

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mateo Lovrić

Zagreb, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Neven Duić, dipl. ing.

Student:

Mateo Lovrić

Zagreb, 2022.

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

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Nevenu Duiću na ukazanom povjerenju i mogućnosti izrade diplomskog rada u njegovom mentorstvu te se isto tako zahvaljujem kolegi Antunu Pfeiferu mag. ing. na pruženoj pomoći i svim korisnim savjetima tijekom pisanja rada. Zahvaljujem i projektu „EUKI Alpe-Adria clean transport alliance“ na ustupljenim materijalima i podacima.

Posebno bih se zahvalio svojoj supruzi Ivani na bezrezervnoj podršci tijekom pisanja ovoga rada i cjelokupnog studiranja. Također želim zahvaliti i svojoj majci Ljubici, bratu Miroslavu te sestri Maji i njenom mužu Vladimiru na svim oblicima podrške i pomoći u tijeku studija. Hvala i svim mojim prijateljima koji su ovaj dio životnog putovanja učinili onim što je i što su me uvijek tjerovali naprijed.

Ovaj rad posvećujem svom pokojnom ocu Ivici koji me uvijek poticao na razvoj i napredak u školovanju i koji će mi uvijek biti inspiracija. Hvala ti na svemu i znam da si gore negdje ponosan na mene.

Mateo Lovrić

**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, inženjersko modeliranje i računalne simulacije i brodstrojarški**

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 22 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 22 -	

DIPLOMSKI ZADATAK**Student: Mateo Lovrić JMBAG: 0035200260****Naslov rada na hrvatskom jeziku: Planiranje budućih energetskih potreba prometnog sektora u turističkim destinacijama****Naslov rada na engleskom jeziku: Planning the future energy supply for the transport sector in tourist resorts****Opis zadatka:**

Svake godine u turističke destinacije pristižu brojni posjetitelji, čija potrošnja energije i dobara predstavlja izazov za lokalnu infrastrukturu. U skladu s Europskim zelenim planom, u neposrednoj budućnosti može se očekivati povećanje broja električnih vozila kojima će turisti pristizati na lokacije na obali Jadrana. Stoga je potrebno analizirati nove potrebe za punjenjem povećanog broja električnih vozila, većeg nego što je to predvidivo uzimajući u obzir samo vozila u vlasništvu lokalnog stanovništva. Također, potrebno je osigurati da se vozila pune energijom proizvedenom sa što nižim emisijama stakleničkih plinova. U okviru rada, stoga je potrebno:

1. Dati pregled trenutno komercijalno dostupnih rješenja za punjenje električnih vozila i troškova njihove implementacije.
2. Analizirati potrebe za energijom na području Splitsko-dalmatinske županije, kao i dostupnu energetsku infrastrukturu, s naglaskom na razdoblje turističke sezone.
3. Izraditi kartu infrastrukture i potencijalnih lokacija za nove instalacije proizvodnih kapaciteta i punionica u geografskom informacijskom sustavu (GIS).
4. Razviti scenarije razvoja lokalnog energetskog sustava i sustava punionica za električna vozila obnovljivom energijom do 2030. i 2040. godine koristeći alat za energetsko planiranje EnergyPLAN.
5. Predložiti i testirati osnovni koncept algoritma koji bi određivao optimalno rješenje investicije u infrastrukturu za punjenje električnih vozila koristeći izradenu kartu i scenarije za Splitsko-dalmatinsku županiju.

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

Zadatak zadan:**3. ožujka 2022.****Datum predaje rada:****5. svibnja 2022.****Predviđeni datumi obrane:****9. - 13. svibnja 2022.****Zadatak zadao:****Prof. dr. sc. Neven Duić****Predsjednik Povjerenstva:****Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić**

SADRŽAJ

SADRŽAJ	II
POPIS SLIKA	IV
POPIS TABLICA.....	VII
SUMMARY	XI
1. UVOD.....	1
2. Pregled komercijalno dostupnih rješenja za punjenje električnih vozila.....	6
2.1. Vrste kabela i priključaka za punjenje električnih vozila	6
2.1.1. Kabeli	6
2.1.2. Priključci	8
2.2. Struktura punionica	10
2.3. Cijene komercijalno dostupnih punionica.....	11
3. Metode i alati	14
3.1. Metode određivanja energetske infrastrukture.....	14
3.2. Metode izračuna energetske potrošnje	14
3.2.1. Izračun energetske potrošnje u industrijskom sektoru	14
3.2.2. Izračun energetske potrošnje prometnog sektora.....	15
3.2.3. Izračun energetske potrošnje sektora kućanstva	17
3.2.4. Izračun energetske potrošnje uslužnog sektora.....	19
3.3. Geografski informacijski sustav QGIS	22
3.4. EnergyPLAN.....	23
4. Analiza energetske potrebe i energetske infrastrukture Splitsko-dalmatinske županije ..	25
4.1. Energetska infrastruktura	26
4.2. Energetska potrošnja	32
4.2.1. Energetska potrošnja sektora industrije	33
4.2.2. Energetska potrošnja prometnog sektora	35
4.2.3. Energetska potrošnja sektora kućanstva	38
4.2.4. Energetska potrošnja u uslužnom sektoru.....	40
4.2.5. Bilanca potrošnje energije Splitsko-dalmatinske županije	45

5. Karta infrastrukture i potencijalnih lokacija punionica u geografskom informacijskom sustavu	47
5.1. Mapiranje postojeće energetske infrastrukture	47
5.2. Mapiranje lokacija za punionice električnih vozila	50
5.2.1. Postojeće lokacije.....	50
5.2.2. Potencijalne lokacije	53
6. Scenariji razvoja lokalnog energetskog sustava i sustava punionica za električna vozila	59
6.1. Scenariji	60
6.2. Rezultati i analiza.....	68
6.3. Potrebni kapacitet novih punionica.....	71
7. Osnovni koncept algoritma za određivanje optimalnog rješenja investicije	74
7.1. Određivanje optimuma investicije za brze punjače	74
7.1.1. Optimum investicije u brze punjače unutar crvenog područja	75
7.1.2. Optimum investicije u brze punjače unutar zelenog područja.....	78
7.1.3. Optimum investicije u brze punjače unutar žutog područja	80
7.1.4. Raspored brzih punjača unutar područja.....	83
7.2. Određivanje optimuma investicije za spore punjače.....	85
7.2.1. Optimum investicije u spore punjače unutar crvenog područja.....	86
7.2.2. Optimum investicije u spore punjače unutar zelenog područja	89
7.2.3. Optimum investicije u spore punjače unutar žutog područja.....	91
8. ZAKLJUČAK.....	95
LITERATURA.....	97

POPIS SLIKA

Slika 1. Raspodjela svjetskih emisija CO ₂ po sektorima u 2021. godini	1
Slika 2. Raspodjela svjetskih CO ₂ emisija unutar prometnog sektora u 2020. godini	2
Slika 3. Udio električnih vozila u ukupnom broju registriranih vozila	3
Slika 4. Broj dolazaka i noćenja u komercijalnim smještajima u Republici Hrvatskoj	4
Slika 5. Distribucija brzih i ultra-brzih javnih punjača	5
Slika 6. Kabel-TIP A.....	7
Slika 7. Kabel-TIP B	7
Slika 8. Priključak-TIP 1	8
Slika 9. Priključak-TIP 2	8
Slika 10. Priključak-TIP 3	9
Slika 11. Priključak-TIP 4	9
Slika 12. Priključak-TIP 5	10
Slika 13. Priključak-TIP 6	10
Slika 14. Dijelovi punionice.....	11
Slika 15. Korisničko sučelje aplikacije QGIS	22
Slika 16. Korisničko sučelje programa EnergyPLAN	23
Slika 17. Postojeće i potencijalne lokacije vjetroelektrana u Splitsko-dalmatinskoj županiji	32
Slika 18. Raspodjela energetske potrošnje po sektorima za 2013. godinu [76].....	33
Slika 19. Struktura potrošnje energenata za 2013. i 2021. godinu u sektoru industrije	34
Slika 20. Kretanje broja vozila prema vrsti goriva u Splitsko-dalmatinskoj županiji.....	36
Slika 21. Struktura potrošnje energenata za 2013. i 2021. godinu u sektoru prometa	38
Slika 22. Struktura potrošnje energenata za 2013. i 2021. godinu u sektoru kućanstva	40
Slika 23. Struktura potrošnje uslužnog sektora po djelatnostima za 2013. godinu.....	41
Slika 24. Usporedba broja turističkih dolazaka u Splitsko-dalmatinsku županiju za 2013., 2019. i 2021. godinu.....	42
Slika 25. Raspodjela potrošnje energenata unutar djelatnosti turizma i ugostiteljstva po mjesecima za 2013. godinu	43
Slika 26. Raspodjela potrošnje energenata unutar djelatnosti turizma i ugostiteljstva po mjesecima za 2021. godinu	43
Slika 27. Struktura potrošnje uslužnog sektora po djelatnostima za 2021. godinu.....	44
Slika 28. Struktura potrošnje energenata za 2013. i 2021. godinu u uslužnom sektoru	45
Slika 29. Struktura bilance potrošnje energenata za 2013. i 2021. godinu	45

Slika 30. Energetski sustav Splitsko-dalmatinske županije izrađen u QGIS-u.....	49
Slika 31. Lokacije postojećih punionica u Splitsko-dalmatinskoj županiji	53
Slika 32 . Potencijalne lokacije punionica električnih vozila u Splitsko-dalmatinskoj županiji	56
Slika 33. Potencijalne lokacije punionica električnih vozila u gradu Splitu.....	58
Slika 34. Instalirani proizvodni kapacitet u Splitsko-dalmatinskoj županiji.....	59
Slika 35. Raspodjela finalne potrošnje po sektorima u Splitsko-dalmatinskoj županiji za 2021. godinu.....	59
Slika 36. Granice područja određenih brojilima prometa	63
Slika 37. Uvoz električne energije za pojedini scenarij kroz godine	68
Slika 38. Izvoz električne energija za pojedini scenarij kroz godine	69
Slika 39. Bilanca uvoza i izvoza za scenarije.....	69
Slika 40. Emisije CO ₂ pojedinog scenarija kroz godine.....	70
Slika 41. CEEP za pojedini scenarij.....	70
Slika 42. Ovisnost opterećenja dostupnih brzih punjača o udjelu EV u floti za 2030. godinu u crvenom području.....	77
Slika 43. Ovisnost opterećenja dostupnih brzih punjača o udjelu EV u floti za 2040. godinu u crvenom području.....	77
Slika 44. Ovisnost opterećenja dostupnih brzih punjača o udjelu EV u floti za 2030. godinu u zelenom području	79
Slika 45. Ovisnost opterećenja dostupnih brzih punjača o udjelu EV u floti za 2040. godinu u zelenom području	80
Slika 46. Ovisnost opterećenja dostupnih brzih punjača o udjelu EV u floti za 2030. godinu u žutom području.....	82
Slika 47. Ovisnost opterećenja dostupnih brzih punjača o udjelu EV u floti za 2040. godinu u žutom području.....	82
Slika 48. Raspored lokacija za brze punjače po područjima.....	83
Slika 49. Raspored lokacija punionica unutar crvenog područja	84
Slika 50. Ovisnost opterećenja dostupnih sporih punjača o udjelu EV u floti za 2030. godinu u crvenom području.....	88
Slika 51. Ovisnost opterećenja dostupnih brzih punjača o udjelu EV u floti za 2040. godinu u crvenom području.....	88
Slika 52. Ovisnost opterećenja dostupnih sporih punjača o udjelu EV u floti za 2030. godinu u zelenom području	90

Slika 53. Ovisnost opterećenja dostupnih sporih punjača o udjelu EV u floti za 2040. godinu u zelenom području	91
Slika 54. Ovisnost opterećenja dostupnih sporih punjača o udjelu EV u floti za 2030. godinu u žutom području.....	93
Slika 55. Ovisnost opterećenja dostupnih brzih punjača o udjelu EV u floti za 2040. godinu u žutom području.....	94

POPIS TABLICA

Tablica 1. Podjela infrastrukture za punjenje električnih vozila	6
Tablica 2. Proizvođači punionica električnih vozila	11
Tablica 3. Cijene komercijalno dostupnih punionica	12
Tablica 4. Iskustveni podaci o cijenama punionica	13
Tablica 5. Iskustveni podaci ELEN-ovog lanca o troškovima priključka punionica	13
Tablica 6. Energetska infrastruktura gradova u Splitsko-dalmatinskoj županiji	26
Tablica 7. Energetska infrastruktura općina u Splitsko-dalmatinskoj županiji.....	28
Tablica 8. Potrošnja energenata u sektoru industrije.....	34
Tablica 9. Potrošnja energenata u sektoru prometa za 2013. godinu	35
Tablica 10. Broj vozila prema vrsti goriva u Splitsko-dalmatinskoj županiji	35
Tablica 11. Prosječna potrošnja vozila prema vrsti goriva	36
Tablica 12. Iskustveni podaci potrošnje vozila prema vrsti goriva.....	37
Tablica 13. Potrošnja energenata u sektoru prometa za 2021. godinu	37
Tablica 14. Potrošnja energenata u sektoru kućanstva za 2013. godinu	38
Tablica 15. Godišnja proizvodnja novoinstaliranih energetske postrojenja	39
Tablica 16. Potrošnja energenata u sektoru kućanstva za 2021. godinu	39
Tablica 17. Potrošnja energenata u uslužnom sektoru za 2013. godinu	40
Tablica 18. Energetska potrošnja djelatnosti turizma i ugostiteljstva po mjesecima za 2013. i 2021. godinu	42
Tablica 19. Potrošnja energenata u uslužnom sektoru za 2021. godinu	44
Tablica 20. Bilanca potrošnje energenata u Splitsko-dalmatinskoj županiji za 2013. i 2021. godinu.....	46
Tablica 21. Koordinate proizvodnih postrojenja u Splitsko-dalmatinskoj županiji.....	47
Tablica 22. Koordinate transformatorskih stanica u Splitsko-dalmatinskoj županiji	48
Tablica 23. Koordinate postojećih punionica u Splitsko-dalmatinskoj županiji.....	50
Tablica 24. Koordinate benzinskih postaja na državnim cestama Splitsko-dalmatinske županije	53
Tablica 25. Koordinate benzinskih postaja na autocesti A1 u Splitsko-dalmatinskoj županiji	55
Tablica 26. Koordinate odmorišta na autocesti A1 u Splitsko-dalmatinskoj županiji	56
Tablica 27. Koordinate potencijalnih lokacija punionica u gradu Splitu	57
Tablica 28. Broj vozila prema vrsti goriva i scenariju za 2030. i 2040. godinu	60

Tablica 29. Energetska potrošnja vozila prema vrsti goriva i scenarijima za domaće stanovništvo	61
Tablica 30. Podaci s brojila prometa i broj turističkih vozila	61
Tablica 31. Broj turističkih dolazaka i ekvivalent broja dana po mjesecima.....	64
Tablica 32. Udio vozila prema vrsti energenata za pojedini scenarij i godinu	65
Tablica 33. Broj turističkih vozila prema vrsti energenata za pojedini scenarij i godinu	66
Tablica 34. Energetska potrošnja turističkih vozila prema vrsti energenata i scenarijima	67
Tablica 35. Instalirani proizvodni kapacitet prema vrsti tehnologije i scenariju za 2030. i 2040. godinu	67
Tablica 36. Iznosi potrebne nove proizvodnje za punjenje električnih vozila	71
Tablica 37. Broj potrebnih novih priključaka za punjenje električnih vozila	72
Tablica 38. Broj punjača po područjima prema scenarijima i godinama.....	73
Tablica 39. Cijena investicije u brze punjače unutar crvenog područja.....	75
Tablica 40. Udio električnih vozila u floti i energija potrebna za opskrbu crvenog područja .	76
Tablica 41. Moguća dnevna isporuka energije od strane priključaka u crvenom području.....	76
Tablica 42. Cijena investicije u brze punjače unutar zelenog područja	78
Tablica 43. Udio električnih vozila u floti i energija potrebna za opskrbu zelenog područja .	78
Tablica 44. Moguća dnevna isporuka energije od strane priključaka u zelenom području	79
Tablica 45. Cijena investicije u brze punjače unutar žutog područja.....	80
Tablica 46. Udio električnih vozila u floti i energija potrebna za opskrbu žutog područja	81
Tablica 47. Moguća dnevna isporuka energije od strane priključaka u žutom području.....	81
Tablica 48. Prosječan broj priključaka po lokaciji za pojedini scenarij i godinu unutar područja	84
Tablica 49. Cijena investicije u spore punjače unutar crvenog područja.....	86
Tablica 50. Udio električnih vozila u floti domaćih vozila i energija potrebna za opskrbu crvenog područja	86
Tablica 51. Moguća dnevna isporuka energije od strane sporih priključaka u crvenom području.....	87
Tablica 52. Cijena investicije u spore punjače unutar zelenog područja	89
Tablica 53. Udio domaćih električnih vozila u floti i energija potrebna za opskrbu zelenog područja	89
Tablica 54. Moguća dnevna isporuka energije od strane sporih priključaka u zelenom području.....	90
Tablica 55. Cijena investicije u brze punjače unutar žutog područja.....	91

Tablica 56. Udio domaćih električnih vozila u floti i energija potrebna za opskrbu žutog područja	92
Tablica 57. Moguća dnevna isporuka energije od strane sporih priključaka u žutom području	92

SAŽETAK

Unutar ovog rada opisana je potreba za razvojem mreže punionica za električna vozila unutar Splitsko-dalmatinske županije. U prvom dijelu rada napravljen je pregled vrsta priključaka i kabela te objašnjen način funkcioniranja same punionice. Također su navedene i cijene trenutno komercijalno dostupnih punionica. U drugom dijelu rada opisane su korišteni alati te metode izračuna energetske potrošnje za Splitsko-dalmatinsku županiju. Nakon toga je korištenjem metoda ta potrošnja i određena, u izračunu se koristilo podatke iz 2013. godine a modelirala se potrošnja za 2021. godinu. Nakon toga u geografskom informacijskom sustavu su izrađene karte trenutne energetske infrastrukture, karte postojećih punionica i karte potencijalnih lokacija za buduće punionice. Zatim su izrađeni scenariji razvoja energetske infrastrukture te scenariji promjena u energetske potrošnji iz kojih je određen broj potrebnih punionica za 2030. i 2040. godinu. Optimum investicije za pojedini način ulaganja predstavljen je u zadnjem poglavlju te su rezultati predstavljeni grafički. Iz rezultata je moguće odrediti ovisnost visine ulaganja o postotku električnih vozila. Zaključak je da će u Splitsko-dalmatinskoj županiji u budućnosti biti potrebno zadovoljiti velike potrebe za punjenjem električnih vozila te je potrebno razvijati energetski sustav u tom pogledu.

Ključne riječi: električna vozila, punionice, energetska infrastruktura, scenariji razvoja, visina investicije

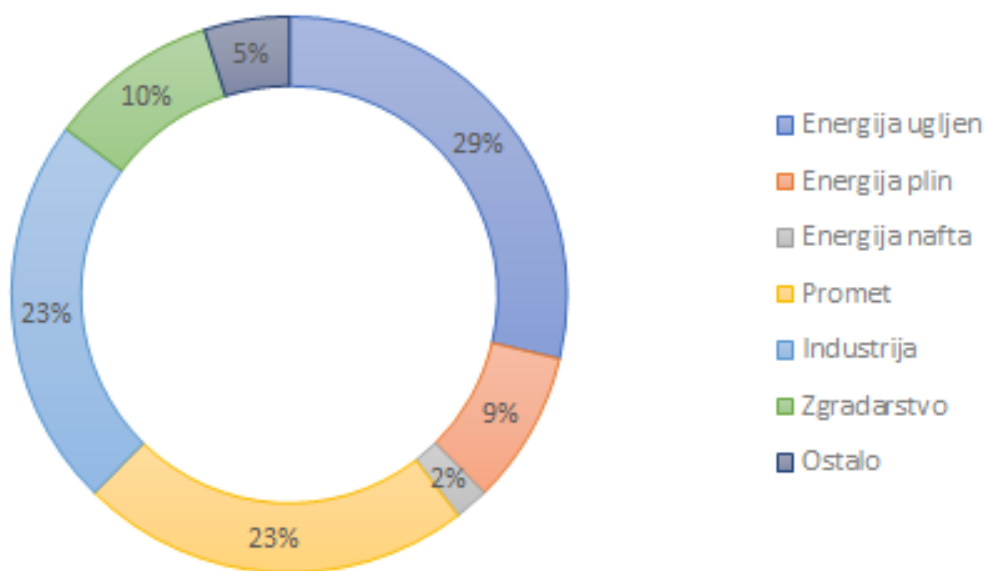
SUMMARY

This thesis has discussed the development of an electric vehicle charger network in Split-Dalmatia county. In the first part of the thesis overview of commercially available connectors and cables is given. Also, prices of commercially available chargers. In the second part using tools and methods for calculation of energy consumption for Split-Dalmatia county are being described. After that, using the methods consumption is calculated. In calculation the data from the year 2013. was being used to calculate data for the year 2021. After that, in the geographical information system, maps are created for energy infrastructure, also for existing chargers, and the end for future possible locations. Next, the scenarios of development for energy infrastructure and energy consumption were being made. From the results, the necessary number of chargers has been determined for the year 2030. and 2040. Optimal investment for every investing scenario is presented in the last chapter and results are shown graphically. It is possible to determine the amount of investment that depends on electric vehicle share. In conclusion, it can be said that Split-Dalmatia county will need to satisfy the big energy demand for electric vehicle charging and it is necessary to develop an energy system in that direction.

Key words: electric vehicles, charging stations, energy infrastructure, development scenarios, amount of investment

1. UVOD

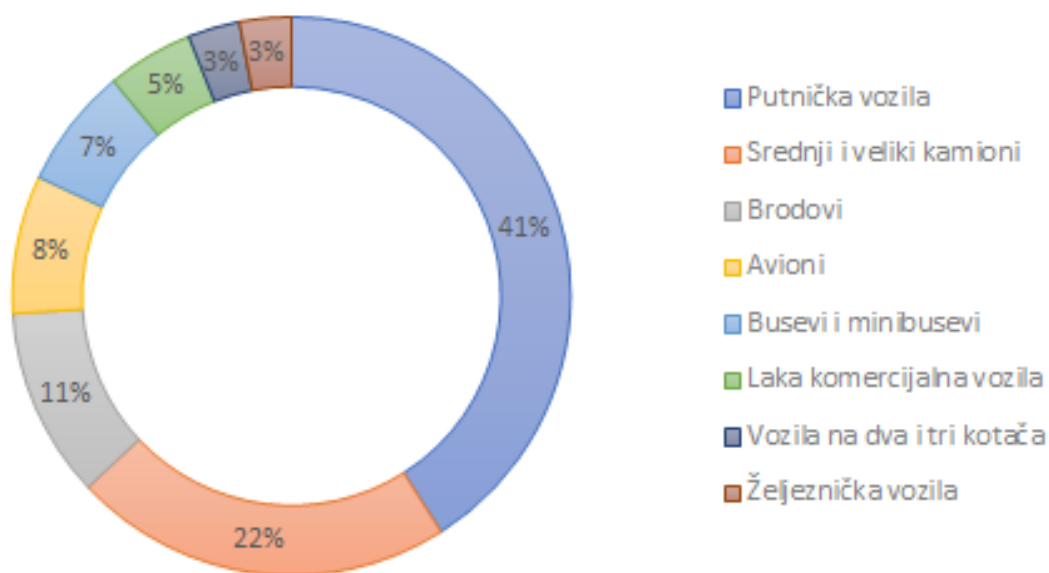
Kao jedan od glavnih izazova u energetici današnjeg vremena pojavljuje se dekarbonizacija čitavog energetskeg sektora. Promet, što možemo vidjeti na slici 1., treći je najveći zagađivač zraka s 23 % udjela u ukupnim svjetskim emisijama CO₂. Poslije proizvođača električne energije na koje otpada 40% emisija i industrije na koju također otpada 23% svjetskih emisija CO₂.



Slika 1. Raspodjela svjetskih emisija CO₂ po sektorima u 2021. godini [1]

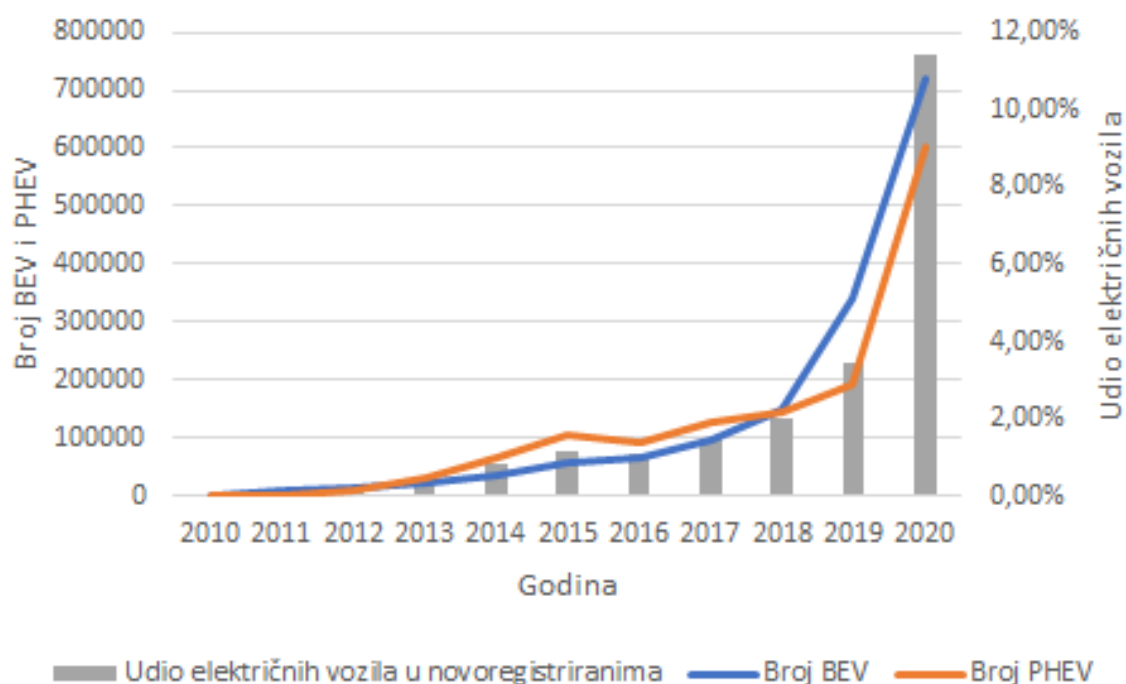
Ako pak pogledamo raspodjelu emisija CO₂ unutar samoga sektora prometa, a što je vidljivo na slici 2., možemo zaključiti da najveći postotak od čak 41% otpada upravo na putnička vozila, što čini i najveći udio od svih ostalih zagađivača unutar prometnog sektora. Dekarbonizacija putničkog prometa kroz njegovu elektrifikaciju, te omogućavanje funkcioniranja čitavog sustava počevši od proizvođača čiste zelene električne energije preko distributera do konačnog potrošača izazov je koji će nas pratiti u sljedećih 30 godina kako sustav bude postajao sve opterećeniji. Interakcija između prometnog i energetskeg sektora tema je mnogih istraživanja, osobito u slučaju kada se teži 100% obnovljivoj energiji [2], međusobna povezanost grupe

otoka kako bi osigurali proizvodnju energije iz lokalnih obnovljivih izvora je također istražena [3]. Rezultati su pokazali da je povezanost povećala udio obnovljivih izvora energije u finalnoj potrošnji te da se smanjio CEEP (eng. *Critical excess electricity production*), dok je V2G (eng. *Vehicle-to-grid*) tehnologija omogućila bolje iskorištavanje sinergije između sektora. Elektrifikacija prometa povećava fleksibilnost energetskeg sustava dozvoljavajući veću integraciju varijabilnih obnovljivih izvora, posebno u kombinaciji sa sektorom grijanja stambenih zgrada. To je prikazano na primjeru Italije [4].



Slika 2. Raspodjela svjetskih CO₂ emisija unutar prometnog sektora u 2020. godini [5]

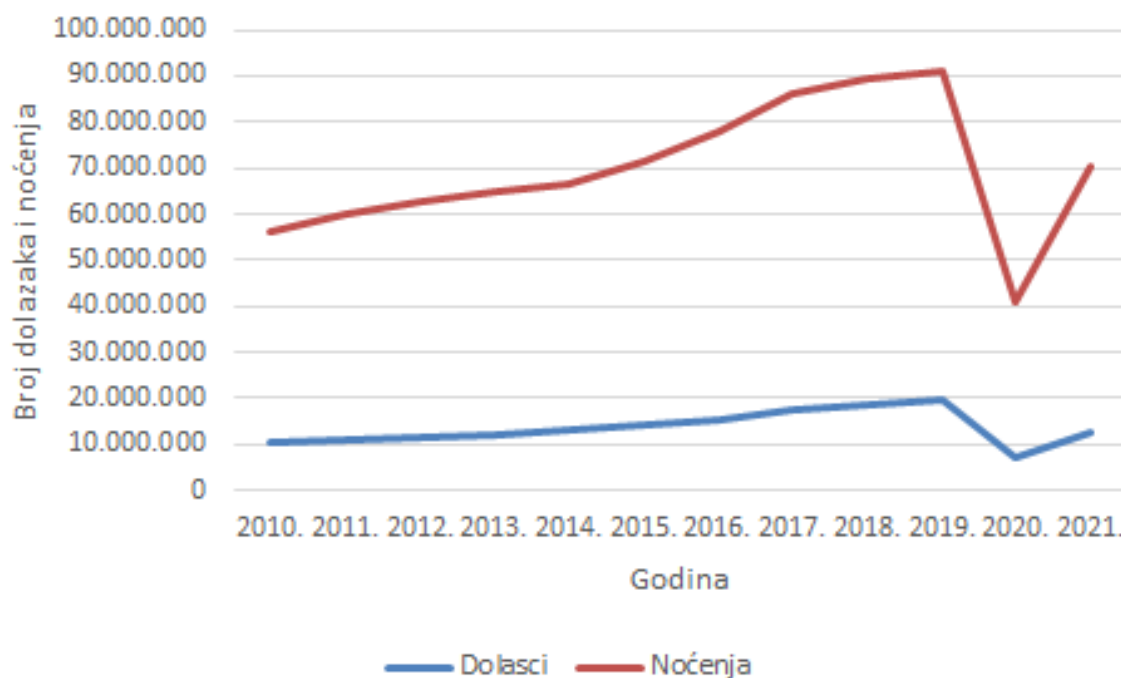
Ukoliko promatramo vrste registriranih vozila unutar EU-27, Islanda, Norveške i Ujedinjenog Kraljevstva vidljiv je rast broja električnih automobila kao i njihovog udjela u ukupnom broju registriranih automobila. Ovo možemo vidjeti na slici 3.



Slika 3. Udio električnih vozila u ukupnom broju registriranih vozila [6]

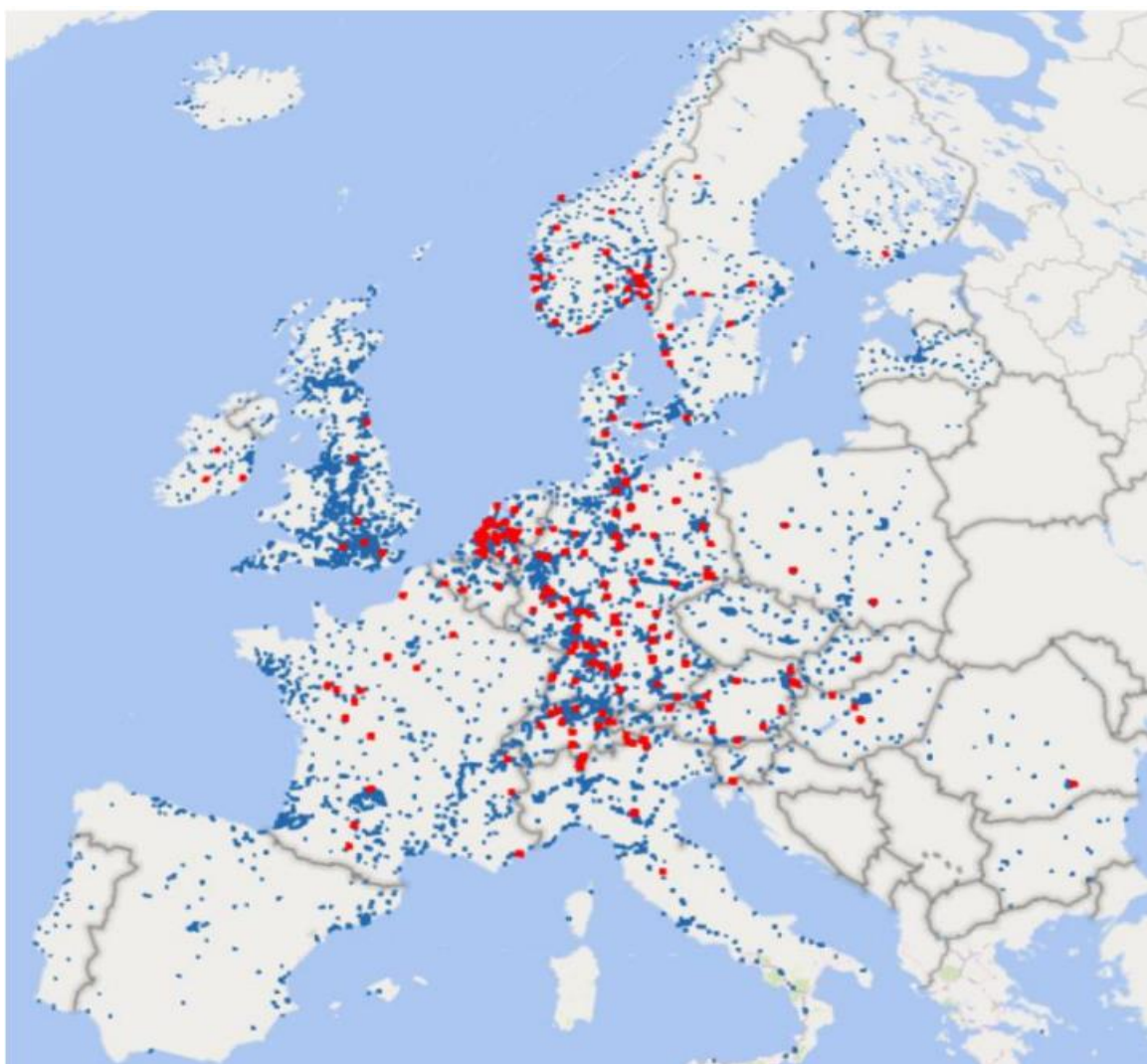
Trend povećanja broja električnih vozila, gledano iz perspektive Republike Hrvatske kao turističke destinacije u ljetnim mjesecima, poziv je na potrebu planiranja samog sustava punjenja takvih vozila. Analiza mreže punjača u Europi [7], pokazala je unatoč značajnom proširenju kapaciteta punjenja izrazite nejednakosti između država i unutar njih. Budući da Hrvatska gotovo petinu svoga BDP-a ostvaruje kroz turizam planiranje sustava punjenja električnih logičan je korak u razvoju energetskog sustava. Stoga će unutar ovog diplomskog rada takvi sustavi biti detaljnije razrađeni, te će se na primjeru Splitsko-Dalmatinske županije pokušati i pokazati i njihova praktična primjena.

U Republici Hrvatskoj je kroz godine primjetan porast broja turističkih dolazaka i noćenja. Iz podataka preuzetih s „Državnog zavoda za statistiku“ izrađen je graf na slici 4. koji potvrđuje gornju izjavu s izuzetkom 2020. godine zbog pandemije virusa Covid-19. Međutim, već 2021. godine primjetan je ponovni trend rasta koji će se sudeći po prvim mjesecima 2022. nastaviti i dalje.



Slika 4. Broj dolazaka i noćenja u komercijalnim smještajima u Republici Hrvatskoj

Posljedica trenda povećanja je i povećana potreba za energijom, a samim time i energetska infrastruktura koja u ovom trenutku, a uzevši u obzir očekivani trend povećanja, nije na zadovoljavajućoj razini [8]. Stoga će planiranje potrošnje i odgovor infrastrukture na istu biti od velike važnosti za energetska i ekonomsku politiku Republike Hrvatske. Veći broj turista značit će i veće potrebe za punionicama električnih vozila. Ponuda takvih sadržaja bit će od presudne važnosti u budućnosti prilikom odabira turističke destinacije kod većine putnika. Ako pogledamo sliku 5. na kojoj su plavim točkama označeni brzi CCS (engl. „*Combined Charging System*“) punjači a crvenom ultra-brzi CCS punjači možemo zaključiti da, u usporedbi sa Španjolskom i Italijom, Hrvatska pomalo zaostaje dok recimo u usporedbi s Grčkom smo u povoljnijoj situaciji. U Europi tako po broju CCS punjača na svakih 100 km prednjače Ujedinjeno Kraljevstvo (20) , Nizozemska (17) i Njemačka (14) dok su Grčka, Estonija i Rumunjska najgora s manje od jednog takvog punjača na svakih 100 km. Potreba za takvim punjačima na europskim autocestama je velika, a odabir lokacije za iste od velike je ekonomske važnosti kako je pokazalo istraživanje [9]. Metode za određivanje potrebnog broja brzih punjača također su predmet mnogih radova [10].



Slika 5. Distribucija brzih i ultra-brzih javnih punjača [11]

2. Pregled komercijalno dostupnih rješenja za punjenje električnih vozila

Konstantni rast broja električnih vozila uzrokuje i ubrzani rast tržišta punjača za takvu vrstu vozila. Brzina punjenja postaje jedna od najvažnijih komponenti u razvoju ovakvih sustava budući da se električna vozila još uvijek znatno sporije pune za istu udaljenost od onih pogonjenih gorivom koje punimo na benzinskim crpkama. Stoga, kada govorimo o infrastrukturi za punjenje električnih vozila ona se najčešće dijeli na kategorije prikazane u tablici 1. [12]

Tablica 1. Podjela infrastrukture za punjenje električnih vozila

Brzina i tip punjača	Snaga	Prosječno vrijeme punjenja
Spori (jednofazni, izmjenična struja)	3-7 kW	7-16 sati
Normalni (trofazni, izmjenična struja)	11-22 kW	2-4 sata
Brzi (istosmjerna struja)	50-100 kW	30-40 minuta
Super-brzi (istosmjerna struja)	>100 kW	< 20 minuta

Spori punjači svoju primjenu najčešće pronalaze u kućanstvima gdje su u idealnom slučaju postavljeni u namjenskoj zidnoj kutiji. Spori punjači nisu praktični za primjenu na javnim punionicama budući da je njihova brzina punjenja jako mala. Za punionice javne upotrebe, kao što su parkinzi i trgovački centri, koristit ćemo normalne i brze punjače čija vremena punjenja su navedena u tablici 1. Brzi punjači najčešće pune koristeći istosmjernu struju, kontroliranjem ispravljanja izmjeničnog napajanja s punjačem a ne s ispravljačem unutar električnog vozila. Istosmjerni brzi punjači su najčešće snaga do 50 kW dok su oni izmjenični snage do 43 kW. Proizvođač Tesla je razvio i super-brze punjače koji s odgovarajućim priključcima pune snagom od 120 kW. Tesla je također razvio i punjač snage 250 kW koji vozilu Tesla Model 3 dodaje oko 300 km dosega za samo 15 minuta punjenja [13].

2.1. Vrste kabela i priključaka za punjenje električnih vozila

2.1.1. Kabeli

TIP A (MODE 2)- ova vrsta kabela se isporučuje najčešće uz samo vozilo a može doći u različitim oblicima. Najčešće je odgovarajući za standardnu utičnicu u kućanstvu kako bi vozači u slučaju nužde mogli puniti svoje vozilo i kod kuće bez dodatnih priključaka. Komunikacija

između vozila i mjesta punjenja ostvarena je kroz kontrolnu kutiju koja je smještena između priključka za vozilo i priključka za spajanje na utičnicu.



Slika 6. Kabel-TIP A

TIP B (MODE 3)- ova vrsta kabela služi za povezivanje električnog vozila i punionice. Kasnije će biti navedene vrste priključaka na samu punionicu.



Slika 7. Kabel-TIP B

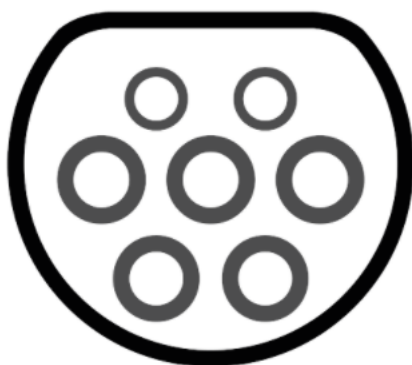
2.1.2. Priključci

TIP 1- ovaj oblik priključka je jednofazni priključak čija snaga punjenja ide do 7,4 kW (230 V, 32 A). U Europi ga nećemo susresti tako često budući da se najčešće koristi kod marki vozila iz Azije, i upravo zbog toga je i jako mali broj javnih punionica na kojima je moguće puniti vozila koja se na punionicu spajaju s ovim priključkom.



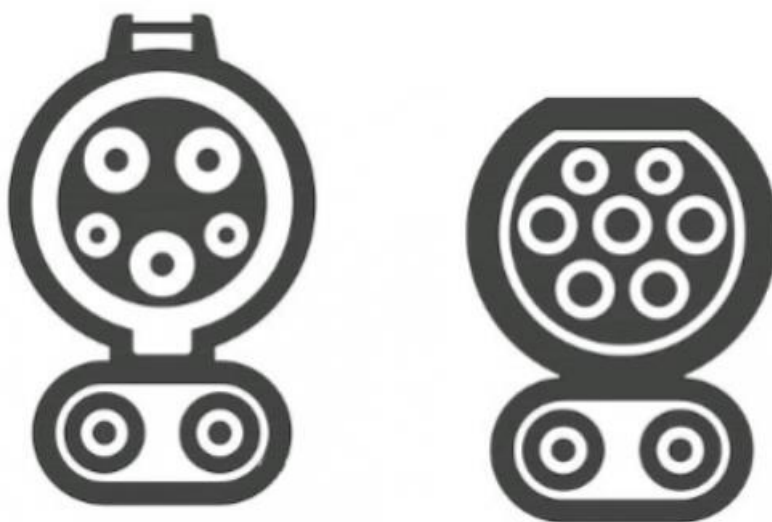
Slika 8. Priključak-TIP 1 [14]

TIP 2- ovaj oblik priključka je trofazni i u Europi je najčešće korišten i uzima se kao standardni. U privatnim prostorima snaga punjenja može ići do 22 kW, dok na javnim punionicama s izmjeničnom strujom (400 V, 63 A) može ići do 43 kW. U Europi je većina punionica opremljena s utičnicom ovog tipa, te se na njoj može puniti sa svim vrstama kabela tipa B koji imaju priključke tipa 1 i 2.



Slika 9. Priključak-TIP 2 [14]

TIP 3- ovaj priključak još nazivamo i CCS (engl. „*Combined Charging System*“). Možemo ga promatrati kao poboljšane verzije priključaka tipa 1 i tipa 2 budući da za svrhe brzog punjenja imaju dva dodatna strujna kontakta, te podržavaju punjenje kako izmjeničnom tako i istosmjernom strujom. Poboljšani priključak tipa 1 češće je korišten u SAD-u, dok je poboljšani priključak tipa 2 uglavnom korišten u Europi. Najčešće se ovim priključcima puni snagom do 50 kW, međutim moguće je ići do 350 kW snage punjenja.



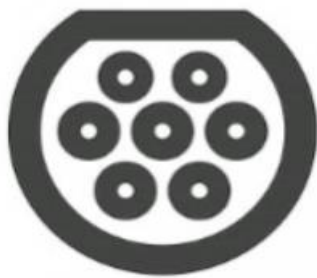
Slika 10. Priključak-TIP 3 [15]

TIP 4- ovaj priključak razvijen je u Japanu i ima skraćenicu CHAdeMO (CHARGE de MOve) kao referencu na brzo punjenje. S ovim priključkom možemo puniti uglavnom francuska i japanska električna vozila snagom do 50 kW.



Slika 11. Priključak-TIP 4 [14]

TIP 5- poznatiji kao GB/T. Ovaj priključak je u Kini, gdje je i razvijen, jedini dopušten. Ovdje je bitno napomenuti da Kina ima najgušću mrežu punionica te najveći udio električnih vozila na svijetu, više od 40% električnih vozila koja su prodana prošle godine kupljeno je u Kini. Na prvi pogled ovaj priključak izgleda kao priključak tipa 2, ali su unutarnji kabeli raspoređeni obrnutim redoslijedom pa stoga nisu kompatibilni.



Slika 12. Priključak-TIP 5 [15]

TIP 6- proizvođač Tesla kao vodeći brend u proizvodnji svega što ima veze s električnim vozilima razvio je priključak koji je kompatibilan samo za električna vozila njihove proizvodnje te se druga vozila uopće ne mogu priključiti na njihov priključak. Dok s druge strane Tesla nudi nastavke koji omogućuju punjenje na drugim vrstama priključaka. Kako bi se probili na europsko tržište u Tesla Model 3 su ugradili CCS priključak tipa 2.

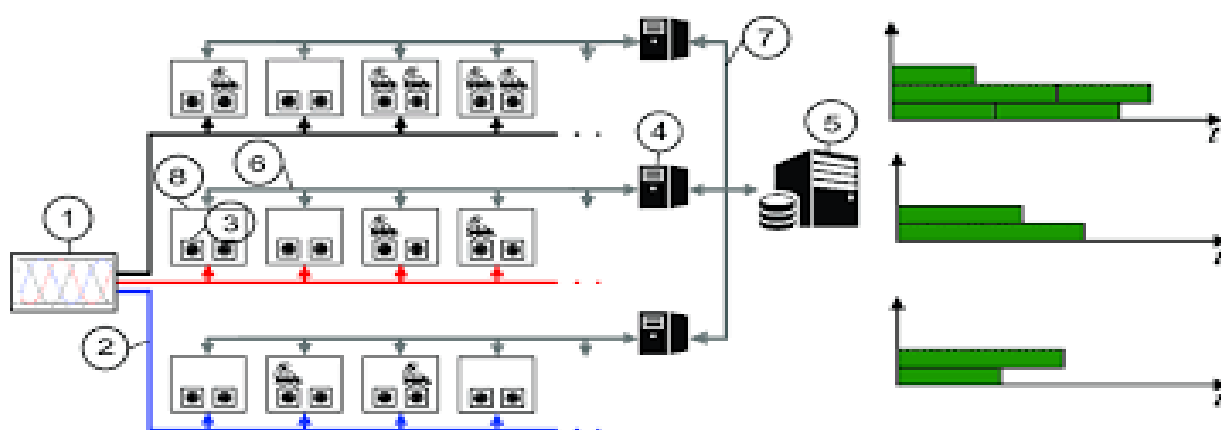


Slika 13. Priključak-TIP 6 [15]

2.2. Struktura punionica

Na slici 13. možemo vidjeti generalnu strukturu punionice za električna vozila. Punionica se napaja iz trofaznog električnog izvora s razlikom napona između faza od 400 V. Svaka točka punjenja je povezana s jednom fazom na napon od 230 V i 7,3 kW (32 A), a punjenje se odvija konstantnom brzinom.

Punionicom upravlja server zajedno s brojnim upravljačkim i izvršnim protokolima gdje svaki izvršni protokol kontrolira dvije točke punjenja. Upravljački je povezan s osam izvršnih protokola i ima korisničko sučelje. Server centralizira kontrolu i prima signale od izvršnih protokola uslijed spajanja ili isključivanja električnih vozila. Server također šalje naredbe izvršnim protokolima za pokretanje ili zaustavljanje točki punjenja zavisno od rasporeda. Iako je više slobodnih mjesta dostupno, sve točke punjenja ne mogu biti aktivne u isto vrijeme budući da je dostupna snaga ograničena [16].



Slika 14. Dijelovi punionice: (1) Energetski izvor; (2) Trofazni električni izvor; (3) Točke punjenja; (4) Upravljački protokoli; (5) Server s bazom podataka; (6) Asinkrona serijska veza; (7) Komunikacijski TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol); (8) Izvršni protokoli [16]

2.3. Cijene komercijalno dostupnih punionica

Cijene komercijalno dostupnih punionica uspoređivat ćemo između kompanija koje na tržištu ovih sustava drže vodećih deset pozicija [17], a navedeni su u tablici 2.

Tablica 2. Proizvođači punionica električnih vozila

Naziv proizvođača	Sjedište
Schneider Electric SE	Rueil-Malmaison, Francuska
Siemens AG	München, Njemačka
ABB	Zürich, Švicarska
Tesla, Inc.	Austin, Texas, SAD
Eaton Corporation	Dublin, Irska

ChargePoint, Inc.	Campbell, Kalifornija, SAD
Webasto Group	Stockdorf, Njemačka
EVBox B.V.	Amsterdam, Nizozemska
Blink Charging, Co.	Miami Beach, Florida, SAD
EFACEC	Matosinhos , Portugal

Unutar tablice 3. možemo pronaći popis komercijalno dostupnih punionica od gore navedenih proizvođača. U tablici su sadržani nazivi modela, njihova snaga te priključci koji se mogu koristiti za punjenje na navedenim punionicama. U tablici su također sadržane i maloprodajne cijene koje su javno dostupne a koje sigurno odstupaju od onih koje bi proizvođač mogao ponuditi za veće projekte.

Tablica 3. Cijene komercijalno dostupnih punionica

Proizvođač	Model	Snaga (priključci)	Cijena
Schneider Electric SE	EVD1S24THB	24 kW (CCS i CHAdeMO)	134 127 kn
	EVF2S22P04	22 kW (1 x TIP 2)	21 468 kn
	EVF2S22P44	22 kW (2 x TIP 2)	29 363 kn
ABB	Terra 54 DC	50 kW (CCS, CHAdeMO, TIP2)	192 831 kn
	Wallbox Terra AC	22 kW (1 x TIP 2)	7 176 kn
	Wallbox Terra DC	24 kW (CCS)	70 319 kn
	Terra HPC	175-350 kW (CCS i CHAdeMO)	185 269 kn
Webasto Group	Next	22 kW (1 x TIP 2)	12 779 kn
	PURE II	22 Kw (1 x TIP 2)	9 906 kn
EVBox B.V.	Troniq 50 DC	50 kW (CCS, CHAdeMO, TIP2)	242 165 kn
	Troniq Modular DC	Max. 240 kW	-
	Ultroniq DC	Max. 350 kW	-
Siemens	SICHARGE D	160-300 kW (CCS i CHAdeMO)	-
	SICHARGE CC AC 22	22 kW (2 x TIP 2)	-
Eaton Corporation	xChargeIn DC 22	22 kW (CCS i CHAdeMO)	-
	xChargeIn DC 44/66	44-66 kW (CCS i CHAdeMO)	-
Blink Charging	DCFC 50	50 kW (CCS i CHAdeMO)	-

	DCFC 75	75 kW (CCS i CHAdeMO)	-
	IQ 250-EU	22 kW (2 x TIP2)	-
EFACEC	QC60/90/120	60-120 kW (CCS, CHAdeMO, TIP2)	-
	PC G3	22 kW (2 x TIP 2)	-
	HV 350 G2	350 kW (CCS i CHAdeMO)	-

Iskustveno, možemo sažeti podatke o cijenama punionica te odrediti raspon cijene za svaku vrstu punjača unutar tablice 4.

Tablica 4. Iskustveni podaci o cijenama punionica [18]

Vrsta punjenja	Trajanje punjenja	Snaga	Cijena punjača
Normalno punjenje	3-8 sati	3-7 kW	1500 kn – 7 600 kn
Polu-brzo punjenje	1-3 sata	3-22 kW	3 800 kn – 22 700 kn
Brzo punjenje	20-30 minuta	22-50 kW	113 500 kn – 189 000 kn
Ultra-brzo punjenje	<20 minuta	>50 kW	264 700 kn – 454 800 kn

Kada govorimo o punionicama u Hrvatskoj, kao lanac s najvećim brojem punionica moramo spomenuti ELEN, koji je direktni razvojni projekt HEP-a koji pored vlastitog ulaganja sudjeluje i u projektima sufinanciranim od strane EU. Koristeći iskustvene podatke od strane ELEN-a formirani su podaci unutar tablice 5. Trošak priključka punionice po kilovatu iznosi cca. 1350 kn.

Tablica 5. Iskustveni podaci ELEN-ovog lanca o troškovima priključka punionica [19]

Vrsta punjača	Vrsta priključka	Snaga	Trošak priključka
Brze AC punionice	2 x TIP 2	2 x 22 kW	59 400 kn
AC wallbox	1 x TIP 2	22 kW	29 700 kn
Rapidne AC/DC punionice	CCS, CHAdeMO i TIP 2	43 kW i 50 kW	125 550 kn
Ultra-brze DC punionice	CCS i CHAdeMO	175 kW	236 250 kn

3. Metode i alati

U nastavku ovog rada koristit će se određene metode izračuna te alati uz pomoć kojih će pojedina poglavlja biti obrađena. Ovo poglavlje služit će kao metodološki uvod u nastavak rada te ima za cilj lakše shvaćanje budućih poglavlja i informacija unutar njih.

3.1. Metode određivanja energetske infrastrukture

Energetska infrastruktura Splitsko-dalmatinske županije određena je tako da se pregledavanjem prostornih planova uređenja utvrđivalo dijelove energetske infrastrukture. Prostorni planovi uređenja pregledavani su za svaki grad i svaku općinu unutar županije te se na istima tražilo informacije o lokaciji trenutnih proizvodnih postrojenja, također o lokaciji transformatorskih stanica koje služe kao poveznica između prijenosne i distribucijske mreže. Prostorni planovi uređenja sadržavali su i informacije o potencijalnim lokacijama novih proizvodnih postrojenja te o lokacijama planiranih transformatorskih stanica u cilju unapređenja distribucijske mreže. Rezultati ove metode biti će prikazani u sljedećem poglavlju.

3.2. Metode izračuna energetske potrošnje

Budući da su najnoviji dostupni podaci o energetske potrošnji Splitsko-dalmatinske županije bili oni iz 2013. godine, a od tada su energetski sustav i sama energetska potrošnja promijenjeni, bilo je potrebno podatke za 2021. godinu na neki način modelirati.

3.2.1. Izračun energetske potrošnje u industrijskom sektoru

Iz akcijskog plana energetske učinkovitosti [71] primjetan je bio pad potrošnje sektora industrije u razdoblju 2007. do 2013. godine te je isti bio izražen postotno. Za razdoblje od 2013. do 2021. godine pretpostavljen je također pad potrošnje u ovom sektoru. Tako se iz ukupne energetske potrošnje za 2013. dobila ona za 2021. godinu. Potrošnja je određena prema jednadžbi (1.1).

$$E_{\text{industrija}_{2021}} = (1 - X) * E_{\text{industrija}_{2013}} \quad (1.1)$$

Gdje je:

$E_{\text{industrija}_{2021}}$ - Ukupna energetska potrošnja u industriji za 2021. godinu [GWh]

$E_{\text{industrija}_{2013}}$ - Ukupna energetska potrošnja u industriji za 2013. godinu [GWh]

X - pretpostavljeno postotno smanjenje potrošnje za razdoblje 2013.-2021. godine

Dalje je apsolutna vrijednost potrošnje električne energije za 2021. godinu pretpostavljena ista onoj iz 2013. Vrijednosti potrošnje ostalih energenata izračunate su prema izrazu (1.2).

$$E_{\text{industrija_energent_2021}} = \frac{\left(\frac{E_{\text{industrija_energent_2013}}}{E_{\text{industrija_2013}}} \right)}{\left(1 - \frac{E_{\text{industrija_elenergija_2013}}}{E_{\text{industrija_2013}}} \right)} * (E_{\text{industrija_2021}} - E_{\text{industrija_elenergija_2021}}) \quad (1.2)$$

Gdje je:

$E_{\text{industrija_energent_2021}}$ - Potrošnja pojedinog energenta u industriji za 2021. godinu [GWh]

$E_{\text{industrija_energent_2013}}$ - Potrošnja pojedinog energenta u industriji za 2013. godinu [GWh]

$E_{\text{industrija_elenergija_2013}}$ - Potrošnja električne energije u industriji za 2013. godinu [GWh]

$E_{\text{industrija_elenergija_2021}}$ - Potrošnja električne energije u industriji za 2021. godinu [GWh]

3.2.2. Izračun energetske potrošnje prometnog sektora

Energetska potrošnja sektora prometa za 2021. godinu također je modelirana iz potrošnje za 2013. godinu. Iz potrošnje energenata za 2013. godinu te broja registriranih vozila po pojedinom energentu dobila se prosječna potrošnja energenta po jednom vozilu prema izrazu (2.1)

$$E_{\text{prosječno_promet_energent}} = \frac{E_{\text{promet_energent_2013}}}{BV_{2013}} \quad (2.1)$$

Gdje je:

$E_{\text{prosječno_promet_energent}}$ - Prosječna potrošnja pojedinog energenta po jednom vozilu [kWh]

$E_{\text{promet_energent_2013}}$ - Potrošnja pojedinog energenta u prometu za 2013. godinu [GWh]

BV_{2013} - broj vozila za pojedinu vrstu energenta u 2013. godini

Budući da potrošnja električne energije u prometu nije bila poznata za 2013. godinu, prosječnu potrošnju električne energije u sektoru prometa nije bilo moguće odrediti preko izraza (2.1). Stoga je prosječna potrošnja električne energije po jednom vozilu modelirana koristeći prosječnu prijeđenu udaljenost vozila u Splitsko-dalmatinskoj županiji te iskustvene podatke potrošnje energenata na 100 prijeđenih kilometara. Prvo se dakle trebala izračunati prosječna prijeđena udaljenost po svakom energentu prema izrazu (2.2)

$$L_{Energent} = \frac{E_{prosječno_promet_energent}}{E_{ekvivalent_energent_100km}} * 100 \quad (2.2)$$

Gdje je:

$L_{Energent}$ - Prosječna godišnja udaljenost koju vozilo prijeđe za pojedini energent [km]

$E_{ekvivalent_energent_100km}$ - Iskustveni podatak potrošnje energenta na 100 km [kWh]

Zatim je od svih energenata izračunata prosječna prijeđena udaljenost vozila u Splitsko-dalmatinskoj županiji prema izrazu (2.3)

$$L_{prosječno} = \frac{L_{Benzin} + L_{Dizel} + L_{UNP}}{3} \quad (2.3)$$

Gdje je:

$L_{prosječno}$ - Prosječna prijeđena udaljenost svih vozila [km]

Nakon toga je izračunata prosječna godišnja potrošnja električne energije po jednom vozilu u prometnom sektoru Splitsko-dalmatinske županije prema izrazu (2.4).

$$E_{prosječno_promet_elenergija} = \frac{E_{ekvivalent_elenergija_100km} * L_{prosječno}}{100} \quad (2.4)$$

Gdje je:

$E_{prosječno_promet_elenergija}$ - Prosječna potrošnja električne energije po jednom vozilu [kWh]

$E_{ekvivalent_elenergija_100km}$ - Iskustveni podatak potrošnje el. energije na 100 km [kWh]

Nakon što su sve prosječne potrošnje energenata za Splitsko-dalmatinsku županiju određene potrošnja energenata za 2021. godinu u sektoru prometa određena je prema izrazu (2.5)

$$E_{\text{promet_energent_2021}} = E_{\text{prosječno_energent}} * BV_{2021} \quad (2.5)$$

Gdje je:

$E_{\text{promet_energent_2021}}$ - Potrošnja pojedinog energenta u prometu za 2021. godinu [GWh]

BV_{2021} - broj vozila za pojedinu vrstu energenta u 2021. godini

3.2.3. Izračun energetske potrošnje sektora kućanstva

Ukupna energetska potrošnja sektora kućanstva za 2021. godinu modelirana je na način da se iz ukupne potrošnje sektora kućanstva za 2013. godinu i broja kućanstava u Splitsko-dalmatinskoj županiji prvo izračunala prosječna potrošnja svakog kućanstva prema izrazu (3.1).

$$E_{\text{prosječno_kućanstvo}} = \frac{E_{\text{kućanstvo_2013}}}{BK_{2013}} * 1000 \quad (3.1)$$

Gdje je:

$E_{\text{prosječno_kućanstvo}}$ - Prosječna energetska potrošnja svakog kućanstva [MWh]

$E_{\text{kućanstvo_2013}}$ - Ukupna energetska potrošnja kućanstva za 2013. godinu [GWh]

BK_{2013} - Broj kućanstava u Splitsko-dalmatinskoj županiji za 2013. godinu

Zatim se taj iznos množio sa brojem kućanstava u 2021. godini da bi se dobila ukupna energetska potrošnja sektora kućanstva za tu godinu prema izrazu (3.2.)

$$E_{\text{kućanstvo_2021}} = E_{\text{prosječno_kućanstvo}} * BK_{2021} \quad (3.2)$$

Gdje je:

$E_{\text{kućanstvo_2021}}$ - Ukupna energetska potrošnja kućanstva za 2021. godinu [GWh]

BK_{2021} - Broj kućanstava u Splitsko-dalmatinskoj županiji za 2013. godinu

Potrošnja električne i sunčeve energije za 2021. godinu modelirana je na način da se na potrošnju iz 2013. godine dodalo pola iznosa godišnje proizvodnje postrojenja spojenih na mrežu nakon 2013. godine prema izrazu (3.4) i (3.5). Pretpostavljeno je da se druga polovica te proizvodnje trošila u dijelu uslužnog sektora.

$$E_{kućanstvo_elenergija_2021} = E_{kućanstvo_elenergija_2013} + 0,5 * E_{elenergija_nova} \quad (3.4)$$

$$E_{kućanstvo_sunčeva_2021} = E_{kućanstvo_sunčeva_2013} + 0,5 * E_{sunčeva_nova} \quad (3.5)$$

Gdje je:

$E_{kućanstvo_elenergija_2021}$ - Potrošnja električne energije u kućanstvu za 2021. godinu [GWh]

$E_{kućanstvo_elenergija_2013}$ - Potrošnja električne energije u kućanstvu za 2013. godinu [GWh]

$E_{elenergija_nova}$ - Električna energija iz novih postrojenja [GWh]

$E_{kućanstvo_sunčeva_2021}$ - Potrošnja sunčeve energije u kućanstvu za 2021. godinu [GWh]

$E_{kućanstvo_sunčeva_2013}$ - Potrošnja sunčeve energije u kućanstvu za 2013. godinu [GWh]

$E_{sunčeva_nova}$ - Sunčeva energija iz novih postrojenja [GWh]

Potrošnje ostalih energenata u 2021. godini modelirane su prema izrazu (3.6).

$$E_{kućanstvo_energent_2021} = \left(\frac{E_{kućanstvo_energent_2013}}{1 - \frac{E_{kućanstvo_elisu_2013}}{E_{kućanstvo_2013}}} \right) * (E_{kućanstvo_2021} - E_{kućanstvo_elisu_2021}) \quad (3.6)$$

Gdje je:

$E_{kućanstvo_energent_2021}$ - Potrošnja pojedinog energenta u kućanstvu za 2021. godinu [GWh]

$E_{kućanstvo_energent_2013}$ - Potrošnja pojedinog energenta u kućanstvu za 2013. godinu [GWh]

$E_{kućanstvo_elisu_2013}$ - Potrošnja sunčeve i el. energije u kućanstvu za 2013. godinu [GWh]

$E_{kućanstvo_elisu_2021}$ - Potrošnja sunčeve i el. energije u kućanstvu za 2021. godinu [GWh]

3.2.4. Izračun energetske potrošnje uslužnog sektora

Za modeliranje energetske potrošnje za 2021. godinu unutar uslužnog sektora pretpostavljeno je da su sve djelatnosti osim turizma zadržale isti iznos energetske potrošnje koji su imale u 2013. godini. Energetska potrošnja svih djelatnosti uslužnog sektora u 2013. godini određena je iz izraza (4.1).

$$E_{djelatnost_2013} = X_{djelatnost_2013} * E_{uslužni_2013} \quad (4.1)$$

Gdje je:

$E_{djelatnost_2013}$ - Energetska potrošnja pojedine djelatnosti za 2013. godinu [GWh]

$E_{uslužni_2013}$ - Ukupna energetska potrošnja uslužnog sektora za 2013. godinu [GWh]

$X_{djelatnost_2013}$ - Udio potrošnje pojedine djelatnosti u potrošnji uslužnog sektora 2013. godine

Iz energetske potrošnje djelatnosti turizma za 2013. godinu izračunata je prosječna potrošnja po turistu koristeći ukupan broj turističkih dolazaka prema izrazu (4.2).

$$E_{prosječno_turizam} = \frac{E_{turizam_2013}}{BT_{2013}} * 1000 \quad (4.2)$$

Gdje je:

$E_{prosječno_turizam}$ – Prosječna energetska potrošnja po turistu [MWh]

$E_{turizam_2013}$ – Energetska potrošnja djelatnosti turizma u 2013. godini [GWh]

BT_{2013} – Ukupan broj turističkih dolazaka u 2013. godini

Iz dobivenog podatka o prosječnoj potrošnji po turistu određena je potrošnja djelatnosti turizma u 2021. godini koristeći broj turističkih dolazaka iz 2019. kao relevantan prema izrazu (4.3)

$$E_{turizam_2021} = \frac{E_{prosječno_turizam} * BT_{2019}}{1000} \quad (4.3)$$

Gdje je:

$E_{turizam_2021}$ – Energetska potrošnja djelatnosti turizma u 2021. godini [GWh]

BT_{2019} – Ukupan broj turističkih dolazaka u 2019. godini

Nakon toga je izračunat mjesečni udio turističkih dolazaka za svaki mjesec, izračun je napravljen za 2013. i 2019. godinu, budući da je ona uzeta kao referentna za 2021. godinu radi pandemije virusa Covid-19, prema izrazu (4.4).

$$X_{mjesec_godina} = \frac{BT_{mjesec_godina}}{BT_{godina}} \quad (4.4)$$

Gdje je:

X_{mjesec_godina} - Udio dolazaka pojedinog mjeseca u ukupnom broju turističkih dolazaka

BT_{mjesec_godina} - Broj turističkih dolazaka u pojedinom mjesecu za određenu godinu

BT_{godina} - Ukupan broj turističkih dolazaka u pojedinoj godini

Nakon što se udio turističkih dolazaka po mjesecu dobio za obje godine dobivena je mjesečna energetska potrošnja u djelatnosti turizma prema izrazu (4.5).

$$E_{turizam_mjesec_godina} = X_{mjesec_godina} * E_{turizam_godina} \quad (4.5)$$

Gdje je:

$E_{turizam_mjesec_godina}$ – Mjesečna energetska potrošnja djelatnosti turizma [GWh]

Mjesečni iznosi potrošnje djelatnosti turizma prikazani su dijagramom te se dobila raspodjela potrošnje u toku godine iz koje se približno mogao odrediti trenutak vršnog opterećenja sustava. Nakon toga je određena ukupna energetska potrošnja uslužnog sektora za 2021. godinu prema izrazu (4.6)

$$E_{uslužni_2021} = E_{turizam_2021} + (E_{uslužni_2013} - E_{turizam_2013}) \quad (4.6)$$

Gdje je:

$E_{uslužni_2021}$ - Ukupna energetska potrošnja uslužnog sektora za 2021. godinu [GWh]

Kako je već navedeno u dijelu izračuna energetske potrošnje za 2021. godinu u sektoru kućanstva 50 % udjela proizvodnje postrojenja spojenih na mrežu nakon 2013. godine trošilo se u uslužnom sektoru. Potrošnja električne i sunčeve energije modelirana je prema izrazima (4.7) i (4.8), dok su potrošnje ostalih energenata modelirane prema izrazu (4.9).

$$E_{uslužni_elenergija_2021} = E_{uslužni_elenergija_2013} + 0,5 * E_{elenergija_nova} \quad (4.7)$$

$$E_{uslužni_sunčeva_2021} = E_{uslužni_sunčeva_2013} + 0,5 * E_{sunčeva_nova} \quad (4.8)$$

$$E_{uslužni_energient_2021} = \frac{\left(\frac{E_{uslužni_energient_2013}}{E_{uslužni_2013}} \right)}{\left(1 - \frac{E_{uslužni_elisu_2013}}{E_{uslužni_2013}} \right)} * (E_{uslužni_2021} - E_{uslužni_elisu_2021}) \quad (4.9)$$

Gdje je:

$E_{uslužni_elenergija_2021}$ - Potrošnja el. energije u uslužnom sektoru za 2021. godinu [GWh]

$E_{uslužni_elenergija_2013}$ - Potrošnja el. energije u uslužnom sektoru za 2013. godinu [GWh]

$E_{uslužni_sunčeva_2021}$ - Potrošnja sunčeve energije u uslužnom sektoru za 2021. godinu [GWh]

$E_{uslužni_sunčeva_2013}$ - Potrošnja sunčeve energije u uslužnom sektoru za 2013. godinu [GWh]

$E_{uslužni_energient_2021}$ - Potrošnja energenta u uslužnom sektoru za 2021. godinu [GWh]

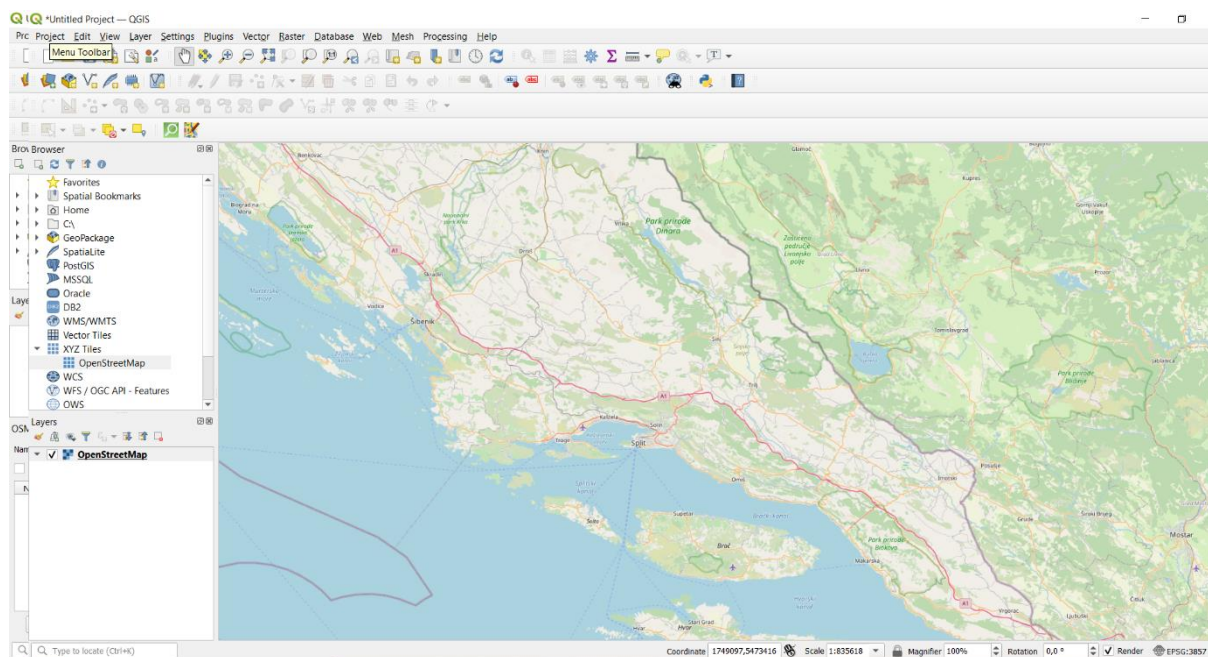
$E_{uslužni_energient_2013}$ - Potrošnja energenta u uslužnom sektoru za 2013. godinu [GWh]

$E_{uslužni_elisu_2013}$ - Potrošnja sunčeve i el. energije u uslužnom sektoru za 2013. godinu [GWh]

$E_{uslužni_elisu_2021}$ - Potrošnja sunčeve i el. energije u uslužnom sektoru za 2021. godinu [GWh]

3.3. Geografski informacijski sustav QGIS

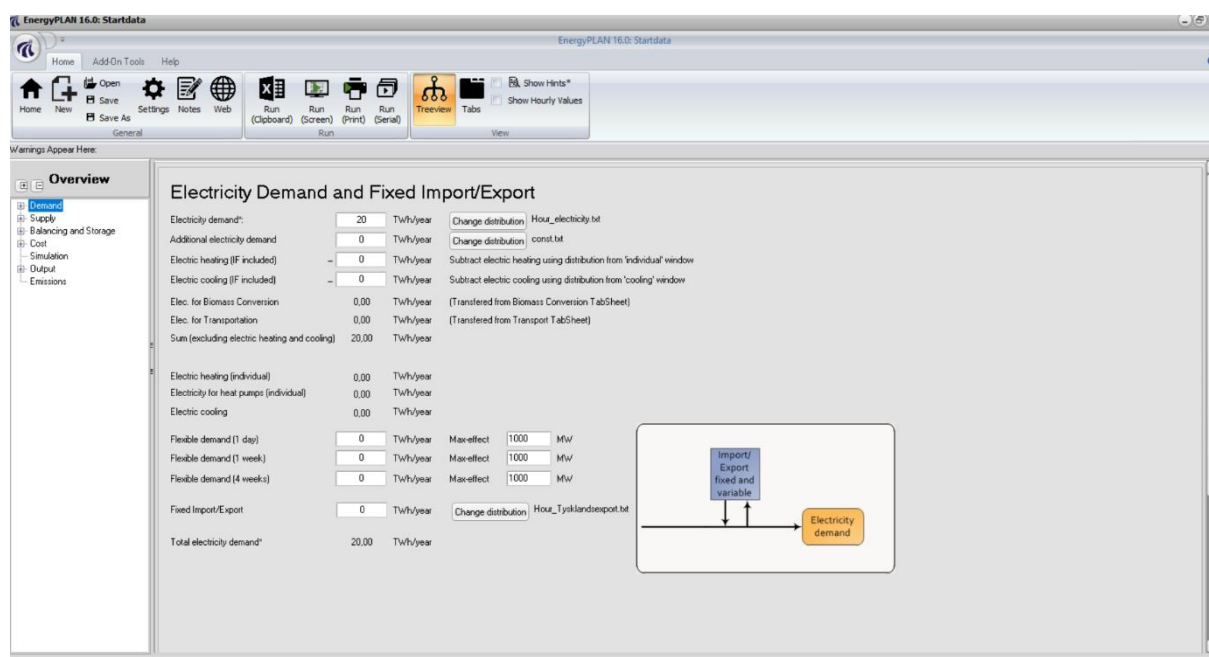
Za izradu karte energetske infrastrukture, postojećih punionica električnih vozila te potencijalnih lokacija za gradnju novih punionica korištena je geografski informacijski sustav QGIS. Aplikacija omogućuje vizualizaciju, upravljanje, uređivanje i analiziranje geopodataka. U toku postupka pregledavanja prostornih planova uređenja gradova i općina unutar Splitsko-dalmatinske županije uočeni su dijelovi energetske infrastrukture. Ti dijelovi su zatim uz pomoć aplikacija GoogleMaps i GoogleEarth spajani s njihovim koordinatama koje su zatim zapisane u obliku teksta te kao takve unošene u aplikaciju QGIS koja ih je smještala u prostor. Rezultati ovog postupka biti će prikazani u nekom od sljedećih poglavlja. U aplikaciju QGIS također su unošene i lokacije već postojećih punionica električnih vozila pronađenih pretragom dostupnih karata i aplikacija te njihovim spajanjem s koordinatama uz pomoć aplikacija GoogleMaps i GoogleEarth. Za postupak određivanja potencijalnih lokacija korištena je aplikacija GoogleMaps koja je služila za pregledavanje prostora Splitsko-dalmatinske županije u cilju pronalaska potencijalnih novih lokacija punionica čije su koordinate zatim zapisivane i unošene u program QGIS kako bi bile smještene u prostor. Korisničko sučelje aplikacije QGIS prikazano je na slici.



Slika 15. Korisničko sučelje aplikacije QGIS

3.4. EnergyPLAN

EnergyPLAN su razvili i njime upravljaju članovi grupe za održivi razvoj na sveučilištu Aalborg, u Danskoj. EnergyPLAN je program kojim se služimo kako bi analizirali energetske, okolišne i ekonomske utjecaje raznih energetske strategija. Cilj nam je razviti razne opcije te ih usporediti međusobno, što će unutar ovog rada i biti napravljeno. Kao ulazni podaci pojavljuju se energetske potrebe nekog sustava, obnovljivi izvori energije, kapaciteti energetske stanica itd. Izlazni podaci su energetske bilance i konačna godišnja proizvodnja te potrošnja energenata. Unutar ovog rada biti će razvijeni scenariji razvoja lokalnog energetske sustava i sustava punionica za električna vozila Splitsko-dalmatinske županije obnovljivom energijom do 2030. i 2040. godine. Kao ulazni podaci će se koristiti podaci proračunati korištenjem prethodno opisanih metoda i alata, te je upravo zbog toga potrebno modelirane vrijednosti potrošnje što preciznije odrediti. Nakon unosa ulaznih podataka iz prikazanih rezultata će biti potrebno izvući zaključke koji će dati odgovore na opravdanost predloženih mjera energetske tranzicije.



Slika 16. Korisničko sučelje programa EnergyPLAN

Prema „Strategiji energetskog razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu“ [20] su izrađena tri scenarija razvoja:

- **Scenarij 0 (S0)** – Ovaj scenarij predstavlja kontinuitet sadašnje politike primjene postojećih mjera u promjenama energetskog sektora. On je trebao poslužiti kao usporedni scenarij kako bi se rezultati implementacije mjera u drugim scenarijima mogle bolje primijetiti. Proizvodni kapaciteti ostali su na istoj razini te se nisu gradila nova proizvodna postrojenja. Udio domaćih električnih vozila u 2030. godini iznosio je 2,5 %, dok je u 2040. iznosio 16,25 %. Udjeli električnih vozila u floti turističkih iznosili su 10 % u 2030. i 20% u 2040. godini.
- **Scenarij 1 (S1)** – Ovaj scenarij predstavlja ubranu energetsku tranziciju. Kao pretpostavku ovaj scenarij uzima činjenicu da između članica EU postoji snažna suradnja u dostizanju ciljeva Pariškog sporazuma koji se očituju u globalnoj raspoloživosti potrebnih tehnologija te smanjenju njihovih specifičnih troškova kako bi se postavili temelji za široko korištenje OIE te implementaciju mjera energetske učinkovitosti. Proizvodni kapaciteti vjetra i sunca su povećani, a energetska potrošnja se smanjila za 4% u 2030. i 15% u 2040. godini. Udio domaćih električnih vozila u 2030. godini je iznosio 4,5 % dok je u 2040. bio 44,75 %. Udjeli električnih vozila u floti turističkih bili su 15 % u 2030. godini te 50 % u 2040. godini.
- **Scenarij 2 (S2)** – Ovaj scenarij predstavlja umjerenu energetsku tranziciju. Po svojim karakteristikama sličan je scenariju ubrane energetske tranzicije s tim da ima niže ciljeve energetske obnove zgrada, isto tako i niže stope rasta potrošnje električne energije, nešto manje ciljeve za novoizgrađene vjetroelektrane i sunčane elektrane. Također i sporije promjene u sektoru prometa. Sve ovo podrazumijeva i da je ovaj scenarij investicijski manje zahtjevan. Proizvodni kapaciteti vjetra i sunca su povećani ali u nešto manjem iznosu nego kod scenarija S1, a energetska potrošnja je također smanjena za 4% u 2030. i 15 % u 2040. godini. Udio domaćih električnih vozila iznosio je 3,5 % u 2030. godini dok je u 2040. godini bio 34,25 %. Udjeli električnih vozila u floti turističkih iznosili su 12,5 % u 2030. godini i 40 % u 2040. godini.

4. Analiza energetske potrebe i energetske infrastrukture Splitsko-dalmatinske županije

Splitsko-dalmatinska županija prostorno je najveća u Republici Hrvatskoj s površinom od oko 14 045 m² od čega na kopno otpada 4 572 m². Prema popisu stanovništva iz 2021. u Splitsko-dalmatinskoj županiji živi 425 412 stanovnika. Upravno je podijeljena na 16 gradova i 39 općina.

Popis gradova Splitsko-dalmatinske županije:

- | | | |
|------------|--------------|-----------|
| • Hvar | • Sinj | • Trogir |
| • Imotski | • Solin | • Vis |
| • Kaštela | • Split | • Vrgorac |
| • Komiža | • Stari Grad | • Vrlika |
| • Makarska | • Supetar | |
| • Omiš | • Trilj | |

Popis općina Splitsko-dalmatinske županije:

- | | | |
|---------------|-------------------|--------------|
| • Baška Voda | • Lovreć | • Proložac |
| • Bol | • Marina | • Pučišća |
| • Brela | • Milna | • Runovići |
| • Cista Provo | • Muć | • Seget |
| • Dicmo | • Nerežišća | • Selca |
| • Dugi Rat | • Okrug | • Sućuraj |
| • Dugopolje | • Otok | • Sutivan |
| • Gradac | • Podbablje | • Šestanovac |
| • Hrvace | • Podgora | • Šolta |
| • Jelsa | • Podstrana | • Tučepi |
| • Klis | • Postira | • Zadvarje |
| • Lećevica | • Prgomet | • Zagvozd |
| • Lokvičići | • Primorski Dolac | • Zmijavci |

4.1. Energetska infrastruktura

Analiza energetske infrastrukture napravljena je pregledavanjem prostornih planova uređenja svih gradova i općina unutar Splitsko-Dalmatinske županije. Planovi su sadržavali dijelove postojeće i planirane energetske infrastrukture a prikupljeni podatci navedeni su tablično.

Tablica 6. Energetska infrastruktura gradova u Splitsko-dalmatinskoj županiji

Grad	Energetska infrastruktura	Potencijal VE i SE prema PPU
Hvar [21]	1x TS 35/10 kV 40x TS 10/0,4 kV Planirano 1x TS 110/10(20) kV	FNE Hvar
Imotski [22]	1x TS 110/35/10 kV 1x TS 35/10 kV 57x TS 10/0,4 kV Planirani lokalni plinovod i mjerno redukcijaska stanica	-
Kaštela [23]	1x TS 110/35 kV 6x TS 35/10 kV 104x TS 10/0,4 kV Magistralni plinovod	-
Komiža [24]	24x TS 10/0,4 kV Planirano 11x TS 10/0.4	-
Makarska [25]	1x TS 35/10 kV Mreža TS 10/0,4 kV Planirano 1x TS 110/20 kV Planirani magistralni plinovod i mjerno redukcijaska stanica	-
Omiš [26]	HE Zakućac HE Kraljevac Planirano HE Prančevići 2x TS 110/35/10 kV 3x TS 110/20(10) kV 3x TS 35/10 kV 130x TS 10-20/0,4 kV Planirano 35x TS 10-20/0,4 kV Planirani magistralni plinovod i mjerno redukcijaska stanica	VE Kostanje

Sinj [27]	1x TS 110/35 kV 75x TS 10/ kV Planirano 2x TS 110/x kV Planirano 2x TS 110/20(10) kV Predviđeno MHE Rumin1 Planirane VE: Bili Brig-Vaganj, Svilaja, Zelovo Planirane SE: Sinj-Bajagić i Sinj-Obrovac Magistralni plinovod i mjerno redukcijaska stanica	VE Bili Brig-Vaganj VE Visoka-Zelovo VE Zelovo FNE Sinj-Bajagić
Solin [28]	1x TS 110/35 kV 2x TS 35/10 kV Mreža TS 10/0,4 Planirana 1x TS 110/20(10) kV	-
Split [29]	1x TS 110/35/10 kV (Planirano 220/110/35/10 kV) 2x TS 110/10 kV 4x TS 35/10 kV (Planirano 110/20(10) kV) 645x TS 10/0,4 kV Planirani plinovod	VE Sitno Gornje
Stari Grad [30]	1x TS 110/35 kV 1x TS 35/10 kV 26x TS 10/0,4 kV	-
Supetar [31]	1x TS 110/35 kV 2x TS 35/10 kV Mreža TS 10/0,4 kV	-
Trilj [32]	HE Dale VE Voštane 2x TS 110/10(20) kV 3x TS 35/10 kV Mreža TS 10-20/0,4 kV	VE Bradića kosa FNE Tijarica FNE Tijarica 2 FNE Vedrine
Trogir [33]	1x TS 110/35/20(10) kV 3x TS 35/10(20) kV Planirano 2x TS 110/10(20) kV Magistralni plinovod	-
Vis [34]	SE Vis 1x TS 35/10 kV	-

	6x TS 10-20/0,4 kV 24x TS 10/0,4 kV	
Vrgorac [35]	1x TS 110(35)/20(10) kV 60x TS 10/0,4 kV Planirano 45x TS 10/0,4 kV	VE Vrgorac
Vrlika [36]	Mreža TS 10/0,4 kV FNE Vrlika Jug	VE Svilaja FNE Peruča- Ljut FNE Peruča- Derven

Tablica 7. Energetska infrastruktura općina u Splitsko-dalmatinskoj županiji

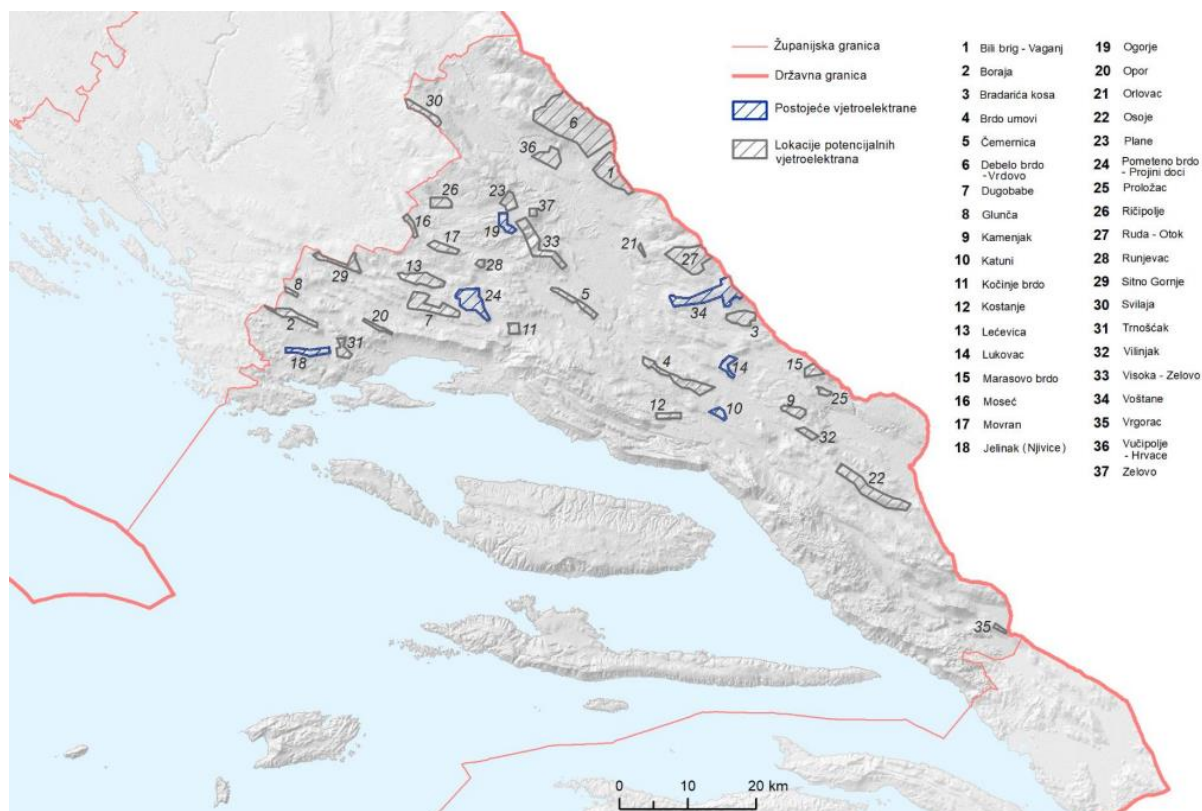
Općina	Energetska infrastruktura	Potencijal SE i VE prema PPU
Baška Voda [37]	1x TrS 35/10 kV 21x TS 10/0,4 kV Planirano 1x TS 110/35 kV Planirano 6x TS 10/0,4 kV	-
Bol [38]	1x TS 35/10 kV 13x TS 10/0,4	-
Brela [39]	Mreža TS 10/0,4 kV Planiran magistralni plinovod i MRS	-
Cista Provo [40]	33x TS 10/0,4 kV SE Perković Trade d.o.o. VE Lukovac	VE Brdo umovi
Dicmo [41]	44x TS 10/0,4 Planirano 29xTS 10/0,4 Planirano 2x TS 110/35 kV Planiran magistralni i lokalni plinovod	-
Dugi Rat [42]	4x TS 20/0,4 kV 17x TS 10/0,4 kV Planirano 10x TS 20/0,4 kV Planirano 1x TS 110/35 kV Planiran magistralni plinovod	-
Dugopolje [43]	1x TS 110/10-20 kV	-

	1x 35/10 kV 33x 10-20/0,4 kV Planirano 8x 10-20/0,4 kV Planirani magistralni i lokalni plinovod VE Pometeno Brdo	
Gradac [44]	26 X TS 10/0,4 kV Planirano 26 x TS 10/0,4 kV Planirano 2 x TS 110/20(10) kV	-
Hrvace [45]	HE Peruća 1x TS 110/35 kV 36x TS 10(20)/0,4 kV Planirano 1x TS 400/110 kV Planirano 1x TS 110/35 kV Planirano 36x TS 10(20)/0,4 kV	VE Debelo brdo- Vrdovo FNE Bitelić FNE Peruća-Ljut
Jelsa [46]	33x TS 10(20)/0,4 kV Planirano 25x TS 10(20)/0,4 kV Planirano 1x TS 110(35)/20(10) kV	-
Klis [47]	TS 400/220/110 kV TS 110/10-20 kV TS 35/10 Klis 60x TS 10-20/0,4 kV Planirano 63 x TS 10-20/0,4 kV Magistralni i lokalni plinovod	VE Dugobabe VE Kočinje Brdo
Lećevica [48]	Mreža TS 10/0,4 kV Planirano 2x TS 110/35 kV Planirano 1x TS 35/10 kV	VE Lećevica FNE Lećevica FNE Lećevica 2
Lokvičići [49]	Mreža TS 10/0,4 kV	-
Lovreć [50]	TS 35/10 kV Mreža TS 10/0,4 kV	VE Kamenjak VE Marasovo Brdo VE Vilinjak
Marina [51]	Lokalni plinovod 61x TS 10 (20)/0,4 kV 1x TS 35/10 kV	VE Glunča FNE Blizna

	Planirano 1x TS 110/35 kV VE Jelinak	
Milna [52]	1x TS 35/10 kV Mreža TS 10/0,4 kV	-
Muč [53]	1x TS 35/10 kV 50x TS 10(20)/0,4 kV Planirano 70x TS 10(20)/0,4 kV VE Ogorje	VE Čemernica VE Moseć VE Movran VE Plane VE Ričipolje VE Runjevac
Nerežišća [54]	1x TS 110/35 kV Planirano 1x TS 110/20 kV Mreža TS 10/0,4 kV	-
Okrug [55]	1x TS 35/10 kV 23x TS 10(20)/0,4 kV Planirano 23 x TS 10(20)/0,4 kV	-
Otok [56]	HE Orlovac 1x TS 35/20(10) kV 25x TS 10-20/0,4 kV Planirano 28x TS 10-20/0,4 kV	VE Orlovac VE Ruda-Otok FNE Gala FNE Ruda
Podbablje [57]	Mreža TS 10/0,4 kV	-
Podgora [58]	1x TS 35/10 kV 29x TS 10(20)/0,4 kV Planirano 16x TS 10(20)/0,4 kV Planirana 1x TS 110/10(20) kV	-
Podstrana [59]	1x TS 35/10 kV 26x TS 10/0,4 kV Planirano 14x TS 10(20)/0,4 kV	-
Postira [60]	1x TS 110/x kV 1x TS 35/10 kV 12x TS 10/0,4 kV	-
Prgomet [61]	9x TS 10/0,4 kV	VE Opor
Primorski Dolac [62]	13x TS 10/0,4 kV	FNE Primorski Dolac
Proložac [63]	Mreža TS 10/0,4 kV	VE Proložac
Pučišća [64]	1x TS 35/10 kV	FNE Brač

	22 x TS 10/0,4 kV	
Runovići [65]	15x TS 10/0,4 kV	VE Osoje
Seget [66]	1x TS 110/35 kV 1x TS 35/10 kV 33x TS 10/0,4 kV Planirano 26x TS 10/0,4 kV Planirano 3x TS 35/10 kV	VE Boraja VE Trnošćak FNE Ljubitovica
Selca [67]	21x TS 20(10)/0,4 kV Planirano 9x TS 20(10)/0,4 kV Planirano TS 35/20(10) kV	-
Sučuraj [68]	1x TS 110/35 kV 1x TS 35/10 kV Mreža TS 10/0,4 kV	FNE Bogomolje
Sutivan [69]	15x TS 10/0,4 kV	-
Šestanovac [70]	Mreža TS 10/0,4 kV VE Katuni	SE Žeževica SE Žeževica 2
Šolta [71]	1x TS 35/10 kV 30x TS 10/0,4 kV Planirano 15x TS 10/0,4 kV	-
Tučepi [72]	13x TS 10/0,4 kV Planirano 13x 10/0,4 kV: -	
Zadvarje [73]	HE Kraljevac 1x TS 110/35 kV 1x TS 35/10 kV 27x TS 10(20)/0,4 kV Planirano 10x TS 10(20)/0,4 kV Planiran magistralni i odvojni plinovod	-
Zagvozd [74]	1x TS 110(35)/20(10) kV 35x TS 10/0,4 kV Planirana 1x TS 400/220/110 kV Planirani lokalni i magistralni plinovod	-
Zmijavci [75]	Mreža TS 10/0,4 kV	-

Zaključak je da je visokonaponska mreža, koja je obnovljena poslije rata, u zadovoljavajućem stanju ali da bi niskonaponska mreža trebala biti obnovljena i unaprijeđena zbog povećanja potreba potrošača [76]. U budućnosti bi Splitsko-dalmatinska županija trebala iskorištavati svoje obnovljive potencijale vjetra i sunca, kojih je mnogo, te tako osiguravati buduću energetska opskrbu. Lokacije na kojima se nalaze vjetroelektrane i one potencijalne na kojima bi se takvi sustavi mogli graditi možemo vidjeti na slici 17.

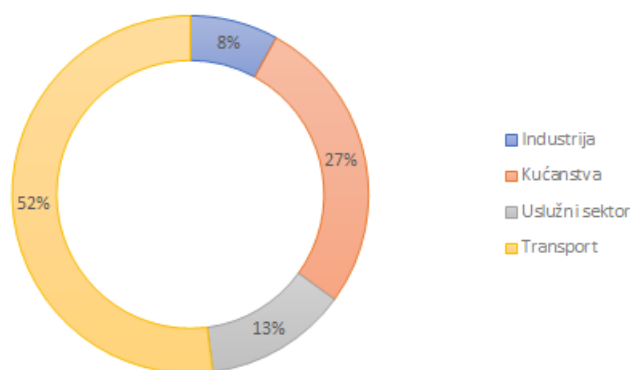


Slika 17. Postojeće i potencijalne lokacije vjetroelektrana u Splitsko-dalmatinskoj županiji [77]

4.2. Energetska potrošnja

Energetska potrošnja je modelirana na način da je kao bazna godina uzeta 2013. budući da je za istu pronađeno najviše dostupnih podataka unutar „Aksijskog plana energetske učinkovitosti Splitsko-dalmatinske županije za razdoblje 2014-2016“. Podaci iz 2013. nadopunjeni su s potrošnjom energenata čiji su izvor postrojenja izgrađena nakon 2013. Izvor energije tih postrojenja su obnovljivi izvori, a u njih ubrajamo SE Vis (2020.), SE Vrlika Jug (2021.), VE Lukovac (2018.), VE Katuni (2016.) i VE Ogorje (2015.). Energetska potrošnja podijeljena je na 4 sektora. Industriju, kućanstva, uslužni sektor i transport.

Najveći potrošač energije je upravo transport, slijedi ga kućanstvo s upola manjom potrošnjom te uslužni sektor i na kraju sektor industrije kao najmanji potrošač od navedenih sektora. Raspodjelu potrošnje energije po sektorima možemo vidjeti na slici 18.



Slika 18. Raspodjela energetske potrošnje po sektorima za 2013. godinu [76]

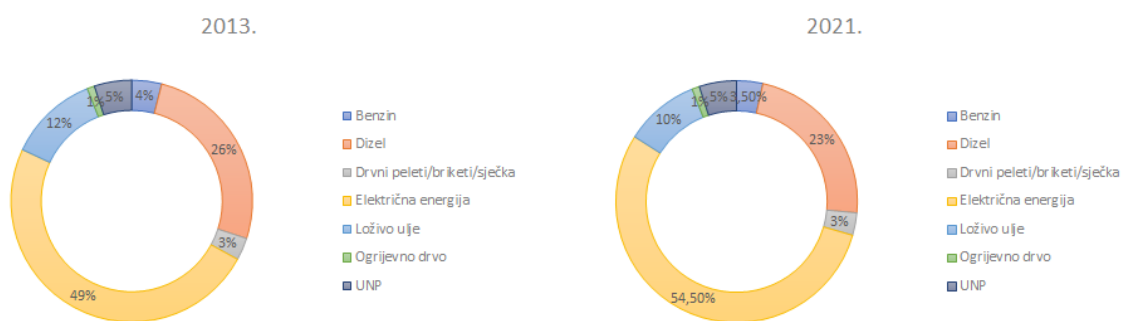
4.2.1. Energetska potrošnja sektora industrije

Energetska potrošnja sektora industrije odnosi se na dio koji nije obuhvaćen ETS-om. Iz usporedbe „Energetske bilance Splitsko-dalmatinske županije u 2007. godini“ i „Akcijskog plana energetske učinkovitosti Splitsko-dalmatinske županije za razdoblje 2014.-2016.“ vidljiv je pad potrošnje u ovom sektoru. 2011. godine ta je potrošnja iznosila 309,7 GWh, da bi se u 2013. smanjila na 228,6 GWh. U sljedećim godinama pretpostavljen je pad potrošnje energije u ovom sektoru ali s nešto smanjenim intenzitetom. Pretpostavljena potrošnja u 2021. godini je za 10% niža od one iz 2013. te je izračunata prema izrazu (1.1) i iznosi 205,7 GWh. Glavna mjera energetske učinkovitosti je uvođenje elektromotornih pogona pa će se navedeno smanjenje najviše primijetiti na potrošnji benzina, dizela i loživog ulja. U tablici 8. možemo vidjeti usporedbu potrošnje iz 2013. s onom modeliranom za 2021. godinu. Pretpostavljena je ista potrošnja električne energije dok su potrošnje ostalih energenata izračunate korištenjem izraza (1.2.).

Tablica 8. Potrošnja energenata u sektoru industrije

Energent	Potrošnja u 2013. godini [GWh] [76]	Modelirana potrošnja za 2021. godinu [GWh]
Benzin	9,17	7,31
Dizel	58,61	46,94
Drveni pelet/briketi/sječka	7,22	5,87
Električna energija	112,22	112,22
Loživo ulje	26,38	20,99
Ogrjevno drvo	2,5	2,05
UNP	12,5	10,32
Ukupno	228,6	205,7

Na slici 19. je prikazana struktura potrošnje energenata za dvije godine koje su uspoređivane tj. za 2013. i 2021. Primjetan je porast korištenja električne energije upravo zbog implementacije gore navedenih mjera energetske učinkovitosti. Iz istog razloga postotak korištenja pogonskih goriva benzina, dizela i loživog ulja se smanjio.



Slika 19. Struktura potrošnje energenata za 2013. i 2021. godinu u sektoru industrije

4.2.2. Energetska potrošnja prometnog sektora

Potrošnja u sektoru prometa za 2021. modelirana je tako da se prvo iz ukupne potrošnje energenata sektora prometa za 2013. godinu, koja je vidljiva u tablici 9., i ukupnog broja vozila u Splitsko-dalmatinskoj županiji prema vrsti goriva, vidljivog u tablici 10., odredila prosječna potrošnja po vozilu. Navedena prosječna potrošnja odnosila se na vozila pogonjena benzinom, dizelom i UNP-om.

Tablica 9. Potrošnja energenata u sektoru prometa za 2013. godinu [76]

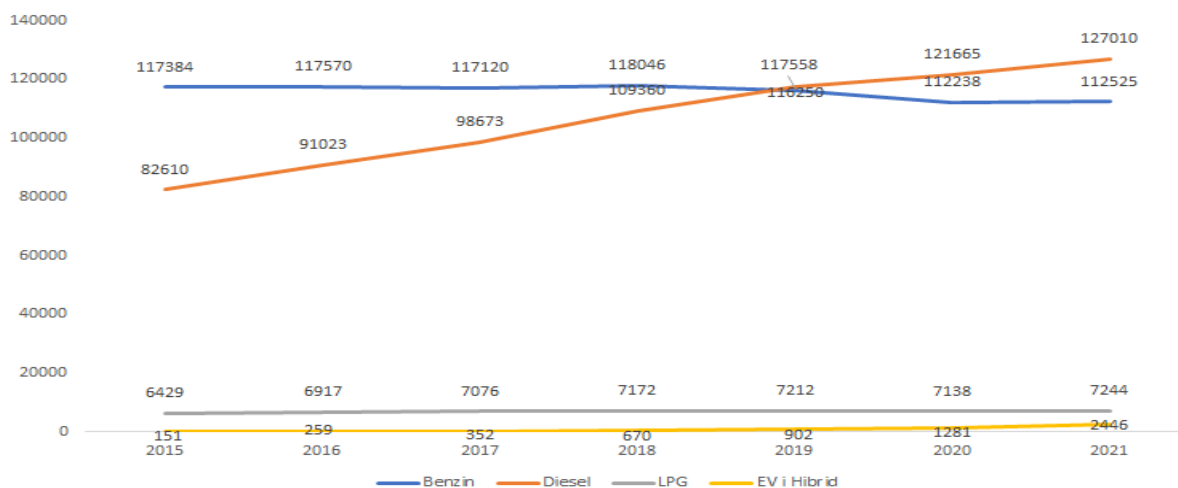
Energent	Potrošnja u 2013. godini [GWh]
Motorni benzin	1 116,67
Dizelsko gorivo	1 642,5
UNP	82,5
Tekuće biogorivo	49,73
Ukupno	2 891,4

Prema podacima dostupnim na web stranici „Centra za vozila Hrvatske“, a koji je uključivao broj vozila raspoređenih prema vrsti goriva, izrađena je tablica 10. za Splitsko-dalmatinsku županiju.

Tablica 10. Broj vozila prema vrsti goriva u Splitsko-dalmatinskoj županiji [78]

Godina\Energent	Benzin	Dizel	UNP	EV i hibridi
2015	117 384	82 610	6 429	151
2016	117 570	91 023	6 917	259
2017	117 120	98 673	7 076	352
2018	118 046	109 360	7 172	670
2019	116 250	117 558	7 212	902
2020	112 238	121 665	7 138	1 281
2021	112 525	127 010	7 244	2 446

Podaci iz tablice 10. grafički su prikazani na slici 18. Sa slike je vidljivo da se broj dizelskih, električnih i hibridnih vozila povećava dok broj vozila pogonjenih na benzin opada. Gotovo 100 % povećanje primjetno je kod električnih i hibridnih vozila u 2021. godini u odnosu na 2020. što je dobar i očekivan pokazatelj.



Slika 20. Kretanje broja vozila prema vrsti goriva u Splitsko-dalmatinskoj županiji

Budući da podaci za 2013. godinu nisu bili dostupni, kao referentni broj vozila te godine za daljnji proračun je uzet broj vozila iz 2015. godine. Korištenjem izraza (2.1) izračunata je prosječna godišnja potrošnja pojedinog energenta po vozilu. Dobiveni podatci prikazani su u tablici 11.

Tablica 11. Prosječna potrošnja vozila prema vrsti goriva

Energent	Prosječna potrošnja po vozilu [kWh]
Benzin	9 513
Dizel	19 882
UNP	12 832
Električna energija	3 085

Budući da podaci o ukupnoj potrošnji električne energije u sektoru prometa nisu dostupni u obliku kao za sva ostala goriva taj podatak je modeliran. Iz prosječne potrošnje po vozilu za svako od navedenih goriva, a koristeći iskustvene podatke iz tablice 12. uvrštavanjem u izraz (2.2) dobivene su prosječne godišnje udaljenosti koje vozila pređu.

Tablica 12. Iskustveni podaci potrošnje vozila prema vrsti goriva

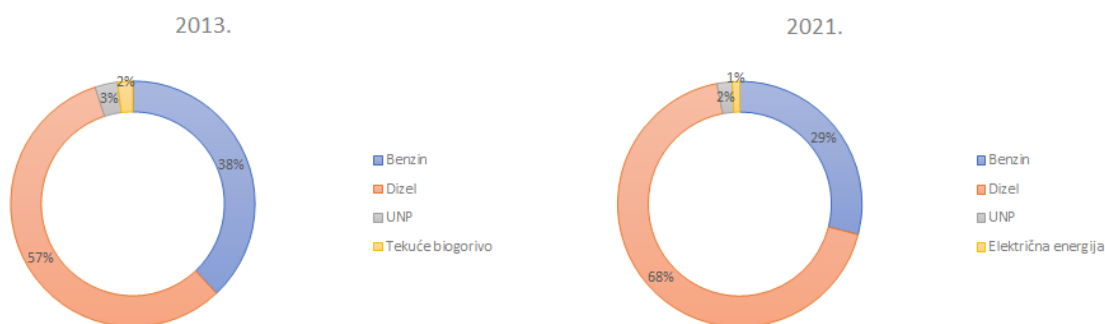
Energent	Prosječna potrošnja na 100 km	Ekvivalent u kWh
Benzin	6 litara	53,4
Dizel	7 litara	70
UNP	12 litara	82,8
Električna energija	-	15

Vozila koja se pokreću motorom koji kao gorivo koristi benzin godišnje prijeđu 17 814 km, ona koja kao gorivo koriste dizel 28 402 km, dok ona koja koriste UNP prijeđu 15 497 km. Prosječna udaljenost, izračunata prema izrazu (2.3), koju vozila u Splitsko-dalmatinskoj županiji prijeđu je 20 571 km, što prema izrazu (2.4) za električna vozila daje prosječnu potrošnju od 3 085 kWh. Prosječne vrijednosti iz tablice 11. zatim su uvrštene u izraz (2.5) kako bi se dobila potrošnja energenata u 2021. godini. Dobivene vrijednosti prikazane su u tablici 13.

Tablica 13. Potrošnja energenata u sektoru prometa za 2021. godinu

Energent	Modelirana potrošnja u 2021. godini [GWh]
Benzin	1 070,45
Dizel	2 525,21
UNP	88,61
Električna energija	7,54
Ukupno	3691,8

Usporedbu dvije promatrane godine, 2013. i 2021., možemo vidjeti na slici 21. Ukupna potrošnja se povećala s 2891 GWh na 3691 GWh. Udio benzina u potrošnji se smanjio dok su se udio dizela povećao. Udio potrošnje električne energije je 1 % i to je dio u kojemu se može očekivati znatno povećanje u budućim godinama, dok bi korištenje ostalih energenata trebao opadati.



Slika 21. Struktura potrošnje energenata za 2013. i 2021. godinu u sektoru prometa

4.2.3. Energetska potrošnja sektora kućanstva

Pregledavanjem popisa stanovništva iz 2011. i 2021. godine utvrđen je pad broja kućanstava unutar tog razdoblja. U Splitsko-dalmatinskoj županiji je 2011. godine bilo 154 528 kućanstava dok je taj broj u 2021. godini iznosio 152 143 kućanstva. Broj kućanstava iz 2011. godine uzet je kao relevantan za energetske potrošnje 2013. godine. Prema podacima koji su pronađeni u „Akcijском planu energetske učinkovitosti Splitsko-dalmatinske županije za razdoblje 2014.-2016.“ sastavljena je tablica 14. Kako je i vidljivo iz tablice kao energenti koji se najviše troše ističu se električna energija i ogrjevno drvo koji čine više od 85 % ukupne potrošnje energenata u kućanstvu.

Tablica 14. Potrošnja energenata u sektoru kućanstva za 2013. godinu [76]

Energent	Potrošnja u 2013. godini (GWh)
Električna energija	741,94
Loživo ulje	96,11
UNP	81,11
Ogrjevno drvo	538,33
Sunčeva energija	4,16
Ukupno	1 461,65

Uvrštavanjem podatka o ukupnoj energetskej potrošnji iz tablice 14. u izraz (3.1) dobivena je prosječna godišnja potrošnja po kućanstvu za 2013. godinu a iznosila je 9,46 MWh. Unosom tog iznosa u izraz (3.2). došlo se do iznosa ukupne potrošnje za tu 2021. godinu, a ona je iznosila 1 439,09 GWh. Budući da pad broja kućanstava nije bio velik energetska potrošnja sektora kućanstva je gotovo ista u obje godine. Podaci o potrošnji energenata za 2021. godinu nisu bili dostupni, stoga ih je bilo potrebno modelirati. Potrošnja električne i sunčeve energije izračunata je prema izrazima (3.4) i (3.5)., dok je potrošnja ostalih energenata izračunata korištenjem izraza (3.6). Popis novih postrojenja, spojenih na mrežu nakon 2013. godine, te njihovu godišnju proizvodnju možemo pronaći u tablici 15. Godišnja proizvodnja VE Lukovac i VE Ogorje pretpostavljena je na osnovu proizvodnje VE Katuni.

Tablica 15. Godišnja proizvodnja novoinstaliranih energetskih postrojenja

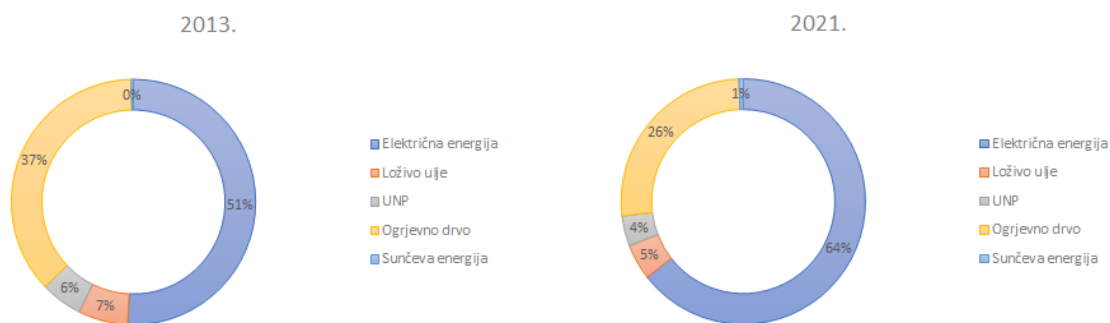
Naziv postrojenja	Godišnja proizvodnja [GWh]
VE Lukovac	140
VE Katuni	100 [79]
VE Ogorje	130
SE Vis	5 [80]
SE Vrlika Jug	2,9 [81]

Modelirana potrošnja energenata za 2021. godinu prikazana je u tablici 16. Kao energenti koji se najviše troše se i dalje ističu električna energija i ogrjevno drvo. Vidljiv je pozitivan trend smanjenja energenata koji zagađuju okoliš emisijama CO₂, što je smjer kojemu se treba težiti.

Tablica 16. Potrošnja energenata u sektoru kućanstva za 2021. godinu

Energent	Modelirana potrošnja u 2021. godini [GWh]
Električna energija	926,94
Loživo ulje	68,05
UNP	56,95
Ogrjevno drvo	379,04
Sunčeva energija	8,11
Ukupno	1 439,09

Usporedbu strukture potrošnje energenata između dvije promatrane godine, 2013. i 2021., možemo vidjeti na slici 19. Ukupna potrošnja energenata se smanjila, dok se potrošnja električne energije i sunčeve energije povećala. Potrošnja ostalih energenata se smanjila a najviše se to primijetilo na ogrjevnom drvu.



Slika 22. Struktura potrošnje energenata za 2013. i 2021. godinu u sektoru kućanstva

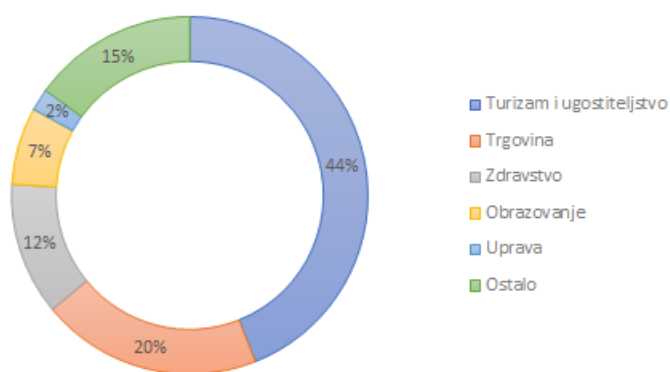
4.2.4. Energetska potrošnja u uslužnom sektoru

Potrošnja ovog sektora suma je potrošnje u djelatnostima turizma i ugostiteljstva, trgovine, zdravstva, uprave, obrazovanja i svih drugih uslužnih djelatnosti.. Potrošnja energenata u uslužnom sektoru za 2013. godinu prikazana je u tablici 17.

Tablica 17. Potrošnja energenata u uslužnom sektoru za 2013. godinu [76]

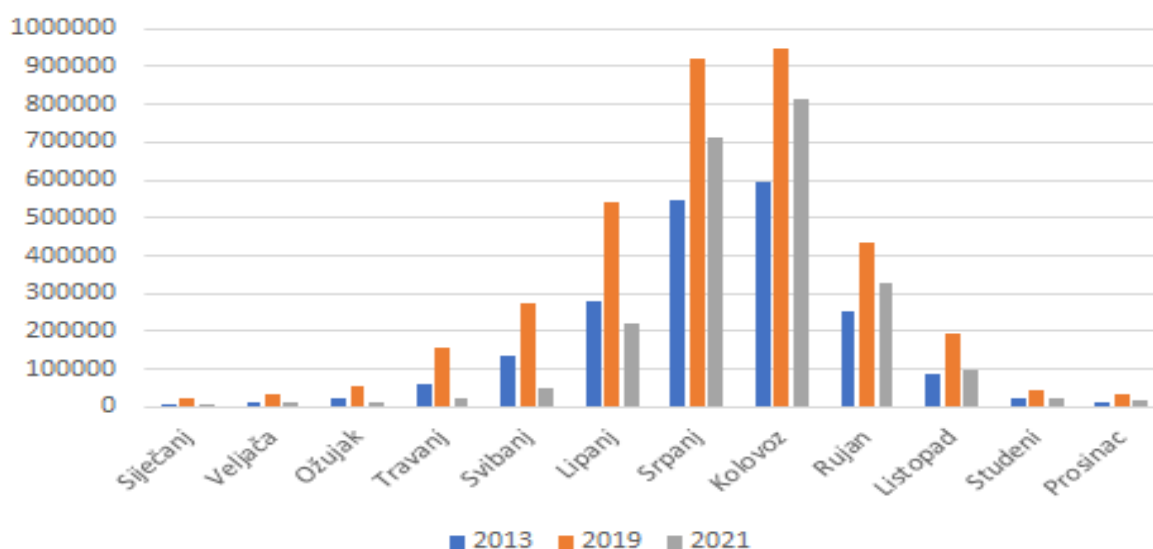
Energent	Potrošnja u 2013. godini [GWh]
Električna energija	546,11
Loživo ulje	133,89
UNP	49,72
Ogrjevno drvo	2,5
Ugljen	0,28
Sunčeva energija	2,5
Ukupno	735

Kao djelatnost koja generira najveći udio potrošnje u sektoru usluga treba istaknuti turizam i ugostiteljstvo, a potrošnja ove djelatnosti radi energetske tranzicije i činjenice da je Hrvatska turistička zemlja će samo rasti. Struktura energetske potrošnje uslužnog sektora prikazana je na slici 23.



Slika 23. Struktura potrošnje uslužnog sektora po djelatnostima za 2013. godinu

Uvrštavanjem udjela energetske potrošnje pojedine djelatnosti u izraz (4.1) dobivena je energetska potrošnja svih djelatnosti uslužnog sektora za 2013. godinu. Tako je potrošnja u turizmu i ugostiteljstvu iznosila 323,4 GWh, u trgovini 147 GWh, u zdravstvu 88,2 GWh, u obrazovanju 51,5 GWh, u upravi 14,7 GWh te u ostalim uslužnim djelatnostima 110,3 GWh. Energetska potrošnja uslužnog sektora za 2021. godinu također je modelirana. Pretpostavljeno je da su u svim djelatnostima osim u turizmu i ugostiteljstvu apsolutni iznosi potrošnje energije za 2021. godinu ostali isti. Prema podacima dostupnim na „Državnom zavodu za statistiku“ izrađen je dijagram na slici 24. koji prikazuje broj turističkih dolazaka kroz mjesec u Splitsko-dalmatinskoj županiji. Na dijagramu su uspoređivane godine 2013., 2019. i 2021. Kod modeliranja potrošnje u 2021. godini kao relevantni podaci turističkih dolazaka su uzeti oni iz 2019. godine budući da se uslijed pandemije virusa Covid-19 turistička sezona u 2021. godini nije mogla odvijati u skladu s očekivanjima. Iz dijagrama je vidljivo kako se trend produženja turističke sezone nastavlja pa stoga će prilikom izračuna energetskih potreba za 2021. godinu biti primjetan i porast potrošnje energenata. Potrošnja djelatnosti turizam i ugostiteljstva modelirana je tako da se koristeći izraz (4.2) izračunala prosječna potrošnja po svakom turistu, a iznosila je 0,16 MWh. Iz toga podatka je korištenjem izraza (4.3) dobivena ukupna potrošnja djelatnosti turizma i ugostiteljstva za 2021. godinu a iznosila je 579,1 GWh.



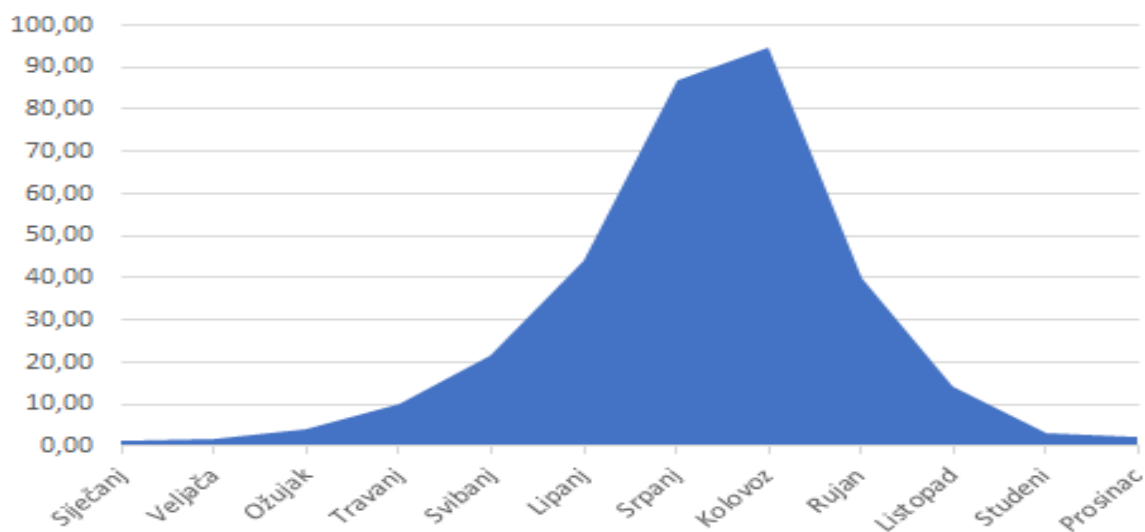
Slika 24. Usporedba broja turističkih dolazaka u Splitsko-dalmatinsku županiju za 2013., 2019. i 2021. godinu

Ako usporedimo 2013. i 2019. godinu možemo vidjeti da se broj turističkih dolazaka za svaki mjesec gotovo udvostručio. Uvrštavanjem podataka u izraze (4.4) i (4.5) dobit ćemo iznose mjesečnih potrošnji u djelatnosti turizma i ugostiteljstva prikazane u tablici 18.

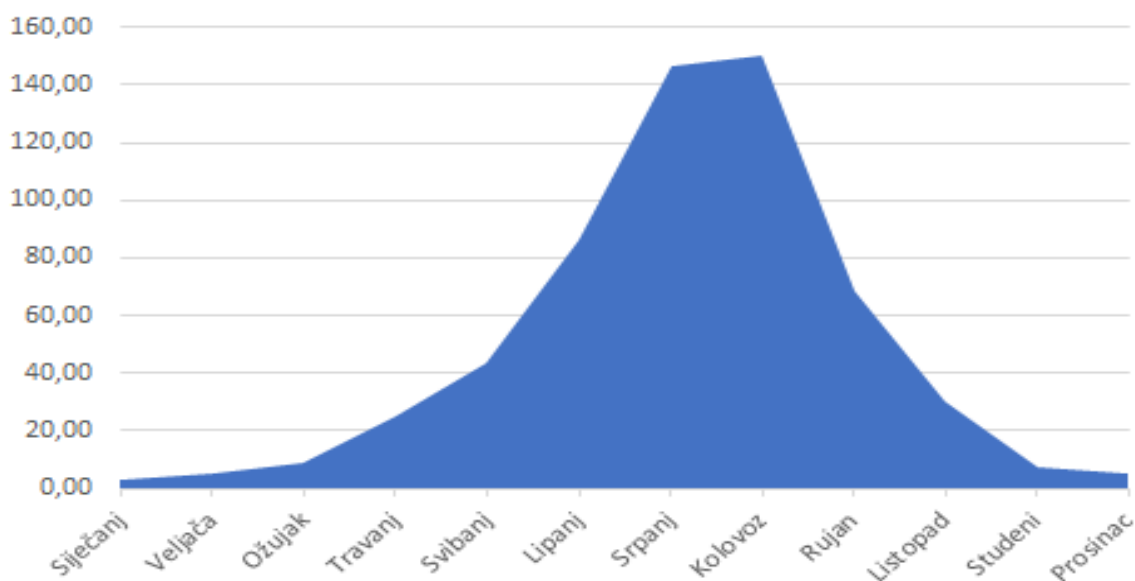
Tablica 18. Energetska potrošnja djelatnosti turizma i ugostiteljstva po mjesecima za 2013. i 2021. godinu [GWh]

Godina\Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII
2013.	1,3	1,9	4	9,9	21,4	44,1	86,9	94,6	39,8	14,2	3,2	2,1
2021.	3,3	5,1	8,7	24,8	43,2	86,2	146,5	150,1	68,6	30,4	7,1	5,1

Korištenjem podataka iz tablice 18. izrađeni su grafovi koji prikazuju energetska raspodjelu djelatnosti turizma i ugostiteljstva kroz godinu. Dobiveni rezultati prikazani su na slikama 25. i 26..



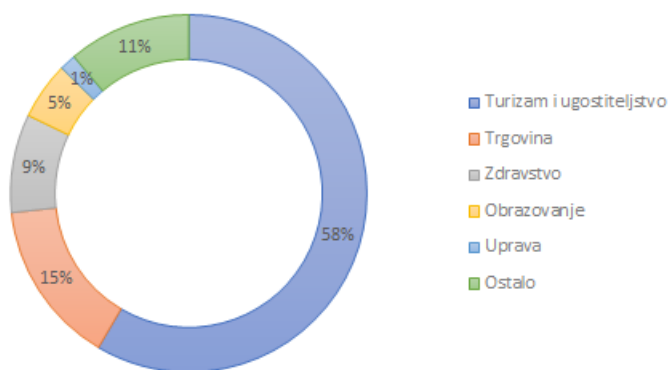
Slika 25. Raspodjela potrošnje energenata unutar djelatnosti turizma i ugostiteljstva po mjesecima za 2013. godinu [GWh]



Slika 26. Raspodjela potrošnje energenata unutar djelatnosti turizma i ugostiteljstva po mjesecima za 2021. godinu [GWh]

Struktura energenata će biti promijenjena u skladu s već implementiranim proizvodnjama novih postrojenja kao i u sektoru kućanstva. Zbrajanjem iznosa potrošnje svih djelatnosti uslužnog sektora, uvrštavanjem u izraz (4.6) dobila se ukupna potrošnja energije u ovom sektoru za 2021. godinu a iznosila je 990,8 GWh. Raspodjelu potrošnje između sektora možemo vidjeti na slici 27. U odnosu na 2013. godinu primjetno je povećanje potrošnje unutar djelatnosti

turizma i ugostiteljstva što je i očekivano ako uzmemo u obzir povećan broj turističkih dolazaka.



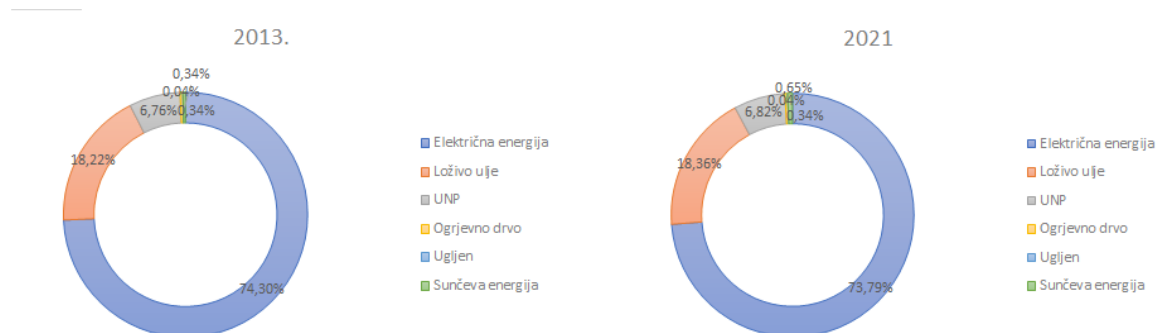
Slika 27. Struktura potrošnje uslužnog sektora po djelatnostima za 2021. godinu

Modelirana potrošnja energenata za 2021. godinu prikazana je u tablici 19. Podaci unutar tablice dobiveni su korištenjem izraza (4.7), (4.8) i (4.9). Iz tablice je vidljivo da se u odnosu na 2013. godinu iznos potrošnje svih energenata povećao uslijed povećanja potrošnje energije u djelatnosti turizma i ugostiteljstva.

Tablica 19. Potrošnja energenata u uslužnom sektoru za 2021. godinu

Energent	Modelirana potrošnja u 2021. godini [GWh]
Električna energija	731,11
Loživo ulje	181,91
UNP	67,55
Ogrjevno drvo	3,40
Ugljen	0,38
Sunčeva energija	6,45
Ukupno	990,8

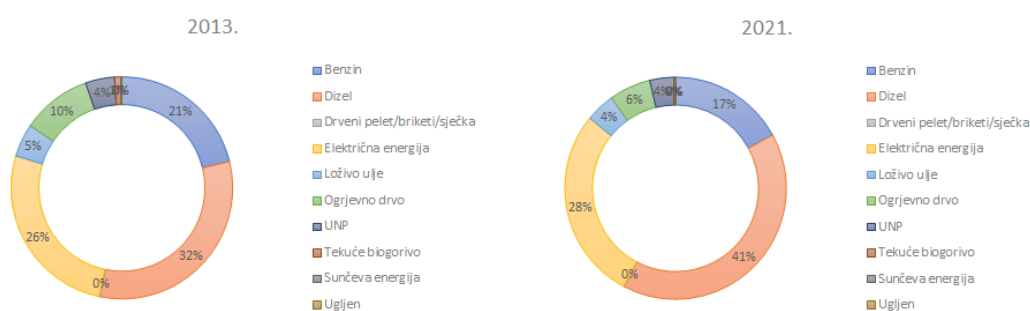
Struktura energenata prikazana je na slici. Iz nje je vidljivo da je struktura energenata za 2021. godinu gotovo identična onoj iz 2013. što nije dobar pokazatelj jer su se uslijed povećanja iznosa potrošnje svih goriva posljedično povećale i emisija CO₂ što nije pojava kojoj bi se trebalo težiti. Stoga je ovo još jedan dokaz kojim smjerom Republika Hrvatska treba ići u svojoj energetskej tranziciji.



Slika 28. Struktura potrošnje energenata za 2013. i 2021. godinu u uslužnom sektoru

4.2.5. Bilanca potrošnje energije Splitsko-dalmatinske županije

Bilanca potrošnje energije za 2013. i 2021. godinu dobije se zbrajanjem potrošnji svih sektora. Sumarni podaci prikazani su tablično unutar tablice 19., te je iz iste tablice napravljena struktura energenata za obje godine. Iz tablice je vidljivo da se potrošnja dizela povećala što sigurno nije dobar pokazatelj i na tome će se morati raditi. Pozitivni pokazatelj je povećanje potrošnje električne energije koja pretežito dolazi iz obnovljivih izvora. Iz tablice je također vidljivo smanjenje korištenja ogrjevnog drva što je i logičan slijed događaja budući da se stanovništvo sve više grije na električnu energiju. Kao daleko najveći potrošač ističe se sektor prometa na čijoj bi se dekarbonizaciji trebale zasnivati buduće energetske mjere. Usporedbu strukture energenata obju godina možemo vidjeti na slici 29.



Slika 29. Struktura bilance potrošnje energenata za 2013. i 2021. godinu

Tablica 20. Bilanca potrošnje energenata u Splitsko-dalmatinskoj županiji za 2013. i 2021. godinu

Potrošnja energenata SDŽ [GWh]	Sektor								Ukupno 2013. godina	Ukupno 2021. godina
	Industrija		Promet		Kućanstvo		Uslužni sektor			
Energent\Godina	2013.	2021.	2013.	2021.	2013.	2021.	2013.	2021.		
Benzin	9,17	7,31	1 116,67	1 070,45					1 125,84	1 077,76
Dizel	58,61	46,94	1 642,5	2 525,21					1 701,11	2 572,15
Drveni pelet/briketi	7,22	5,87							7,22	5,87
Električna energija	112,22	112,22		7,54	741,94	926,94	546,11	731,11	1 400,27	1 777,81
Loživo ulje	26,38	20,99			96,11	68,05	133,89	181,91	256,38	270,95
Ogrjevno drvo	2,5	2,05			538,33	379,04	2,5	3,4	543,33	384,49
UNP	12,5	10,32	82,5	88,61	81,11	56,95	49,72	67,55	225,83	223,43
Tekuće biogorivo			49,73						49,73	0
Sunčeva energija					4,16	8,11	2,5	6,45	6,66	14,56
Ugljen							0,28	0,38	0,28	0,38
Ukupno	228,6	205,7	2 891,4	3 691,81	1 461,65	1 439,09	735	990,8	5 316,65	6 327,4

5. Karta infrastrukture i potencijalnih lokacija punionica u geografskom informacijskom sustavu

Izrada karte u geografskom informacijskom sustavu sastojala se iz dvije faze. U prvoj fazi mapirane se lokacije postojeće energetske infrastrukture koje su uključivale hidroelektrane, vjetroelektrane i sunčane elektrane. Također su u obzir uzete transformatorske stanice koje su uočene na prostornom planu uređenja Splitsko-dalmatinske županije iz 2021. godine, u obzir su uzete samo TS 440/220/110 kV i TS 110/35 kV budući da je ostalih transformatorskih stanica jako veliki broj te im je teško odrediti koordinate. U drugoj fazi mapirane su potencijalne lokacije za punionice električnih vozila. Kao potencijalne lokacije u obzir se uzimalo lokacije postojećih benzinskih postaja, odmorišta, parkinga i trgovačkih centara.

5.1. Mapiranje postojeće energetske infrastrukture

Za određivanje koordinata dijelova energetske infrastrukture korišteni su alati GoogleMaps i GoogleEarth. Koordinate pojedinog proizvodnog postrojenja prikazani su u tablici 21.

Tablica 21. Koordinate proizvodnih postrojenja u Splitsko-dalmatinskoj županiji

Naziv postrojenja	Zemljopisna širina	Zemljopisna dužina
HE Peruća	43°47'44.0"N	16°35'45.0"E
He Orlovac	43°40'26.0"N	16°47'03.0"E
HE Đale	43°34'28.5"N	16°42'40.8"E
HE Zakućac	43°27'27.2"N	16°42'05.4"E
HE Kraljevac	43°25'50.1"N	16°53'05.9"E
VE Lukovac	43°32'13.9"N	16°55'06.0"E
VE Pometeno Brdo	43°36'58.0"N	16°28'08.0"E
VE Jelinak	43°33'14.0"N	16°09'52.0"E
VE Ogorje	43°43'16.2"N	16°30'55.9"E
VE Katuni	43°28'21.0"N	16°54'28.0"E
VE Voštane	43°37'54.4"N	16°53'10.8"E

SE Vis	43°02'17.0"N	16°09'03.0"E
SE Vrlika Jug	43°55'15.6"N	16°25'01.6"E

Pregledavanjem prostornog plana uređenja Splitsko-dalmatinske županije u kombinaciji s korištenjem alata GoogleMaps i GoogleEarth određene su koordinate transformatorskih stanica.

Tablica 22. Koordinate transformatorskih stanica u Splitsko-dalmatinskoj županiji

Naziv stanice	Zemljopisna širina	Zemljopisna dužina
TS 440/220/110		
TS Orlovac	43°40'20.2"N	16°46'58.5"E
TS Konjsko	43°36'05.7"N	16°30'12.6"E
TS Zakućac	43°27'20.5"N	16°42'03.6"E
TS 110/35		
TS Peruća	43°47'40.7"N	16°35'42.5"E
TS Ogorje	43°44'12.0"N	16°30'43.5"E
TS Sinj	43°42'00.7"N	16°37'34.0"E
TS Kraj	43°38'27.3"N	16°35'42.1"E
TS Voštane	43°37'18.1"N	16°53'40.7"E
TS Trogir	43°31'35.1"N	16°14'55.2"E
TS Sućurac	43°33'13.0"N	16°25'03.0"E
TS Vrboran	43°31'00.3"N	16°29'39.6"E
TS Meterize	43°31'45.1"N	16°30'06.1"E
TS Sućidar	43°30'55.7"N	16°27'11.3"E
TS Imotski	43°26'38.4"N	17°11'20.8"E
TS Makarska	43°18'41.8"N	17°00'44.6"E
TS Dugi Rat	43°26'37.7"N	16°38'37.7"E
TS Vrgorac	43°12'05.9"N	17°22'43.6"E
TS Nerežišća	43°19'59.4"N	16°33'50.4"E

TS Kraljevac	43°25'53.2"N	16°52'49.4"E
TS Šestanovac	43°26'42.3"N	16°54'26.7"E
TS Zagvozd	43°24'00.3"N	17°04'13.9"E
TS Lukovac	43°31'57.6"N	16°55'10.4"E

Unošenjem koordinata iz tablice 21. i tablice 22. u geografsku informacijsku platformu QGIS dobiveni su rezultati koji su prikazani na slici 30. Sa slike možemo vidjeti da je najveći udio proizvedene električne energije u Splitsko-dalmatinskoj županiji dolazi iz hidroelektrana i vjetroelektrana, iz njihovog broja i proizvodnog kapaciteta jasno je da sunčane elektrane nisu još uvijek važan dio elektro-energetskog sustava.



Slika 30. Energetski sustav Splitsko-dalmatinske županije izrađen u QGIS-u

5.2. Mapiranje lokacija za punionice električnih vozila

Mapiranje lokacija podijeljeno je na mapiranje već postojećih lokacija i na mapiranje onih potencijalnih.

5.2.1. Postojeće lokacije

Prilikom mapiranja postojećih lokacija u obzir su uzeta četiri najpoznatija brenda punionica u Republici Hrvatskoj. Lokacije su tražene za punionice Hrvatske elektroprivrede u sklopu lanca ELEN na njihovoj karti [83], također za punionice Hrvatskog telekoma koristeći njihovu aplikaciju „espoTs“ i za punionice proizvođača Tesla, koje su bile podijeljene na super-punjače [84] i obične punjače [85]. Lokacije za punionice tvrtke Petrol tražene su na njihovoj aplikaciji „Onecharge HR“. Nakon pronalaska informacija o lokaciji pojedine punionice koristeći alat GoogleMaps iste se spojilo s njihovim koordinatama koje su navedene u tablici 23.

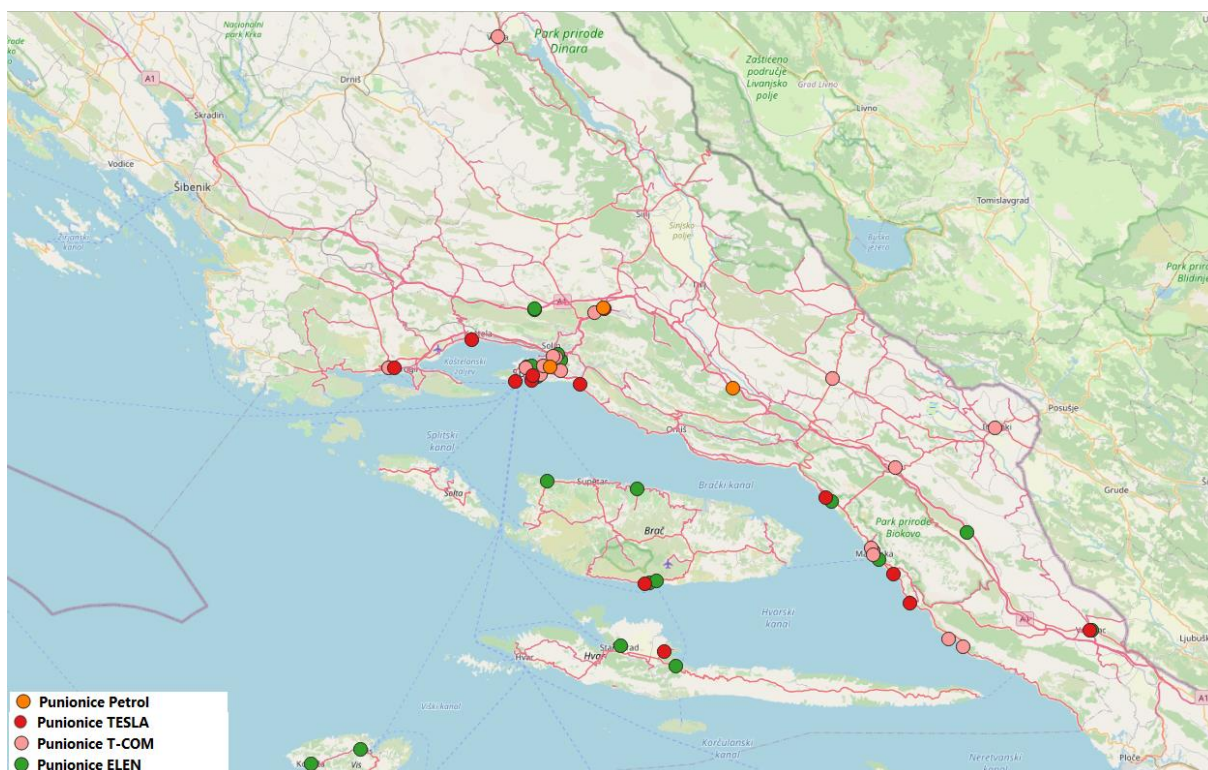
Tablica 23. Koordinate postojećih punionica u Splitsko-dalmatinskoj županiji

Naziv	Zemljopisna širina	Zemljopisna dužina	Vrsta priključka
ELEN			
Drvenik	43°21'31.4"N	16°56'45.3"E	2x TIP 2
Vrgorac	43°12'16.1"N	17°22'27.4"E	2x TIP 2
Makarska	43°17'49.6"N	17°00'53.8"E	TIP 2, CHAdeMO, CCS
Makarska Tommy	43°17'18.8"N	17°01'29.0"E	TIP 2, CHAdeMO, CCS
Rašćane	43°19'15.4"N	17°10'06.6"E	2x TIP 2, 2x CHAdeMO, 2xCCS
Jelsa	43°09'44.2"N	16°41'24.0"E	TIP 2, CHAdeMO, CCS
Stari grad	43°11'08.4"N	16°36'00.6"E	TIP 2, CHAdeMO, CCS
Vis	43°03'42.7"N	16°10'21.2"E	TIP 2, CHAdeMO, CCS
Komiža	43°02'41.5"N	16°05'28.4"E	TIP 2, CHAdeMO, CCS
Bol Bračka	43°15'39.6"N	16°38'48.3"E	TIP 2, CHAdeMO, CCS
Bol Domobranska	43°15'48.5"N	16°39'32.9"E	2x TIP 2
Postira	43°22'23.2"N	16°37'38.8"E	TIP 2, CHAdeMO, CCS

Sutivan	43°22'57.7"N	16°28'43.4"E	TIP 2, CHAdemo, CCS
Split Blatine	43°30'24.2"N	16°27'45.4"E	TIP 2, CHAdemo, CCS
Split Brodarica	43°31'09.1"N	16°26'46.5"E	TIP 2, CHAdemo, CCS
Split Kman	43°31'11.8"N	16°27'12.7"E	TIP 2, CHAdemo, CCS
Split Dračevac	43°31'38.6"N	16°30'04.8"E	TIP 2, CHAdemo, CCS
Solin	43°32'02.4"N	16°29'45.2"E	2x TIP 2
Kozjak Jug	43°35'11.1"N	16°27'30.5"E	TIP 2, CHAdemo, CCS
Kozjak Sjever	43°35'14.8"N	16°27'32.2"E	TIP 2, CHAdemo, CCS
T-COM			
Vrlika	43°54'37.2"N	16°23'51.0"E	TIP 2
Trogir	43°31'04.8"N	16°13'08.1"E	2x TIP 2
Split Sukoišanska	43°31'02.5"N	16°26'37.9"E	2x TIP 2
Split Boškovićeve	43°30'33.3"N	16°28'04.2"E	2x TIP 2
Split Tommy	43°31'11.7"N	16°28'19.1"E	TIP 2, CHAdemo, CCS
Split City	43°30'49.5"N	16°30'05.6"E	2x TIP 2
Solin	43°31'49.2"N	16°29'33.8"E	TIP 2, CHAdemo, CCS
Solin Tommy	43°31'51.3"N	16°29'16.3"E	TIP 2, CHAdemo, CCS
Dugopolje	43°34'58.5"N	16°33'24.2"E	2x TIP 2
Cista Provo	43°30'17.4"N	16°56'54.2"E	TIP 2
Zagvozd	43°23'55.4"N	17°03'04.9"E	TIP 2
Imotski	43°26'47.6"N	17°12'52.9"E	2x TIP 2
Makarska 1	43°17'57.9"N	17°00'54.3"E	TIP 2
Makarska 2	43°17'59.3"N	17°00'49.4"E	TIP 2
Makarska 3	43°18'09.8"N	17°00'39.6"E	2x TIP 2
Makarska 4	43°17'40.1"N	17°00'52.7"E	TIP 2
Igrane	43°11'38.3"N	17°08'17.4"E	2x TIP 2

Živogošće	43°11'06.5"N	17°09'46.7"E	TIP 2
TESLA			
Seget Donji	43°31'03.6"N	16°13'53.5"E	Tesla (22 kW)
Kaštel Lukšić	43°33'05.5"N	16°21'29.2"E	Tesla (17 kW)
Dugopolje	43°35'14.7"N	16°34'34.9"E	6x Tesla (150 kW)
Split 1	43°30'05.5"N	16°25'46.2"E	2x Tesla (22 kW)
Split 2	43°30'09.2"N	16°27'25.8"E	Tesla (22 kW)
Split 3	43°30'31.8"N	16°27'26.8"E	Tesla (11 kW)
Podstrana	43°29'52.9"N	16°32'10.2"E	Tesla (22 kW)
Brela	43°21'45.7"N	16°56'21.6"E	Tesla (17 kW)
Vrboska	43°10'46.7"N	16°40'27.5"E	Tesla (22 kW)
Vrgorac	43°12'14.6"N	17°22'26.2"E	6x Tesla (150 kW)
Tučepi	43°16'18.0"N	17°03'01.5"E	Tesla (14 kW)
Bol	43°15'37.6"N	16°38'32.2"E	Tesla (17 kW)
PETROL			
Split	43°31'09.3"N	16°29'02.8"E	3x TIP 2, 2x CCS
Dugopolje	43°35'20.6"N	16°34'16.4"E	2x CCS (160 kW)
Trnbusi	43°29'36.3"N	16°47'03.3"E	TIP 2, 3x CCS

Unošenjem koordinata navedenih u tablici 22. u platformu QGIS dobiveni su rezultati prikazani na slici 28. Najveći broj lokacija punionica, dvadeset, otpada na one iz lanca ELEN. Lokacija za punionice kojima upravlja Hrvatski telekom u Splitsko-dalmatinskoj županiji imamo sedamnaest, u vlasništvu tvrtke Tesla imamo dvanaest dok u vlasništvu tvrtke Petrol tri.



Slika 31. Lokacije postojećih punionica u Splitsko-dalmatinskoj županiji

5.2.2. Potencijalne lokacije

Prilikom mapiranja potencijalnih lokacija za punionice električnih vozila prvo se mapiralo potencijalne lokacije na državnim cestama. U obzir su uzete sve državne ceste koje prolaze kroz Splitsko-dalmatinsku županiju te se uz pomoć alata GoogleMaps i GoogleEarth odredilo koordinate potencijalnih lokacija. Kao potencijalne lokacije na državnim cestama uzete se lokacije benzinskih postaja na koje se naišlo prilikom pregledavanja područja već navedenim alatima. Pregledavanjem državnih cesta došlo se do trideset i šest potencijalnih lokacija od čega se dvadeset i dvije nalaze na državnoj cesti D8, sedam na državnoj cesti D1, tri na državnoj cesti D60, te po jedna na državnim cestama D76, D62, D39 i D116. Koordinate svake pojedine potencijalne lokacije za punionicu električnih vozila navedene su unutar tablice 24.

Tablica 24. Koordinate benzinskih postaja na državnim cestama Splitsko-dalmatinske županije

Benzinska postaja	Zemljopisna širina	Zemljopisna dužina
Državna cesta D1		
INA	43°54'41.5"N	16°24'12.1"E
INA	43°42'15.1"N	16°38'32.1"E

TIFON	43°40'30.2"N	16°38'55.1"E
LUKOIL	43°37'50.8"N	16°35'43.5"E
CRODUX	43°34'60.0"N	16°33'32.9"E
CRODUX	43°34'59.0"N	16°33'37.6"E
LUKOIL	43°31'42.8"N	16°30'25.1"E
Državna cesta D8		
BENZIN PERIĆ	43°31'41.9"N	16°15'27.9"E
CRODUX	43°32'47.6"N	16°17'46.6"E
PETROL	43°32'57.9"N	16°18'13.9"E
SHELL	43°32'59.9"N	16°18'17.5"E
PETROL	43°33'08.5"N	16°18'58.2"E
BREŠKOVIĆ GAS	43°33'26.6"N	16°20'03.7"E
INA	43°33'31.4"N	16°21'22.8"E
INA	43°33'29.9"N	16°21'22.8"E
AUTOGAS BREŠKOVIĆ	43°33'18.4"N	16°23'52.2"E
INA	43°31'23.1"N	16°29'12.9"E
TIFFON	43°31'23.1"N	16°29'09.2"E
INA	43°30'38.4"N	16°29'17.7"E
LUKOIL	43°30'28.4"N	16°29'56.0"E
LUKOIL	43°30'25.6"N	16°30'17.2"E
EUROTANK	43°26'21.6"N	16°38'36.4"E
INA	43°26'34.9"N	16°41'00.7"E
ADRIA OIL	43°19'17.9"N	16°59'30.7"E
CRODUX	43°18'36.2"N	17°00'21.0"E
INA	43°18'24.6"N	17°00'25.1"E
INA	43°17'02.2"N	17°01'58.5"E
LUKOIL	43°14'25.9"N	17°04'42.9"E
INA	43°06'19.6"N	17°20'53.5"E

Državna cesta D60		
INA	43°37'26.6"N	16°42'54.7"E
CRODUX	43°31'37.6"N	16°54'00.2"E
ADRIA OIL	43°25'49.2"N	17°10'02.1"E
Državna cesta D76		
INA	43°26'14.5"N	17°11'59.3"E
Državna cesta D62		
PIVAC	43°12'11.3"N	17°22'50.7"E
Državna cesta D39		
INA	43°25'59.4"N	16°53'32.7"E
Državna cesta D116		
INA	43°09'50.9"N	16°40'45.1"E

Kod mapiranja potencijalnih lokacija na autocesti A1 također su uzete u obzir lokacije benzinskih postaja čije su koordinate prikazane u tablici 25. Pregledavanjem područja pronađeno je pet potencijalnih lokacija za punionice električnih vozila.

Tablica 25. Koordinate benzinskih postaja na autocesti A1 u Splitsko-dalmatinskoj županiji

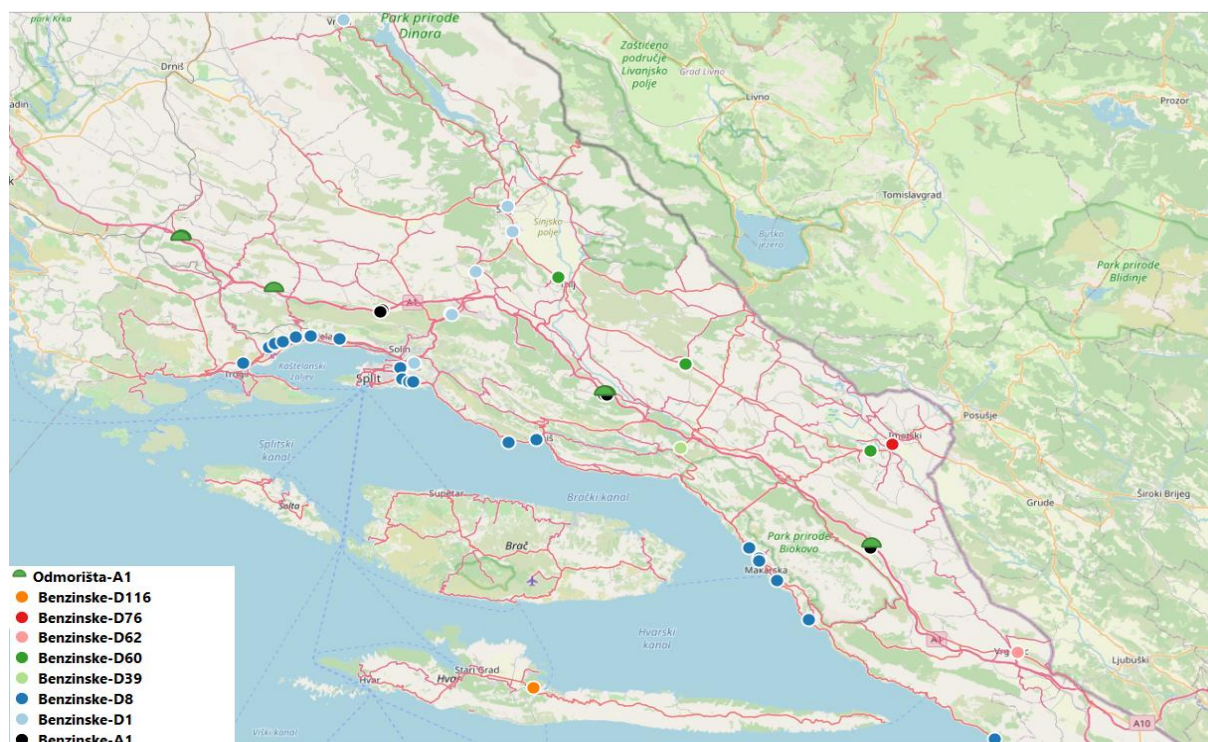
Benzinska postaja	Zemljopisna širina	Zemljopisna dužina
INA	43°35'15.4"N	16°27'36.1"E
INA	43°35'10.7"N	16°27'25.8"E
PETROL	43°29'36.0"N	16°46'53.5"E
PETROL	43°29'34.4"N	16°47'08.2"E
INA	43°19'16.5"N	17°10'02.4"E

Kod autoceste A1 kao potencijalne lokacije za punionice električnih vozila u obzir su uzete i lokacije odmorišta duž autoceste. Pregledavanjem područja pronađeno je šest potencijalnih lokacija, a njihove koordinate prikazane su u tablici 26.

Tablica 26. Koordinate odmorišta na autocesti A1 u Splitsko-dalmatinskoj županiji

Odmorište	Zemljopisna širina	Zemljopisna dužina
SITNO 1	43°40'00.3"N	16°10'06.2"E
SITNO 2	43°39'58.9"N	16°10'01.2"E
RADOŠIĆ	43°36'33.5"N	16°18'11.2"E
MOSOR 1	43°29'35.9"N	16°47'06.5"E
MOSOR 2	43°29'33.9"N	16°46'54.2"E
RAŠĆANE	43°19'19.2"N	17°10'07.2"E

Unošenjem koordinata navedenih u tablici 24., tablici 25. i tablici 26. u platformu QGIS dobiveni su rezultati prikazani na slici 32. Kao glavne prometnice s najviše potencijalnih lokacija ističu se državne ceste D8 i D1 što je i logično budući da su one veze Splitsko-dalmatinske sa Šibensko-kninskom županijom te su u toku sezone radi povećanog broja vozila na prometnicama i najopterećenije.



Slika 32 . Potencijalne lokacije punionica električnih vozila u Splitsko-dalmatinskoj županiji

U gradu Splitu kao potencijalne lokacije u obzir se uzelo benzinske postaje, trgovačke centre i parking zone koje nisu u sklopu ulica tj. nisu smještene direktno na ulici. Pregledavanjem područja pronađeno je dvadeset i pet potencijalnih lokacija za punionice električnih vozila. Deset ih se nalazi na lokacijama javnih parkinga, dvanaest na lokacijama benzinskih postaja i tri na lokacijama trgovačkih centara tj. njihov parkinga. Koordinate pronađenih lokacija navedene su u tablici 27.

Tablica 27. Koordinate potencijalnih lokacija punionica u gradu Splitu

Naziv	Zemljopisna širina	Zemljopisna dužina
Parking		
RIVA	43°30'25.6"N	16°26'24.6"E
BIJANKINIJEVA	43°30'19.5"N	16°26'42.5"E
STARI PLAC	43°30'45.2"N	16°26'09.7"E
MANDEROVA	43°30'44.9"N	16°26'17.1"E
VUKOVARSKA	43°30'41.8"N	16°26'31.6"E
TRG HRVATSKE BRATSKE ZAJEDNICE	43°30'56.8"N	16°26'28.4"E
BOŠKOVIĆEVA II	43°30'29.4"N	16°27'52.7"E
PRIMA III	43°30'27.9"N	16°28'02.1"E
MALA DVORANA GRIPE	43°30'36.5"N	16°26'59.4"E
V. TERZIĆA	43°31'14.5"N	16°26'44.0"E
Benzinska postaja		
INA	43°30'50.9"N	16°25'38.1"E
LUKOIL	43°31'18.4"N	16°26'09.3"E
INA	43°30'44.2"N	16°27'26.6"E
INA	43°31'17.9"N	16°27'14.1"E
INA	43°31'16.6"N	16°27'16.7"E
INA	43°31'13.4"N	16°27'17.1"E
INA	43°31'11.3"N	16°27'17.4"E
CRODUX	43°31'33.2"N	16°28'30.7"E

DALER OIL	43°31'45.1"N	16°28'48.1"E
LUKOIL	43°31'43.1"N	16°29'01.2"E
INA	43°31'55.9"N	16°29'12.3"E
LUKOIL	43°31'21.4"N	16°28'53.2"E
Trgovački centar		
JOKER	43°31'11.6"N	16°26'43.9"E
CITY CENTER ONE	43°30'48.5"N	16°30'09.8"E
MALL OF SPLIT	43°31'09.6"N	16°29'03.6"E

Unošenjem koordinata iz tablice 27. u platformu QGIS dobiveni su rezultati prikazani na slici 33.

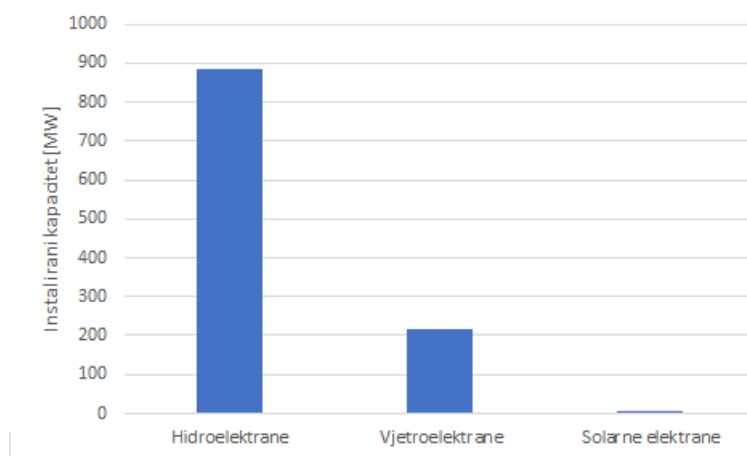


Slika 33. Potencijalne lokacije punionica električnih vozila u gradu Splitu

Ukupno se kroz postupak pregledavanja područja odredilo sedamdeset i dvije potencijalne lokacije za punionice električnih vozila u Splitsko-dalmatinskoj županiji. Kasnije će u postupku neke od tih lokacija biti odabrane kao stvarne te će se na osnovu toga određivati isplativost takvog jednog projekta.

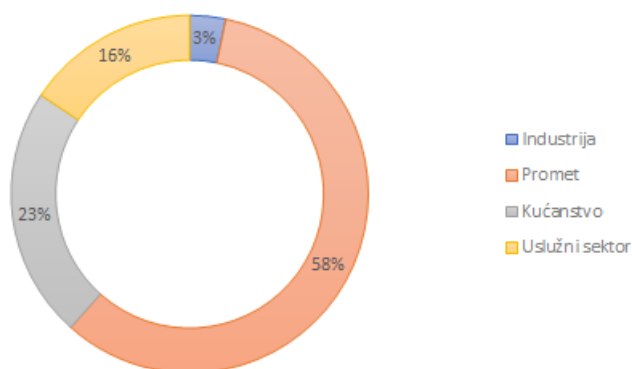
6. Scenariji razvoja lokalnog energetskog sustava i sustava punionica za električna vozila

Za kreiranje scenarija razvoja lokalne infrastrukture energetskog sustava i sustava punionica za električna vozila korišten je program EnergyPLAN. Kao početna godina za scenarije uzeta je 2021. godina. Proizvodni kapaciteti unutar Splitsko-dalmatinske županije u 2021. godini prikazani su na slici 34.



Slika 34. Instalirani proizvodni kapacitet u Splitsko-dalmatinskoj županiji

Raspodjela finalne potrošnje energije između sektora potrošnje u 2021. godini prikazana je na slici 35. Iz slike je vidljivo da je s 58% ukupne finalne potrošnje najveći potrošač sektor prometa, sljedeći najveći potrošači su sektor kućanstva s 23% i uslužni sektor s 16% udjela u finalnoj potrošnji. Sektor koji ima najmanji udio od 3% finalne potrošnje je industrija.



Slika 35. Raspodjela finalne potrošnje po sektorima u Splitsko-dalmatinskoj županiji za 2021. godinu

6.1. Scenariji

Uzimajući u obzir smjernice za udjele električnih vozila do 2030. i 2050. godine izrađena je tablica koja sadržava broj električnih vozila, kao i broj svih drugih vozila prema vrsti goriva, za svaki pojedinačni scenarij u 2030. i 2040. godini. Traženi udio električnih vozila za 2040. godinu uzet je kao aritmetička sredina zacrtanih ciljeva za 2030. i 2050. godinu koji su postavljeni u strategiji. Tako su dakle ciljevi za 2030. godinu zavisno od scenarija sljedeći, udio električnih vozila prema scenariju S0 je 2,5 %, za scenarij S1 taj udio iznosi 4,5 % dok je za scenarij S2 taj udio 3,5 %. Ciljevi za 2040. godinu su prema strategiji ovakvi, ciljani udio električnih vozila prema scenariju S0 je 16,25 %, za scenarij S1 taj udio iznosi 44,75 %, dok je za scenarij S2 taj udio 34,25 %. Vozila pogonjena na benzin, dizel i UNP određena su iz broja električnih vozila i ukupnog broja vozila za koji je pretpostavljen godišnji rast u razdoblju 2021.-2040. godine. Podaci koji su određeni navedeni su u tablici 28.

Tablica 28. Broj vozila prema vrsti goriva i scenariju za 2030. i 2040. godinu

Godina	2030			2040		
Gorivo\Scenarij	S0	S1	S2	S0	S1	S2
Benzin	121 602	119 108	120 355	114 764	75 710	90 098
Dizel	137 256	134 440	135 848	129 537	85 456	101 697
UNP	7 828	7 668	7 718	7 308	4 874	5 800
El. energija	6 838	12 309	9 573	48 335	134 485	102 930

Uvrštavanjem podataka o broju vozila iz tablice 28. i podataka o prosječnoj potrošnji vozila prema vrsti goriva iz tablice 11. u izraz (6.1) dobivene su potrošnje prema scenarijima za domaće stanovništvo.

$$E_{vozila_scenarij_godina} = \frac{BV_{energent_scenarij} \cdot E_{prosječno_energent}}{1\,000\,000} \quad (6.1)$$

Gdje je:

$E_{vozila_scenarij_godina}$ - Potrošnja vozila prema scenarijima za pojedinu godinu [GWh]

$BV_{energent_scenarij}$ - Broj vozila prema energentu za pojedini scenarij i godinu

$E_{prosječno_energent}$ - Prosječna potrošnja vozila prema vrsti energenta [kWh]

Dobiveni rezultati prikazani su u tablici 29.

Tablica 29. Energetska potrošnja vozila prema vrsti goriva i scenarijima za domaće stanovništvo [GWh]

Godina	2030.			2040.		
Energent\Scenarij	S0	S1	S2	S0	S1	S2
Benzin	1 156,8	1 133,1	1 144,9	1 091,8	720,2	857,1
Dizel	2 728,9	2 672,9	2 700,93	2 575,4	1 699,1	2 021,9
UNP	100,4	98,4	99,1	93,8	62,54	74,42
El. energija	21,1	37,9	29,5	149,1	414,9	317,5

Nakon što su izračunate energetske potrošnje domaćih vozila proračun je napravljen i za turistička vozila. Prema podacima s brojila prometa „Hrvatskih cesta“ određen je broj turističkih vozila u mjesecu kolovozu za svako brojilo prometa prema izrazu (6.2)

$$BV_{Turisti_brojilo} = PLDP_{Brojilo} - PGDP_{Brojilo} \quad (6.2)$$

Gdje je:

$BV_{Turisti}$ - Broj turističkih vozila za svako brojilo prometa

$PLDP_{Brojilo}$ - Prosječni ljetni dnevni promet na brojilu

$PGDP_{Brojilo}$ -Prosječni godišnji dnevni promet na brojilu

Ulazni podaci i dobiveni rezultat su prikazani u tablici 30.

Tablica 30. Podaci s brojila prometa i broj turističkih vozila [86]

Brojilo	Državna cesta	PLDP	PGDP	Broj turističkih vozila
Vrlika (Kijevo)	D1	1501	1073	428
Sinj	D1	7004	6434	570
Brnaze	D1	11585	10117	1468
Dicmo	D1	12022	10522	1500
Dugopolje	D1	32212	25368	6844
Dračevac	D1	42497	36495	6002

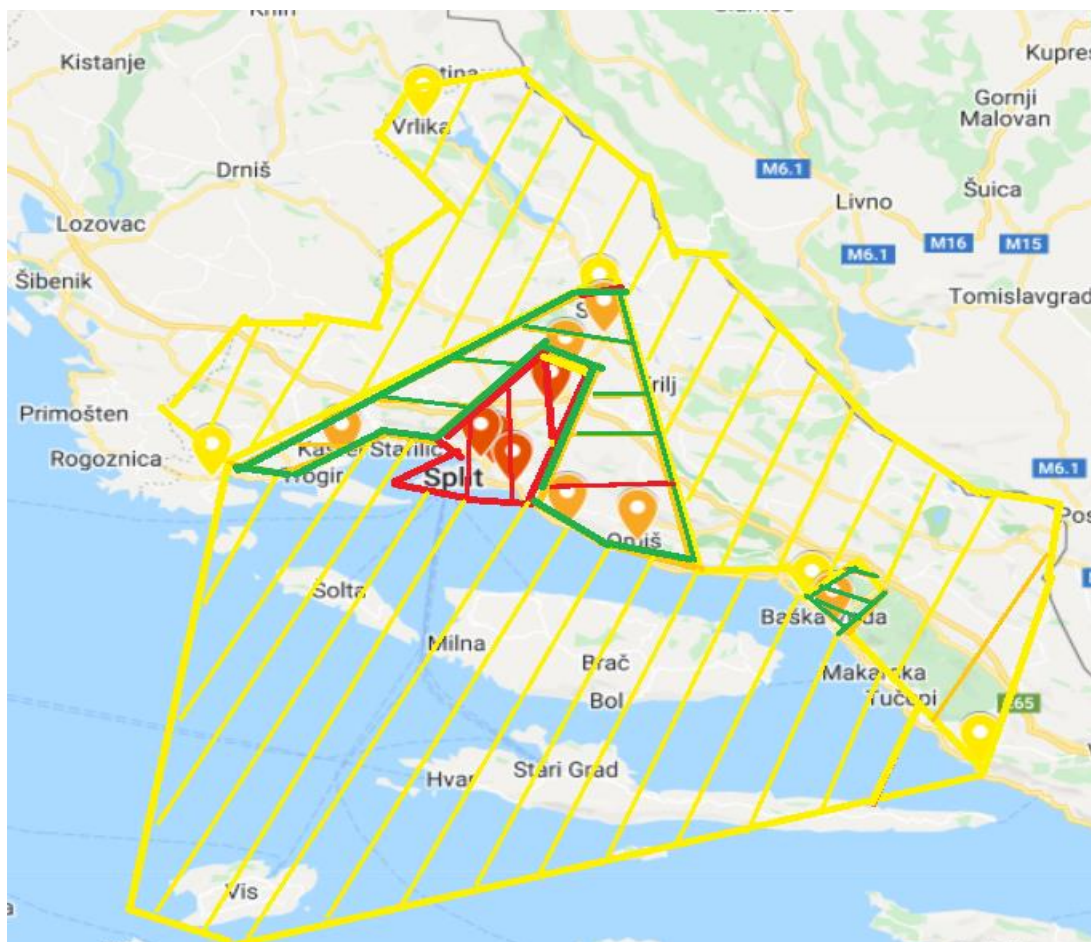
Marina	D8	7789	4139	3650
Plano	D8	24446	18256	6190
Solin	D8	50465	43237	7228
Stobreč	D8	53820	47777	6043
Jesenice	D8	12464	10141	2323
Omiš-Zapad	D8	15161	13990	1171
Brela	D8	8559	4662	3897
Baško Polje	D8	18925	10044	8881
Živogošće	D8	5355	2483	2872
Kljake	D56	1449	1240	209
Seget Donji	D58	3755	2375	1380
Čaporice	D220	4934	3720	1214
Kamensko	D220	2659	1603	1056
Cista Velika	D60	2934	2425	509
Lovreć	D60	3032	2580	452
Grubine	D60	9389	6454	2935
Vinjani Donji	D60	5998	5124	874
Zagvozd	D62	8096	4756	3340
Omiš Sjever	D70	7097	4750	2347
Cista Provo	D39	2814	1312	1502
Gornja Brela	D39	4331	1876	2455
Dubovica	D116	3101	1671	1430
Jelsa	D116	3150	1585	1565
Supetar-Jug	D113	3499	2205	1294
Prgomet	A1	20039	8863	11176
Vučevica	A1	20063	8901	11162
Dugopolje	A1	19421	9663	9758
Bisko	A1	17073	7932	9141

Blato	A1	17129	8128	9001
Šestanovac	A1	16185	7763	8422
Zagvozd	A1	10060	4814	5246
Ravča	A1	10026	4752	5274
Vrgorac	A1	9047	4303	4744

Svakom brojilu pridružila se boja koja ga je smjestila u određeno područje prema sljedećem kriteriju:

- Crvena- ako je PLDP manji od 10 000
- Zelena- ako je PLDP između 10 000 i 25 000
- Žuta – ako je PLDP veći od 25 000

Nakon što su sva brojila prometa pronađena na karti, određene su granice svakog od navedenih područja. Izgled granica prikazan je na slici 36.



Slika 36. Granice područja određenih brojilima prometa

Broj turističkih vozila na čitavom području Splitsko-dalmatinske županije određen je tako da se za svaku državnu cestu, za svako od tri područja uzeo najveći broj turističkih vozila sa svih brojila. Autocesta A1 uzeta je kao dio crvenog područja. Postupak će biti objašnjen na primjeru državne ceste D1. Državna cesta D1 prolazi kroz sva tri područja, u crvenom području su brojila prometa Dugopolje i Dračevac, u zelenom području su brojila prometa Dicmo i Brnaze dok su u žutom području brojila prometa Vrlika i Sinj. Pregledavanjem stupca s brojem turističkih vozila u tablici 30. za crveno područje je odabran broj turističkih vozila s brojila prometa Dugopolje koji je iznosio 6 844, za zeleno područje je odabran broj turističkih vozila s brojila prometa Dicmo koje je iznosio 1 500 dok je za zeleno područje odabran broj turističkih vozila s brojila prometa Sinj koji je iznosio 570. Isti postupak je napravljen i za ostale državne ceste u Splitsko-dalmatinskoj županiji te se nakon zbrajanja podataka za svako područje došlo do sljedećih brojeva turističkih vozila. Kroz crveno područje dnevno je prolazilo 25 248 vozila, kroz zeleno 10 381 vozilo dok je kroz žuto područje prolazilo 21 206 vozila. Zbroj ova tri podatka dao je ukupan dnevni promet turističkih vozila kroz Splitsko-dalmatinsku županiju u mjesecu kolovozu, a iznosio je 56 835. Iz toga slijedi da je u mjesecu Kolovozu, koji ima 31 dan, kroz Splitsko-dalmatinsku županiju prošlo 1 761 885 turističkih vozila. Budući da PLDP vrijedi samo za ljetne mjesece ukupni broj turističkih vozila u godini nije mogao biti određen jednostavnim množenjem nego se prema izrazu (6.3) odredio ekvivalentni broj dana za svaki mjesec koji je imao isti broj turističkih vozila kao i kolovoz. Ekvivalentni broj dana određen je korištenjem broja mjesečnih turističkih dolazaka.

$$BD_{ekvivalent_mjesec} = \frac{BD_{mjesec}}{BD_{Kolovoz}} * 31 \quad (6.3)$$

Dobiveni podaci prikazani su u tablici 31.

Tablica 31. Broj turističkih dolazaka i ekvivalent broja dana po mjesecima

Mjesec	Broj turističkih dolazaka	Ekvivalent broja dana
Siječanj	20533	0,67
Veljača	32391	1,06
Ožujak	54601	1,79
Travanj	156377	5,12
Svibanj	271991	8,91

Lipanj	543141	17,80
Srpanj	923288	30,25
Kolovoz	946176	31,00
Rujan	432058	14,16
Listopad	191569	6,28
Studeni	44941	1,47
Prosinac	32244	1,06

Zbrajanjem podataka iz trećeg stupca tablice 31. dobije se broj 119,56 koji predstavlja broj dana u godini u kojima je promet turističkih vozila u Splitsko-dalmatinskoj županiji jednak onome iz Kolovoza. Množenjem dakle ovog broja s brojem turističkih vozila u Kolovozu dobit ćemo ukupan broj turističkih vozila u Splitsko-dalmatinskoj županiji kroz godinu a on iznosi 6 795 421. Dalje je uz pretpostavku nešto većeg udjela električnih vozila u floti turističkih određena raspodjela vozila prema energentima za svaki scenarij. Podaci su prikazani u tablici 32.

Tablica 32. Udio vozila prema vrsti energenata za pojedini scenarij i godinu

Godina	2030.			2040.		
Energent\Scenarij	S0	S1	S2	S0	S1	S2
Benzin	41 %	39 %	40 %	36 %	23 %	27 %
Dizel	46 %	44 %	45 %	41 %	26 %	31 %
UNP	3 %	2 %	3 %	2 %	1 %	2 %
El. energija	10 %	15 %	12,5 %	20%	50 %	40 %

Pretpostavljeno je da će broj turističkih vozila ostati isti kroz godine, te je njegovim množenjem s udjelima iz tablice 32. napravljena tablica 33 s brojem vozila prema pojedinom energentu za svaki od scenarija.

Tablica 33. Broj turističkih vozila prema vrsti energenata za pojedini scenarij i godinu

Godina	2030.			2040.		
Energent\Scenarij	S0	S1	S2	S3	S4	S5
Benzin	2 788 684	2 633 762	2 711 531	2 479 624	1 549 269	1 859 117
Dizel	3 147 676	2 972 789	3 060 580	2 798 814	1 748 704	2 098 456
UNP	179 519	169 558	173 882	157 899	99 738	119 679
El. energija	679 542	1 019 313	849 428	1 359 084	3 397 711	2 718 168

Dalje je uz pretpostavku da je svako turističko vozilo u Splitsko-dalmatinskoj županiji provelo 5 dana određena prosječna potrošnja svakog turističkog vozila prema vrsti energenta koristeći izraz (6.4).

$$E_{\text{prosječno_vozila_turisti_energent}} = \frac{5}{365} * E_{\text{prosječno_energent}} \quad (6.4)$$

Gdje je:

$E_{\text{prosječno_vozila_turisti_energent}}$ - Prosječna potrošnja svakog turističkog vozila [kWh]

$E_{\text{prosječno_energent}}$ - prosječna potrošnja vozila iz tablice 11. [kWh]

Uvrštavanjem podataka u jednadžbu (6.4) dobivene su prosječne potrošnje turističkih vozila prema vrsti energenta. Tako vozila na benzin troše prosječno 130,3 kWh, vozila na dizel 272,3 kWh, ona pokretana UNP-om troše 178,8 kWh dok električna vozila troše prosječno 42,3 kWh. Uvrštavanjem ovih iznosa u izraz (6.5) dobivene su ukupne potrošnje turističkih vozila.

$$E_{\text{ukupno_energent_turisti_scenarij}} = \frac{BV_{\text{Energent}} * E_{\text{prosječno_vozila_turisti_energent}}}{1\,000\,000} \quad (6.5)$$

Gdje je:

$E_{\text{ukupno_energent_turisti_scenarij}}$ – Ukupna potrošnja turističkih vozila za pojedini energent prema scenariju [GWh]

BV_{Energent} – broj vozila po energentu iz tablice 33.

Dobiveni podaci navedeni su u tablici 34.

Tablica 34. Energetska potrošnja turističkih vozila prema vrsti energenata i scenarijima

Godina	2030.			2040.		
Energent\Scenarij	S0	S1	S2	S0	S1	S2
Benzin	363,4	343,2	353,3	323,1	201,9	242,2
Dizel	857,1	809,5	833,4	762,1	476,2	571,4
UNP	32,1	30,3	31,1	28,2	17,8	21,4
El. energija	28,7	43,1	35,9	57,5	143,7	115

Potrošnje svih ostalih sektora koje su se unosile u EnergyPLAN umanjene su za 4% u 2030. godini, te 15% u 2040. godini i njihov proračun neće detaljnije biti prikazan u sklopu ovoga rada budući da ti podaci nisu od velike važnosti za daljnju razradu rada.

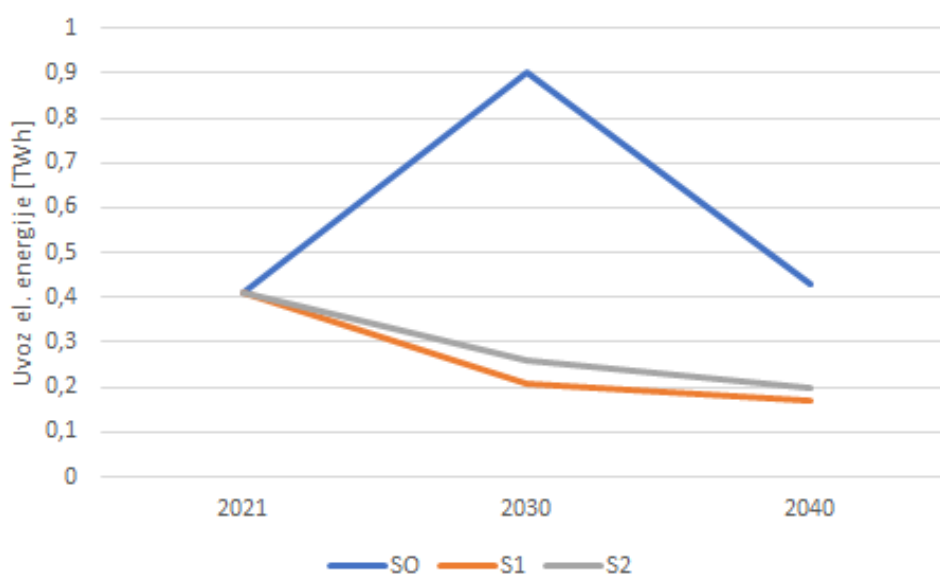
Instalirani proizvodni kapaciteti električne energije su se kroz godine mijenjali tako da se naglasak stavljao na implementaciju vjetroelektrana i sunčevih elektrana koje su prema strategiji glavni potencijali buduće opskrbe mreže. Promjena instaliranih kapaciteta prema vrsti tehnologije kroz godine za svaki pojedini scenarij prikazana je u tablici 35.

Tablica 35. Instalirani proizvodni kapacitet prema vrsti tehnologije i scenariju za 2030. i 2040. godinu [MW]

Godina	2030			2040		
Tehnologija\Scenarij	S0	S1	S2	S0	S1	S2
Hidroelektrane	882,95	950	900	882,95	1050	950
Vjetroelektrane	214,2	350	300	214,2	850	850
Sunčane elektrane	5,6	450	400	5,6	800	800

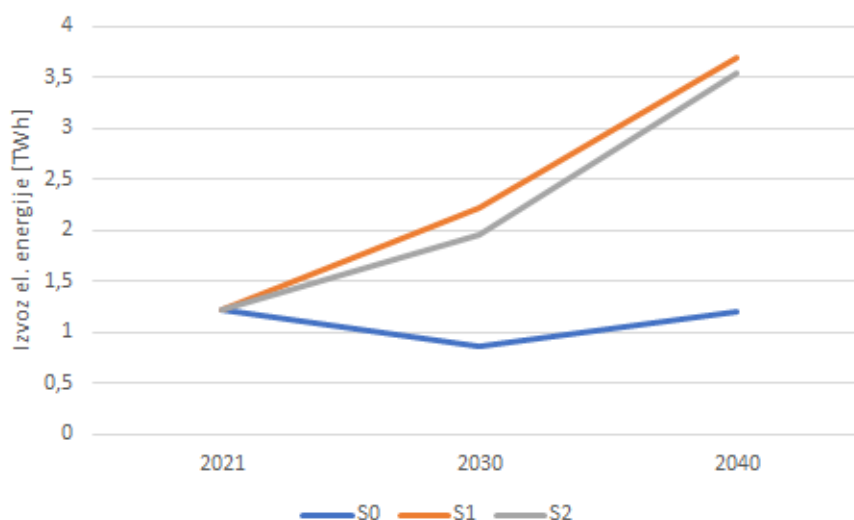
6.2. Rezultati i analiza

Nakon unosa podataka potrošnje i proizvodnje za svaku od godina i scenarija u EnergyPLAN-u izrađeni su dijagrami koji prikazuju rezultate scenarija i daju mogućnost analize. Sa slike 36. možemo zaključiti da obadva scenarija, S1 i S2, smanjuju potrebu za uvozom električne energije u odnosu na scenarij S0 koji kao bazu ima nastavak korištenja trenutnih energetske politika. Iz dijagrama je također vidljivo da se razlika u uvozu električne energije između scenarija S1 i S2 nakon 2030. godine, kada je iznosila 0,05 TWh, smanjuje u 2040. godini na 0,03 TWh iz čega možemo zaključiti da će i umjereniji pristup kroz duži period dati gotovo iste rezultate. Smanjenje uvoza električne energije pokazuje i utjecaj implementacije vjetroelektrana i sunčanih elektrana na energetske neovisnost.



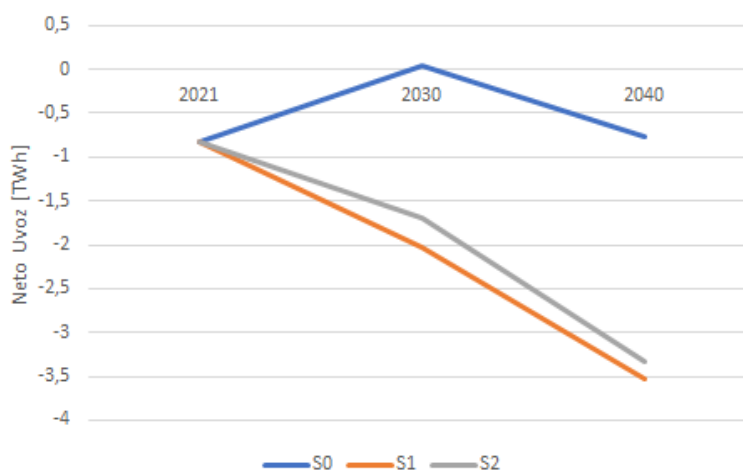
Slika 37. Uvoz električne energije za pojedini scenarij kroz godine

Na slici 37. prikazan je izvoz električne energije za pojedini scenarij. Povećanje izvoza pokazatelj je prilike da se ta energija lokalno iskoristi za dekarbonizaciju drugih sektora. Izvoz će se kroz godine sigurno smanjiti kako potrebe za električnom energijom budu rasle, posebice zbog sektora prometa.



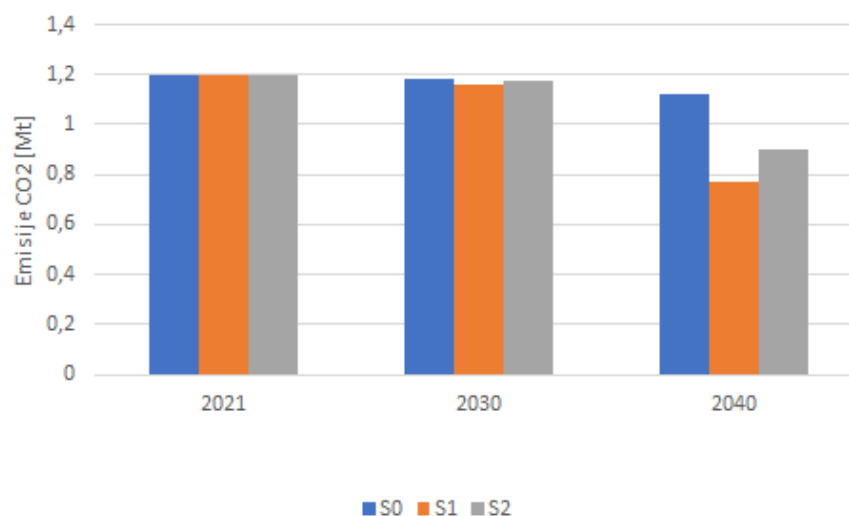
Slika 38. Izvoz električne energije za pojedini scenarij kroz godine

Sa slike 38. možemo izvući zaključak da se u slučaju scenarija S1 i S2 energija izvozi. To je indikator prevelike instalirane snage vjetroelektrana i sunčanih elektrana u datom trenutku. Međutim, povećanjem broja električnih vozila kroz godine te samom potrebom za sustavima pametnog punjenja trend smanjenja izvoza bit će primjetan i pokazatelj boljeg korištenja novih tehnologija.



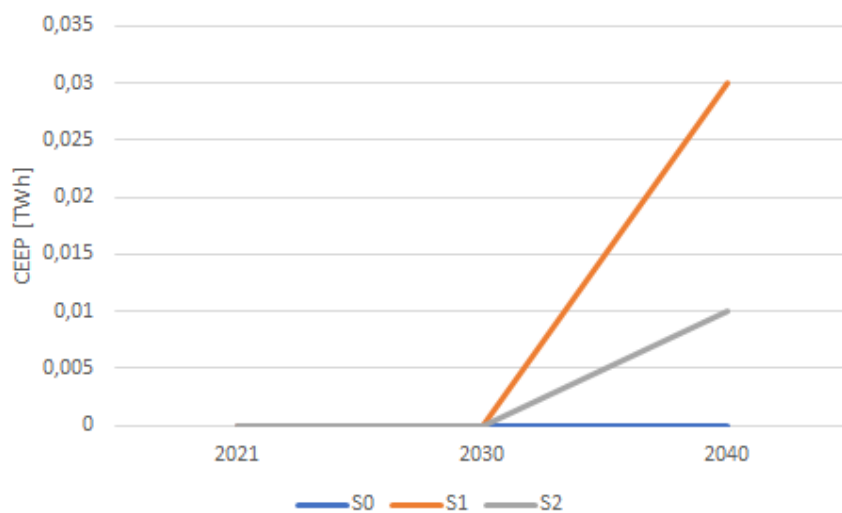
Slika 39. Bilanca uvoza i izvoza za scenarije

Sa slike 39., koja prikazuje emisije CO₂, možemo zaključiti da brzina implementacije novih tehnologija utječe na smanjenje emisija iz proizvodnih postrojenja što je i logično. Daljnjim radnjama na gradnji takvih postrojenja ciljevi o proizvodnji bez emisija su dostižni.



Slika 40. Emisije CO₂ pojedinog scenarija kroz godine

CEEP (eng. „*Critical excess electricity produced*“) se često pojavljuje u energetske sustavima s velikim udjelima proizvodnje iz obnovljivih izvora. On je pokazatelj neintegrirane energije pa s dijagrama na slici 40. možemo zaključiti da je u ovom pogledu umjereniji scenarij bolji budući da nema varijabilnih obnovljivih izvora energije.



Slika 41. CEEP za pojedini scenarij

6.3. Potrebni kapacitet novih punionica

Instalirana snaga postojećih punionica, navedenih u tablici 23., u Splitsko-dalmatinskoj županiji iznosi 5 121 kW. Postojeće punionice uz pretpostavljeni faktor opterećenja od 67% na godišnjoj razini u stanju su pokriti 29,91 GWh energetske potrebe za punjenje električnih vozila. Od toga 21,61 GWh dolazi od brzih punjača dok 8,3 GWh dolazi iz sporih punjača. Stoga su u tablici 36. navedeni potrebni iznosi proizvodnje za svaki od scenarija za 2030. i 2040. godinu koji su određeni korištenjem izraza (6.6) i (6.7). Radi pojednostavljenja predviđeno je da se „dump charge“ potrebe turista zadovoljavaju brzim punjačima dok se „smart charge“ potrebe lokalnog stanovništva zadovoljavaju sporim punjačima.

$$E_{\text{potrebno_domaće_novo}} = E_{\text{potrošnja_domaće}} - E_{\text{postojeće_sporo}} \quad (6.6)$$

$$E_{\text{potrebno_turisti_novo}} = E_{\text{potrošnja_turisti}} - E_{\text{postojeće_brzo}} \quad (6.7)$$

Gdje je:

$E_{\text{potrebno_domaće_novo}}$ - Potrebni iznose nove proizvodnje el. energije za domaća električna vozila [GWh]

$E_{\text{potrošnja_domaće}}$ - Potrošnja el. energije domaćih vozila iz tablice 29. [GWh]

$E_{\text{postojeće_sporo}}$ - Postojeća proizvodnja iz sporih priključaka

$E_{\text{potrebno_turisti_novo}}$ - Potrebni iznose nove proizvodnje el. energije za turistička električna vozila [GWh]

$E_{\text{potrošnja_turisti}}$ - Potrošnja el. energije turističkih vozila iz tablice 34. [GWh]

$E_{\text{postojeće_brzo}}$ - Postojeća proizvodnja iz brzih priključaka

Tablica 36. Iznosi potrebne nove proizvodnje za punjenje električnih vozila [GWh]

Godina	2030			2040		
Punjenje\Scenarij	S0	S1	S2	S0	S1	S2
Sporo punjenje	12,8	29,6	21,2	140,8	406,6	309,2
Brzo punjenje	7,1	21,5	14,3	35,9	122,1	93,4

Iz tablice 36. određen je potrebni broj priključaka za sporo i brzo punjenje korištenjem izraza (6.8) i (6.9). Za sporo punjenje se tražio broj priključaka tipa 2 snage 22 kW, dok se za brzo

punjenje tražio broj CCS i CHAdEMO priključaka snage 50 kW. Dobiveni podaci prikazani su u tablici 37.

$$BP_{spori} = \frac{E_{potrebno_domaće_novo} * 1\,000\,000}{22\,kW * 16\,h * 365} \quad (6.8)$$

$$BP_{brzi} = \frac{E_{potrebno_turisti_novo} * 1\,000\,000}{50\,kW * 16\,h * 365} \quad (6.9)$$

Gdje je:

BP_{spori} - Broj potrebnih sporih priključaka

BP_{brzi} - Broj potrebnih brzih priključaka

Tablica 37. Broj potrebnih novih priključaka za punjenje električnih vozila

Godina	2030			2040		
Punjač\Scenarij	S0	S1	S2	S0	S1	S2
Spori punjač	100	230	165	1 096	3 165	2 407
Brzi punjač	24	73	49	123	418	319

Broj punjača je dalje raspodijeljen prema već spomenuta tri područja. Udio raspodjele jednak je udjelu broja vozila pojedinog područja u ukupnom broju vozila za dnevni promet u Kolovozu. Tako ćemo u crveno područje instalirati 44,4 % novih priključaka, u zeleno područje instalirat ćemo 18,3 % novih priključaka dok ćemo u žuto područje instalirati 37,3 % novih priključaka.

U crvenom području trenutno je instalirano 40 brzih i 12 sporih priključaka, u zelenom 18 brzih i 2 spora a u žutom 16 brzih i 25 sporih priključaka. Raspored potrebnih novih punjača kojima su pribrojani već postojeći po područjima naveden je u tablici 38.

Tablica 38. Broj punjača po područjima prema scenarijima i godinama

Godina	2030.			2040.		
Scenarij\Područje	Crveno	Zeleno	Žuto	Crveno	Zeleno	Žuto
S0-spori	56	20	62	499	202	434
S0-brzi	51	22	25	95	40	62
S1-spori	114	44	111	1418	580	1206
S1-brzi	73	31	43	226	94	172
S2-spori	85	32	87	1081	441	923
S2-brzi	62	27	34	182	76	137

7. Osnovni koncept algoritma za određivanje optimalnog rješenja investicije

Određivanje optimuma investicije podijeljeno je na dva dijela. Prvo će se određivati optimum investicije za brze punjače a potom za spore punjače. U procesu optimizacije tražit će se najjeftinije rješenje rasporeda priključaka koje će zadovoljiti energetske potrebe određenog područja.

7.1. Određivanje optimuma investicije za brze punjače

Optimizacija investicije za brze punjače podijeljena je u tri djela prema tri područja koja su već spomenuta ranije. Za svako od područja najprije će se odrediti iznos investicije za pojedini scenarij prema izrazu (7.1). Cijena instalacije, koja je uključivala cijenu uređaja i cijenu priključka, za brzi punjač je 305 550 kn.

$$I_{područje_scenarij_godina} = BP_{područje_scenarij_godina} * 305\,550 \quad (7.1)$$

Gdje je:

$I_{područje_scenarij_godina}$ - Cijena investicije u pojedinom području prema scenariju [kn]

$BP_{područje_scenarij_godina}$ – Broj novih priključaka koje treba instalirati u neko područje prema scenariju

Nakon toga se za već određeni broj vozila koji prođe unutar područja u jednom danu mijenja udio električnih vozila te se pomoću izraza (7.2) određuje energija potrebna za opskrbu navedenog broja električnih vozila uz pretpostavku prosječnog punjenja od 25 kWh.

$$E_{opskrba_potrebno_udio} = BV_{područje_dnevno} * UV_{testno} * 25 \quad (7.2)$$

Gdje je:

$E_{opskrba_potrebno_udio}$ - potrebna električna energija za opskrbu zadanog broja električnih vozila [kWh]

$BV_{područje_dnevno}$ - broj vozila koji prođe kroz traženo područje u jednom danu

UV_{testno} - Udio električnih vozila u floti za koji se računa energija potrebna za opskrbu

Postupak se provodi za udjele od 1 %, 2 %, 3 %, 4 %, 5 %, 6 %, 7 %, 8 %, 9 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 % i 50 %. Nakon što se odredi energija potrebna za opskrbu za svaki od udjela električnih vozila u floti prelazi se na računanje energije koju već određeni ukupni broj

priključaka, koji uključuje već postojeće i one koje tek treba instalirati, može dnevno isporučiti. Taj dio proračuna se provodi prema izrazu (7.3).

$$E_{\text{moguće_isporučiti_scenarij_godina}} = BP_{\text{scenarij_godina}} * 24 \text{ h} * 50 \text{ kW} \quad (7.3)$$

Gdje je:

$E_{\text{moguće_isporučiti}}$ - Energija koju je za zadani broj priključaka moguće isporučiti u toku jednog dana [kWh]

$BP_{\text{scenarij_godina}}$ – broj priključaka prema scenariju za određenu godinu

Postupak se provodi za svaki od scenarija za obje godine. Nakon toga se proračunava opterećenje priključaka tj. broj radnih sati u toku dana koji se izražava postotkom prema izrazu (7.4).

$$O_{\text{scenarij_godina_udio}} = \frac{E_{\text{opskrba_potrebno_udio}}}{E_{\text{moguće_isporučiti_scenarij_godina}}} \quad (7.4)$$

Ovaj postupak ponavlja se za svaki scenarij u svakoj godini i za svaki udio električnih vozila u floti. Iz dobivenih podataka se izrađuje dijagram na osnovu kojega se daje zaključak optimizacije.

7.1.1. Optimum investicije u brze punjače unutar crvenog područja

Iz jednadžbe (7.1) slijedi visina investicije u crvenom području za pojedini scenarij i godinu. Dobiveni podaci su navedeni u tablici 39.

Tablica 39. Cijena investicije u brze punjače unutar crvenog područja

Scenarij\Godina	2030.	2040.
S0	15 583 050 kn	29 027 250 kn
S1	22 305 150 kn	69 054 300 kn
S2	18 944 100 kn	55 610 100 kn

Korištenjem jednadžbe (7.2). određena je energija potrebna za opskrbu broja električnih vozila koji je uvjetovan udjelom u floti od 25 248 vozila. Dobiveni podaci su zapisani u tablici 40.

Tablica 40. Udio električnih vozila u floti i energija potrebna za opskrbu crvenog područja

Udio EV u floti	Broj EV u floti	Energija potrebna za opskrbu flote [kWh]
1 %	252	6312
2 %	505	12624
3 %	757	18936
4 %	1010	25248
5 %	1136	28404
6 %	1515	37872
7 %	1767	44184
8 %	2020	50496
9 %	2272	56808
10 %	2525	63120
20 %	5050	126240
30 %	7574	189360
40 %	10099	252480
50 %	12624	315600

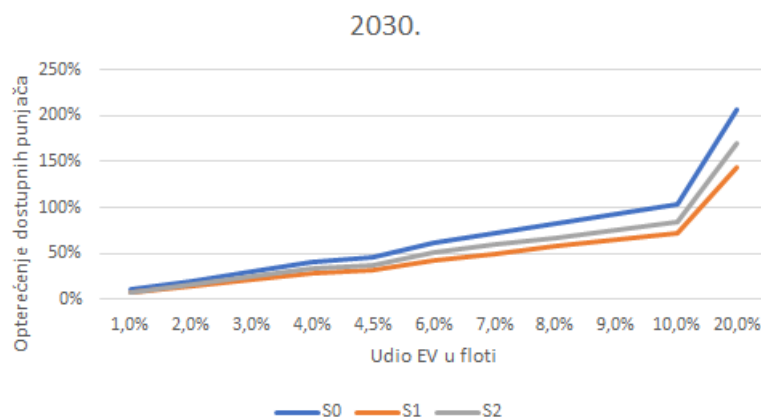
Iz jednadžbe (7.3) dobije se iznos električne energije koju punjači mogu dnevno isporučiti. Podaci su navedeni u tablici 41.

Tablica 41. Moguća dnevna isporuka energije od strane priključaka u crvenom području

Godina	2030.			2040.		
Scenarij	S0	S1	S2	S0	S1	S2
Broj priključaka	51	73	62	94	226	182
Dnevna isporuka energije [kWh]	61 200	86 400	74 400	112 800	270 000	217 200

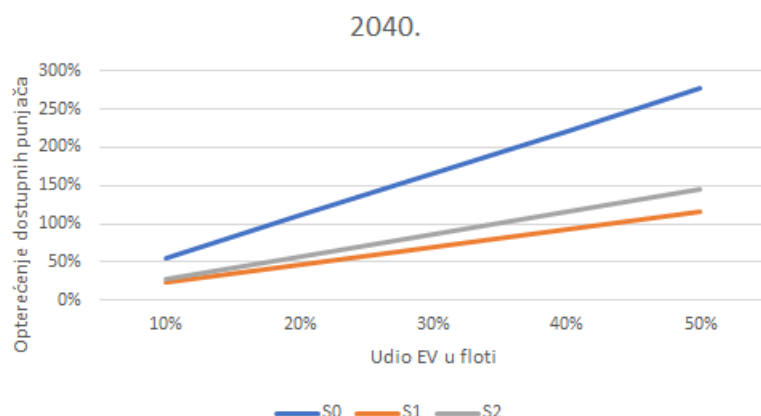
Izračunati iznosi opterećenja priključaka prikazani su grafički na slikama 42. i 43. Sa slike 42. možemo zaključiti da je u 2030. godini, do udjela električnih vozila u floti od 10 %, optimalno

ulagati prema scenariju S0. Uz to što podrazumijeva najmanje ulaganje taj scenarij nudi i najbolje iskorištavanje sustava.



Slika 42. Ovisnost opterećenja dostupnih brzih punjača o udjelu EV u floti za 2030. godinu u crvenom području

U 2040. godini je nešto drugačija situacija, što možemo vidjeti na slici 43. Do udjela od oko 18 % električnih vozila optimalno ulaganje je prema scenariju S0. Međutim kada udio električnih vozila premaši tih 18 % takvo ulaganje neće zadovoljiti energetske potrebe sustava. Stoga je unutar crvenog područja za 2040. godinu, do udjela električnih vozila u floti od 35 %, optimalno ulagati prema scenariju S2 dok povećanjem udjela električnih vozila u floti preko 35 % jedino scenarij S1 zadovoljava energetske potrebe i stoga je u toj situaciji optimalno ulagati u taj scenarij.



Slika 43. Ovisnost opterećenja dostupnih brzih punjača o udjelu EV u floti za 2040. godinu u crvenom području

7.1.2. Optimum investicije u brze punjače unutar zelenog područja

Iz jednadžbe (7.1) slijedi visina investicije u zelenom području za pojedini scenarij i godinu. Dobiveni podaci su navedeni u tablici 42.

Tablica 42. Cijena investicije u brze punjače unutar zelenog područja

Scenarij\Godina	2030.	2040.
S0	6 722 100 kn	12 222 000 kn
S1	9 472 050 kn	28 721 700 kn
S2	8 249 850 kn	23 221 800 kn

Korištenjem jednadžbe (7.2). određena je energija potrebna za opskrbu broja električnih vozila koji je uvjetovan udjelom u floti od 10 381 vozila. Dobiveni podaci su zapisani u tablici 43.

Tablica 43. Udio električnih vozila u floti i energija potrebna za opskrbu zelenog područja

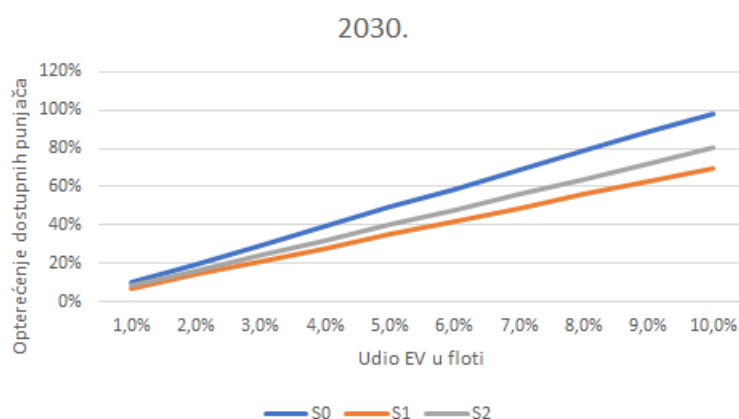
Udio EV u floti	Broj EV u floti	Energija potrebna za opskrbu flote [kWh]
1 %	104	2595
2 %	208	5191
3 %	311	7786
4 %	415	10381
5 %	519	12976
6 %	623	15572
7 %	727	18167
8 %	830	20762
9 %	934	23357
10 %	1038	25953
20 %	2076	51905
30 %	3114	77858
40 %	4152	103810
50 %	5191	129763

Iz jednadžbe (7.3) dobije se iznos električne energije koju punjači mogu dnevno isporučiti. Podaci su navedeni u tablici 41.

Tablica 44. Moguća dnevna isporuka energije od strane priključaka u zelenom području

Godina	2030.			2040.		
Scenarij	S0	S1	S2	S0	S1	S2
Broj priključaka	22	31	27	40	94	76
Dnevna isporuka energije [kWh]	26 400	37 200	32 400	48 000	112 800	91 200

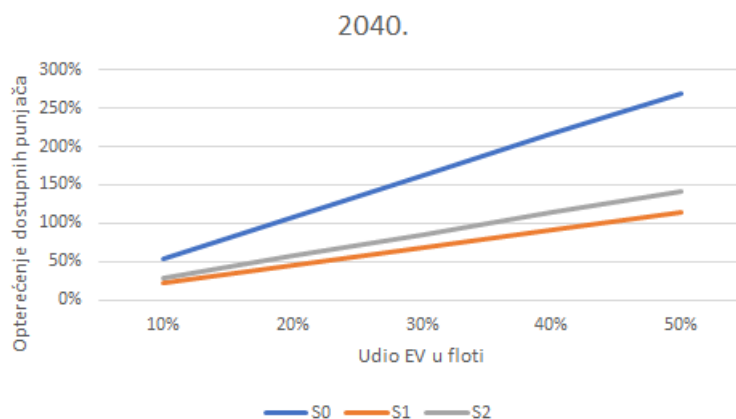
Izračunati iznosi opterećenja priključaka prikazani su grafički na slikama 44. i 45. Sa slike 44. možemo zaključiti da je u 2030. godini, do udjela električnih vozila u floti od 10 %, optimalno ulagati prema scenariju S0. Uz to što podrazumijeva najmanje ulaganje taj scenarij nudi i najbolje iskorištavanje sustava.



Slika 44. Ovisnost opterećenja dostupnih brzih punjača o udjelu EV u floti za 2030. godinu u zelenom području

U 2040. godini je nešto drugačija situacija. Do udjela od oko 19 % električnih vozila optimalno ulaganje je prema scenariju S0. Međutim kada udio električnih vozila premaši tih 18 % takvo ulaganje neće zadovoljiti energetske potrebe sustava. Stoga je unutar zelenog područja za 2040. godinu, do udjela električnih vozila u floti od 34 %, optimalno ulagati prema scenariju S2 dok

povećanjem udjela električnih vozila u floti preko 34 % jedino scenarij S1 zadovoljava energetske potrebe i stoga je u toj situaciji optimalno ulagati u taj scenarij.



Slika 45. Ovisnost opterećenja dostupnih brzih punjača o udjelu EV u floti za 2040. godinu u zelenom području

7.1.3. Optimum investicije u brze punjače unutar žutog područja

Iz jednadžbe (7.1) slijedi visina investicije u zelenom području za pojedini scenarij i godinu. Dobiveni podaci su navedeni u tablici 45.

Tablica 45. Cijena investicije u brze punjače unutar žutog područja

Scenarij\Godina	2030.	2040.
S0	7 638 750 kn	18 944 100 kn
S1	13 138 650 kn	52 554 600 kn
S2	10 388 700 kn	41 249 250 kn

Korištenjem jednadžbe (7.2). određena je energija potrebna za opskrbu broja električnih vozila koji je uvjetovan udjelom u floti od 21 206 vozila. Dobiveni podaci su zapisani u tablici 46.

Tablica 46. Udio električnih vozila u floti i energija potrebna za opskrbu žutog područja

Udio EV u floti	Broj EV u floti	Energija potrebna za opskrbu flote [kWh]
1 %	104	2595
2 %	208	5191
3 %	311	7786
4 %	415	10381
5 %	519	12976
6 %	623	15572
7 %	727	18167
8 %	830	20762
9 %	934	23357
10 %	1038	25953
20 %	2076	51905
30 %	3114	77858
40 %	4152	103810
50 %	5191	129763

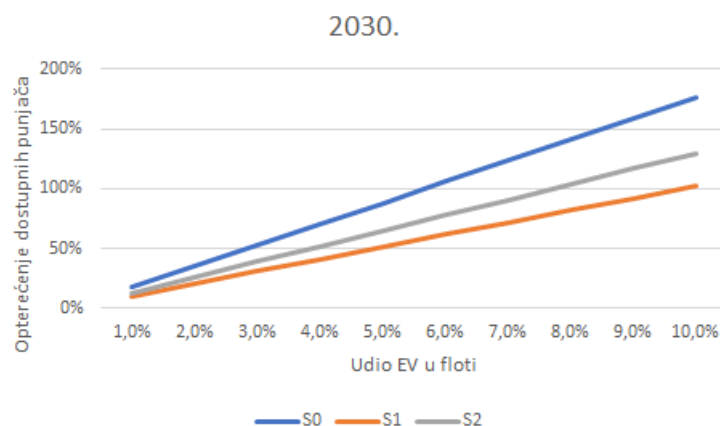
Iz jednadžbe (7.3) dobije se iznos električne energije koju punjači mogu dnevno isporučiti. Podaci su navedeni u tablici 47.

Tablica 47. Moguća dnevna isporuka energije od strane priključaka u žutom području

Godina	2030.			2040.		
Scenarij	S0	S1	S2	S0	S1	S2
Broj priključaka	25	43	34	62	172	135
Dnevna isporuka energije [kWh]	30 000	51 600	40 800	74 400	206 400	162 000

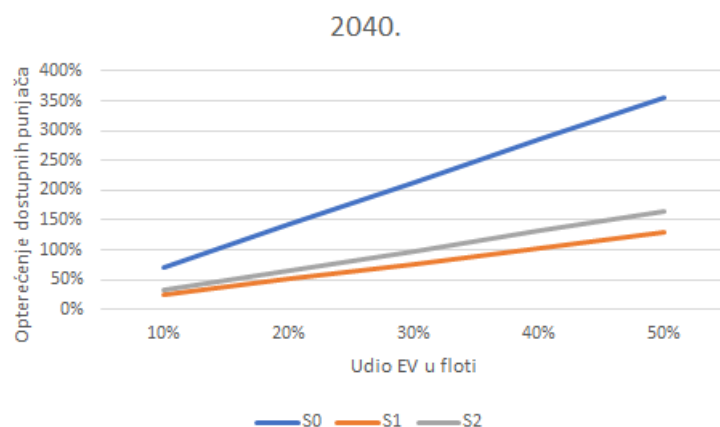
Izračunati iznosi opterećenja priključaka prikazani su grafički na slikama 46. i 47. Sa slike 46. možemo zaključiti da je u 2030. godini, do udjela električnih vozila u floti od 6 %, optimalno

ulagati prema scenariju S0, do otprilike 8 % prema scenariju S2, a do 10 % prema scenariju S1. Nakon povećanja udjela električnih vozila u floti preko 10 %, za 2030. godinu više ni jedan scenarij ne zadovoljava energetske potrebe.



Slika 46. Ovisnost opterećenja dostupnih brzih punjača o udjelu EV u floti za 2030. godinu u žutom području

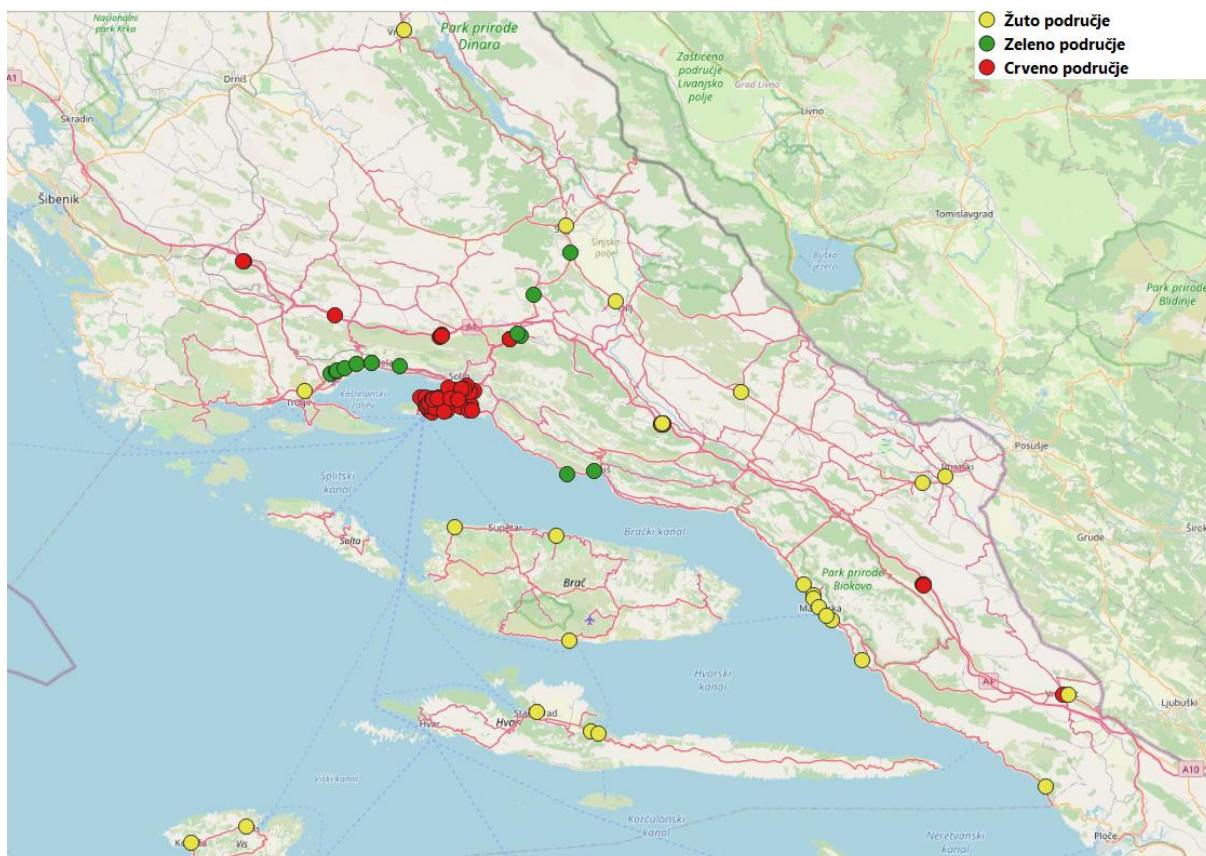
U 2040. godini je nešto drugačija situacija. Do udjela od oko 14 % električnih vozila optimalno ulaganje je prema scenariju S0. Međutim kada udio električnih vozila premaši tih 14 % takvo ulaganje neće zadovoljiti energetske potrebe sustava. Stoga je unutar žutog područja za 2040. godinu, do udjela električnih vozila u floti od 32 %, optimalno ulagati prema scenariju S2 dok povećanjem udjela električnih vozila u floti preko 32 % jedino scenarij S1 zadovoljava energetske potrebe i stoga je u toj situaciji optimalno ulagati u taj scenarij. Nakon povećanja udjela električnih vozila u floti preko 42% ni jedan scenarij ne zadovoljava energetske zahtjeve sustava.



Slika 47. Ovisnost opterećenja dostupnih brzih punjača o udjelu EV u floti za 2040. godinu u žutom području

7.1.4. Raspored brzih punjača unutar područja

Na slici 48. prikazan je raspored brzih punjača. Najviše lokacija, njih pedeset sedam, nalazi se u crvenom području što je i cilj, slijedi ga žuto područje sa dvadeset i pet lokacija na kojima se nalaze ili se trebaju nalaziti brzi punjači, područje sa najmanje lokacija je ono zeleno i u njemu se nalazi četrnaest lokacija.



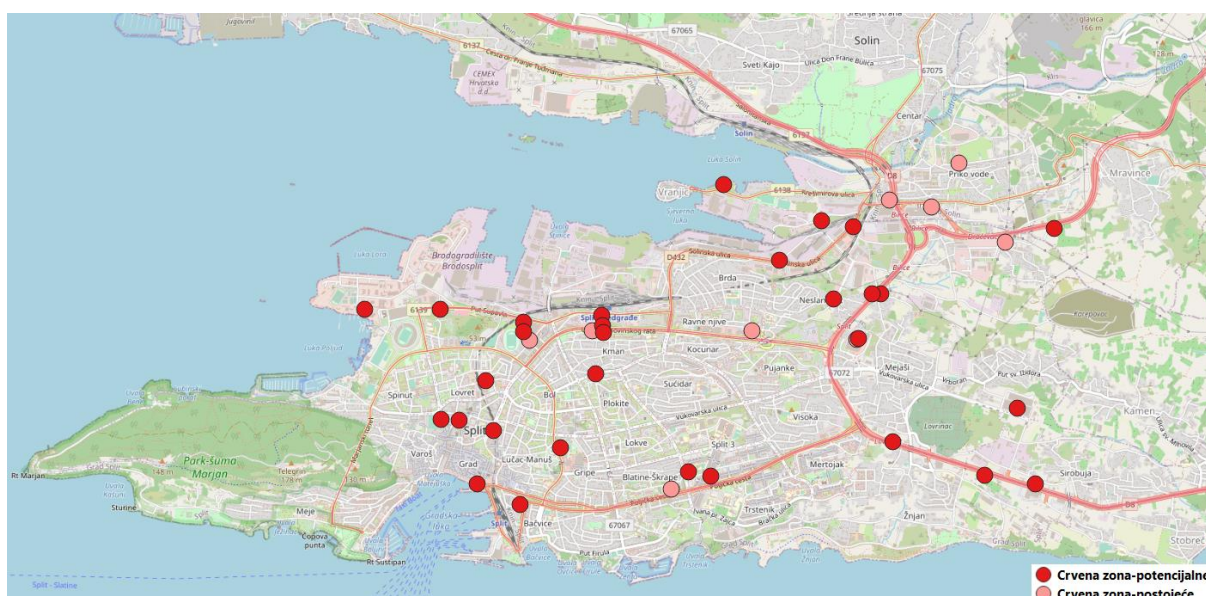
Slika 48. Raspored lokacija za brze punjače po područjima

U tablici je prikazan prosječan broj priključaka koji bi se trebao nalaziti na svakoj lokaciji kada bi ih ravnomjerno rasporedili unutar područja za 2030. i 2040. godinu. Naravno da to neće biti baš moguće u praksi zbog već postojećih punjača ali bi bilo najbolje stvarno stanje održati što bliže tim brojevima.

Tablica 48. Prosječan broj priključaka po lokaciji za pojedini scenarij i godinu unutar područja

Godina	2030.			2040.		
Scenarij\Područje	Crveno	Zeleno	Žuto	Crveno	Zeleno	Žuto
S0	0,9	2	1,1	1,7	3,3	2,6
S1	1,3	2,7	1,9	4	7,1	7
S2	1,1	2,4	1,5	3,2	5,9	5,5

Na slici 49. možemo vidjeti uvećani prikaz crvenog područja sa lokacijama za brze punjače.



Slika 49. Raspored lokacija punionica unutar crvenog područja

7.2. Određivanje optimuma investicije za spore punjače

Optimizacija investicije za spore punjače podijeljena je također u tri djela prema tri područja koja su već spomenuta ranije. Za svako od područja najprije se odredio iznos investicije za pojedini scenarij prema izrazu (7.5). Cijena instalacije, koja je uključivala cijenu uređaja i cijenu priključka, za spori punjač je 36 876 kn.

$$I_{područje_scenarij_godina_spori} = BP_{područje_scenarij_godina_spori} * 36\,876 \quad (7.5)$$

Gdje je:

$I_{područje_scenarij_godina_spori}$ - Cijena investicije za spore punjače u pojedinom području prema scenariju [kn]

$BP_{područje_scenarij_godina_spori}$ – Broj novih sporih priključaka koje treba instalirati u neko područje prema scenariju

Nakon toga se za već određeni broj vozila koji prođe unutar područja u jednom danu mijenja udio električnih vozila te se pomoću izraza (7.6) određuje energija potrebna za opskrbu navedenog broja električnih vozila uz pretpostavku prosječnog dnevnog punjenja od 8,45 kWh.

$$E_{opskrba_potrebno_udio_spori} = BV_{područje_dnevno_spori} * UV_{testno} * 8,45 \quad (7.6)$$

Gdje je:

$E_{opskrba_potrebno_udio_spori}$ - potrebna električna energija za opskrbu zadanog broja domaćih električnih vozila [kWh]

$BV_{područje_dnevno}$ - broj domaćih vozila u traženom području

UV_{testno} - Udio električnih vozila u floti za koji se računa energija potrebna za opskrbu

Postupak se provodi za udjele od 1 %, 2 %, 3 %, 4 %, 5 %, 6 %, 7 %, 8 %, 9 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 % i 50 %. Nakon što se odredi energija potrebna za opskrbu za svaki od udjela električnih vozila u floti prelazi se na računanje energije koju već određeni ukupni broj priključaka može dnevno isporučiti. Taj dio proračuna se provodi prema izrazu (7.7).

$$E_{moguće_isporučiti_scenarij_godina_spori} = BP_{scenarij_godina_spori} * 24\,h * 22\,kW \quad (7.7)$$

Gdje je:

$E_{moguće_isporučiti_scenarij_godina_spori}$ - Energija koju je za zadani broj priključaka moguće isporučiti u toku jednog dana [kWh]

$BP_{scenarij_godina_spori}$ – broj sporih priključaka prema scenariju za određenu godinu

Postupak se provodi za svaki od scenarija za obje godine. Nakon toga se proračunava opterećenje priključaka tj. broj radnih sati u toku dana koji se izražava postotkom prema izrazu (7.8).

$$O_{scenarij_godina_udio_spori} = \frac{E_{opskrba_potrebno_udio_spori}}{E_{moguće_isporučiti_scenarij_godina_spori}} \quad (7.8)$$

Ovaj postupak ponavlja se za svaki scenarij u svakoj godini i za svaki udio električnih vozila u floti. Iz dobivenih podataka se izrađuje dijagram na osnovu kojega se daje zaključak optimizacije.

7.2.1. Optimum investicije u spore punjače unutar crvenog područja

Iz jednadžbe (7.1) slijedi visina investicije u crvenom području za pojedini scenarij i godinu. Dobiveni podaci su navedeni u tablici 49.

Tablica 49. Cijena investicije u spore punjače unutar crvenog područja

Scenarij\Godina	2030.	2040.
S0	2 065 056 kn	18 401 124 kn
S1	4 203 864 kn	52 290 168 kn
S2	3 134 460 kn	39 862 956 kn

Korištenjem jednadžbe (7.6). određena je energija potrebna za opskrbu broja domaćih električnih vozila koji je uvjetovan udjelom u floti od 127 377 vozila. Dobiveni podaci su zapisani u tablici 50.

Tablica 50. Udio električnih vozila u floti domaćih vozila i energija potrebna za opskrbu crvenog područja

Udio EV u floti	Broj EV u floti	Energija potrebna za opskrbu flote [kWh]
1 %	1274	10766
2 %	2548	21532
3 %	3821	32298

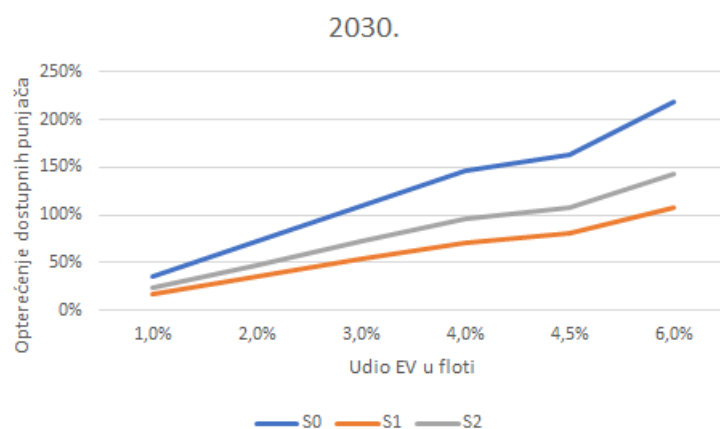
4 %	5095	43064
5 %	5732	48447
6 %	7643	64596
7 %	8916	75362
8 %	10190	86128
9 %	11464	96894
10 %	12738	107660
20 %	25475	215319
30 %	38213	322979
40 %	50951	430639
50 %	63689	538299

Iz jednadžbe (7.7) dobije se iznos električne energije koju punjači mogu dnevno isporučiti. Podaci su navedeni u tablici 51.

Tablica 51. Moguća dnevna isporuka energije od strane sporih priključaka u crvenom području

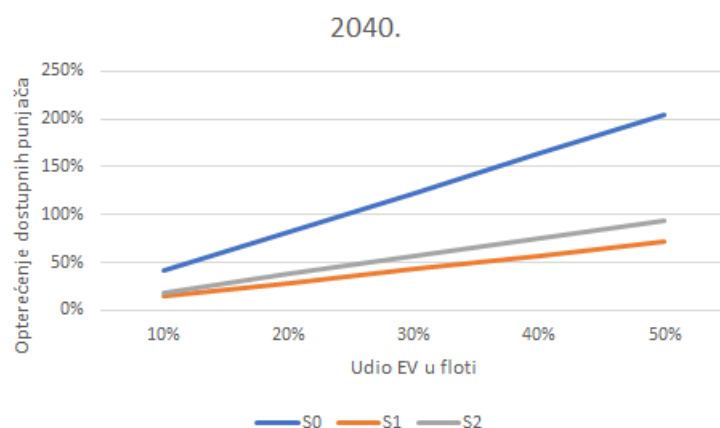
Godina	2030.			2040.		
Scenarij	S0	S1	S2	S0	S1	S2
Broj priključaka	56	114	85	499	1 418	1 081
Dnevna isporuka energije [kWh]	29 568	60 192	44 880	263 472	748 704	570 768

Izračunati iznosi opterećenja priključaka prikazani su grafički na slikama 50. i 51. Sa slike 50. možemo zaključiti da je u 2030. godini, do udjela električnih vozila u floti od 2,5 %, optimalno ulagati prema scenariju S0, za udjele do 4 % prema scenariju S2 te za udjele do 5,5 % prema scenariju S1. Za povećanje udjela električnih vozila u floti na više od 6 % ni jedan scenarij ne zadovoljava energetske potrebe sustava.



Slika 50. Ovisnost opterećenja dostupnih sporih punjača o udjelu EV u floti za 2030. godinu u crvenom području

U 2040. godini je nešto drugačija situacija, što možemo vidjeti na slici 51. Do udjela od oko 25 % električnih vozila optimalno ulaganje je prema scenariju S0. Međutim kada udio električnih vozila premaši tih 25 % takvo ulaganje neće zadovoljiti energetske potrebe sustava. Stoga je unutar crvenog područja za 2040. godinu, za udjele električnih vozila u floti do 50 % optimalno ulagati prema scenariju S2. Scenarij S1 nije isplativ budući da je skuplji od scenarija S2 pa dobijemo „nepotrebni“ broj punjača.



Slika 51. Ovisnost opterećenja dostupnih brzih punjača o udjelu EV u floti za 2040. godinu u crvenom području

7.2.2. Optimum investicije u spore punjače unutar zelenog područja

Iz jednadžbe (7.5) slijedi visina investicije u zelenom području za pojedini scenarij i godinu. Dobiveni podaci su navedeni u tablici 52.

Tablica 52. Cijena investicije u spore punjače unutar zelenog područja

Scenarij\Godina	2030.	2040.
S0	737 520 kn	7 448 952 kn
S1	1 622 544 kn	21 388 080 kn
S2	1 180 032 kn	16 262 316 kn

Korištenjem jednadžbe (7.6). određena je energija potrebna za opskrbu broja električnih vozila koji je uvjetovan udjelom u floti od 52 358 vozila. Dobiveni podaci su zapisani u tablici 53.

Tablica 53. Udio domaćih električnih vozila u floti i energija potrebna za opskrbu zelenog područja

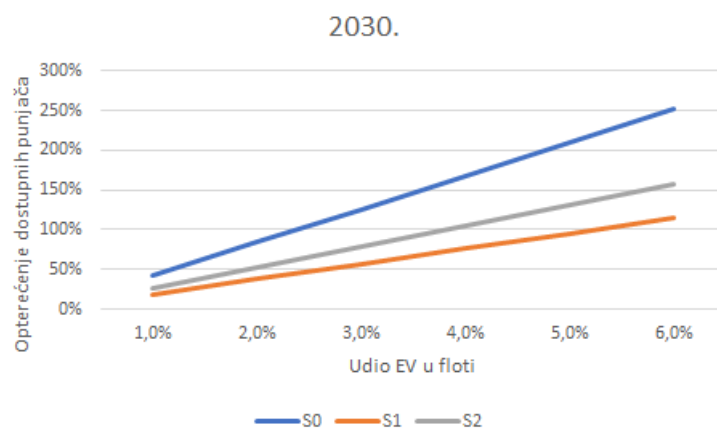
Udio EV u floti	Broj EV u floti	Energija potrebna za opskrbu flote [kWh]
1 %	524	4426
2 %	1047	8852
3 %	1571	13279
4 %	2095	17705
5 %	2618	22131
6 %	3142	26557
7 %	3666	30983
8 %	4189	35409
9 %	4713	39836
10 %	5237	44262
20 %	10474	88523
30 %	15710	132785
40 %	20947	177047
50 %	26184	221309

Iz jednadžbe (7.7) dobije se iznos električne energije koju punjači mogu dnevno isporučiti. Podaci su navedeni u tablici 54.

Tablica 54. Moguća dnevna isporuka energije od strane sporih priključaka u zelenom području

Godina	2030.			2040.		
Scenarij	S0	S1	S2	S0	S1	S2
Broj priključaka	20	44	32	202	580	441
Dnevna isporuka energije [kWh]	10 560	23 232	16 896	106 656	306 240	232 848

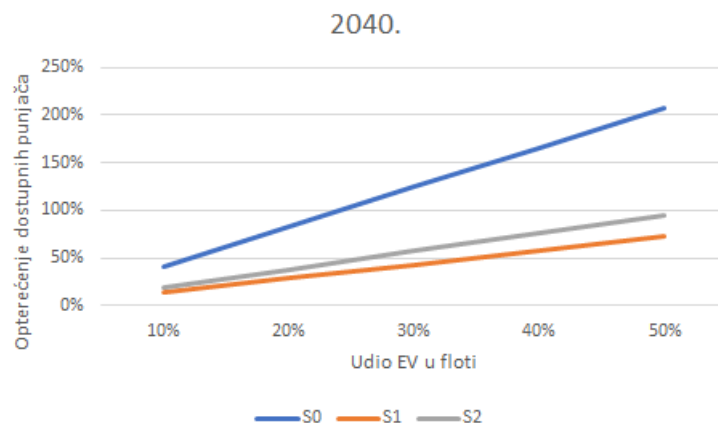
Izračunati iznosi opterećenja priključaka prikazani su grafički na slikama 52. i 53. Sa slike 53. možemo zaključiti da je u 2030. godini, do udjela električnih vozila u floti od 2,5 %, optimalno ulagati prema scenariju S0, do udjela od 4 % prema scenariju S2, a do udjela od 5,5 % prema scenariju S1. Nakon povećanja udjela električnih vozila u floti na preko 5,5 % ni jedan scenarij ne zadovoljava potrebe energetskog sustava.



Slika 52. Ovisnost opterećenja dostupnih sporih punjača o udjelu EV u floti za 2030. godinu u zelenom području

U 2040. godini do udjela od oko 25 % električnih vozila optimalno ulaganje je prema scenariju S0. Međutim kada udio električnih vozila premaši tih 25 % takvo ulaganje neće zadovoljiti energetske potrebe sustava. Stoga je unutar zelenog područja za 2040. godinu za udjele preko

25% a manje od 50% optimalno ulagati prema scenariju S2. Scenarij S1 je za udjele do 50 % neisplativ zbog previše „neiskorištenih“ priključaka.



Slika 53. Ovisnost opterećenja dostupnih sporih punjača o udjelu EV u floti za 2040. godinu u zelenom području

7.2.3. Optimum investicije u spore punjače unutar žutog područja

Iz jednadžbe (7.5) slijedi visina investicije u zelenom području za pojedini scenarij i godinu. Dobiveni podaci su navedeni u tablici 55.

Tablica 55. Cijena investicije u brze punjače unutar žutog područja

Scenarij\Godina	2030.	2040.
S0	2 286 312 kn	16 004 184 kn
S1	4 093 236 kn	44 472 456 kn
S2	3 208 212 kn	34 036 548 kn

Korištenjem jednadžbe (7.6). određena je energija potrebna za opskrbu broja električnih vozila koji je uvjetovan udjelom u floti od 106 980 vozila. Dobiveni podaci su zapisani u tablici 55.

Tablica 56. Udio domaćih električnih vozila u floti i energija potrebna za opskrbu žutog područja

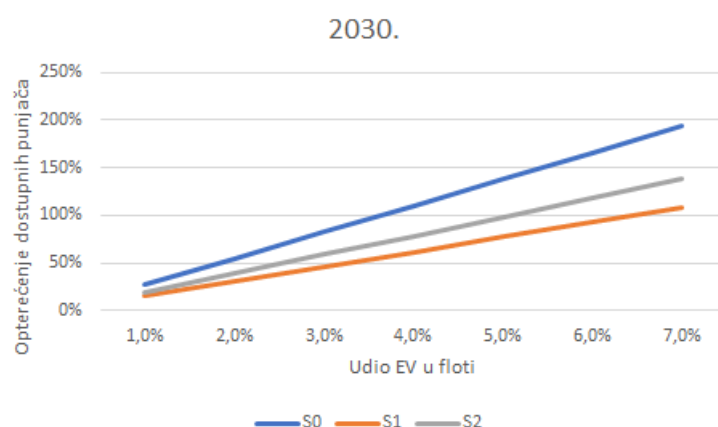
Udio EV u floti	Broj EV u floti	Energija potrebna za opskrbu flote [kWh]
1 %	1070	9042
2 %	2140	18084
3 %	3209	27126
4 %	4279	36168
5 %	5349	45210
6 %	6419	54252
7 %	7489	63294
8 %	8558	72336
9 %	9628	81378
10 %	10698	90420
20 %	21396	180840
30 %	32094	271260
40 %	42792	361680
50 %	53490	452100

Iz jednadžbe (7.7) dobije se iznos električne energije koju punjači mogu dnevno isporučiti. Podaci su navedeni u tablici 57.

Godina	2030.			2040.		
Scenarij	S0	S1	S2	S0	S1	S2
Broj priključaka	62	111	87	434	1 206	923
Dnevna isporuka energije [kWh]	32 736	58 608	45 936	229 152	636 768	487 344

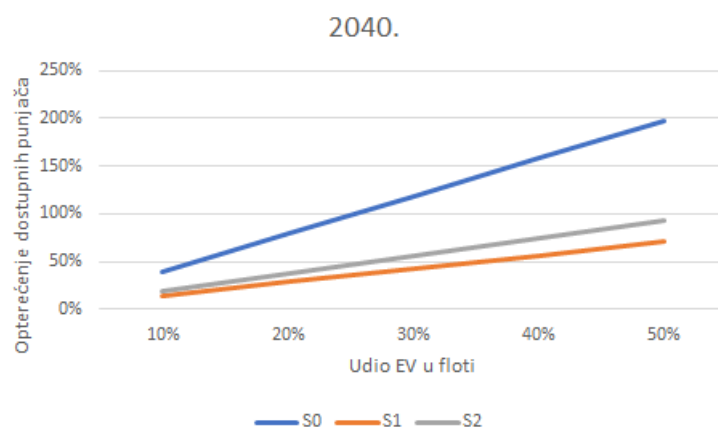
Tablica 57. Moguća dnevna isporuka energije od strane sporih priključaka u žutom području

Izračunati iznosi opterećenja priključaka prikazani su grafički na slikama 54. i 55. Sa slike 54. možemo zaključiti da je u 2030. godini, do udjela električnih vozila u floti od 3,5 %, optimalno ulagati prema scenariju S0, do otprilike 5 % prema scenariju S2, a do 6,5 % prema scenariju S1. Nakon povećanja udjela električnih vozila u floti preko 6,5 % , za 2030. godinu više ni jedan scenarij ne zadovoljava energetske potrebe.



Slika 54. Ovisnost opterećenja dostupnih sporih punjača o udjelu EV u floti za 2030. godinu u žutom području

U 2040. godini je nešto drugačija situacija. Do udjela od oko 25 % električnih vozila optimalno ulaganje je prema scenariju S0. Međutim kada udio električnih vozila premaši tih 25 % takvo ulaganje neće zadovoljiti energetske potrebe sustava. Stoga je unutar žutog područja za 2040. godinu, do udjela električnih vozila u floti od 50 %, optimalno ulagati prema scenariju S2. Scenarij S1 je neisplativ za udjele do 50 % budući da dobijemo previše „neiskorištenih“ priključaka.



Slika 55. Ovisnost opterećenja dostupnih brzih punjača o udjelu EV u floti za 2040. godinu u žutom području

Za spore punjače nije izrađivan geografski prikaz budući da se treba odrediti način određivanja samih potencijalnih lokacija jer su sve lokacije određene u petom poglavlju iskorištene za brze punjače.

8. ZAKLJUČAK

U tijeku tranzicijskih promjena u energetici i sve većeg broj električnih vozila na cestama, Republika Hrvatska kao turistička zemlja mora uložiti velike napore u planiranje sustava koji će omogućiti energetske sigurnost za vozače električnih vozila. Brzi punjači na državnim cestama i autocestama prioritet su u budućoj energetskej strukturi jer će upravo o razvijenosti takvog sustava ovisiti broj turističkih dolazaka. Uzevši u obzir činjenicu da Republika Hrvatska petinu svoga BDP-a ostvaruje kroz turizam od velike je važnosti zbog turističkih potreba ulagati u razvoj punionica električnih vozila. Kada govorimo o Splitsko-dalmatinskoj županiji važno je istaknuti njezin potencijal obnovljivih izvora energije. Izgradnja novih vjetroelektrana i solarnih elektrana garancija je budućoj energetskej neovisnosti, a ona je sigurno jedan od ciljeva kako županije tako i čitave države. Trenutno stanje unutar energetskeg sustava, a s pogledom na buduće potrebe istoga, nije na zadovoljavajućoj razini. Energetska struktura visokonaponske mreže, koja je obnavljana nakon rata je je na zadovoljavajućoj razini, ali niskonaponska mreža nije dovoljno razvijena i ne odgovara budućim potrebama opskrbe električne energije. Razvoj električne mreže nužan je kako bi se u sustav moglo implementirati sve više punionica električnih vozila. Potencijalne lokacije punionica određene unutar ovoga rada zahtijevat će daljnje razvijanje budući da za očekivane razine potrošnje električne energije u sektoru prometa taj broj potencijalnih lokacija sigurno neće biti dovoljan. Potencijalne lokacije određene u ovom radu samo su pokazatelj načina određivanja i nikako dovoljan broj za pokrivanje energetske potrebe. Iz scenarija razvoja proizvodne energetske infrastrukture vidljiv je veliki potencijal dekarbonizacije ne samo prometnog sektora nego i čitavog energetskeg sektora u cjelini. Smanjenje energetske potrebe, koje su u 2021. godini iznosile ukupno 6327,4 GWh, ulaganjem u učinkovitije sustave i tehnologije ne samo što će smanjiti potrošnju energenata nego će dati i priliku za gospodarski rast. Otvaranje novih proizvodnih postrojenja značit će i otvaranje novih radnih mjesta. Scenariji ulaganja u razvoj mreže punionica pokazali su veliku fleksibilnost u ovisnosti o broju električnih vozila kojega se prema pretpostavkama može očekivati. Tako je unutar crvenog područja, koje je prometno najopterećenije, za pretpostavljeni udio električnih vozila od 50 % u 2040. godini ulaganje iznosilo 55 610 100 kn prema scenariju S2. Scenarij S1 za isti slučaj nudio je znatno skuplje rješenje od 69 054 300 kn a rezultat je bio gotovo identičan. Kod manjih udjela električnih vozila u floti manja ulaganja prema scenariju S0 pokazala su se dovoljnima. Dinamika ulaganja u punionice bitna je stavka čitavog razvoja. Jako je bitno raditi što detaljnije i razvijenije scenarije kretanja broj električnih vozila jer će oni omogućiti pravodobno ulaganje a samim time i optimalan proces razvoja sustava. Nikako ne želimo imati

višak punionica koji neće služiti ničemu, a opet ne želimo se ni dovesti u situaciju da ih imamo nedovoljno i kasnimo za europskim trendovima povećanja broja električnih vozila jer će to dovesti do gubitaka u gospodarskom sektoru budući da će turisti početi izbjegavati Hrvatsku kao destinaciju jer im neće biti u mogućnosti zadovoljiti njihove potrebe. Stoga kao zaključak ovog rada želim naglasiti važnost daljnjeg razvoja istraživanja na ovom području i ulaganja u ovakve sustave jer će nas to u konačnici uvesti u zeleniju i energetske sigurniju budućnost.

LITERATURA

- [1] „Global energy-related CO₂ emissions by sector“ Dostupno na: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-energy-related-co2-emissions-by-sector> (zadnji posjet: 26. ožujka 2022)
- [2] Mathiesen, B.V., et al., “Smart Energy Systems for coherent 100% renewable energy and transport solutions,” *Appl. Energy*, vol. 145, pp. 139–154, May 2015, doi:10.1016/j.apenergy.2015.01.075
- [3] Pfeifer, A., Dobravec, V., Pavlinek, L., Krajačić, G., and Duić, N. “Integration of renewable energy and demand response technologies in interconnected energy systems,” *Energy*, vol. 161, pp. 447–455, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.energy.2018.07.134
- [4] Bellocchi, S., Manno, M., Noussan, M., Prina, M. G. and Vellini, M. “Electrification of transport and residential heating sectors in support of renewable penetration: Scenarios for the Italian energy system,” *Energy*, vol. 196, p. 117062, Apr. 2020, doi:10.1016/j.energy.2020.117062
- [5] „Breakdown of CO₂ emissions in the transportation sector worldwide 2020“ Dostupno na: <https://www.statista.com/statistics/1185535/transport-carbon-dioxide-emissions-breakdown/> (zadnji posjet: 26. ožujka 2022)
- [6] „New registrations of electric vehicles in Europe“, Dostupno na: <https://www.eea.europa.eu/ims/new-registrations-of-electric-vehicles> (zadnji posjet: 26. ožujka 2022)
- [7] Falcheta, G., Noussan, M. „Electric vehicle charging network in Europe: An accessibility and deployment trends analysis“, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 94, May 2021, 102813, doi:10.1016/j.trd.2021.102813
- [8] „Regionalni operativni program Splitsko-dalmatinske županije“ Dostupno na: http://www.dalmacija.hr/Portals/0/docs/Tajnistvo/ROP_S-D_%C5%BDupanije.pdf (zadnji posjet: 28. ožujka 2022.)
- [9] Jochem, P., Szimba, E., Reuter-Oppermann, M. „How many fast-charging stations do we need along European Highways?“, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 73, pp. 120–129, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.trd.2019.06.005
- [10] Herron, C., Coleman, S. „Methodology to determine the number of rapid chargers need for electric vehicles in the UK“, Dec 2017. Dostupno na: <https://zerocarbonfutures.co.uk/wp-content/uploads/2017/12/Methodology-for-calculating-required-number-of-rapid-chargers-for-a-given-EV-population.pdf> (zadnji posjet: 1. travnja 2022.)

- [11] European Federation for Transport and Environment AISBL „Recharge EU: How many charge points will Europe and its Member States need in the 2020s“, Jan 2020. Dostupno na: <https://www.transportenvironment.org/wpcontent/uploads/2021/07/01%202020%20Draft%20TE%20Infrastructure%20Report%20Final.pdf> (zadnji posjet: 2. travnja 2022)
- [12] European Court of Auditors „Infrastructure for charging electric vehicles: more charging stations but uneven deployment makes travel across the EU complicated“, Apr. 2021, Dostupno na: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR21_05/SR_Electrical_charging_infrastructure_EN.pdf (zadnji posjet: 5. travnja 2022)
- [13] „An introduction to EV charging infrastructure design“ Dostupno na: <https://www.avnet.com/wps/portal/abacus/resources/article/intro-to-ev-charging-infrastructure-design/> (zadnji posjet: 30. ožujka 2022.)
- [14] „All relevant charging cable and plug types“ Dostupno na: https://www.mobilityhouse.com/int_en/knowledge-center/charging-cable-and-plug-types (zadnji posjet: 30. ožujka 2022.)
- [15] „Connector types for EV charging around the world“ Dostupno na: <https://www.evexpert.eu/eshop1/knowledge-center/connector-types-for-ev-charging-around-the-world> (zadnji posjet: 30. ožujka 2022)
- [16] Alvarez, J.G., Fernandez, M.A.G., Vela, C.R., Arias, R.V. „Electric Vehicle Charging Scheduling by an Enhanced Artificial Bee Colony Algorithm“, Oct. 2018, doi: 10.3390/en1102752
- [17] „Top 10 companies in electric vehicle charging stations market“, Dostupno na: <https://meticulousblog.org/top-10-companies-in-electric-vehicle-charging-stations-market/> (zadnji posjet: 31. ožujka 2022.)
- [18] Groupe DBT, „European leader in fast chargers for electric vehicles“, HSBC Conference-London, Nov 2017 Dostupno na: <https://www.actusnews.com/documents/ACTUS-0-8174-hsbc-london-december-2017.pdf>
- [19] HEP ELEN prezentacija, 12th Energy Planning and Modeling of Energy Planning and Modeling of Energy Systems Conference, Zagreb 22.12.2021.
- [20] „Strategija energetskeg razvoja Republike Hrvatske do 2030, s pogledom na 2050. godinu“
Dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_03_25_602.html
(zadnji posjet: 15. travnja 2022.)

- [21] „Prostorni plan uređenja grada Hvara“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUG/HVAR/GRAFIKA/2.%20Infrastrukturni%20sustavi.pdf> (zadnji posjet: 4. travnja 2022.)
- [22] „Prostorni plan uređenja grada Imotskog“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUG/IMOTSKI/GRAFIKA/2.3.%20Energetski%20sustav.pdf> (zadnji posjet: 4. travnja 2022.)
- [23] „Prostorni plan uređenja grada Kaštela“, Dostupno na: http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUG/KASTEla/GRAFIKA/2a_Posta-i-telekomunikacije_Energetski-sustav.pdf (zadnji posjet: 4. travnja 2022.)
- [24] „Prostorni plan uređenja grada Komize“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUG/KOMIZA/GRAFIKA/2.2.%20Elektroenergetika.pdf> (zadnji posjet: 4. travnja 2022.)
- [25] „Prostorni plan uređenja grada Makarske“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUG/MAKARSKA/2009/2C.%20Energetski%20sustav.pdf> (zadnja posjeta: 4. travnja 2022.)
- [26] „Prostorni plan uređenja grada Omiša“, Dostupno na: http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUG/OMIS/GRAFIKA/2.3.%20Elektroenergetika_2015.pdf (zadnji posjet: 4. travnja 2022.)
- [27] „Prostorni plan uređenja grada Sinja“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUG/SINJ/GRAFIKA/2.3.%20Energetski%20sustav.pdf> (zadnji posjet: 4. travnja 2022.)
- [28] „Prostorni plan uređenja grada Solina“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUG/SOLIN/GRAFIKA/2a.%20Pos%CC%8Cta%20i%20telekomunikacije%20Energetski%20sustav.pdf> (zadnji posjet: 4. travnja 2022.)
- [29] „Prostorni plan uređenja grada Splita“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUG/SPLIT/GRAFIKA/2.3.%20Energetski%20sustav%20elektroenergetika.pdf> (zadnji posjet: 4. travnja 2022.)
- [30] „Prostorni plan uređenja grada Stari grad“, Dostupno na: http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUG/STARI_GRAD/GRAFIKA/2_INFRASTRUKTURNI-OBJEKTI-I-MREZE.pdf (zadnji posjet: 4. travnja 2022.)
- [31] „Prostorni plan uređenja grada Supetra“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUG/SUPETAR/GRAFIKA/2C.%20Elektroenergetika.pdf> (zadnji posjet: 4. travnja 2022.)

- [32] „Prostorni plan uređenja grada Trilja“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUG/TRILJ/GRAFIKA/2.3.energetski-sustavi.pdf> (zadnji posjet: 4. travnja 2022.)
- [33] „Prostorni plan uređenja grada Trogira“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUG/TROGIR/GRAFIKA/2.3.Energetski-sustav.pdf> (zadnji posjet: 4. travnja 2022.)
- [34] „Prostorni plan uređenja grada Visa“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUG/VIS/PROSTORNI%20PLANOVI/2.2.Energetski%20sustavi%20i%20telekomunikacije.pdf> (zadnja posjeta: 4. travnja 2022.)
- [35] „Prostorni plan uređenja grada Vrgorca“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUG/VRGORAC/GRAFIKA/2.3.ELEKTROENERGETSKI-SUSTAVI.pdf> (zadnji posjet: 4. travnja 2022.)
- [36] „Prostorni plan uređenja grada Vrlike“, Dostupno na: http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUG/VRLIKA/GRADEVINSKA%20PODRUCJA/1.%20Kori%C5%A1enje%20i%20namjena%20povr%C5%A1ina_2016.pdf (zadnji posjet: 4. travnja 2022.)
- [37] „Prostorni plan uređenja općine Baška Voda“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/BASKAVODA/GRAFIKA/2.3.%20Energetski%20sustav%20-%20Elektroenergetika.pdf> (zadnji posjet: 5. travnja 2022.)
- [38] „Prostorni plan uređenja općine Bol“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/BOL/2.3.%20Vodnogospodarski%20sustav%20-%20Odvodnja%20otpadnih%20voda.pdf> (zadnji posjet: 5. travnja 2022.)
- [39] „Prostorni plan uređenja općine Brela“, Dostupno na: http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/BRELA/GRAFIKA/PPUOB_2A-energetski-sustav.pdf (zadnji posjet: 5. travnja 2022.)
- [40] „Prostorni plan uređenja općine Cista Provo“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/CISTA-PROVO/GRAFIKA/2.%20Infrastrukturni%20sustavi%20i%20mre%C5%BEe%20-%20Izvod%20iz%20PP%C5%BD.pdf> (zadnji posjet: 5. travnja 2022.)
- [41] „Prostorni plan uređenja općine Dicmo“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/DICMO/GRAFIKA/2.3.%20Energetski%20sustav.pdf> (zadnji posjet: 5. travnja 2022.)

- [42] „Prostorni plan uređenja općine Dugi Rat“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/DUGI-RAT/GRAFIKA/2.3.%20Elektroenergetska%20mre%C5%BEa.pdf> (zadnji posjet: 5. travnja 2022.)
- [43] „Prostorni plan uređenja općine Dugopolje“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/DUGOPOLJE/GRAFIKA/2.3-ENERGETIKA.pdf> (zadnji posjet: 5. travnja 2022.)
- [44] „Prostorni plan uređenja općine Gradac“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/GRADAC/GRAFIKA/2.2.%20Energetski%20sustav.pdf> (zadnji posjet: 5. travnja 2022.)
- [45] „Prostorni plan uređenja općine Hrvace“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/HRVACE/GRAFIKA/2-3-energetski-sustav.pdf> (zadnji posjet: 5. travnja 2022.)
- [46] „Prostorni plan uređenja općine Jelsa“, Dostupno na: http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/JELSA/GRAFIKA/2.b.-luka-Jelsa_energetski-sustavi-i-telekomunikacije.pdf (zadnji posjet: 5. travnja 2022.)
- [47] „Prostorni plan uređenja općine Klis“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/KLIS/GRAFIKA/2.3.-ENERGETIKA.pdf> (zadnji posjet: 5. travnja 2022.)
- [48] „Prostorni plan uređenja općine Lećevica“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/LE%C4%86EVICA/GRAFIKA/2.2.%20Energetski%20sustavi%20-%20Izvod%20iz%20PP%C5%BD.pdf> (zadnji posjet: 5. travnja 2022.)
- [49] „Prostorni plan uređenja općine Lokvičići“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/LOKVICICI/GRAFIKA/2.2.%20Energetski%20sustavi%20-%20Izvod%20iz%20PP%C5%BD.pdf> (zadnji posjet: 5. travnja 2022.)
- [50] „Prostorni plan uređenja općine Lovreć“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/LOVREC/GRAFIKA/2.2.%20Energetski%20sustavi%20-%20Izvod%20iz%20PP%C5%BD.pdf> (zadnji posjet: 5. travnja 2022.)
- [51] „Prostorni plan uređenja općine Marina“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/MARINA/GRAFIKA/2.A.%20Telekomunikacijski%20i%20energetski%20sustavi.pdf> (zadnji posjet: 5. travnja 2022.)
- [52] „Prostorni plan uređenja općine Milna“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/MILNA/GRAFIKA/2c.%20Infrastrukturni%20sustavi%20%E2%80%93%20elektroenergetika.pdf> (zadnji posjet: 6. travnja 2022.)

- [53] „Prostorni plan uređenja općine Muć“, Dostupno na: http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/MUC/GRAFIKA/2_2-elektrika.pdf (zadnji posjet: 6. travnja 2022.)
- [54] „Prostorni plan uređenja općine Nerežišća“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/NERE%C5%BDI%C5%A0%C4%86A/GRAFIKA/2c.%20Elektroenergetika.pdf> (zadnji posjet: 6. travnja 2022.)
- [55] „Prostorni plan uređenja općine Okrug“, Dostupno na: http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/OKRUG/GRAFIKA/IDPPUO-Okруг_struja-telefon_NS.pdf (zadnji posjet: 6. travnja 2022.)
- [56] „Prostorni plan uređenja općine Otok“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/OTOK/GRAFIKA/2.3.%20Energetski%20sustav.pdf> (zadnji posjet: 6. travnja 2022.)
- [57] „Prostorni plan uređenja općine Podbablje“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/PODBABLJE/GRAFIKA/2.2.%20Energetski%20sustavi%20-%20Izvod%20iz%20PP%C5%BD.pdf> (zadnji posjet: 6. travnja 2022.)
- [58] „Prostorni plan uređenja općine Podgora“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/PODGORA/GRAFIKA/2.2.%20Energetski%20sustav.pdf> (zadnji posjet: 6. travnja 2022.)
- [59] „Prostorni plan uređenja općine Podstrana“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/PODSTRANA/GRAFIKA/2.%20Infrastrukturni%20sustavi.pdf> (zadnja posjeta: 6. travnja 2022.)
- [60] „Prostorni plan uređenja općine Postira“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/POSTIRA/GRAFIKA/2.C.ELEKTROENERGETIKA.pdf> (zadnji posjet: 6. travnja 2022.)
- [61] „Prostorni plan uređenja općine Prgomet“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/PRGOMET/GRAFIKA/Infrastruktura%20-%20Izvod%20iz%20PP%C5%BD.pdf> (zadnji posjet: 6. travnja 2022.)
- [62] „Prostorni plan uređenja općine Primorski Dolac“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/PRIMORSKI-DOLAC/GRAFIKA/2.2.%20Energetski%20sustavi%20-%20Izvod%20iz%20PP%C5%BD.pdf> (zadnji posjet: 6. travnja 2022.)
- [63] „Prostorni plan uređenja općine Proložac“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/PROLOZAC/25000/2.2.-Izvod-iz-PP-a---INFRASTRUKTURNI-SUSTAVI.pdf> (zadnji posjet: 6. travnja 2022.)

- [64] „Prostorni plan uređenja općine Pučišća“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/PUCISCA/GRAFIKA/2.b.%20Energetski%20i%20vodnogospodarski%20sustav.pdf> (zadnji posjet: 6. travnja 2022.)
- [65] „Prostorni plan uređenja općine Runovići“, Dostupno na: http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/RUNOVICI/GRAFIKA/4.%20Kori%C5%A1tenje%20i%20namjena%20povr%C5%A1ina_2013.pdf (zadnji posjet: 6. travnja 2022.)
- [66] „Prostorni plan uređenja općine Seget“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/SEGET/GRAFIKA/2.3.-Energetika.pdf> (zadnji posjet: 7. travnja 2022.)
- [67] „Prostorni plan uređenja općine Selca“, Dostupno na: http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/SELCA/GRAFIKA/2.1_Elektroenergetika-telekomunikacije_HTRS_2.1_Elektroenergetika.pdf (zadnji posjet: 7. travnja 2022.)
- [68] „Prostorni plan uređenja općine Sućuraj“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/SUCURAJ/GRAFIKA/2.b.%20Po%C5%A1ta%20TK%20i%20Elektroopskrba.pdf> (zadnji posjet: 7. travnja 2022.)
- [69] „Prostorni plan uređenja općine Sutivan“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/SUTIVAN/GRAFIKA/2.1.%20Elektroenergetika%20i%20telekomunikacije.pdf> (zadnji posjet: 7. travnja 2022.)
- [70] „Prostorni plan uređenja općine Šestanovac“, Dostupno na: http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/SESTANOVAC/GRAFIKA/2.2.%20Energetski%20sustavi%20-%20Izvod%20iz%20PP%C5%BD_2015.pdf (zadnji posjet: 7. travnja 2022.)
- [71] „Prostorni plan uređenja općine Šolta“, Dostupno na: http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/SOLTA/GRAFIKA/2.3.-Energetski-sustav_2015.pdf (zadnji posjet: 7. travnja 2022.)
- [72] „Prostorni plan uređenja općine Tučepi“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/TUCEPI/GRAFIKA/2.3.%20Energetski%20sustav.pdf> (zadnji posjet: 7. travnja 2022.)
- [73] „Prostorni plan uređenja općine Zadvarje“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/ZADVARJE/GRAFIKA/1.%20Kori%C5%A1tenje%20i%20namjena%20prostora.pdf> (zadnji pristup: 7. travnja 2022.)
- [74] „Prostorni plan uređenja općine Zagvozd“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/ZAGVOZD/GRAFIKA/2.3.%20Energetika.pdf> (zadnji posjet: 7. travnja 2022.)

- [75] „Prostorni plan uređenja općine Zmijavci“, Dostupno na: <http://zzpu-sdz.hr/images/PDF/PPUO/ZMIJAVCI/GRAFIKA/2.2.pdf> (zadnji posjet: 7. travnja 2022.)
- [76] „Akcijski plan energetske učinkovitosti Splitsko-dalmatinske županije za razdoblje 2014.-2016.“, Dostupno na: <https://www.dalmacija.hr/Portals/0/docs/10.Prijedlog%20zaklju%C4%8Dka%20o%20ono%C5%A1enju%20Akcijskog%20plana%20energetske%20u%C4%8Dinkovitosti%20Splitsko-dalmatinske%20%C5%BEupanije%20za%20razdoblje%202014.-2016.pdf> (zadnji posjet: 10. travnja 2022.)
- [77] Horvat, A., „Potencijal iskorištavanja vjetra u Splitsko-dalmatinskoj županiji“, diplomski rad, 2019., Dostupno: <https://repozitorij.pmf.unizg.hr/islandora/object/pmf%3A5700/datastream/PDF/view> (zadnji posjet: 10. travnja 2022.)
- [78] „Vrste vozila po županijama i vrstama goriva“, Dostupno na: <https://www.cvh.hr/gradani/tehnicki-pregled/statistika/> (zadnji posjet: 25. travnja 2022.)
- [79] „Proizvodnja VE Katuni“, Dostupno na: <https://www.wpd.hr/projects/ve-katuni/> (zadnji posjet: 10. travnja 2021.)
- [80] „Proizvodnja SE Vis“, Dostupno na: https://hr.wikipedia.org/wiki/Sun%C4%8Dana_elektrana_Vis (zadnji posjet: 10. travnja 2022.)
- [81] „Proizvodnja SE Vrlika“, Dostupno na: https://hr.wikipedia.org/wiki/Sun%C4%8Dana_elektrana_Vrlika_Jug (zadnji posjet: 10. travnja 2022.)
- [82] „Strateška procjena prihvatljivosti planiranih zahvata za prirodu“, Dostupno na: <http://www.dalmacija.hr/Portals/0/docs/ZavodProstorno/PostupakOcjene/Strateska%20procjena%20prihvatljivosti%20planiranih%20zahvata%20za%20prirodu.pdf> (zadnji posjet: 11. travnja 2022.)
- [83] „Lokacije ELEN punionica“, Dostupno na: <https://myhep.etrel.com/#/portal/locations> (zadnji posjet: 18. travnja 2022.)
- [84] „Lokacije superbrzih punionica Tesla“, Dostupno na: <https://www.tesla.com/findus/list/superchargers/croatia> (zadnji posjet: 18. travnja 2022.)
- [85] „Lokacije običnih punionica Tesla“, Dostupno na: <https://www.tesla.com/findus/list/chargers/croatia> (zadnji posjet: 18. travnja 2022.)
- [86] „Brojila prometa“, Dostupno na: <https://hrvatske-cestes.hr/hr/stranice/promet-i-sigurnost/dokumenti/14-brojenje-prometa> (zadnji posjet: 28. travnja 2022.)