najprije je, prema prikupljenim podacima, modelirana bazna 2019. godina, a za krajnju godinu energetske tranzicije uzeta je 2035. godina.

U model energetske sustava otoka Šolte implementirane su mjere:

- pametne javne rasvjete,
- elektrifikacije cestovnog prijevoza,
- prebacivanja pomorskog prijevoza na ukapljeni prirodni plin te
- integracije proizvodnje električne energije iz PV modula.

Implementirane mjere zatim su analizirane s obzirom na:

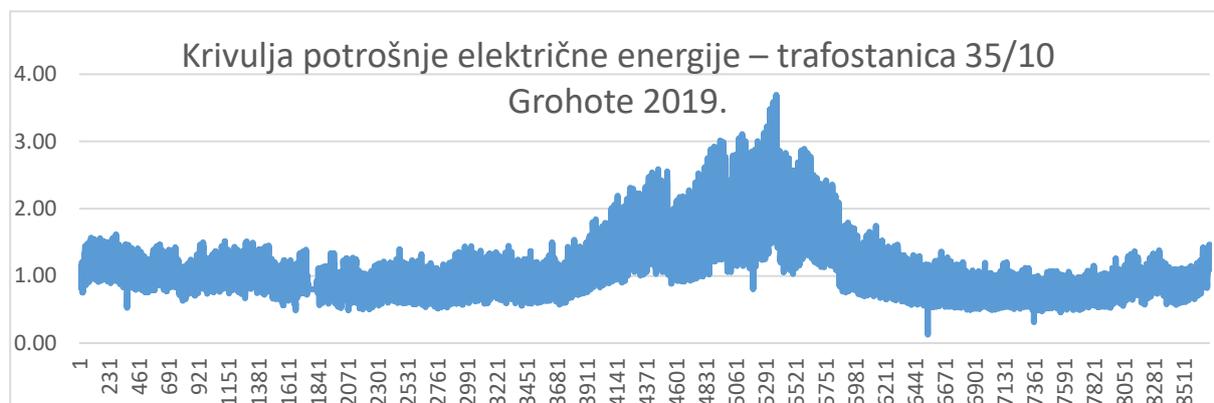
- kritični višak proizvodnje električne energije (eng. CEEP – Critical Excess Electricity Production),
- ukupne troškove energetske sustava,
- izvoz/uvoz električne energije te
- štetne emisije CO₂.

5.1 Referentni model – 2019. godina

Kao referentna godina, zbog dostupnosti podataka, odabrana je 2019. godina. Za tu godinu je u EnergyPLAN-u konstruiran model energetske sustava otoka.

U rubrici potražnje (eng. demand) unesena je ukupna potrošnja električne energije na otoku Šolti za 2019. godinu u GWh. Ta brojka je već ranije prikazana u analizi potrošnje električne energije, a iznosi 8.685 GWh. Također, pošto je EnergyPLAN baziran na satnoj osnovi, bilo je potrebno u model unijeti satnu distribuciju potrošnje električne energije.

Krivulju satne potrošnje električne energije za TS 35/10 Grohote možemo vidjeti na Dijagramu 33., a podaci za njenu izradu prikupljeni su od Elektrodalmacije d.o.o., koja je ustupila 15-minutna očitavanja opterećenja trafostanice.



Dijagram 33. Krivulja potrošnje električne energije – trafostanica 35/10 Grohote 2019.

Osim potrošnje električne energije, u rubrici potražnje bilo je potrebno unijeti i potrošnju energenata u sektoru transporta.

Ukupna potrošnja energenata u sektoru transporta dobivena je zbrajanjem potrošnje cestovnog prometa te potrošnje javnog linijskog pomorskog prometa između otoka Šolte i kopna.

Što se tiče cestovnog prometa, analizom sektora transporta dobiven je broj dizelskih i benzinskih vozila na otoku. Zatim je taj broj pomnožen s prosječnim brojem kilometara koje godišnje vozilo napravi vozilo u Republici Hrvatskoj [11] te je dobiven ukupni broj prijeđenih kilometara vozila na otoku. Uzimajući u obzir prosječnu potrošnju dizelskog i benzinskog motora te ogrjevnu vrijednost goriva, dobivene su potrošnje energenata u GWh za 2019. godinu: dizel 6,192 GWh, benzin 7,213 GWh.

Dizelskoj potrošnji u cestovnom prometu bilo je potrebno pridodati i potrošnju javnih pomorskih linija između otoka i kopna. Za tu potrebu iskorišteni su podaci iz Tranzicijskog plana otoka Hvara [12] koje možemo vidjeti na Slici 8.

Procijenjeni utrošak goriva	7. 897. 858, 00 litara
Specifična gustoća goriva	0, 8257
Procijenjeni utrošak goriva	6. 436, 48 tona
Emisijski faktor	3. 206 tona CO ² / tona goriva
Emisija CO²	20. 635, 37 tona
Koeficijent energije	dizel 10 kWh/l
Utrošena energija	78. 975, 85 MWh

Slika 8. Godišnja potrošnja javnog linijskog pomorskog prometa za otok Hvar [12]
Dostupni podaci za Hvar skalirani su na razinu otoka Šolte, uzimajući u obzir dnevni broj linija te udaljenost otoka od kopna tj. duljinu putovanja. Tako je pretpostavljeno da javni linijski promet za otok Šoltu godišnje utroši 10,301 GWh energije dizelskog goriva.

Pribrajanjem tog broja potrošnji u cestovnom prometu dobivena je konačna potrošnja energenata u sektoru transporta na otoku Šolti za 2019. godinu: dizel 16,493 GWh, benzin 7,213 GWh.

Pošto na otoku Šolti 2019. godine nije postojala nikakva proizvodnja energije, rubrika opskrbe (eng. supply) ostala je prazna. To znači da se energetska sustav otoka Šolte u potpunosti oslanja na uvoz električne energije.

Za kraj modeliranja energetske sustava bilo je potrebno odrediti cijenu emisija CO₂ te cijenu električne energije na tržištu. Cijena emisija ugljičnog dioksida određena je prema prosječnoj cijeni z 2019. godinu [13] te ona iznosi 25,19 eura/toni CO₂. Prosječna cijena električne energije na tržištu određena je pomoću podataka CROPEX-a (eng. Croatian Power Exchange) za 2018. godinu te iznosi 57 eura/MWh.

Nakon unosa svih potrebnih podatak pristupilo se simulaciji sustava, a ispis rezultata za referentnu 2019. godinu prikazani su u prilogu rada.

Tablični prikaz najvažnijih parametara referentnog modela dan je u Tablici 22.

Tablica 22. Najvažniji parametri – referentni model Šolta 2019.

Model	Godišnji trošak [€]	CEEP [GWh]	Emisije CO ₂ [kt]	Uvoz/Izvoz el. energije [GWh]	Udio OIE (primarna energija) [%]	Udio OIE (električna energija) [%]
Šolta 2019	650 000	0	6,32	8,68/0	0	0

Iz dobivenih rezultata vidljivo je kako se energetska sustav otoka Šolte u potpunosti oslanja na uvoz električne energije te kako nema proizvodnje energije iz OIE.

5.2 BAU scenarij – 2035. godina

Pošto je kao krajnja godina energetske tranzicije odabrana 2035., trebalo je najprije modelirati energetska sustav otoka Šolte 2035. godine ukoliko bi se on nastavio razvijati prema dosadašnjem modelu, bez implementacije ikakvih mjera. Takav scenarij je na engleskom jeziku poznat pod nazivom BAU (Business As Usual).

Kao što je zaključeno prilikom analize, ukupna potrošnja električne energije na otoku Šolti raste. U trogodišnjem razdoblju za koje su ustupljeni podaci (2017. – 2019.) taj je porast iznosio 5,47 %. Stoga je pretpostavljen linearni rast potrošnje električne energije do 2035. godine, sa stopom rasta od 5,47 % svake tri godine. Isto tako, pretpostavljeno je da se udio pojedinih sektora (javna rasvjeta, kućanstva i poduzetništvo) u ukupnoj potrošnji električne energije ne mijenja. Prikaz pretpostavljene potrošnje električne energije za 2035. godinu dan je u Tablici 23.

Tablica 23. Potrošnja električne energije otok Šolta 2035. godine

Godina	Sektor			
	Javna rasvjeta	Kućanstva	Poduzetništvo	Ukupno
2019	0,205	5,98	2,499	8,68
Udio 2019 [%]	2,36	68,86	28,78	100
2035 BAU	0,268	7,816	3,267	11,35

Osim procjene potrošnje električne energije, trebalo je pretpostaviti i kretanje potrošnje energenata u transportu do 2035. godine. Prema dostupnim podacima na bazi EU, vidljivo je kako se među novim automobilima rapidno povećava udio benzinskih motora, električnih motora i motora na alternativna goriva, dok se udio vozila pogonjenih na dizel smanjuje. Tablični prikaz promjene udjela pojedinog goriva kod novih osobnih automobila dan je u Tablici 24.

Tablica 24. Udio pojedinog tipa goriva u strukturi novih automobila, EU 2016. – 2019. [15]

Godina	Tip goriva	
	Benzin	Dizel
2016	46,6 %	49,2 %
2019	58,9 %	30,5 %

Premda europske zemlje poput Velike Britanije planiraju potpunu zabranu prodaje novih dizelskih i benzinskih automobila od 2030. [14] godine nadalje, pretpostavljeno je kako će Hrvatska, a posebice izolirano područje otoka Šolte kasniti za europskim trendovima. Brzina obnove voznog parka u Hrvatskoj je za 2017. godinu iznosila 5,9 %. Toliki je bio udio novih registracija automobila u ukopnom broju registracija [16].

Isto tako, dok je kod osobnih automobila brzina zaokreta prema benzinskim i električnim motorima dosta visoka, kod radnih strojeva, teretnih vozila i traktora, ta je brzina puno manja. Stoga je za 2035. godinu pretpostavljeno ukupno smanjenje udjela dizelskih vozila na otoku Šolti za 10 % te povećanje udjela benzinskih vozila za 15 %. Navedene pretpostavke temelje se na situaciji u kojoj ne bi bilo integracija električnih vozila. Također, potrošnja u trajektnom prometu ostala bi nepromijenjena. U konkretnim brojevima to znači da bi 2035. godine na otoku Šolti bio utrošeno 14,844 GWh dizelskog goriva te 8,295 GWh benzinskog goriva.

Rezultati simulacije za model Šolta BAU 2035. prikazani su u prilogu rada.

Tablični prikaz najvažnijih parametara modela Šolta 2035. BAU dan je u Tablici 25.

Tablica 25. Najvažniji parametri – model Šolta 2035. BAU

Model	Godišnji trošak [€]	CEEP [GWh]	Emisije CO ₂ [kt]	Uvoz/Izvoz el. energije [GWh]	Udio OIE (primarna energija) [%]	Udio OIE (električna energija) [%]
Šolta 2035. BAU	796 000	0	6,16	11,35/0	0	0

Usporede li se dobiveni parametri s referentom 2019. godinom, može se vidjeti kako je, uslijed povećanja potrošnje električne energije narastao ukupni godišnji trošak električne energije. Cjelokupna potreba za električnom energijom i dalje se namiruje iz uvoza, dok je proizvodnja iz OIE jednaka nuli. Zbog smanjenja udjela dizelskih vozila došlo je i do smanjenja emisija CO₂.

5.3 Implementacija pametne rasvjete

Prva od implementiranih mjera energetske učinkovitosti jest postavljanje sustava pametne rasvjete.

Prema procjeni potrošnje električne energije za BAU scenarij, sektor javne rasvjete će 2035. godine trošiti 0,268 GWh električne energije. Sukladno potrošnji po jednom rasvjetnom tijelu, predviđa se i povećanje broja rasvjetnih tijela s 19 na 25.

Podaci o uštedama za određeni tip pametne rasvjete preuzeti su iz analize troškova i koristi (eng. cost benefit analysis) provedene na primjeru grada Luksemburga [17]. Od četiri navedena tipa pametne rasvjete u analizi, za otok Šoltu je odabrano postavljanje najnaprednije rasvjete bazirane na principu prigušivanja (eng. dimming). Odabrana pametna rasvjeta prigušuje svoju svjetlost ovisno o broju korisnika u blizini. Minimalna vrijednost, na kojoj rasvjetno tijelo radi kada nema korisnika u blizini, jest 60 % standardnog osvjetljenja. Odabrani tip rasvjete koristi LED tehnologiju [17].

Analiza uštede energije u odnosu na konvencionalna rasvjetna tijela provedena je na 537 rasvjetnih tijela postavljenih u gradu Luksemburgu te je izračunato kako pametna rasvjeta s prigušenjem godišnje štedi 0,00427 GWh energije po rasvjetnom tijelu [17].

Skaliraju li se te uštede na razinu otoka Šolta, zaključuje se kako bi ukupna ušteda na otoku Šolti iznosila 0,0107 GWh godišnje, odnosno da bi se potrošnja električne energije na otoku Šolti 2035. godine smanjila na 11,3398 GWh.

Ukoliko uzmemo prosječnu cijenu električne energije za Republiku Hrvatsku, ušteda bi s ekonomskog aspekta iznosila 1922,5 eura godišnje, dok je, prema analizi, ukupni trošak postavljanja rasvjetnih tijela 69 eura po rasvjetnom tijelu [17]. Za 25 tijela na otoku Šolti ukupni trošak postavljanja iznosio bi 1725 eura. Shodno tome, period povrata investicije (eng. ROI – return on investment) iznosi bi 0,897 godina.

Rezultati simulacije za model Šolta 2035. pametna rasvjeta prikazani su u prilogu rada.

Tablični prikaz najvažnijih parametara modela Šolta 2035. pametna rasvjeta dan je u Tablici 26.

Tablica 26. Najvažniji parametri – model Šolta 2035. pametna rasvjeta

Model	Godišnji trošak [€]	CEEP [GWh]	Emisije CO ₂ [kt]	Uvoz/Izvoz el. energije [GWh]	Udio OIE (primarna energija) [%]	Udio OIE (električna energija) [%]
Šolta 2035. pametna rasvjeta	796 000	0	6,16	11,34/0	0	0

Pošto sektor javne rasvjete zauzima samo 2,36 % ukupne potrošnje električne energije, rezultati implementacije mjere uvođenja pametne rasvjete nisu najočitiije vidljivi na razini cjelokupnog energetskeg sustava. Međutim, došlo je do određenog smanjenja potrošnje električne energije, a time i do smanjenja cijene sustava, premda to nije jasno vidljivo iz brojeva u tablici, već samo iz gornje individualne analize.

5.4 Elektrifikacija cestovnog prometa

Premda EU, u sklopu Europskog zelenog plana, potiče elektrifikaciju cestovnog prometa, posebice osobnih automobila, udio električnih automobila u ukupnom voznom parku Europske unije još uvijek je malen. Tako, na primjer, Njemačka, jedan od predvodnika elektrifikacije prijevoza EU, ima udio od tek 3,5 % električnih automobila među novim registracijama 2019. godine [18].

Ipak, taj udio će morati rasti te se u energetske tranziciji otoka Šolte predviđa da će 2035. godine električna vozila napraviti 25 % svih prijeđenih kilometara na otoku. Ostatak kilometara raspoređen je među dizelskim i benzinskim vozilima u omjeru kakav je bio u BAU scenariju (63,4 % dizel / 36,4 % benzin). U obzir se mora uzeti i puno veća efikasnost električnih vozila u odnosu na konvencionalna dizelska i benzinska vozila. Efikasnost vozila po tipu prikazana je u Tablici 27.

Tablica 27. Efikasnost različitih tipova vozila

Tip vozila	Efikasnost [km/kW]
Dizel	1,58
Benzin	1,51
Električna vozila	6

Uračunaju li se dane efikasnosti, elektrifikacija cestovnog prijevoza na otoku Šolti do 2035. godine dovela bi do smanjenja potrošnje dizelskog goriva na 13,708 GWh godišnje te do smanjenja potrošnje benzinskog goriva 6,221 GWh, dok bi se potrošnja električne energije povećala za 0,821 GWh.

Rezultati simulacije modela Šolta 2035. - elektrifikacija vozila prikazani su u prilogu rada.

Tablični prikaz najvažnijih parametara modela Šolta 2035. elektrifikacija vozila dan je u Tablici 28.

Tablica 28. Najvažniji parametri – model Šolta 2035. elektrifikacija vozila

Model	Godišnji trošak [€]	CEEP [GWh]	Emisije CO ₂ [kt]	Uvoz/Izvoz el. energije [GWh]	Udio OIE (primarna energija) [%]	Udio OIE (električna energija) [%]
Šolta 2035. elektrifikacija vozila	814 000	0	5,31	12,17/0	0	0

Iz dobivenih parametara može se primijetiti značajno smanjenje štetnih emisija CO₂. Također, primjetno je i povećanje potrebe za uvozom električne energije te shodno tome povišenje cjelokupne cijene elektroenergetskog sustava.

Isto tako, valja naglasiti kako u godišnji trošak elektroenergetskog sustava ne ulazi ukupna cijena provedbe scenarija koja bi uključivala izgradnju potrebne infrastrukture za električna vozila.

5.5 Prebacivanje pomorskog linijskog prometa na LNG

Kao primjer dobre prakse za prebacivanje trajektnog prometa na ukapljeni prirodni plin (eng. LNG) poslužio je danski otok Samsø, jedan od pionira energetske tranzicije otoka.

Novi trajekt na otoku od 2015. godine vozi na prirodni plin. Trajekt imena „Princess Isabella“ kapaciteta je 600 putnika i 160 automobila, a pogone ga četiri motora, svaki snage 1 MW.

Smanjenje štetnih emisija CO₂ iznosi od 15-20 % u odnosu na dizel, dok je smanjenje emisija NO_x čak 85 %. Uz to, trajekt prilikom svoje plovidbe ne stvara čestice niti SO_x komponente [19].

Rezultati prebacivanja pomorskog linijskog prometa za otok Šolta na LNG prikazani su u prilogu rada

Tablični prikaz najvažnijih parametara modela Šolta 2035. LNG trajekt dan je u Tablici 29.

Tablica 29. Najvažniji parametri – model Šolta 2035. LNG trajekt

Model	Godišnji trošak [€]	CEEP [GWh]	Emisije CO ₂ [kt]	Uvoz/Izvoz el. energije [GWh]	Udio OIE (primarna energija) [%]	Udio OIE (električna energija) [%]
Šolta 2035. LNG trajekt	780 000	0	5,52	11,35/0	0	0

Usporede li se dobiveni parametri s BAU modelom, mogu se vidjeti višestruki benefiti. Najprije, došlo je do značajnog smanjenja emisija CO₂. Isto tako, smanjen je i ukupni trošak cijelog elektroenergetskog sustava.

Valja napomenuti kako u navedeni godišnji trošak elektroenergetskog sustava ne ulazi nabava trajekta.

5.6 Integracija proizvodnje električne energije iz PV modula

Analizom meteoroloških podataka utvrđeno je kako otok Šolta ima visok potencijal za proizvodnju solarne energije.

Stoga se kao glavna mjera energetske tranzicije nameće integracija proizvodnje električne energije iz PV modula u elektroenergetski sustav otoka.

Navedena proizvodnja iz PV modula dijeli se na dva smjera: proizvodnju električne energije u neintegriranoj sunčanoj elektrani te proizvodnju električne energije u integriranim sunčanim elektranama na krovnoj površini poslovnih, javnih i stambenih objekata.

Premda u „Prostornom planu uređenja Općine Šolta“ [20] nije definirana površina za izgradnju neintegrirane sunčane elektrane, prostor općine nije u većoj mjeri izgrađen te je, pogotovo na južnoj strani otoka, moguće pronaći zemljište pogodno za gradnju iste.

Tablični prikaz načina korištenja površina na otoku Šolti dan je na Slici 9.

NAČIN KORIŠTENJA prema dokumentima prostornog uređenja	ha	Udio u površini %
Izgrađena područja naselja	200,5	3,40
Poljoprivredne površine	1010,6	17,13
Šumske površine ukupno	2617,3	44,38
Ostale poljoprivredne i šumske površine	1784,9	30,26
Općina ukupno	5898,0	100,00

Slika 9. Način korištenja površina na otoku Šolti [6]

Planirana neintegrirana sunčana elektrana imala bi instaliranu snagu od 3,5 MW, što bi, pogledaju li se trenutno izgrađene SE na prostoru Republike Hrvatske [22], odgovaralo površini od otprilike 5,5 hektara.

Kod modeliranja instalirane snage PV modula na krovnim površinama, kao pretpostavka je uzet ciljani postotak pokrivenosti krovnih površina solarnim panelima. Za okvirnom mjerilo potrebne površine za izgradnju sunčane elektrane uzet je odnos $1 \text{ kW} = 10 \text{ m}^2$.

Ukupna krovna površina na otoku Šolti preuzeta je pomoću alata Hotmaps, financiranog od strane Europske unije [21].

Krovna površina na otoku Šolti iznosi $72\,479,37 \text{ m}^2$, a modelirani su scenariji s 30 %, 40 % i 50 % njene pokrivenosti PV modulima. Ukupne instalirane snage integriranih sunčanih elektrana ovisno o postotku prekrivenosti krovne površine PV modulima prikazane su u Tablici 30.

Tablica 30. Instalirane snage integriranih sunčanih elektrane ovisno o pokrivenosti krovnih površina PV modulima

Postotak pokrivenosti krovnih površina	Površina pokrivena PV modulima [m ²]	Ukupna instalirana snaga integriranih SE [MW]
30 %	21 743,8	2,174
40 %	28 991,7	2,899
50 %	36 239,7	3,624

U EnergyPLAN-u su provedena tri scenarija. U sva tri scenarija postoji neintegrirana SE snage 3,5 MW, dok se ukupna instalirana snaga integriranih sunčanih elektrana mijenja s različitim postotkom pokrivenosti krovnih površina – 30 %, 40 % i 50 %.

Prilikom integracije OIE u elektroenergetske sustave dolazi do pojave parametra kritičnog viška proizvodnje električne energije (eng. CEEP – Critical Excess of Electricity Production). Zbog stabilnosti sustava, CEEP ne bi trebao prelaziti udio od 5 % ukupne potrošnje električne energije cijelog elektroenergetskog sustava. Ukoliko postoji veći višak proizvodnje od navedene granice, on se može balansirati integracijom različitih oblika kapaciteta za skladištenje električne energije.

Skladištenje električne energije može se vršiti različitim metodama pa tako postoje termalni skladišni kapaciteti, baterijski skladišni kapaciteti, skladištenje pomoću reverzibilnih hidroelektrana te skladištenje pomoću tehnologije komprimiranog zraka (eng. CAES – Compressed Air Energy Storage).

Prilikom simulacije modela u EnergyPLAN-u svaki CEEP iznad 5 % (odnosno 0,57 GWh) je balansiran uvođenjem skladišnih baterijskih kapaciteta.

Rezultati modela Šolta 2035. PV 30 % prikazani su u prilogu rada. Zbog pojave kritičnog viška proizvodnje električne energije u iznosi višem od 5 %, bilo je potrebno instalirati skladišne kapacitete veličine 30 MWh.

Tablični prikaz najvažnijih parametara modela Šolta 2035. PV 30 % dan je u Tablici 31.

Tablica 31. Najvažniji parametri – model Šolta 2035. PV 30 %

Model	Godišnji trošak [€]	CEEP [GWh]	Emisije CO ₂ [kt]	Uvoz/Izvoz el. energije [GWh]	Udio OIE (primarna energija) [%]	Udio OIE (električna energija) [%]	Instalirani skladišni kapaciteti [MWh]
Šolta 2035. PV 30 %	385 000	0,1	6,16	4,67/0,1	25,2	52,2	30

Rezultati modela Šolta 2035. PV 40 % prikazani su u prilogu rada. Zbog pojave kritičnog viška proizvodnje električne energije u iznosi višem od 5 %, bilo je potrebno instalirati skladišne kapacitete veličine 30 MWh.

Tablični prikaz najvažnijih parametara modela Šolta 2035. PV 40 % dan je u Tablici 32.

Tablica 32. Najvažniji parametri – model Šolta 2035. PV 40 %

Model	Godišnji trošak [€]	CEEP [GWh]	Emisije CO ₂ [kt]	Uvoz/Izvoz el. energije [GWh]	Udio OIE (primarna energija) [%]	Udio OIE (električna energija) [%]	Instalirani skladišni kapaciteti [MWh]
Šolta 2035. PV 40 %	355 000	0,33	6,16	4,08/0,33	27,5	56,4	30

Rezultati modela Šolta 2035. PV 50 % prikazani su u prilogu rada. Zbog pojave kritičnog viška proizvodnje električne energije u iznosi višem od 5 %, bilo je potrebno instalirati skladišne kapacitete veličine 40 MWh.

Tablični prikaz najvažnijih parametara modela Šolta 2035. PV 50 % dan je u Tablici 33.

Tablica 33. Najvažniji parametri – model Šolta 2035. PV 50 %

Model	Godišnji trošak [€]	CEEP [GWh]	Emisije CO ₂ [kt]	Uvoz/Izvoz el. energije [GWh]	Udio OIE (primarna energija) [%]	Udio OIE (električna energija) [%]	Instalirani skladišni kapaciteti [MWh]
Šolta 2035. PV 50 %	318 000	0,34	6,16	3,35/0,34	29,7	59,5	40

Pogledaju li se najvažniji parametri, mogu se primijetiti višestruke koristi integracije proizvodnje električne energije iz PV modula.

Godišnji trošak energetskeg sustava značajno se smanjio. U scenariju s 50 % pokrivenih krovnih površina došlo je do smanjenja troška za čak 60 %, a i u drugim scenarijima su uštede značajne. Treba napomenuti kako godišnji trošak ne uključuje trošak izgradnje SE te potrebnih skladišnih kapaciteta.

Isto tako, elektroenergetski sustav otoka Šolte bi integracijom električne energije iz PV modula postao neovisniji tj. smanjila bi se njegova ovisnost o uvozu električne energije.

Udio OIE u potrošnji primarne energije također bi značajno narastao te bi za scenarij Šolta 2035. PV 50 % iznosio 29,7 %.

Ipak, taj postotak je još uvijek manji od 32 % predviđenih klimatskim programom Europske unije za 2030. godinu. Stoga se pristupilo modeliranju scenarija koji bi istovremeno implementirao sve dosad opisane mjere.

5.7 Skupni scenarij – Šolta 2035.

Skupni scenarij podrazumijeva implementaciju svih dosad navedenih mjera – pametne rasvjete, elektrifikacije cestovnog prometa, prebacivanja pomorskog linijskog prometa na LNG te integraciju proizvodnje električne energije iz PV modula s 50 % pokrivenosti krovnih površina te instaliranim skladišnim kapacitetima.

Rezultati modela Šolta 2035. skupno prikazani su u prilog rada.

Tablični prikaz najvažnijih parametara modela Šolta 2035. skupno dan je u Tablici 34.

Tablica 34. Najvažniji parametri – model Šolta 2035. skupno

Model	Godišnji trošak [€]	CEEP [GWh]	Emisije CO ₂ [kt]	Uvoz/Izvoz el. energije [GWh]	Udio OIE (primarna energija) [%]	Udio OIE (električna energija) [%]	Instalirani skladišni kapaciteti [MWh]
Šolta 2035. skupno	312 000	0,15	4,67	4,01/0,15	32,9	56,2	40

Iz prikazanih parametara vidljivo je dodatno smanjenje godišnjeg troška elektroenergetskog sustav. Isto tako, udio OIE u potrošnji primarne energije iznosi 32,9 %, što premašuje cilj Europske unije od 32 % do 2030. godine.

5.8 Usporedba simuliranih modela

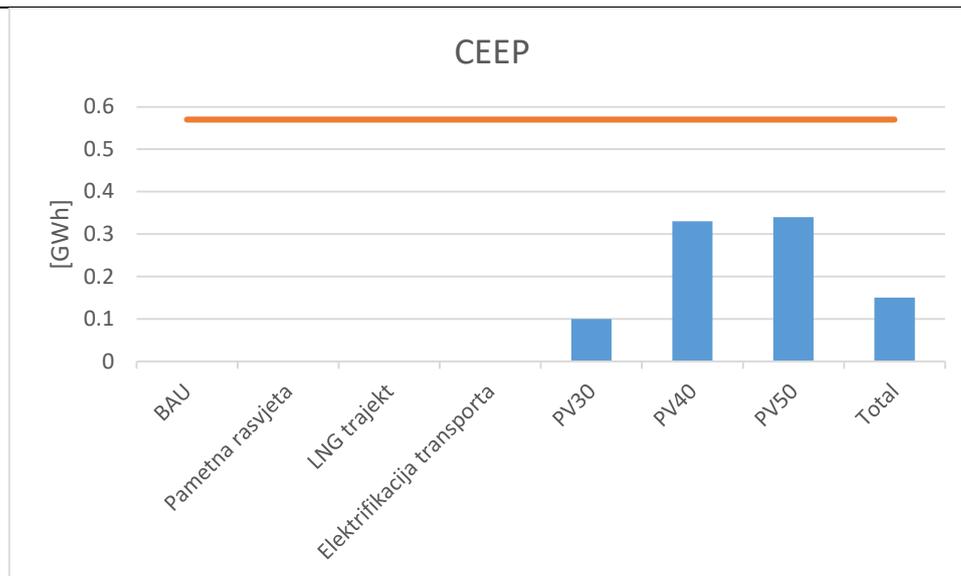
Nakon simulacije modela, provedena je njihova usporedba po najvažnijim parametrima: godišnjem trošku, kritičnom višku proizvodnje električne energije (CEEP), emisijama CO₂, potrebnom uvozu električne energije te udjelu OIE u potrošnji primarne energije.

Grafički prikaz usporedbe simuliranih modela po godišnjem trošku dan je na Dijagramu 34.



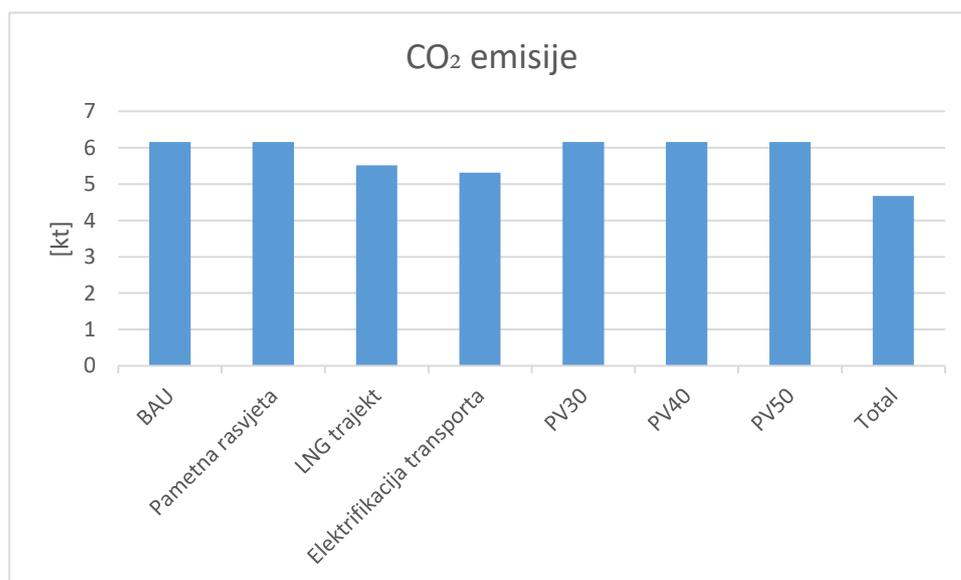
Dijagram 34. Usporedba simuliranih modela po godišnjem trošku sustava

Grafički prikaz usporedbe simuliranih modela po kritičnom višku proizvodnje električne energije (CEEP) dan je na Dijagramu 35. Narančastom linijom označena je dopuštena vrijednost CEEP-a od 5 % ukupne potrošnje električne energije.



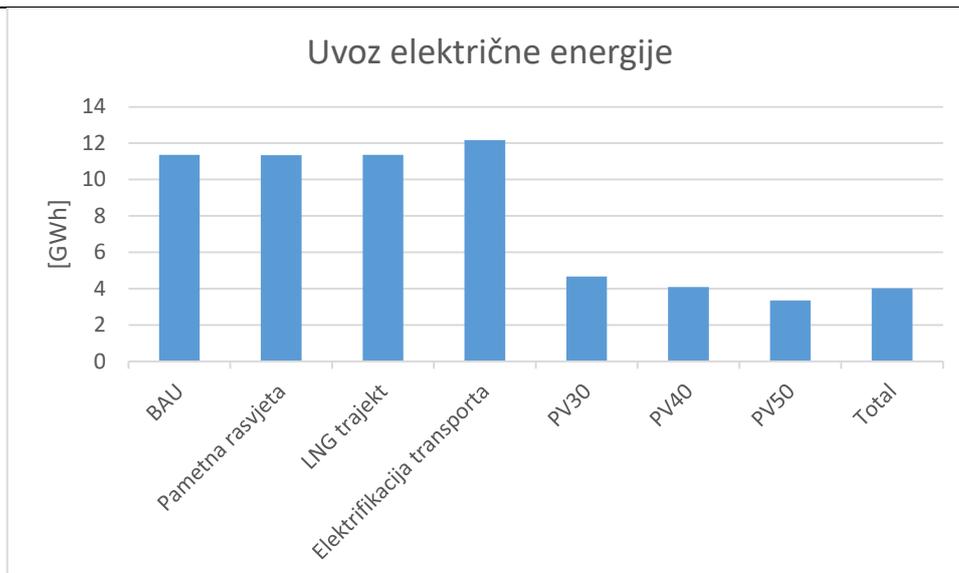
Dijagram 35. Usporedba simuliranih modela po kritičnom višku proizvodnje električne energije (CEEP)

Grafički prikaz usporedbe simuliranih modela po emisijama CO₂ dan je na Dijagramu 36.



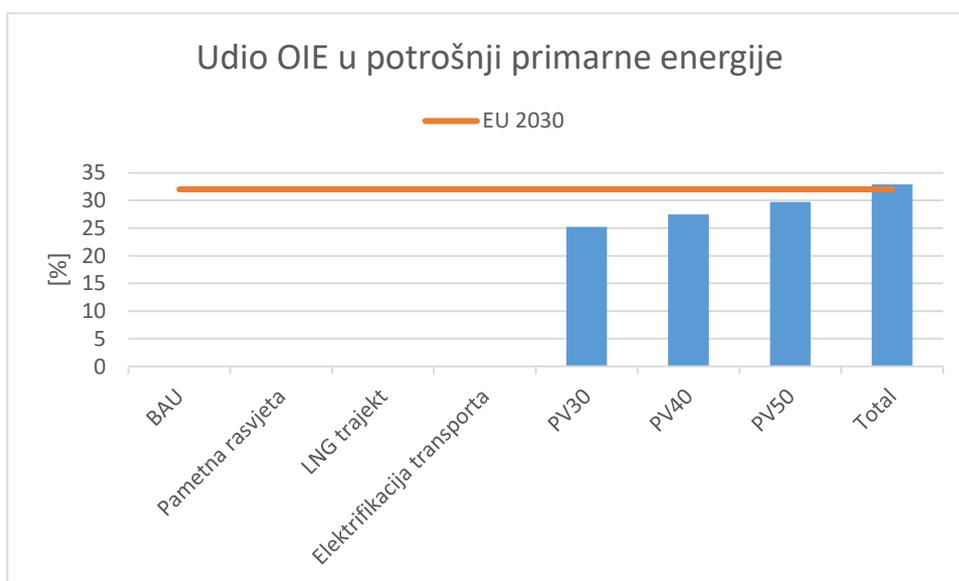
Dijagram 36. Usporedba simuliranih modela po emisijama CO₂

Grafički prikaz usporedbe simuliranih modela po potrebnom uvozu električne energije dan je na Dijagramu 37.



Dijagram 37. Usporedba simuliranih modela po potrebnom uvozu električne energije

Grafički prikaz usporedbe simuliranih modela po udjelu OIE u potrošnji primarne energije dan je na Dijagramu 38. Narančastom linijom označen je cilj Europske unije prema klimatskom planu za 2030. godinu. Valja napomenuti kako je dio električne energije uvezen u elektroenergetski sustav otoka Šolte iz elektroenergetskog sustava Republike Hrvatske također proizveden iz OIE te je stoga stvarni udio OIE u potrošnji primarne energije nešto veći.



Dijagram 38. Usporedba simuliranih modela po udjelu OIE u potrošnji primarne energije

6 PRIJEDLOG ENERGETSKE TRANZICIJE OTOKA ŠOLTE

Nakon modeliranja različitih scenarija i analize dobivenih parametara, može se iznijeti okvirni prijedlog energetske tranzicije otoka Šolte do 2035. godine.

6.1 Vizija energetske tranzicije

Kao vizija energetske tranzicije nameće se stvaranje neovisnijeg, sigurnijeg te ekološki prihvatljivijeg elektroenergetskog sustava na otoku Šolti. Takav sustav namjerava se postići proizvodnjom vlastite, čiste i jeftine energije iz obnovljivih izvora, ali i povećanjem energetske učinkovitosti. Osim primarnog utjecaja na sigurnost opskrbe energije te njenu cijenu, navedeni procesi bi, stvaranjem novih radnih mjesta i boljih uvjeta života, pomogao i ekonomskoj samoodrživosti otoka te zadržao stanovništvo na otoku.

Takva vizija u potpunosti prati ciljeve europske inicijative „Čiste energije za otoke EU“ te „Europskog zelenog plana“.

6.2 Stupovi energetske tranzicije

Stupovi energetske tranzicije predstavljaju glavne sektore u kojima se, implementacijom mjera, može postići napredak prema zacrtanoj viziji. Nakon analize različitih scenarija u računalnom programu EnergyPLAN, zaključuje se kako su najvažniji stupovi energetske tranzicije otoka Šolte:

1. proizvodnja električne energije u sunčanim elektranama,
2. cestovni promet te
3. pomorski promet.

6.2.1 Proizvodnja električne energije u sunčanim elektranama

Simulacijom nekoliko modela integracije električne energije proizvede pomoću PV modula pokazano je kako takva proizvodnja iznimno povoljno utječe na trošak cjelokupnog energetskog sustava te na povećanje udjela OIE u potrošnji primarne energije. Isto tako, integracijom proizvodnje električne energije iz sunčanih elektrana smanjuje se potreba za uvozom električne energije te povećava autonomnost otoka te sigurnost opskrbe električnom energijom. Najznačajnija mana takve proizvodnje električne energije jest zasigurno kritični višak proizvodnje, no on se može regulirati dobrim balansiranjem kapaciteta za skladištenje energije.

Stoga se na neizgrađenoj površini u općinskom vlasništvu, posebice na južnoj strani otoka, predlaže izgradnja neintegrirane SE, minimalne instalirane snage od 3,5 MW. Također, predlaže se i poticanje lokalnog stanovništva na postavljanje PV modula na krovove vlastitih stambenih objekata te postavljanje istih na krovove zgrada u javnom vlasništvu. Uz krovne površine PV moduli mogu biti postavljeni i na drugim pogodnim lokacijama, kao što su, na primjer, crpilišta za vodu.

Osim neintegriranih sunčanih elektrana te integriranih sunčanih elektrana na privatnim, javnim i poslovnim objektima, predlaže se i izgradnja autonomnih sustava, čiji bi cilj bio opskrba od jednog do nekoliko desetaka kućanstava. Takvi sustavi nisu priključeni na mrežu te su upotpunjeni vlastitim baterijskim skladišnim kapacitetima.

6.2.2 Cestovni promet

Zbog nedostatka industrijske aktivnosti, cestovni promet je odgovoran za većinu štetnih emisija stakleničkih plinova na otoku Šolti te se upravo njegovom elektrifikacijom može značajno smanjiti štetan utjecaj na okoliš. Predlaže se da jedan od prvih ciljeva bude elektrifikacija dvaju otočkih autobusnih linija, a zatim i izgradnja punionica za električne automobile koju bi moglo koristiti domaće stanovništvo, ali i turisti tijekom ljetnih mjeseci.

Isto tako, na područje otoka mogao bi se uvesti sustav električnih bicikala. Bicikli bi se mogli postaviti na nekoliko lokacija na otoku te bi bili opremljeni softverskim sustavom koji omogućuje njihovo iznajmljivanje pomoću mobilne aplikacije.

Osim e- bicikala, na otok bi se mogao dovesti i sustav „E-car sharing“, koji omogućuje korisnicima korištenje automobila bez svih obaveza koje proizlaze iz posjedovanja vozila. Korisnici tako dijele nekoliko automobila te ih koriste samo onda kada su im potrebni, dok brigu o održavanju automobila vodi netko drugi.

6.2.3 Pomorski promet

Simulacijama modela prebacivanja trajektnom prometa na LPG pogon prikazani su svi benefiti koje takva mjera postiže, posebice na području smanjenja štetnih emisija. Uz prelazak na ukapljeni prirodni plin, moguća je i elektrifikacija javnog linijskog pomorskog prometa.

7 ZAKLJUČAK

Europska unija se, odlukom da postane prvi, u klimatskom smislu, neutralni kontinent do 2050. godine, pozicionirala kao globalni lider u borbi protiv klimatskih promjena. Hrvatska, kao dio Europske unije, ima obvezu ispunjavati ciljeve smanjenja štetnih emisija, povećanja energetske učinkovitosti te integracije OIE. Pošto su otoci označeni kao predvodnik tranzicije, upravo bi „Zemlja s tisuću otoka“, kako se Hrvatska voli reklamirati u turističke svrhe, trebala biti predvodnica implementacije novih tehnologija.

Na primjeru odabranog otoka Šolte, modeliranjem različitih scenarija u računalnom alatu EnergyPLAN, pokazani su rezultati implementacije mjera energetske učinkovitosti te integracije proizvodnje energije iz obnovljivih izvora. Premda se svaka od zamišljenih mjera pokazala uspješnom na svoj način, najbolje rezultate u pogledu smanjenja štetnih emisija pokazale su elektrifikacija cestovnog prometa te prebacivanje pomorskog prometa na LNG pogon. Kod elektrifikacije cestovnog prometa štetne emisije smanjenje su na 5,31 kt godišnje, što je smanjenje od 13,8 % u odnosu na BAU model. Prilikom prebacivanja trajektnog prometa na LNG vrijednost emisija iznosi 5,52 kt (smanjenje od 10,4 %).

U pogledu povećanja udjela OIE te osiguranja čiste, sigurne i povoljne energije na otoku, najbolje rezultate dala je integracija proizvodnje električne energije iz PV modula. Rezultati su pokazali kako u modelu PV 50 % dolazi do smanjivanja troškova sustava za čak 60,1 % (318 000 eura), dok je udio OIE u primarnoj potrošnji energije 29,7 %. Potreba za uvozom električne energije također je reducirana s 11,35 na 3,35 GWh. Upravo stoga integracija PV modula je odabrana kao prvi stup buduće energetske tranzicije.

Najbolje rezultate daje skupni model gdje dolazi do reduciranja troškova sustava na iznos od 312 000 eura (smanjenje od 60,8 %), smanjenja emisija za 24,2 % (4,67 kt) te povećanja udjela OIE na 32,9 %, što ispunjava ciljeve EU za 2030. godinu.

Iako sa sobom povlače i mnoge troškove, koji u nekim slučajevima nisu uzeti u obzir, implementacija navedenih mjera dugoročno je isplativa s ekonomskog i energetske gledišta.

Primjer tranzicije elektroenergetskog sustava otoka Šolte može se jednostavno preslikati na sustave drugih jadranskih otoka. Stoga je lako zaključiti kako je u rukama Hrvatske, zbog izuzetno povoljnog geografskog položaja, veliki energetske potencijal. S pametno provedenom tranzicijom, čista, sigurna i povoljna energija mogla bi postati dostupna svakom građaninu RH.

LITERATURA

- [1] United Nations Climate Change, <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>, 16.11.2020.
- [2] Europska komisija, https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en, 16.11.2020.
- [3] Postizanje klimatske neutralnosti do 2050., strateška dugoročna vizija za prosperitetno, moderno, konkurentno i klimatski neutralno gospodarstvo EU, Europska komisija, 16.11.2020.
- [4] Europska komisija, https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en, 16.11.2020.
- [5] Europska komisija, https://ec.europa.eu/energy/topics/markets-and-consumers/clean-energy-eu-islands_en, 16.11.2020.
- [6] Strategija razvoja Općine Šolta do 2020. godine, Urbos d.o.o. Split, 2015., 1.9.2020.
- [7] Izvješće o radu direktorice i turističkog ureda o izvršenju programa rad i financijskog plana za 2018. godinu, Turistička zajednica općine Šolta, 2019., 17.11.2020.
- [8] Desetogodišnji (2018. – 2027.) plan razvoja distribucijske mreže HEP ODS-a, HEP, Zagreb, prosinac 2017. godine, 1.9.2020.
- [9] Državni hidrometeorološki zavod, DHMZ, 17.11.2020.
- [10] Zakon o prostornom uređenju, NN 153/2013, 17.11.2020.
- [11] Centar za vozila Hrvatske, <https://www.cvh.hr/tehnicki-pregled/statistika/>, 17.11.2020.
- [12] Tranzicijski plan prema čistoj energiji, otok Hvar, Ana Marija Jakas, Edo Jerkić, 1.9.2020.
- [13] Ember Climate, <https://ember-climate.org/data/carbon-price-viewer/>, 18.11.2020.
- [14] UK to ban sale of new petrol and diesel cars from 2030, <https://economictimes.indiatimes.com/news/international/business/uk-to-ban-sale-of-new-petrol-and-diesel-cars-from-2030-reports-ft/articleshow/79223722.cms>, 18.11.2020.
- [15] ACEA (European Automobile Manufacturers Association), <https://www.acea.be/statistics/article/Share-of-diesel-in-new-passenger-cars>, 18.11.2020.
- [16] Energy, transport and environment statistic, Eurostat, 2019. edition, 18.11.2020.
- [17] Cost Analysis of Smart Lighting Solutions for Smart Cities, Conference paper, Fabrizio Granelli, Dzmitry Kliazovich, Caludio Fiandrino, Guiseppa Cacciatore, 2017., 15.9.2020.
- [18] Statista, <https://www.statista.com/statistics/626633/eu-new-electric-vehicle-registrations/>, 18.11.2020.
- [19] Samsø ferry fueled by LNG, Maskinmesteren 2015., 15.9.2020.
- [20] Izmjene i dopune prostornog plana uređenja Općine Šolta, Urbos d.o.o. Split, 2016., 18.11.2020.
- [21] Hotmaps Tool, <https://www.hotmaps.eu/map>, 1.9.2020.
- [22] HEP, <https://www.hep.hr/projekti/obnovljivi-izvori-energije/neintegrirane-suncane-elektrane/3422>, 18.11.2020.
- [23] Predložak tranzicijskog plana prema čistoj energiji, Tajništvo za čistu energiju otoka Europske unije, <https://euislands.eu/document/islands-transition-handbook>, 1.9.2020.

PRILOZI

I. Rezultati simuliranih modela u računalnom alatu EnergyPLAN

REZULTATI SIMULIRANIH MODELA
U RAČUNALNOM PROGRAMU
ENERGYPLAN

Input										Solta_2035_elektrifikacija.txt										The EnergyPLAN model 13.0																	
Electricity demand (GWh/year):		Flexible demand 0.00		Fixed demand 11.35		Fixed imp/exp. 0.00		Transportation 0.82		Total 12.17		Group 2:		Capacities		Efficiencies		Regulation Strategy:		Technical regulation no. 1		Fuel Price level: Basic															
District heating (GWh/year):		Gr.1		Gr.2		Gr.3		Sum		Group 3:		CHP		Heat Pump		Boiler		Minimum CHP gr 3 load		Minimum PP		Hydro Pump:															
District heating demand		0.00		0.00		0.00		0.00		CHP		0		0		0.90		0.00		0 kW		0															
Solar Thermal		0.00		0.00		0.00		0.00		Heat Pump		0		0		0.50		0.50		0 kW		0															
Industrial CHP (CSHP)		0.00		0.00		0.00		0.00		Boiler		0		0		0.90		Maximum import/export		0 kW		0															
Demand after solar and CSHP		0.00		0.00		0.00		0.00		Condensing		0		0.45				Distr. Name:		Hour_nordpool.txt		0.00															
Wind		0 kW		0.00		GWh/year		0.00		Grid		Heatstorage: gr.2:		0 MWh		gr.3:		0 MWh		Fixed Boiler: gr.2:		0.0		Per cent													
Photo Voltaic		0 kW		0		GWh/year		0.00		stabil-		Electricity prod. from		CSHP		Waste		(GWh/year)		Gr.1:		0.00		0.00													
Wave Power		0 kW		0		GWh/year		0.00		sation		Gr.2:		0.00		0.00				Gr.3:		0.00		0.00													
River Hydro		0 kW		0		GWh/year		0.00		share		CAES		BioCon-		Electro-		Industry		Imp/Exp		Corrected		CO2 emission (kt):													
Hydro Power		0 kW		0		GWh/year		0.00				Wind		PV		Wave		Hydro		Solar.Th		Transp.		househ.		Various		Total		Imp/Exp		Net		Total		Net	
Geothermal/Nuclear		0 kW		0		GWh/year		0.00				CAES		BioCon-		Electro-		Industry		Imp/Exp		Corrected		CO2 emission (kt):		Total		Net		Total		Net					
												11.35		0.82		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		12.17		0.00		0.00		6800 EUR			
Average		0		0		0		0		0		1292		93		0		0		0		0		0		100		1407		0		0		68			
Maximum		0		0		0		0		0		4283		187		0		0		0		0		0		100		4470		0		0		48			
Minimum		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		100		0		0		0		44			
GWh/year		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		11.35		0.82		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		12.17		0.00		0.00		0.00		6800 EUR			
FUEL BALANCE (GWh/year):		DHP		CHP2		CHP3		Boiler2		Boiler3		PP		Geo/Nu		Hydro		Waste		CAES		BioCon-		Electro-		Industry		Imp/Exp		Corrected		CO2 emission (kt):					
Coal		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-			
Oil		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-			
N.Gas		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-			
Biomass		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-			
Renewable		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-			
H2 etc.		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-			
Biofuel		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-			
Nuclear/CCS		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-			
Total		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-			

Rezultati modela Šolta 2035. elektrifikacija vozila 1/2

Output specifications										Solta_2035_elektrifikacija.txt										The EnergyPLAN model 13.0																																											
Gr.1		District heating		Solar		CSHP		DHP		Gr.2		District heating		Solar		CSHP		CHP		HP		ELT		Boiler		EH		Stor-		Bal-		Gr.3		District heating		Solar		CSHP		CHP		HP		ELT		Boiler		EH		Stor-		Bal-		RES specification		RES1		RES2		RES3		RES Total	
January		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0							
February		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0									
March		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0									
April		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0									
May		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0									
June		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0									
July		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0									
August		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0									
September		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0									
October		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0									
November		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0									
December		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0									
Average		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0									
Maximum		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0									
Minimum		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0									
GWh/year		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00											
ANNUAL COSTS (1000 EUR)		Total Fuel ex. Ngas exchange =		0																																																											
Uranium =		0																																																													
Coal =		0																																																													
Fuel/Oil =		0																																																													
Gas/Diesel =		0																																																													
Petrol/JP =		0																																																													
Gas handling =		0																																																													
Biomass =		0																																																													
Food income =		0																																																													
Waste =		0																																																													
Total Ngas Exchange costs =																																																															

Rezultati modela Šolta 2035. PV 40 % 2/2

Input										The EnergyPLAN model 13.0																																												
Electricity demand (GWh/year): Fixed demand 11.35 Electric heating + HP 0.00 Electric cooling 0.00					Flexible demand 0.00 Fixed imp/exp. 0.00 Transportation 0.00 Total 11.35					Capacities Group 2: CHP 0 0 0.40 0.50 Heat Pump 0 0 0 3.00 Boiler 0 0 0 0.90 Group 3: CHP 0 0 0.40 0.50 Heat Pump 0 0 0 3.00 Boiler 0 0 0 0.90 Condensing 0 0 0.45					Efficiencies elec. Ther COP 0.40 0.50 0.90 0.40 0.50 0.90					Regulation Strategy: CEEP regulation 000000000 Minimum Stabilisation share 0.00 Stabilisation share of CHP 0.00 Minimum CHP gr 3 load 0 kW Minimum PP 0 kW Heat Pump maximum share 0.50 Maximum import/export 0 kW					Technical regulation no. 1 000000000 0.00 0 kW 0 kW 0 kW					Fuel Price level: Basic Capacities Storage Efficiencies kW-e MWh elec. Ther. Hydro Pump: 4000 40 0.80 Hydro Turbine: 4000 40 0.90 Electrol. Gr.2: 0 0 0.80 0.10 Electrol. Gr.3: 0 0 0.80 0.10 Electrol. trans.: 0 0 0.80 Ely. MicroCHP: 0 0 0.80 CAES fuel ratio: 0.000																								
District heating (GWh/year) District heating demand 0.00 Solar Thermal 0.00 Industrial CHP (CSHP) 0.00 Demand after solar and CSHP 0.00					Gr.1 Gr.2 Gr.3 Sum 4.97 4.6 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00					Photo Voltaic 3524 kW Photo Voltaic 3500 kW Wave Power 0 kW River Hydro 0 kW Hydro Power 0 kW Geothermal/Nuclear 0 kW					4.97 GWh/year 4.6 GWh/year 0 GWh/year 0 GWh/year 0 GWh/year 0 GWh/year					Grid stabilisation share 0.00 0.00 0.00 0.00					Heats storage: gr.2: 0 MWh Fixed Boiler: gr.2: 0.0 Per cent gr.3: 0 MWh gr.3: 0.0 Per cent					Electricity prod. from Gr.1: 0.00 Gr.2: 0.00 Gr.3: 0.00					CSPH Waste (GWh/year) 0.00 0.00 0.00					Distr. Name: Hour_nordpool.txt Addition factor 0.00 Multiplication factor 0.50 Dependency factor 0.00 Average Market Price 57 Gas Storage 0 Syngas capacity 0 Biogas max to grid 0					EUR/MWh EUR/MWh pr. MW EUR/MWh MWh kW kW					(GWh/year) Coal Oil Ngas Biomass Transport 0.00 23.14 0.00 0.00 Household 0.00 0.00 0.00 0.00 Industry 0.00 0.00 0.00 0.00 Various 0.00 0.00 0.00 0.00				
Output																				WARNING!!: (1) Critical Excess; (3) PP/Import problem																																		
District Heating										Electricity										Exchange																																		
Demand					Production					Consumption					Production					Balance					Payment																													
Distr. heating kW	Solar kW	Waste+ CSHP kW	DHP kW	CHP kW	HP kW	ELT kW	Boiler kW	EH kW	Ba-lance kW	Elec. demand kW	Flex.& Transp. kW	HP kW	Elec-trolyser kW	EH kW	Hydro kW	Tur-bine kW	RES kW	Hy-dro kW	Geo-thermal kW	Waste+ CSHP kW	CHP kW	PP kW	Stab-Load %	Imp kW	Exp kW	CEEP kW	EEP kW	Imp 1000 EUR	Exp 1000 EUR																									
January	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1314	0	0	0	0	263	238	543	0	0	0	0	0	0	100	803	7	7	0	31	0																								
February	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1178	0	0	0	0	279	201	602	0	0	0	0	0	0	100	656	2	2	0	25	0																								
March	0	0	0	0	0	0	0	0	0	992	0	0	0	0	611	420	1024	0	0	0	0	0	0	100	212	53	53	0	7	2																								
April	0	0	0	0	0	0	0	0	0	986	0	0	0	0	760	530	1375	0	0	0	0	0	0	100	6	165	165	0	0	8																								
May	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1092	0	0	0	0	654	474	1287	0	0	0	0	0	0	100	116	131	131	0	5	7																								
June	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1536	0	0	0	0	683	527	1392	0	0	0	0	0	0	100	303	3	3	0	9	0																								
July	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2116	0	0	0	0	735	529	1716	0	0	0	0	0	0	100	605	0	0	0	12	0																								
August	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2274	0	0	0	0	650	468	1602	0	0	0	0	0	0	100	855	1	1	0	31	0																								
September	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1228	0	0	0	0	785	527	1383	0	0	0	0	0	0	100	179	76	76	0	7	3																								
October	0	0	0	0	0	0	0	0	0	893	0	0	0	0	629	459	965	0	0	0	0	0	0	100	114	15	15	0	5	1																								
November	0	0	0	0	0	0	0	0	0	879	0	0	0	0	321	259	565	0	0	0	0	0	0	100	378	2	2	0	15	0																								
December	0	0	0	0	0	0	0	0	0	992	0	0	0	0	542	346	860	0	0	0	0	0	0	100	341	14	14	0	14	1																								
Average	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1292	0	0	0	0	577	415	1111	0	0	0	0	0	0	100	381	39	39	0	49	67																								
Maximum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4283	0	0	0	0	4000	3448	7124	0	0	0	0	0	0	100	4283	4826	4826	0	1630	223																								
Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0																								
GWh/year	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.35	0.00	0.00	0.00	0.00	5.07	3.65	9.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.35	0.34	0.34	0.00	1630	223																									
FUEL BALANCE (GWh/year):										CAES BioCon- Electro-										Industry		CO2 emission (kt):																																
DHP	CHP2	CHP3	Boiler2	Boiler3	PP	Geo/Nu	Hydro	Waste	Ba-lance	Elec. Ely.	Flex.& version	Transp. kW	HP kW	Elec-trolyser Fuel	PV kW	PV kW	Wave	Hydro	Solar.Th	Transp. househ.	Various	Total	Imp/Exp	Corrected Net	Total	Net																												
Coal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																										
Oil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																										
N.Gas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																										
Biomass	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																										
Renewable H2 etc.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.97	4.80	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																										
Biofuel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																										
Nuclear/CCS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																										
Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.97	4.80	-	-	-	-	-	-	32.90	6.68	39.58	6.16	6.16																											

18-November-2020 [12:47]

Rezultati modela Šolta 2035. PV 50 % 1/2

Output specifications										The EnergyPLAN model 13.0																							
District Heating Production										RES specification																							
Gr.1					Gr.2					Gr.3					RES1 RES2 RES3 RES Total																		
District heating kW	Solar kW	CSHP kW	DHP kW	Distr. heating kW	Solar kW	CSHP kW	CHP kW	HP kW	ELT kW	Boiler kW	EH kW	Stor-age kW	Ba-lance kW	District heating kW	Solar kW	CSHP kW	CHP kW	HP kW	ELT kW	Boiler kW	EH kW	Stor-age kW	Ba-lance kW	RES1 Photo kW	RES2 Wave kW	RES3 4-7 kW	RES Total kW						
January	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	276	267	0	0	543				
February	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	306	296	0	0	602			
March	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	521	503	0	0	1024			
April	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	699	675	0	0	1375			
May	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	655	632	0	0	1287			
June	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	708	684	0	0	1392			
July	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	873	843	0	0	1716			
August	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	815	787	0	0	1602			
September	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	703	679	0	0	1383			
October	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	491	474	0	0	965			
November	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	288	278	0	0	565			
December	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	438	423	0	0	860			
Average	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	565	546	0	0	1111			
Maximum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3624	3500	0	0	7124			
Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Total for the whole year										GWh/year										4.97		4.80		0.00		0.00		9.76					
Own use of heat from industrial CHP: 0.00 GWh/year										NATURAL GAS EXCHANGE										Demand		Syn-gas		SynHy		Storage		Sum		Imp-ort		Ex-port	
ANNUAL COSTS (1000 EUR)										DHP & CHP2 PP Individual Trans Indu. Demand Bio- gas Syn-gas CO2Hy SynHy SynHy Storage Sum										kW		kW		kW		kW		kW		kW		kW	
Total Fuel ex Ngas exchange = 0										January										0		0		0		0		0		0		0	
Uranium = 0										February										0		0		0		0		0		0		0	
Coal = 0										March										0		0		0		0		0		0		0	
Fuel/Oil = 0										April										0		0		0		0		0		0		0	
Gasoli/Diesel = 0										May										0		0		0		0		0		0		0	
Petrol/JP = 0										June										0		0		0		0		0		0		0	
Gas handling = 0										July										0		0		0		0		0		0		0	
Biomass = 0										August										0		0		0		0		0		0		0	
Food income = 0										September										0		0		0		0		0		0		0	
Waste = 0										October										0		0		0		0		0		0		0	
Total Ngas Exchange costs = 0										November										0		0		0		0		0		0		0	
Marginal operation costs = 0										December										0		0		0		0		0		0		0	
Total Electricity exchange = 163										Average										0		0		0		0		0		0		0	
Import = 163										Maximum										0													

