

Analiza energetske tranzicije sektora zgradarstva RH

Vulama, Jan

Undergraduate thesis / Završni rad

2025

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:141632>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-26**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Jan Vulama

Zagreb, veljača 2025.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

izv.prof.dr.sc Tomislav Pukšec.

Student:

Jan Vulama

Zagreb, veljača 2025.

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

Zahvaljujem se mentoru na ukazanom povjerenju, vodstvu i pomoći pri izradi ovoga rada.

Zahvaljujem se roditeljima i bratu na podršci i potpori kroz sve ove prekrasne godine studiranja.

Veliko hvala i Patriciji koja je uvijek bila uz mene i pružala mi potporu tijekom ovog studija.

Posebno se zahvaljujem i svim prijateljima na zajedničkom učenju i podršci kroz studiranje, a i druženju u svim prilikama.

Jan Vulama



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



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

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 – 04 / 25 – 06 / 1	
Ur.broj: 15 – 25 –	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: Jan Vulama

JMBAG: 0035231369

Naslov rada na hrvatskom jeziku: Analiza energetske tranzicije sektora zgradarstva RH

Naslov rada na engleskom jeziku: Analysis of Croatian buildings sector energy transition

Opis zadatka:

Sektor zgradarstva ključan je za energetska politiku jer troši oko 40% ukupne energije i odgovoran je za značajan udio emisija stakleničkih plinova. Uvođenje mjera energetske učinkovitosti, poput obnove zgrada i primjene obnovljivih izvora energije, omogućuje smanjenje potrošnje energije i troškova, uz istovremeno povećanje kvalitete života. U okviru energetske tranzicije, sektor zgradarstva ima središnju ulogu u postizanju klimatskih ciljeva, smanjenju energetske ovisnosti i poticanju održivog razvoja.

U radu je potrebno:

1. Prikazati pregled literature na temu ciljeva Europske unije vezane za implementaciju mjera energetske politike za sektor zgradarstva.
2. Izraditi presjek mjera energetske politike hrvatskog sektora zgradarstva, trenutnog te budućeg.
3. Izraditi energetski model RH u LEAP-u (*eng. Low Emissions Analysis Platform*) te odabrati referentnu godinu u dogovoru s mentorom.
4. U LEAP modelu izraditi detaljan model sektora zgradarstva (kućanstva i uslužnog sektora) na NUTS3 razini.
5. Izraditi 3 scenarija različitih energetske politike RH sektora zgradarstva za 2030., 2040. te 2050. godinu.
6. Izraditi prijedlog mjera koje predstavljaju nadogradnju Integriranog nacionalnog energetsko klimatskog plana RH za razdoblje od 2021. do 2030., za sektor zgradarstva.

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

Zadatak zadan:

Datum predaje rada:

Predviđeni datumi obrane:

30. 11. 2024.

1. rok: 20. i 21. 2. 2025.
2. rok: 10. i 11. 7. 2025.
3. rok: 18. i 19. 9. 2025.

1. rok: 24. 2. – 28. 2. 2025.
2. rok: 15. 7. – 18. 7. 2025.
3. rok: 22. 9. – 26. 9. 2025.

Zadatak zadao:

Predsjednik Povjerenstva:

Izv. prof. dr. sc. Tomislav Pukšec

Prof. dr. sc. Vladimir Soldo

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	V
POPIS OZNAKA	VI
SAŽETAK.....	VII
SUMMARY	VIII
1. UVOD.....	1
2. Pregled zakonodavstva vezano uz implementaciju mjera energetske politike za sektor zgradarstva na nacionalnoj i EU razini.....	2
2.1. EU zakonodavstvo vezano uz implementaciju mjera energetske politike za sektor zgradarstva	2
2.2. Nacionalno zakonodavstvo vezano uz implementaciju mjera energetske politike za sektor zgradarstva	6
3. Opis korištenog modela	9
3.1. Što je LEAP?.....	9
4. Model sektora zgradarstva u programu LEAP	12
4.1. Modeliranje bazne godine	13
4.1.1. Analiza sektora kućanstva (stambenih zgrada).....	13
4.1.1.1. Grijanje	16
4.1.1.2. Zagrijavanje potrošne tople vode.....	19
4.1.1.3. Kuhanje	21
4.1.1.4. Hlađenje	22
4.1.1.5. Ostala netoplinaska energija	22
4.1.2. Analiza sektora usluga (nestambene zgrade).....	23
4.1.2.1. Grijanje	25
4.1.2.2. Zagrijavanje potrošne tople vode (PTV).....	26
4.1.2.3. Kuhanje	27
4.1.2.4. Hlađenje	27
4.1.2.5. Ostala netoplinaska energija	27
5. Modeliranje scenarija.....	28
5.1. Opis scenarija	29
5.1.1. Scenarij 1: Zaustavljanje energetske obnove zgrada	29
5.1.2. Scenarij 2: Umjerena stopa obnove zgrada.....	29
5.1.3. Scenarij 3: Potpuna obnova zgrada.....	30
6. Rezultati scenarija.....	31

6.1. Sektor kućanstva - rezultati.....	31
6.1.1. Scenarij 1: Zaustavljanje energetske obnove zgrada	31
6.1.2. Scenarij 2: Umjerena stopa obnove zgrada.....	32
6.1.3. Scenarij 3: Potpuna obnova zgrada.....	36
6.2. Sektor usluga – rezultati.....	41
6.2.1. Scenarij 1: Zaustavljanje energetske obnove zgrada	41
6.2.2. Scenarij 2: Umjerena stopa obnove zgrada.....	42
6.2.3. Scenarij 3: Potpuna obnova zgrada.....	47
6.3. Emisije CO ₂ – rezultati	52
7. Prijedlog mjera za razdoblje od 2021. do 2030. godine	56
8. ZAKLJUČAK.....	58
LITERATURA.....	59

POPIS SLIKA

Slika 1.	Europski zeleni plan	2
Slika 2.	nZEB	4
Slika 3.	Energetski certifikat zgrade	5
Slika 4.	Pogled „Analiza“ u LEAP-u	10
Slika 5.	Pregled rezultata u LEAP-u	11
Slika 6.	Projekcija udjela pojedinih županija u potrošnji finalne energije u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 1 (zaustavljanje energetske obnove zgrada)	31
Slika 7.	Projekcija udjela pojedinih županija u potrošnji finalne energije u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnova zgrada)	32
Slika 8.	Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnova zgrada)	33
Slika 9.	Projekcija potrošnje finalne energije po sektorima potrošnje u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnova zgrada)	34
Slika 10.	Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za grijanje u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnova zgrada)	34
Slika 11.	Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za zagrijavanje PTV-a u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnova zgrada)	35
Slika 12.	Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za kuhanje u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnova zgrada)	36
Slika 13.	Projekcija udjela pojedinih županija u potrošnji finalne energije u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)	37
Slika 14.	Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)	37
Slika 15.	Projekcija potrošnje finalne energije po sektorima potrošnje u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)	38
Slika 16.	Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za grijanje u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)	39
Slika 17.	Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za zagrijavanje PTV-a u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)	40
Slika 18.	Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za kuhanje u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)	40
Slika 19.	Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije u sektoru usluga, kontinentalna i primorska regija, do 2050. godine u scenariju 1 (zaustavljanje energetske obnove zgrada)	42
Slika 20.	Projekcija potrošnje finalne energije u sektoru usluga u Hrvatskoj do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnova zgrada)	43

Slika 21.	Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije u sektoru usluga, kontinentalna regija, do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnove zgrada)	43
Slika 22.	Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije u sektoru usluga, primorska regija, do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnove zgrada)44	
Slika 23.	Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za grijanje u sektoru usluga, kontinentalna regija, do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnove zgrada)	45
Slika 24.	Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za grijanje u sektoru usluga, primorska regija, do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnove zgrada)	45
Slika 25.	Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za zagrijavanje PTV-a u sektoru usluga, kontinentalna regija, do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnove zgrada).....	46
Slika 26.	Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za zagrijavanje PTV-a u sektoru usluga, primorska regija, do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnove zgrada).....	47
Slika 27.	Projekcija potrošnje finalne energije u sektoru usluga u Hrvatskoj do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada).....	48
Slika 28.	Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije u sektoru usluga, kontinentalna regija, do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada).....	48
Slika 29.	Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije u sektoru usluga, primorska regija, do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)	49
Slika 30.	Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za grijanje u sektoru usluga, kontinentalna regija, do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)	50
Slika 31.	Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za grijanje u sektoru usluga, primorska regija, do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)	50
Slika 32.	Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za zagrijavanje PTV-a u sektoru usluga, kontinentalna regija, do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)	51
Slika 33.	Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za zagrijavanje PTV-a u sektoru usluga, primorska regija, do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)	52
Slika 34.	Emisije CO ₂ za sektor kućanstva za scenarij 2 (umjerena stopa obnove zgrada) .	53
Slika 35.	Emisije CO ₂ za sektor usluga za scenarij 2 (umjerena stopa obnove zgrada).....	53
Slika 36.	Emisije CO ₂ za sektor kućanstva za scenarij 3 (potpuna obnova zgrada).....	54
Slika 37.	Emisije CO ₂ za sektor usluga za scenarij 3 (potpuna obnova zgrada)	55

POPIS TABLICA

Tablica 1. Energetski razred zgrada	5
Tablica 2. Ukupna ploština korisne površine grijanog dijela stambenih zgrada u 2019. godinu i predviđena raspodjela po županijama za 2023. godinu.....	14
Tablica 3. Ukupna energija za sektor kućanstva u 2023. godini po energentima	15
Tablica 4. Pretpostavljena raspodjela energije u 2023. godini po sektorima potrošnje	15
Tablica 5. Udjeli pojedinih energenata za grijanje prostora i specifična potrošnja korisne energije za grijanje po županijama.....	17
Tablica 6. Učinkovitosti sustava za grijanje prema vrsti energenta	18
Tablica 7. Učinkovitosti sustava za zagrijavanje PTV-a prema vrsti energenta	20
Tablica 8. Udjeli pojedinih energenata za zagrijavanje PTV-a po županijama	20
Tablica 9. Udjeli pojedinih energenata za kuhanje za sve županije.....	21
Tablica 10. Ukupna ploština korisne površine grijanog dijela nestambenih zgrada u 2019. godinu i predviđena raspodjela po županijama i regijama za 2023. godinu	24
Tablica 11. Ukupna energija za sektor usluga u 2023. godini po energentima.....	25
Tablica 12. Udjeli pojedinih energenata za grijanje prostora u sektoru usluga i specifična potrošnja korisne energije za grijanje usluga po regijama	26
Tablica 13. Udjeli pojedinih energenata za zagrijavanje PTV-a po regijama.....	26
Tablica 14. Udjeli pojedinih energenata za kuhanje u sektoru usluga po regijama	27
Tablica 15. Specifične godišnje toplinske potrebe za grijanje uzete u ovom radu.....	29

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
Q_H	kWh	korisna energija potrebna za grijanje
$Q_{H,A}$	kWh/m ²	specifična potrošnja korisne energije za grijanje
A_h	m ²	grijana površina
$Q_{F,H}$	kWh	finalna energija potrebna za grijanje
η_h	%	koeficijent učinkovitosti sustava za grijanje
Q_W	kWh	korisna energija potrebna za zagrijavanje PTV-a
$Q_{W,A}$	kWh/m ²	specifična potrošnja korisne energije za zagrijavanje PTV-a
$Q_{F,W}$	kWh	finalna energija potrebna za zagrijavanje PTV-a
η_w	%	koeficijent učinkovitosti sustava za zagrijavanje PTV-a
Q_C	kWh	korisna energija potrebna za hlađenje
$Q_{C,A}$	kWh/m ²	specifična potrošnja korisne energije za hlađenje
A_c	m ²	hlađena površina
$Q_{F,C}$	kWh	finalna energija potrebna za hlađenje
η_c	%	koeficijent učinkovitosti sustava za hlađenje

SAŽETAK

Ovaj rad analizira sektor zgradarstva u Republici Hrvatskoj kroz energetske učinkovitost i tranziciju prema održivim izvorima energije. Korištenjem LEAP (Low Emissions Analysis Platform) modela izrađena su tri različita scenarija do 2050. godine, koji prikazuju potencijalne ishode energetske obnove zgrada i njihov utjecaj na potrošnju energije.

Razmatrani su:

- Scenarij 1 – Zaustavljanje energetske obnove zgrada
- Scenarij 2 – Umjerena stopa obnove zgrada
- Scenarij 3 – Potpuna obnova zgrada

Analizom rezultata pokazano je da ambicioznija energetska obnova dovodi do značajnog smanjenja potrošnje energije što u konačnici dovodi do smanjenja emisija CO₂, dok scenarij bez obnove rezultira povećanjem potrošnje. Poseban naglasak stavljen je na prijelaz sa fosilnih goriva na električnu energiju, dizalice topline i solarnu energiju, pri čemu sektor usluga prednjači u implementaciji novih tehnologija.

Rezultati analize potvrđuju značaj energetske obnove u sektoru zgradarstva, pokazujući kako različite strategije mogu utjecati na potrošnju energije, strukturu energenata i emisije stakleničkih plinova do 2050. godine.

Ključne riječi: energetska učinkovitost, LEAP model, zgradarstvo, obnovljivi izvori energije, energetska tranzicija

SUMMARY

This paper analyzes the building sector in the Republic of Croatia through the lens of energy efficiency and the transition to sustainable energy sources. Using the LEAP (Low Emissions Analysis Platform) model, three different scenarios have been developed up to the year 2050, illustrating potential outcomes of building energy renovation and its impact on energy consumption.

The considered scenarios are:

- Scenario 1 – Halting building energy renovation
- Scenario 2 – Moderate rate of building renovation
- Scenario 3 – Complete building renovation

The analysis of results shows that a more ambitious energy renovation leads to a significant reduction in energy consumption, ultimately resulting in lower CO₂ emissions, whereas the scenario without renovation results in increased energy consumption. Special emphasis is placed on the transition from fossil fuels to electricity, heat pumps, and solar energy, with the service sector leading the way in the adoption of new technologies.

The results of the analysis confirm the importance of energy renovation in the building sector, demonstrating how different strategies can influence energy consumption, the energy mix, and greenhouse gas emissions by 2050.

Keywords: energy efficiency, LEAP model, building sector, renewable energy sources, energy transition.

1. Uvod

Zgradarstvo u Europskoj uniji (EU) predstavlja ključni sektor gospodarstva koji značajno doprinosi društvenom i ekonomskom razvoju. Obuhvaća projektiranje, izgradnju, obnovu i održavanje stambenih, poslovnih i javnih objekata. S obzirom na ambiciozne ciljeve EU-a u pogledu energetske učinkovitosti, smanjenja emisija stakleničkih plinova i promicanja održive gradnje, građevinski sektor ima važnu ulogu u smanjenju negativnog utjecaja na okoliš.

Trenutno je zgradarstvo odgovorno za približno 40% ukupne potrošnje energije i generira 36% emisija CO₂ u EU-u, što ga čini jednim od najvećih potrošača energije i zagađivača okoliša. Ove brojke naglašavaju potrebu za energetskom obnovom postojećih građevina te implementacijom novih tehnologija koje bi smanjile potrošnju energije i emisije štetnih plinova.

Slična situacija je i u Hrvatskoj, gdje zgrade troše čak 43% ukupne energije, pri čemu znatan dio odlazi na grijanje i hlađenje zbog neučinkovite izolacije i zastarjelih sustava. Prosječna starost zgrada u Hrvatskoj prelazi 30 godina, a velik dio njih nije adekvatno energetski obnovljen. U razvijenim europskim zemljama prosječna starost zgrada je slična, ali zahvaljujući sustavnim programima obnove, njihova energetska učinkovitost je znatno veća.

Na razini EU-a, inicijative poput Europskog zelenog plana ("European Green Deal") potiču poboljšano upravljanje građevinskim fondom i povećanje energetske učinkovitosti. Iako Hrvatska sudjeluje u tim programima, njihova implementacija odvija se sporije, dijelom zbog administrativnih prepreka i ograničenih financijskih sredstava..

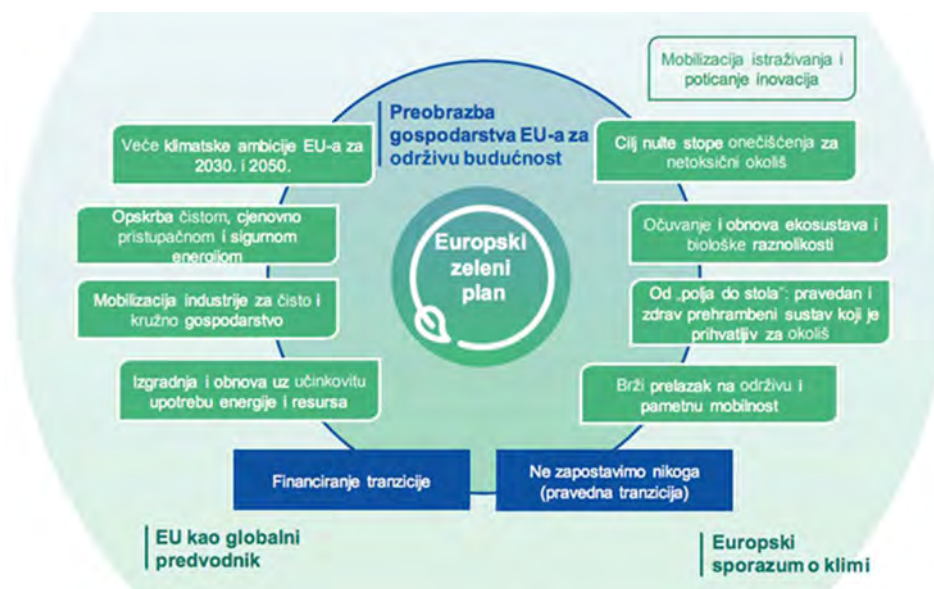
U ovom radu analizirat ću mogućnosti smanjenja potrošnje energije u zgradarstvu pomoću modela LEAP kroz tri scenarija koji uzimaju u obzir aktualne trendove i važeću regulativu. Cilj je prikazati kako se mogu postići energetski i klimatski ciljevi do 2050. godine, koje je EU postavila, a Hrvatska prihvatila kroz svoje zakonodavstvo. Također, istražiti će se posljedice sporije provedbe energetske obnove, kao i scenarij u kojem Hrvatska uopće ne provede obnovu zgrada, analizirajući dugoročne učinke na potrošnju energije.

2. Pregled zakonodavstva vezano uz implementaciju mjera energetske politike za sektor zgradarstva na nacionalnoj i EU razini

2.1. EU zakonodavstvo vezano uz implementaciju mjera energetske politike za sektor zgradarstva

Europska unija razvila je niz strateških dokumenata i regulativa kako bi postigla održiviji i energetski učinkovitiji sektor zgradarstva. Ciljevi tih regulativa obuhvaćaju smanjenje potrošnje energije, povećanje energetske učinkovitosti, smanjenje emisija stakleničkih plinova te promicanje održive gradnje i korištenja obnovljivih izvora energije. Zgradarstvo je samo jedan od puno načina uštede energije i načina smanjenja štetnih emisija. Ovaj rad bavit će se upravo njime, ali prije toga neophodno je opisati i objasniti glavne direktive za zeleni prijelaz. Prva i glavna direktiva EU opisuje upravo to, najopširniji direktivu Europe za zelenu budućnost.

Europski zeleni plan ključni je strateški dokument EU-a koji definira ambiciozne ciljeve za postizanje klimatske neutralnosti do 2050. godine. U okviru ovog plana, zgradarstvo ima posebnu ulogu s obzirom na prethodno spomenuto da zgrade generiraju 36% emisija CO₂ i troše 40% ukupne energije u EU. Plan potiče modernizaciju zgrada kroz energetske obnovu, implementaciju tehnologija za smanjenje potrošnje energije i korištenje obnovljivih izvora energije. Postavljeni su čvrsti temelji koji obvezuju EU da do 2030. godine mora smanjiti emisije za barem 55% u odnosu na razine iz referentne 1990. [1].



Slika 1. Europski zeleni plan

Izvor: [2]

Nakon glavne i najopširnije regulative Europske unije za zelenu Europu, Europski zeleni plan, jedna od najbitnijih direktiva vezana za energetske uštede je Direktiva o energetske učinkovitosti (Energy Efficiency Directive - EED).

U listopadu 2023. godine stupila na snagu nova **Direktiva o energetske učinkovitosti (EU) 2023/1791** u kojoj su utvrđeni ciljevi u području energetske učinkovitosti. Neki od glavnih ciljeva EED-a su smanjenje krajnje potrošnje energije u EU-u za 11,7% do 2030. godine (u odnosu na referentni scenarij iz 2020. godine), povećanje godišnje uštede energije s 1,3% (2024.–2025.), na 1,5% (2026.–2027.), zatim 1,9% od 2028. godine nadalje. To je u prosjeku 1,49% novih godišnjih ušteda za razdoblje 2024.–2030. te uvođenje godišnjeg cilja smanjenja potrošnje energije od 1,9% za javni sektor u cjelini.

EED se primjenjuje na sve sektore, ali naglasak stavlja na energetske obnovu zgrada i poboljšanje energetske učinkovitosti u javnim i privatnim objektima. Uloga ove direktive učinkovito je smanjenje emisija stakleničkih plinova i smanjenje energetske ovisnosti EU-a. Iako je EED širok dokument, njegova provedba direktno utječe na zgradarstvo putem zahtjeva za poboljšanje energetske učinkovitosti.

Vezano uz energetske svojstva zgrada donesena je nova **Direktiva o energetske svojstvima zgrada (EU) 2024/1275 (EPBD)**. Cilj te direktive je smanjiti emisije stakleničkih plinova i potrošnju energije u građevinskom sektoru EU-a kako bi do 2050. postao klimatski neutralan, obnoviti zgrade s najlošijim svojstvima i poboljšati razmjenu informacija o energetske svojstvima. Njezina revizija konačno je usuglašena u ožujku 2024 i stupila je na snagu 28. svibnja 2024. godine.

Novom direktivom utvrđuju se ciljevi smanjenja emisija za zgrade na razini EU-a i na nacionalnoj razini:

- Sve nove zgrade u EU-u morat će od 2030. imati nultu stopu emisija; za nove javne zgrade (u vlasništvu ili uporabi) to će vrijediti od 2028.
- Za nestambene zgrade države članice EU-a definirat će minimalne standarde energetske svojstava za obnovu 16 % fonda zgrada s najlošijim svojstvima do 2030. i 26 % do 2033.
- Kad je riječ o stambenim zgradama, države članice EU-a osigurat će plan za postupnu obnovu cijelog fonda zgrada, čime će se prosječna potrošnja primarne energije smanjiti za najmanje 16 % do 2030. te u rasponu od 20 % do 22 % do 2035.

Direktivom se od država članica EU-a traži da do 2030. postupno uvedu solarne uređaje u javne i nestambene zgrade, ovisno o njihovoj veličini, i u sve nove stambene zgrade, ako je to tehnički i ekonomski prikladno.

Njome se od 2025. prestaju subvencionirati samostalni kotlovi na fosilna goriva, od država članica EU-a zahtijeva se da uspostave instrumente tehničke pomoći, definiraju iznimke za poljoprivredne zgrade i zgrade koje pripadaju baštini te iznimke za zgrade posebne arhitektonske ili povijesne vrijednosti, privremene zgrade, crkve i zgrade koje se koriste u obredne svrhe.

Zgrade gotovo nulte energije (nZEB) definiraju se kao objekti s vrlo niskim energetske potrebama koje se u velikoj mjeri zadovoljavaju iz obnovljivih izvora energije. Od 2020. godine, sve nove zgrade u EU-u moraju biti u skladu s ovim standardom. nZEB predstavlja ključni alat za postizanje energetski učinkovitog zgradarstva i smanjenje emisija CO₂.



Slika 2. nZEB

Izvor: [4]

EPBD također propisuje obvezu energetskog certificiranja zgrada, čime se procjenjuje njihova energetska učinkovitost. Certifikati pomažu vlasnicima i korisnicima zgrada u razumijevanju njihovih energetske svojstva te poticanju na energetsku obnovu. Certifikacija doprinosi transparentnosti na tržištu nekretnina i podiže svijest o važnosti energetske učinkovitosti. Ovaj sustav certifikacije koristi skalu, gdje A+ označava najbolju energetsku učinkovitost, a G označava najnepovoljniji energetski razred.

Energetski razredi zgrada klasificiraju se prema specifičnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje, izraženoj u kilovatsatima po kvadratnom metru godišnje (kWh/m²a). Prema

Pravilniku o energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju (NN 88/17, 90/20, 1/21, 45/21), razredi su definirani i prikazani u tablici [1]. Zgrade koje ispunjavaju nZEB kriterije postižu visoke energetske razrede, poput A ili A+.

Tablica 1. Energetski razred zgrada

Energetski razred	A+	A	B	C	D	E	F	G
Potrošnja energije (kWh/m ² a)	≤15	≤25	≤50	≤100	≤150	≤200	≤250	>250

Izvor:[7]

ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE
prema Pravilniku o energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju (NN)

Naziv zgrade:

Naziv samostalne uporabne cjeline zgrade:

Ulica i kućni broj: Poštanski broj: Mjesto:

PODACI O ZGRADI ☐ nova ☐ postojeća ☐ rekonstrukcija

Vrsta zgrade (prema Pravilniku) odaberi vrstu zgrade prema Pravilniku iz padajućeg izbornika

Vrsta zgrade prema složenosti tehničkih sustava odaberi iz padajućeg izbornika

Vlasnik / investitor k.o.

Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade A_k Godina izgradnje / rekonstrukcije

Gravevinska (bruto) površina zgrade [m²] Mjerodavna meteorološka postaja

Faktor oblika f_o [m⁻¹] Referentna klima

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE

Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/(m²a)] Specifična godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/(m²a)]

A+ A B C D E F G

Specifična godišnja isporučena energija E_{del} [kWh/(m²a)] nZEB

Specifična godišnja emisija CO₂ [kg/(m²a)] Uplatiti „nZEB“ ako energetsko svojstvo zgrade (E_{prim}) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ

ROK VAŽENJA CERTIFIKATA / PODACI O OSOBI KOJA JE IZDALA ENERGETSKI CERTIFIKAT

Oznaka energetskog certifikata Datum izdavanja Datum važenja

Naziv ovlaštene pravne osobe Registar broj

Ime i prezime imenovane osobe u ovlaštenoj pravnoj osobi ili ime i prezime ovlaštene fizičke osobe / vlastoručni potpis

PODACI O OSOBAMA KOJE SU SUDJELOVALE U IZRADI ENERGETSKOG CERTIFIKATA

Dio zgrade Ime i prezime ovlaštene osobe Naziv pravne osobe Registar broj Vlastoručni potpis

Gravevinski

Strojarski

Elektrotehnički

ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE str. 1/4

Slika 3. Energetski certifikat zgrade

Izvor:[7]

Bitno je spomenuti i neke dodatne elemente koji pridonose sigurnijem, bržem i boljem prijelazu. Jedan od takvih je „Val obnove“ (Renovation Wave) „Val obnove“ je inicijativa unutar Europskog zelenog plana koja ima za cilj udvostručiti stopu energetske obnove zgrada u EU-u do 2030. godine, a to je obnova 35 milijuna zgrada. Glavni fokus je na javnim i

stambenim zgradama s velikim energetske potrebama. Program predviđa financijsku podršku, tehnološku pomoć i olakšavanje pravnih okvira za ubrzanje obnove. „Val obnove” izravno podržava ciljeve EPBD-a i EED-a te doprinosi smanjenju emisija i energetske potrošnje [5].

Osim „Vala obnove“ nužna je i digitalizacija zgradarstva. Pametne tehnologije, poput pametnih brojlara i sustava za upravljanje energijom, sve više postaju dio modernog zgradarstva. Ovi sustavi omogućuju precizno praćenje i optimizaciju energetske potrošnje, čime se postižu dodatne uštede energije i povećava učinkovitost. Digitalizacija je ključna za provedbu EPBD-a, posebice u kontekstu zgrada gotovo nulte energije (nZEB).

2.2. Nacionalno zakonodavstvo vezano uz implementaciju mjera energetske politike za sektor zgradarstva

Republika Hrvatska, kao članica Europske unije, obvezala se uskladiti svoje zakonodavstvo i regulative s EU direktivama, uključujući one vezane uz energetske učinkovitost, obnovu zgrada te održivi razvoj u zgradarstvu. Premda su zakonodavni okviri postavljeni i djelomično provedeni, stanje zgrada u Hrvatskoj ukazuje na značajna kašnjenja u odnosu na prosjek Europske unije.

Prema posljednjim podacima, Hrvatska ima više od dva milijuna stambenih jedinica, od čega velik dio nije energetske učinkovit. Prema Popisu stanovništva iz 2021. godine, oko 77,4% stanovništva živi u kućama, dok ostatak živi u stanovima unutar višestambenih zgrada. Više od 80% zgrada u Hrvatskoj izgrađeno je prije 1990. godine, a velik broj njih nije adekvatno obnovljen niti zadovoljava suvremene standarde energetske učinkovitosti.

Ključan dokument za prikaz energetske učinkovitosti je Dugoročna strategija obnove nacionalnog fonda zgrada Republike Hrvatske do 2050. godine [15], kojom se promiče potreba ulaganja u fond zgrada. Dugoročnu strategiju usvojila je Vlada Republike Hrvatske u prosincu 2020. godine i u njoj su usklađeni ciljevi obnove s integriranim energetske i klimatske planom u svjetlu demografskih trendova i aktivnosti građevinskog sektora. Pri tome su uočeni trendovi ubrzanog napuštanja postojećeg fonda zgrada lošijih svojstava, uz postupni rast novogradnje. Stopa energetske obnove zgrada u razdoblju do 2020. godine iznosila je 0,7% godišnje, a Strategijom je definirano postupno podizanje te vrijednosti na 3% kroz razdoblje 2021. – 2030., s desetogodišnjom prosječnom stopom od 1,6%. Bitan element je uvođenje dodatnih mjerljivih indikatora energetske obnove zgrada čime će se osnažiti proces konverzije građevinskog fonda u zgrade gotovo nulte energije (nZEB) i zgrade s nultim emisijama (ugljično neutralne zgrade).

U sektoru zgradarstva, Republika Hrvatska se opredijelila za ostvarivanje energetske visokoučinkovitosti i dekarboniziranog fonda zgrada do 2050. godine. S ciljem mobilizacije svih dionika u procesu građenja i obnavljanja zgrada za postizanje dugoročnog cilja smanjenja emisija CO₂ iz sektora zgradarstva od 80 % do kraja 2050. godine, Ministarstvo prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine iniciralo je Povelju o suradnji u cilju dekarbonizacije zgrada do 2050. godine. Sadržaj povelje odnosi se na postizanje energetske i klimatske ciljeva na nacionalnoj i EU razini kroz dekarbonizaciju fonda zgrada, obnovu zgrada i građenjem zgrada gotovo nulte energije, čime se ističe važnost dodatnog smanjenja emisija stakleničkih plinova, povećanja udjela obnovljivih izvora energije, poboljšanja energetske sigurnosti te uvođenja inovacija i pametnih tehnologija koje omogućuju sektoru zgradarstva da potpomognu sveukupnu dekarbonizaciju gospodarstva. Potpisivanjem povelje potiče se kontinuirana suradnja na provedbi Dugoročne strategije obnove nacionalnog fonda zgrada i prelazak na standard gradnje zgrada gotovo nulte energije (nZEB).

Potpisnici Povelje pružaju potporu te promiču dekarbonizaciju zgrada u svojim daljnjim aktivnostima, gdje god je to moguće. Do kraja ožujka 2024. godine povelju je potpisalo 84 dionika iz poslovnog i javnog sektora [6].

Hrvatska je u svoje zakonodavstvo implementirala EU direktive kroz:

- Zakon o energetske učinkovitosti, koji regulira nacionalne akcijske planove energetske učinkovitosti, obveze opskrbljivača energije te energetske certificiranje.
- Zakon o gradnji, koji propisuje tehničke zahtjeve za zgrade, energetske obnovu i primjenu nZEB standarda (zgrade gotovo nulte energije).
- Podzakonske akte, koji reguliraju energetske preglede, označavanje uređaja i financijske mjere za poticanje energetske učinkovitosti.
- Odluke, kao na primjer Odluka o donošenju Dugoročne strategije obnove nacionalnog fonda zgrada do 2050. godine, Odluka o donošenju Programa razvoja kružnog gospodarenja prostorom i zgradama za razdoblje od 2021. do 2030. godine, Odluka o donošenju Programa energetske obnove višestambenih zgrada za razdoblje do 2030. godine, i drugi.

Među najvažnijim mjerama koje se trenutno provode su:

- Energetska obnova zgrada – sufinanciranje mjera poboljšanja energetske učinkovitosti u javnim i privatnim zgradama.

- Uvođenje zgrada gotovo nulte energije (nZEB) – obveza za sve nove zgrade nakon 2020. godine.
- Primjena pametnih brojila – omogućavanje bolje kontrole i optimizacije potrošnje energije.
- Obveza provedbe energetske pregleda – obvezni pregledi za velike potrošače energije i javne zgrade.
- Povećanje upotrebe obnovljivih izvora energije u zgradama – financijski poticaji za solarnu energiju, dizalice topline i druge tehnologije.

U skladu s EU smjernicama, buduće mjere uključuju:

- Daljnju dekarbonizaciju zgrada – povećanje korištenja obnovljivih izvora energije, uključujući integraciju solarnih panela i sustava za pohranu energije.
- Povećanje energetske obnove – cilj je postići dublju i sveobuhvatniju obnovu zgrada, uz poboljšanje izolacije i sustava grijanja/hlađenja.
- Razvoj infrastrukture za e-mobilnost – obveza osiguravanja punionica za električna vozila kod novih i obnovljenih zgrada.
- Digitalizacija i automatizacija zgrada – korištenje pametnih tehnologija za upravljanje energijom u realnom vremenu.

Do lipnja 2024. godine, kroz natječaje Ministarstva graditeljstva te Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost, obnovljeno je oko 16.000 kućanstava u višestambenim zgradama. Ovo uključuje energetske obnove, zamjenu dotrajale infrastrukture i modernizaciju sustava grijanja.

3. Opis korištenog modela

3.1. Što je LEAP?

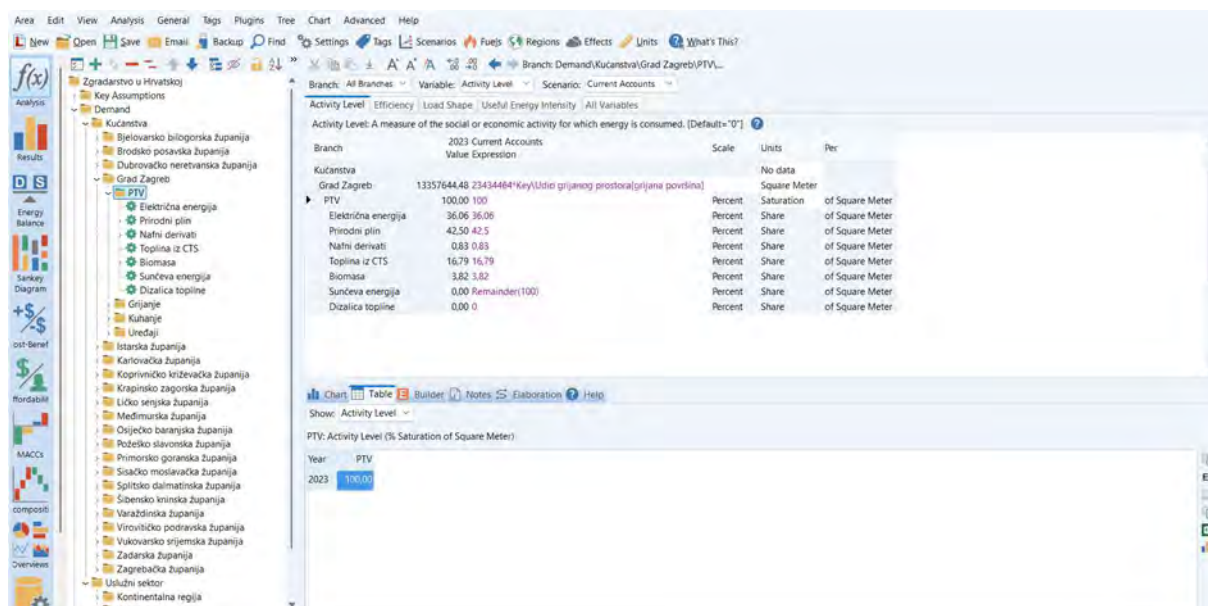
Low Emissions Analysis Platform (LEAP) je softverski alat za modeliranje energetske sustava i analizu klimatskih politika. Razvio ga je Stockholm Environment Institute (SEI) kako bi omogućio analizu potrošnje i proizvodnje energije, emisija stakleničkih plinova te procjenu učinaka različitih energetske politika.

Prije rada u alatu potrebno je detaljno istražiti i prikupiti sve relevantne podatke koji će biti prikazani. Zatim je nužno te podatke grupirati, kategorizirati i provesti odgovarajuće izračune prije njihovog unosa u program. LEAP omogućuje pregled i analizu unesenih podataka te pojednostavljuje njihovu vizualizaciju.

Nakon unosa podataka, alat omogućuje intuitivno kretanje kroz model te jednostavne izmjene pojedinih ili svih parametara za buduće scenarije. Obrada podataka provodi se u dijelu "Analiza", nakon čega slijedi pregled gotovih tablica i grafikona u dijelu "Pregled".

Analiza u LEAP-u obuhvaća detaljan prikaz energetske potrošnje po sektorima (kućanstva, uslužne djelatnosti, industrija, transport), proizvodnju energije i pripadajuće emisije. Model omogućuje kombinaciju odozdo nagore i odozgo nadolje pristupa, čime se dobiva fleksibilnost u analizi različitih razina podataka.

U ovom radu problem zgradarstva rješavan je metodom odozdo nagore, koja preciznije prikazuje stvarnu raspodjelu energenata u svim sustavima, kao i njihovu potrošnju i emisije. Također, analiza se fokusira na sektore kućanstava i uslužnih djelatnosti, koji su podijeljeni prema županijskoj, odnosno regionalnoj podjeli.



Slika 4. Pogled „Analiza“ u LEAP-u

Rezultati modeliranja uključuju ključne energetske pokazatelje, poput ukupne potrošnje energije, potrošnje pojedinih energenata, emisija stakleničkih plinova i ekonomskih troškova implementacije politika. Prikazuju se u obliku tablica i grafikona, što omogućuje detaljnu usporedbu scenarija i njihovu interpretaciju.

Na temelju dobivenih rezultata donositelji odluka mogu procijeniti učinke različitih strategija i odabrati optimalne smjerove razvoja energetskeg sustava.

LEAP omogućuje izradu scenarija koji predviđaju energetske potrebe i emisije u budućnosti, obično u rasponu od 20 do 50 godina. Modeliranje se temelji na ulaznim podacima o demografiji, gospodarstvu, tehnologijama i politikama. Svi navedeni scenariji bit će detaljno opisani kasnije u radu jer je svaki od njih detaljno obrađen.



Slika 5. Pregled rezultata u LEAP-u

4. Model sektora zgradarstva u programu LEAP

U ovoj radnji je napravljen detaljan model sektora zgradarstva na NUTS3 razini u opisanom programu LEAP. Sektor zgradarstva se sastoji od sektora kućanstva i uslužnog sektora odnosno od nestambenih i stambenih objekata.

Prilikom modeliranja definirano je sljedeće:

- Bazna godina: 2023.
- Metoda za potrebe modeliranja energetske potreba: Odozdo na gore
- Programski alat za modeliranje: LEAP

Bazna godina

Kako je Ministarstvo nadležno za energetiku u Hrvatskoj već dulji niz godina izdaje godišnji energetski pregled pod nazivom Energija u Hrvatskoj [9] te ovaj dokument predstavlja najdetaljniji pregled energetske potrošnje u Hrvatskoj tako su se podaci iz izvještaja Energija u Hrvatskoj 2023 koristili za provjeru točnosti podataka iz razvijenog modela, s obzirom da je u vrijeme izrade ovog rada 2023. godina bila zadnja godina za koju se dokument mogao preuzeti.

Metoda za potrebe modeliranja energetske potreba

Metoda odozdo prema gore (bottom-up) u modeliranju energetske potreba temelji se na detaljnoj analizi pojedinačnih potrošača energije (npr. zgrada), čiji se podaci agregiraju kako bi se dobila ukupna energetska potrošnja na višim razinama (grad, županija, regija, država). Ova metoda koristi tehničke karakteristike sustava, obrasce korištenja i učinkovitost tehnologija kako bi precizno procijenila stvarne energetske potrebe i omogućila analizu utjecaja različitih mjera energetske učinkovitosti.

Programski alat za modeliranje

U LEAP modelu su sektori kućanstva podijeljeni na više podsektora koji su analizirani na županijskoj razini, dok je uslužni sektor podijeljen na više podsektora koji su analizirani na dvije regije, primorsku i kontinentalnu. Detaljniji opis LEAP modela nalazi se u poglavlju 3.1.

4.1. Modeliranje bazne godine

4.1.1. Analiza sektora kućanstva (stambenih zgrada)

Kućanstva su modelirana na razini županija, pri čemu su uzeta u obzir različita klimatska i demografska obilježja svake županije.

Za provođenje analize bilo je potrebno prikupiti veliku količinu podataka, pri čemu se kao osnovna mjerna jedinica koristila površina. Drugim riječima, potrošnja svake pojedine aktivnosti izražavala se u odnosu na kvadratni metar grijane površine kućanstva. Glavna kategorizacija unutar sektora kućanstava obuhvaća:

- Grijanje
- Zagrijavanje potrošne tople vode (PTV)
- Kuhanje
- Hlađenje
- Netoplinška potrošnja

U tablici u nastavku prikazana je ukupna površina korisne površine grijanog dijela stambenih zgrada za 2023. godinu. Budući da za 2023. godinu nisu dostupni relevantni podaci, vrijednosti su dobivene interpolacijom na temelju podataka iz izvora [10], koji prikazuju ukupnu površinu korisne površine grijanog dijela stambenih zgrada za 2019. godinu, te podataka o ukupnoj grijanoj površini iz izvora [9]. Na temelju tih podataka napravljena je procjena za 2023. godinu i predviđena raspodjela po županijama, a upravo su ti podaci korišteni u daljnjim izračunima.

Tablica 2. Ukupna ploština korisne površine grijanog dijela stambenih zgrada u 2019. godinu i predviđena raspodjela po županijama za 2023. godinu

Naziv županije	Ukupna ploština korisne površine grijanog dijela stambenih zgrada u 2019. godini [10] (m ²)	Predviđena ukupna ploština korisne površine grijanog dijela stambenih zgrada u 2023. godini (m ²)
Zagrebačka	9.261.485	9.618.629
Krapinsko-zagorska	3.684.450	3.826.531
Sisačko-moslavačka	5.229.179	5.430.828
Karlovačka	3.686.192	3.828.340
Varaždinska	4.968.459	5.160.054
Koprivničko-križevačka	3.571.894	3.709.634
Bjelovarsko-bilogorska	3.624.571	3.764.343
Primorsko-goranska	9.585.069	9.954.691
Ličko-senjska	1.634.119	1.697.134
Virovitičko-podravska	2.560.529	2.659.269
Požeško-slavonska	2.320.386	2.409.865
Brodsko-posavska	4.588.728	4.765.680
Zadarska	6.026.552	6.258.949
Osječko-baranjska	9.466.070	9.831.103
Šibensko-kninska	3.437.045	3.569.585
Vukovarsko-srijemska	5.242.420	5.444.580
Splitsko-dalmatinska	12.466.133	12.946.855
Istarska	7.664.291	7.959.843
Dubrovačko-neretvanska	3.702.961	3.845.756
Međimurska	3.646.019	3.786.618
Grad Zagreb	22.564.407	23.434.541
UKUPNO	128.930.959	133.902.827[9]

Izvor: [10][9]

U sljedeće dvije tablice u nastavku prikazani su poznati podaci za 2023. godinu.

Tablica 3. Ukupna energija za sektor kućanstva u 2023. godini po energentima

Energent	Potrošnja (TJ)
Kruta fosilna goriva	45,5
Nafta i derivati	3.746,2
Prirodni plin	20.083,6
Obnovljivi izvori ¹	41.816,7
Toplinska energija	4.328,5
Električna energija	23.116,0
Ukupno	93.136,5

Izvor: [9]

Prema [12] u 2022. godini grijanje prostora činilo je oko 67,5% neposredne potrošnje energije sektora kućanstva, specifična električna energija 13,85%, grijanje vode 10,19%, kuhanje oko 6,43%, a hlađenje prostora 2,02%. Budući da nema dostupnih podataka o udjelima pojedinih kategorija potrošnje u ukupnoj potrošnji za 2023. godinu pri izračunu za 2023. godinu uzeti su u obzir isti udjeli iz 2022. godine. U tablici u nastavku je prikazana podjela energije prema navedenim sektorima potrošnje uzimajući u obzir gore navedene udjele.

Tablica 4. Pretpostavljena raspodjela energije u 2023. godini po sektorima potrošnje

Energija	Potrošnja (TJ)
Grijanje	62.867,1
Potrošna topla voda	9.490,6
Kuhanje	5.988,7
Hlađenje	1.886,0
Ostala neenergetska potrošnja	12.904,1
Ukupno	93.136,5

Izvor: [9], [12], autor

Pri određivanju specifične potrošnje korisne energije za grijanje, pripremu potrošne tople vode, hlađenje, te pri određivanju finalne energije za kuhanje i netoplinske potrošnje u kućanstva uzeti su podaci iz izvora [11]. Nakon izračunatih potreba za finalnom energijom za grijanje, PTV, kuhanje, hlađenje i ostale netoplinske energije u kućanstvima primijećeno je da

¹ U [9] pod obnovljive izvore je uključena: vodene snage, energija vjetra, sunčeva energija, geotermalna energija, primarna biomasa, drveni ugljen, bioplinovi, tekuća biogoriva, okolišna toplina. Od čega primarna biomasa sudjeluje sa 96,4%.

primjenom udjela pojedinih energenata za grijanje prostora i specifične potrošnje korisne energije za grijanje preuzete po županijama iz [11] ukupni iznosi ne odgovaraju ukupnim iznosima energije koji su navedeni u prethodnoj tablici. Tako, za dobivanje podataka o potrošnji energije koja je navedena u prethodnoj tablici bilo je potrebno matematičkom metodom kalibrirati preuzete specifične potrošnje iz [11].

Da bi se moglo pristupiti budućim projekcijama bilo je nužno u LEAP upisati sve specifične podatke o baznoj 2023. godini i nakon upisa podataka rezultati su trebali odgovarati stvarno preuzetim podacima. Za sve kategorije potrošnje u LEAP modelu kućanstva su podijeljena na postojeća kućanstva, obnovljena kućanstva i nova kućanstva.

4.1.1.1. Grijanje

Kod izračuna korisne energije za grijanje pretpostavljeno je da se grije 57% korisne površine grijanog dijela zgrada. Iz [11] je preuzet podatak da se grije 55% korisne površine grijanog dijela zgrada (podatak iz 2018. godine), no [16]² navodi da je za 2050. godinu predviđeno da će taj udio porasti na 75%. Na temelju toga je dobivena vrijednost od oko 57%. Kako je navedeno ranije, podaci o udjelima pojedinih energenata za grijanje prostora kao i specifična potrošnja korisne energije za grijanje po županijama preuzeti iz [11] su modificirani kako bi se poklapali vrijednostima iz [9]. Tablica 5 prikazuje izračunate udjele pojedinih energenata za grijanje prostora te specifičnu potrošnju korisne energije za grijanje po županijama. Ti su podaci uneseni u LEAP, koji je zatim izračunao ukupnu potrošnju energije po energentima za grijanje. Dobivene vrijednosti usklađene su s podacima iz [9].

Korisna energija je za grijanje za svaku županiju izračunata kao umnožak specifične potrošnje korisne energije za grijanje i grijane površine grijanog dijela zgrada. Navedeno prikazuje jednačba (1).

$$Q_H = Q_{H,A} \cdot A_h \quad [kWh] \quad (1)$$

Gdje je:

Q_H – korisna energija potrebna za grijanje (kWh)

$Q_{H,A}$ - specifična potrošnja korisne energije za grijanje (kWh/m²)

A_h – grijana površina (m²)

² Iako nije eksplicitno navedeno očekivanje da će se 2050. godine grijati 75% korisne površine grijanog dijela zgrada, u razgovoru s jednim od autora [16] potvrđeno je da je taj postotak uzet u obzir.

Tablica 5. Udjeli pojedinih energenata za grijanje prostora i specifična potrošnja korisne energije za grijanje po županijama

Županija	Ugljen	Naftni derivati	Prirodni plin	Biomasa	Toplina	El. energija	Specifična potrošnja korisne energije za grijanje kWh/m ²
Zagrebačka	0,25%	4,09%	39,09%	47,71%	6,56%	2,30%	210
Krapinsko-zagorska	0,00%	3,50%	19,54%	74,65%	0,00%	2,30%	210
Sisačko-moslavačka	0,00%	4,09%	30,84%	60,58%	1,97%	2,53%	210
Karlovačka	0,00%	2,92%	22,80%	67,39%	4,60%	2,30%	210
Varaždinska	0,00%	4,67%	24,43%	64,17%	3,28%	3,45%	210
Koprivničko-križevačka	0,00%	4,67%	25,51%	66,37%	0,00%	3,45%	210
Bjelovarsko-bilogorska	0,00%	4,67%	29,86%	62,02%	0,00%	3,45%	210
Primorsko-goranska	0,00%	2,92%	24,43%	60,34%	6,56%	5,75%	153
Ličko-senjska	0,00%	3,50%	18,46%	71,14%	0,00%	6,89%	153
Virovitičko-podravska	0,00%	4,67%	24,97%	64,94%	1,97%	3,45%	210
Požeško-slavonska	0,00%	4,67%	24,97%	64,94%	1,97%	3,45%	210
Brodsko-posavska	0,25%	4,09%	30,40%	60,99%	1,97%	2,30%	210
Zadarska	0,00%	4,09%	15,63%	72,00%	0,00%	8,27%	97
Osječko-baranjska	0,25%	3,50%	26,06%	55,42%	12,47%	2,30%	208
Šibensko-kninska	0,00%	4,09%	21,17%	66,70%	0,00%	8,04%	97
Vukovarsko-srijemska	0,25%	4,67%	23,34%	65,01%	3,28%	3,45%	210
Splitsko-dalmatinska	0,00%	3,50%	31,49%	58,12%	0,00%	6,89%	97
Istarska	0,00%	3,50%	25,41%	63,97%	0,00%	7,12%	97
Dubrovačko-neretvanska	0,00%	4,79%	0,00%	85,56%	0,00%	9,65%	97
Međimurska	0,00%	4,67%	27,69%	64,19%	0,00%	3,45%	210
Grad Zagreb	0,00%	2,34%	27,14%	44,43%	24,95%	1,15%	204

Kako se radi o potrošnji korisne energije pri izračunu finalne energije bilo je potrebno uzeti u obzir učinkovitost sustava za grijanje.

Finalna energija za grijanje za svaku županiju je izračunata dijeljenjem korisne energije potrebne za grijanje sa koeficijentom učinkovitosti sustava za grijanje. Navedeno prikazuje jednažba (2).

$$Q_{F,H} = \frac{Q_H}{\eta_h} \quad [kWh] \quad (2)$$

Gdje je:

$Q_{F,H}$ – finalna energija potrebna za grijanje (kWh)

Q_H - korisna energija potrebna za grijanje (kWh)

η_h – koeficijent učinkovitosti sustava za grijanje

U tablici [Tablica 6] prikazani su koeficijenti učinkovitosti sustava za grijanje.

Tablica 6. Učinkovitosti sustava za grijanje prema vrsti energenta

Energent	Učinkovitost sustava za grijanje
Električna energija	100%
Prirodni plin	85%
Ugljen	70%
Naftni derivati	80%
Toplina iz CTS-a	95%
Dizalica topline	350% (COP = 3,5)

Izvor: [11]

Dizalica topline je uređaj koji može osigurati grijanje, hlađenje i potrošnu toplu vodu za stambene, poslovne i industrijske potrebe. Dizalice topline uzimaju energiju iz zraka, zemlje i vode te je pretvaraju u topli ili hladan zrak. Proces funkcionira zahvaljujući takozvanom rashladnom krugu. U rashladnom krugu, toplina iz izvora energije – kao što je zrak ili voda – prenosi se pomoću radne tvari do objekta. Radna tvar cirkulira kroz kondenzator i isparava u plin, koji se zauzvrat „komprimira” kako bi dodatno podigao temperaturu pomoću električne energije. To će zagrijati vodeni krug u dizalici topline. Vodeni krug teći će kroz vodovodne cijevi u kući, kako bi zagrijao npr. radijatore, te osigurati potrošnu toplu vodu u kupaonici i kuhinji. Za uvođenje hladnijeg zraka, ciklus je obrnut, a dizalica topline uzima toplinu iz unutarnjeg prostora i prenosi je van.

Pojmovi COP (koeficijent učinkovitosti) i EER (koeficijent energetske učinkovitosti) pokazatelj su učinkovitost grijanja i hlađenja klimatizacijskih uređaja. Oni označavaju omjer grijanja ili hlađenja koje isporučuje jedinica u odnosu na količinu električne energije potrebne za stvaranje te energije grijanja/hlađenja. Dakle, ako klimatizacijski uređaj stvara 3,5 kW topline iz 1 kW ulazne električne energije, njegov COP iznosi 3,5. Slično tome, ako klimatizacijski uređaj stvara 3 kW hladnog zraka iz 1 kW ulazne električne energije, njegov EER iznosi 3,0. Što je veći COP ili EER, to je oprema energetski učinkovitija. [13]

4.1.1.2. Zagrijavanje potrošne tople vode

Uzimajući u obzir ranije opisanu proceduru, izračunata specifična potrošnja korisne energije za zagrijavanje PTV-a iznosi 31,26 kWh/m² odnosno 683 kWh/stanovniku. Kao i u slučaju grijanja, pri izračunu finalne energije zagrijavanje PTV-a na temelju korisne energije potrebno je uzeti u obzir učinkovitost sustava za zagrijavanje PTV-a. Također, pretpostavljeno je da sva kućanstva koriste potrošnu toplu vodu, kao što je bilo predviđeno i u [11]. Tablica 7 prikazuje koeficijente učinkovitosti sustava za zagrijavanje PTV-a.

Korisna energija potrebna za zagrijavanje PTV-a za svaku županiju izračunata je prema jednadžbi (3).

$$Q_W = Q_{W,A} \cdot A_h \quad [kWh] \quad (3)$$

Gdje je:

Q_W – korisna energija potrebna za zagrijavanje PTV-a (kWh)

$Q_{W,A}$ - specifična potrošnja korisne energije za zagrijavanje PTV-a (kWh/m²)

A_h – grijana površina (m²)

Finalna energija potrebna za zagrijavanje PTV-a za svaku županiju izračunata je prema jednadžbi (4).

$$Q_{F,W} = \frac{Q_W}{\eta_w} \quad [kWh] \quad (4)$$

Gdje je:

$Q_{F,W}$ – finalna energija potrebna za zagrijavanje PTV-a (kWh)

Q_W - korisna energija potrebna za zagrijavanje PTV-a (kWh)

η_w – koeficijent učinkovitosti sustava za zagrijavanje PTV-a

Tablica 7. Učinkovitosti sustava za zagrijavanje PTV-a prema vrsti energenta

Energent	Učinkovitost sustava za zagrijavanje PTV-a
Električna energija	100%
Prirodni plin	85%
Biomasa	70%
Sunčeva energija	55%
Naftni derivati	80%
Toplina iz CTS-a	95%
Dizalica topline	350%

Izvor: [11]

Podaci o udjelima pojedinih energenata za zagrijavanje PTV-a kao i specifična potrošnja korisne energije za zagrijavanje PTV-a po županijama preuzeti iz [11] su modificirani kako bi se poklapali vrijednostima iz [9]. Tablica 8 prikazuje izračunate udjele pojedinih energenata za zagrijavanje PTV-a po županijama. Svi podaci su uneseni u LEAP, i oni su osnova za izračunavanje potrošnje energije za zagrijavanje PTV-a po energentima. Dobivene vrijednosti usklađene su s podacima iz [9].

Tablica 8. Udjeli pojedinih energenata za zagrijavanje PTV-a po županijama

Županija	Ugljen	Naftni derivati	Prirodni plin	Biomasa	Toplina	El. energija
Zagrebačka	0,00%	1,66%	56,10%	5,72%	8,40%	28,12%
Krapinsko-zagorska	0,00%	2,08%	28,90%	12,40%	0,00%	56,62%
Sisačko-moslavačka	0,00%	2,49%	42,50%	9,75%	0,00%	45,26%
Karlovačka	0,00%	1,99%	35,70%	11,74%	0,00%	50,56%
Varaždinska	0,00%	2,08%	52,70%	9,01%	0,00%	36,22%
Koprivničko-križevačka	0,00%	2,49%	35,70%	10,39%	0,00%	51,42%
Bjelovarsko-bilogorska	0,00%	2,49%	35,70%	10,39%	0,00%	51,42%
Primorsko-goranska	0,00%	1,66%	23,80%	10,18%	0,00%	64,36%
Ličko-senjska	0,00%	1,66%	23,80%	10,18%	0,00%	64,36%
Virovitičko-podravska	0,00%	2,82%	44,20%	9,62%	0,00%	43,35%
Požeško-slavonska	0,00%	2,49%	42,50%	9,75%	0,00%	45,26%
Brodsko-posavska	0,00%	2,49%	35,70%	10,39%	0,00%	51,42%

Županija	Ugljen	Naftni derivati	Prirodni plin	Biomasa	Toplina	El. energija
Zadarska	0,00%	2,08%	18,70%	9,43%	0,00%	69,79%
Osječko-baranjska	0,00%	2,82%	44,20%	9,62%	0,00%	43,35%
Šibensko-kninska	0,00%	2,08%	18,70%	9,43%	0,00%	69,79%
Vukovarsko-srijemska	0,00%	2,82%	44,20%	9,62%	0,00%	43,35%
Splitsko-dalmatinska	0,00%	2,08%	18,70%	9,43%	0,00%	69,79%
Istarska	0,00%	1,66%	25,50%	9,12%	0,00%	63,72%
Dubrovačko-neretvanska	0,00%	2,49%	0,00%	10,60%	0,00%	86,91%
Međimurska	0,00%	2,49%	42,50%	9,75%	0,00%	45,26%
Grad Zagreb	0,00%	0,83%	42,50%	3,82%	16,79%	36,06%

4.1.1.3. Kuhanje

Izračunata specifična potrošnja finalne energije za kuhanje, na temelju podataka iz [11], iznosi 21,80 kWh/m² odnosno 431 kWh/stanovniku. U modelu LEAP kao i u [11] pretpostavljeno je da sva kućanstva imaju uređaje za kuhanje. Podaci o udjelima pojedinih energenata u potrošnji energije za kuhanje preuzeti su sa [12] i nalaze se u tablici u nastavku. Kako Dubrovačko-neretvanska županija nema prirodni plin, pretpostavljeni udio prirodnog plina od 25,23% preraspodijeljen je na naftne derivate, biomasu i električnu energiju.

Tablica 9. Udjeli pojedinih energenata za kuhanje za sve županije

Županije	Ugljen	Naftni derivati	Prirodni plin	Biomasa	Električna energija
Sve osim Dubrovačko-neretvanske	0,00%	22,35%	25,23%	13,98%	38,45%
Dubrovačko-neretvanska	0,00%	32,59%	0,00%	17,97%	49,44%

Izvor [12]

4.1.1.4. Hlađenje

Izračun je pokazao da je specifična potrošnja korisne energije za hlađenje 34,32 kWh/m² hlađenog prostora. Hlađeni prostor je određen tako da je pretpostavljeno da se hladi 34%³ korisne površine grijanog dijela zgrade.

Pri izračunu finalne energije za hlađenje, na temelju korisne energije, uzeta je u obzir učinkovitost sustava klima uređaja.

Koeficijent energetske učinkovitosti (EER) = 3

Korisna energija potrebna za hlađenje za svaku županiju izračunata je prema jednadžbi (5).

$$Q_C = Q_{C,A} \cdot A_c \quad [kWh] \quad (5)$$

Gdje je:

Q_C – korisna energija potrebna za hlađenje (kWh)

$Q_{C,A}$ - specifična potrošnja korisne energije za hlađenje (kWh/m²)

A_c – hlađena površina (m²)

Finalna energija potrebna za zagrijavanje PTV-a za svaku županiju izračunata je prema jednadžbi (6).

$$Q_{F,C} = \frac{Q_C}{\eta_c} \quad [kWh] \quad (6)$$

Gdje je:

$Q_{F,C}$ – finalna energija potrebna za hlađenje (kWh)

Q_C - korisna energija potrebna za hlađenje (kWh)

η_c – koeficijent učinkovitosti sustava za hlađenje

4.1.1.5. Ostala netoplinaska energija

U ovom radu pojam "netoplinaska energija" odnosi se na energiju koja se u kućanstvima koristi za uređaje pogonjene električnom energijom, uključujući rasvjetu, male uređaje i velike uređaje.

³ 57% korisne površine grijanog dijela zgrade koji se grije od toga je pretpostavljeno da se 60% površine hladi.

Po istom principu kao i za prethodno navedene kategorije, izračunata je specifična potrošnja električne energije za ovu kategoriju. Ona je jednaka za sve županije i iznosi:

- Rasvjeta: 3,46 kWh/m²
- Mali uređaji: 13,27 kWh/m²
- Veliki uređaji: 30,24 kWh/m²

4.1.2. Analiza sektora usluga (nestambene zgrade)

Sektor usluga modeliran je na način sličan sektoru kućanstava, budući da se energija u oba sektora troši za iste potrebe, poput grijanja, zagrijavanja potrošne tople vode, kuhanja, hlađenja, rasvjete i rada električnih uređaja. Osim toga, na oba sektora primjenjuju se mjere energetske učinkovitosti vezane uz zgradarstvo, što dodatno opravdava sličan pristup modeliranju.

Zbog tih sličnosti, većina koraka korištenih u modeliranju kućanstava primijenjeni su i u modeliranju uslužnog sektora.

Za razliku od kućanstva sektor usluga je za baznu godinu napravljen na razini županija dok je u projekcijama za budućnost podijeljen na dvije regije: kontinentalna i primorska regija.

U tablici u nastavku prikazana je ukupna površina korisne površine grijanog dijela nestambenih zgrada za 2023. godinu. Budući da za 2023. godinu nisu dostupni relevantni podaci, vrijednosti su dobivene interpolacijom na temelju podataka iz izvora [3], koji prikazuju ukupnu površinu korisne površine grijanog dijela nestambenih zgrada za 2019. godinu, te podataka o ukupnoj grijanoj površini iz izvora [5]. Na temelju tih podataka napravljena je procjena za 2023. godinu i predviđena raspodjela prvo po županijama, a zatim grupirana po regijama.

Tablica 10. Ukupna ploština korisne površine grijanog dijela nestambenih zgrada u 2019. godinu i predviđena raspodjela po županijama i regijama za 2023. godinu

Naziv županije	Ukupna ploština korisne površine grijanog dijela nestambenih zgrada u 2019. godini [10] (m ²)	Predviđena ukupna ploština korisne površine grijanog dijela nestambenih zgrada u 2023. godini (m ²)
Zagrebačka	2.424.273	2.594.454
Krapinsko-zagorska	952.821	1.019.708
Sisačko-moslavačka	858.898	919.192
Karlovačka	973.555	1.041.898
Varaždinska	1.720.080	1.840.828
Koprivničko-križevačka	936.997	1.002.773
Bjelovarsko-bilogorska	628.762	672.900
Primorsko-goranska	3.145.783	3.366.614
Ličko-senjska	384.301	411.279
Virovitičko-podravska	442.965	474.061
Požeško-slavonska	651.126	696.834
Brodsko-posavska	999.844	1.070.032
Zadarska	1.269.243	1.358.343
Osječko-baranjska	2.244.601	2.402.170
Šibensko-kninska	828.055	886.184
Vukovarsko-srijemska	764.623	818.299
Splitsko-dalmatinska	4.642.825	4.968.746
Istarska	3.107.615	3.325.766
Dubrovačko-neretvanska	1.195.171	1.279.071
Međimurska	915.258	979.508
Grad Zagreb	8.724.268	9.336.702
UKUPNO	37.811.064	40.465.361 [9]
Kontinentalna regija	23.238.071	24.869.359
Primorska regija	14.572.993	15.596.003

Izvor: [10][9]

U tablici u nastavku [Tablica 11] su prikazani poznati podaci za 2023. godinu.

Tablica 11. Ukupna energija za sektor usluga u 2023. godini po energentima

Energent	Potrošnja (TJ)
Kruta fosilna goriva	0,0
Nafta i derivati	1.305,0
Prirodni plin	7.174,3
Obnovljivi izvori ⁴	887,6
Toplinska energija	2.362,0
Električna energija	20.967,8
Ukupno	32.696,7

Izvor: [9]

Pri određivanju specifične potrošnje korisne energije za grijanje, pripremu PTV-a, hlađenje, te pri određivanju finalne energije za kuhanje i netoplinske potrošnje u sektoru usluga uzeti su podaci kao za sektor kućanstva uz male modifikacije kako bi se dobili podaci iz prethodne tablice.

Da bi se moglo pristupiti budućim projekcijama bilo je nužno u LEAP upisati sve specifične podatke o baznoj 2023. godini i nakon upisa podataka rezultati su trebali odgovarati stvarno preuzetim podacima.

Za sve kategorije potrošnje u LEAP modelu usluge su podijeljena na postojeće usluge, obnovljene usluge i nove usluge.

4.1.2.1. Grijanje

Kod izračuna specifične potrošnje korisne energije za grijanje pretpostavljeno je da se grije 62,13% korisne površine grijanog dijela zgrada. Taj postotak je preuzet iz [11]. Kako je gore navedeno, podaci o udjelima pojedinih energenata za grijanje prostora kao i specifična potrošnja korisne energije za grijanje po županijama bazirana je na kućanstvima uz male modifikacije, kasnije su vrijednosti grupirane po regijama. Tablica 5 prikazuje izračunate udjele pojedinih energenata za grijanje prostora te specifičnu potrošnju korisne energije za grijanje po regijama. Ti su podaci uneseni u LEAP, koji je zatim izračunao ukupnu potrošnju energije po energentima za grijanje. Dobivene vrijednosti usklađene su s podacima iz [9].

⁴ U [9] pod obnovljive izvore spada: vodene snage, energija vjetra, sunčeva energija, geotermalna energija, primarna biomasa, drveni ugljen, bioplinovi, tekuća biogoriva, okolišna toplina. Od čega primarna biomasa sudjeluje sa 58%.

Tablica 12. Udjeli pojedinih energenata za grijanje prostora u sektoru usluga i specifična potrošnja korisne energije za grijanje usluga po regijama

Županija	Naftni derivati	Prirodni plin	Biomasa	Toplina iz CTS-a	El. energija	Dizalica topline	Specifična potrošnja korisne energije za grijanje kWh/m ²
Kontinentalna regija	5,39%	35,62%	3,46%	15,17%	34,10%	6,26%	260
Primorska regija	5,43%	30,60%	4,04%	2,50%	49,46%	7,97%	139

Korisna energija za grijanje za svaku regiju je izračunata prema jednadžbi (1).

Za izračun finalne energije korišteni su isti koeficijenti učinkovitosti sustava za grijanje kao kod kućanstva. Finalna energija je svaku regiju izračunata prema jednadžbi (2).

4.1.2.2. Zagrijavanje potrošne tople vode (PTV)

Specifična potrošnja korisne energije za zagrijavanje PTV-a za sektor usluga iznosi 32,97 kWh/m², dok su udjeli pojedinih energenata za zagrijavanje PTV-a malo modificirani odnosno uzeti su isti faktori korekcije kao kod grijanja.

Tablica 13 prikazuje izračunate udjele pojedinih energenata za zagrijavanje prostora u sektoru usluga.

Tablica 13. Udjeli pojedinih energenata za zagrijavanje PTV-a po regijama

Županija	Naftni derivati	Prirodni plin	Biomasa	Toplina iz CTS-a	El. energija	Dizalica topline
Kontinentalna regija	2,74%	55,78%	0,46%	9,14%	26,99%	4,86%
Primorska regija	2,99%	25,55%	0,61%	0,00%	62,95%	7,90%

Korisna energija za zagrijavanje PTV-a za svaku regiju je izračunata prema jednadžbi (1).

Za izračun finalne energije korišteni su isti koeficijenti učinkovitosti sustava za zagrijavanje PTV-a kao kod kućanstva. Finalna energija je svaku regiju izračunata prema jednadžbi (4).

4.1.2.3. Kuhanje

Specifična potrošnja finalne energije za kuhanje u sektoru usluga je ista kao i kod kućanstva, i iznosi 21,80 kWh/m² dok su udjeli pojedinih energenata za kuhanje malo modificirani odnosno uzeti su isti faktori korekcije kao kod kućanstva.

Tablica 14 prikazuje izračunate udjele pojedinih energenata za zagrijavanje prostora u sektoru usluga.

Tablica 14. Udjeli pojedinih energenata za kuhanje u sektoru usluga po regijama

Županije	Naftni derivati	Prirodni plin	Biomasa	Električna energija
Kontinentalna regija	21,69%	23,66%	0,76%	53,88%
Primorska regija	22,51%	21,72%	0,78%	54,99%

4.1.2.4. Hlađenje

Specifična potrošnja korisne energije za hlađenje u sektoru usluga je ista kao u sektoru kućanstva i iznosi 34,32 kWh/m² hlađenog prostora.

Pri izračunu finalne energije za hlađenje, na temelju korisne energije, uzeta je u obzir učinkovitost sustava za hlađenje.

Koeficijent energetske učinkovitosti (EER) = 3,0

Korisna energija potrebna za hlađenje za svaku regiju izračunata je prema jednadžbi (5).

4.1.2.5. Ostala netoplinaska energija

Pojam "netoplinaska energije" odnosi se na energiju kao i u sektoru kućanstva.

Izračunata specifična potrošnja električne energije za ovu kategoriju je jednaka za obje regije i iznosi:

- Rasvjeta: 5,31 kWh/m²
- Mali uređaji: 20,37 kWh/m²
- Veliki uređaji: 46,43 kWh/m²

5. Modeliranje scenarija

U radnji se pristupilo izradi 3 različita scenarija za sektor zgradarstva za razdoblje do 2050. godine. Posebno je modeliran i analiziran sektor kućanstava, a posebno sektor usluga.

U nastavku bit će predstavljena tri različita scenarija kretanja potrošnje energenata za promatrane sektore. Kako bi se modeli mogli precizno opisati, uzeta je početna pretpostavka koja je zajednička za sva tri scenarija – kontinuirani rast korisne površine grijanog dijela stambenih zgrada i posebno nestambenih zgrada. Ove vrijednosti su izračunate pomoću matematičke formule za rast korisne površine, koja glasi:

$$SR = \left(\frac{\text{konačna vrijednost}}{\text{početna vrijednost}} \right)^{\frac{1}{\text{broj godina}}} - 1 \quad (7)$$

Gdje je:

SR - stopa rasta korisne površine grijanog dijela zgrada, %

Interpolacijom podataka iz 2019. godine dobivene su vrijednosti za 2023. godinu, koja se uzima kao početna referentna vrijednost. Kao konačna vrijednost preuzeti su podaci za 2050. godinu iz izvora [15]. S obzirom na to da je početna godina analize 2023., a završna 2050., vremenski raspon obuhvaća 27 godina.

Nakon unosa svih relevantnih podataka, izračunate su stope rasta korisne površine grijanog dijela zgrada:

- Stambene zgrade: 0,61% godišnje;
- Nestambene zgrade: 0,74% godišnje.

Ove vrijednosti primijenjene su jednako na sve županije za sektor kućanstva te na obje regije za sektor usluga, a obuhvaćene su u sva tri analizirana scenarija.

Kao što je ranije spomenuto, grijanje se, kako u sektoru kućanstva, tako i u sektoru usluga, dijeli na tri kategorije: postojeće zgrade, obnovljene zgrade i nove zgrade. Svaka od ovih kategorija ima specifičan udio potrošnje energenata te različitu specifičnu potrošnju korisne energije za grijanje.

Za postojeće zgrade, relevantni podaci navedeni su u ranije opisanoj tablici [Tablica 5]. Podaci za obnovljene i nove zgrade preuzeti su iz [13], pri čemu se njihove vrijednosti razlikuju ovisno o regiji zbog geografskog položaja i klimatskih uvjeta. Budući da su navedene vrijednosti u [13] maksimalne, za potrebe ovog rada pretpostavljena je maksimalna vrijednost za obavljene

zgrade, dok je za nove zgrade, prema slobodnoj procjeni, uzeta nešto smanjena vrijednost. Navedene vrijednosti po regijama, posebno za sektor kućanstva i posebno za sektor usluga se nalaze u nastavku [Tablica 15].

Tablica 15. Specifične godišnje toplinske potrebe za grijanje uzete u ovom radu

Tip zgrada	Sektor	Kontinentalna regija	Primorska regija
		kWh/m ²	
Obnovljene zgrade	Kućanstva	75	50
	Usluge	60	43
Nove zgrade	Kućanstva	60	45
	Usluge	50	40

Ove vrijednosti predstavljaju ključne parametre u analizi potrošnje energije u sektoru kućanstava.

5.1. Opis scenarija

5.1.1. Scenarij 1: Zaustavljanje energetske obnove zgrada

U Scenariju 1 analizira se hipotetski slučaj u kojem:

- Energetska obnova zgrada se potpuno zaustavlja, odnosno godišnja stopa obnove iznosi 0%.
- Trend rasta novoizgrađenih stambenih zgrada je 0,61%, a nestambenih 0,74% godišnje, no te se zgrade svrstavaju u fond postojećih zgrada. To znači da se grade identično kao i postojeće, bez povećanja energetske učinkovitosti.
- Finalna potrošnja energije uređaja smanjuje se za 1% godišnje.

5.1.2. Scenarij 2: Umjerena stopa obnove zgrada

U ovom scenariju analizira se energetska potrošnja sektora kućanstava uz djelomičnu obnovu postojećih zgrada i gradnju novih zgrada prema važećim energetske standardima:

- Stopa obnove postojećih zgrada iznosi 1,5% godišnje, što znači da će do 2050. godine biti obnovljeno nešto manje od 50% postojećih zgrada.

- Stopa rasta novoizgrađenih stambenih zgrada iznosi 0,67%, a nestambenih 0,74% godišnje, pri čemu sve nove zgrade moraju zadovoljiti minimalne zahtjeve energetske učinkovitosti prema trenutno važećim standardima.
- Finalna potrošnja energije uređaja smanjuje se za 1% godišnje.
- Finalna potrošnja energije za kuhanje na električnu energiju smanjuje se za 0,75% godišnje.
- Potrošnja prirodnog plina i naftnih derivata od 2045. godine bit će nula.
- Dodatna analiza Scenarij 2a povećanje grijanog prostora na 75% 2050. godine.

5.1.3. Scenarij 3: Potpuna obnova zgrada

U ovom scenariju analizira se energetska potrošnja sektora kućanstava uz potpunu obnovu postojećih zgrada i gradnju novih zgrada prema važećim energetske standardima:

- Stopa obnove postojećih zgrada iznosi 3% godišnje, što znači da će 2050. godine sve zgrade biti ili obnovljene ili nove.
- Stopa rasta novoizgrađenih stambenih zgrada iznosi 0,67%, a nestambenih 0,74% godišnje, pri čemu sve nove zgrade moraju zadovoljiti minimalne zahtjeve energetske učinkovitosti prema trenutno važećim standardima.
- Finalna potrošnja energije uređaja smanjuje se za 1% godišnje.
- Finalna potrošnja energije za kuhanje na električnu energiju smanjuje se za 1,5% godišnje.
- Od 2035. godine potrošnja prirodnog plina i naftnih derivata bit će nula.
- Dodatna analiza Scenarij 3a povećanje grijanog prostora na 75% 2050. godine.

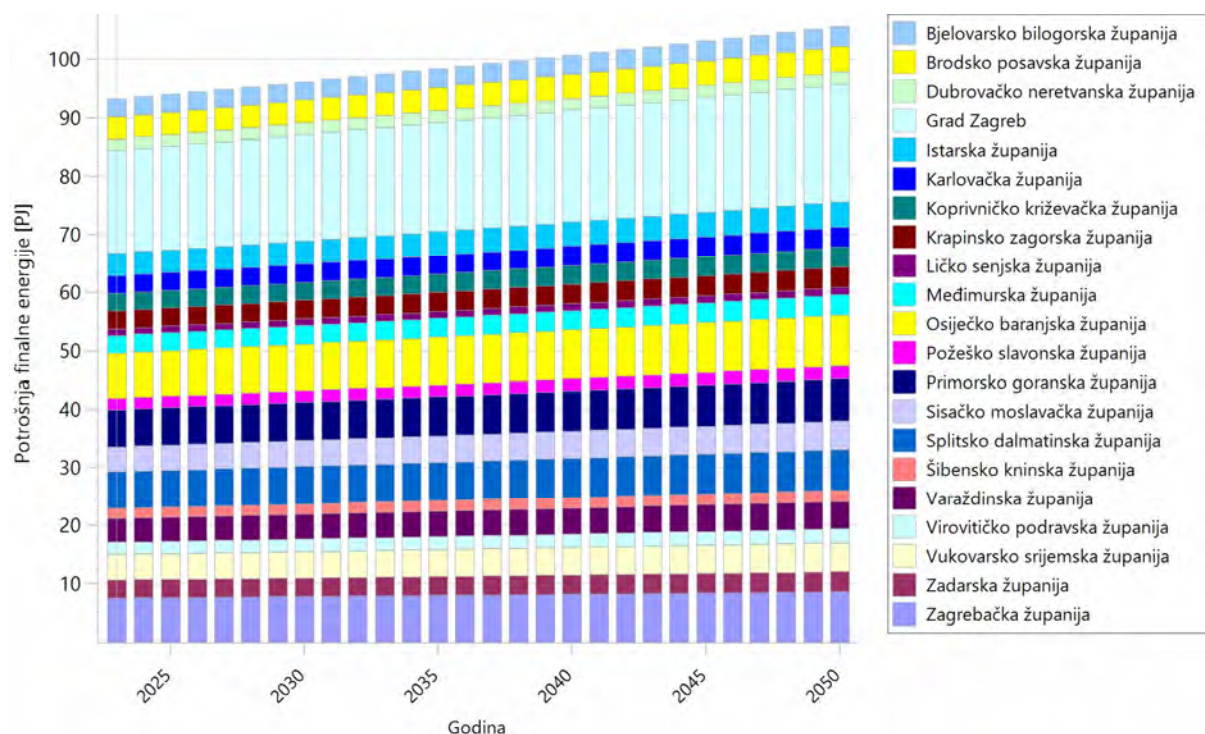
6. Rezultati scenarija

6.1. Sektor kućanstva - rezultati

6.1.1. Scenarij 1: Zaustavljanje energetske obnove zgrada

U ovom scenariju nema promjene udjela energenata za grijanje, zagrijavanje PTV-a, kuhanje niti povećanja ili smanjenja korisne energije.

U slučaju zaustavljanja energetske obnove [Slika 6] vidi se da ukupna potrošnja energije raste iz godine u godinu, što dovodi do veće potrošnje i većih emisija. Budući da je stopa rasta korisne površine grijanog dijela stambenih zgrada jednaka za sve županije, potrošnja energije povećava se jednoliko zbog istih neobnovljenih zgrada, dok se istovremeno povećava i ukupna kvadratura koja ulazi u fond postojećih zgrada. Ovaj scenarij pruža uvid u posljedice izostanka regulativa i energetske obnove, te naglašava važnost provođenja mjera energetske učinkovitosti.

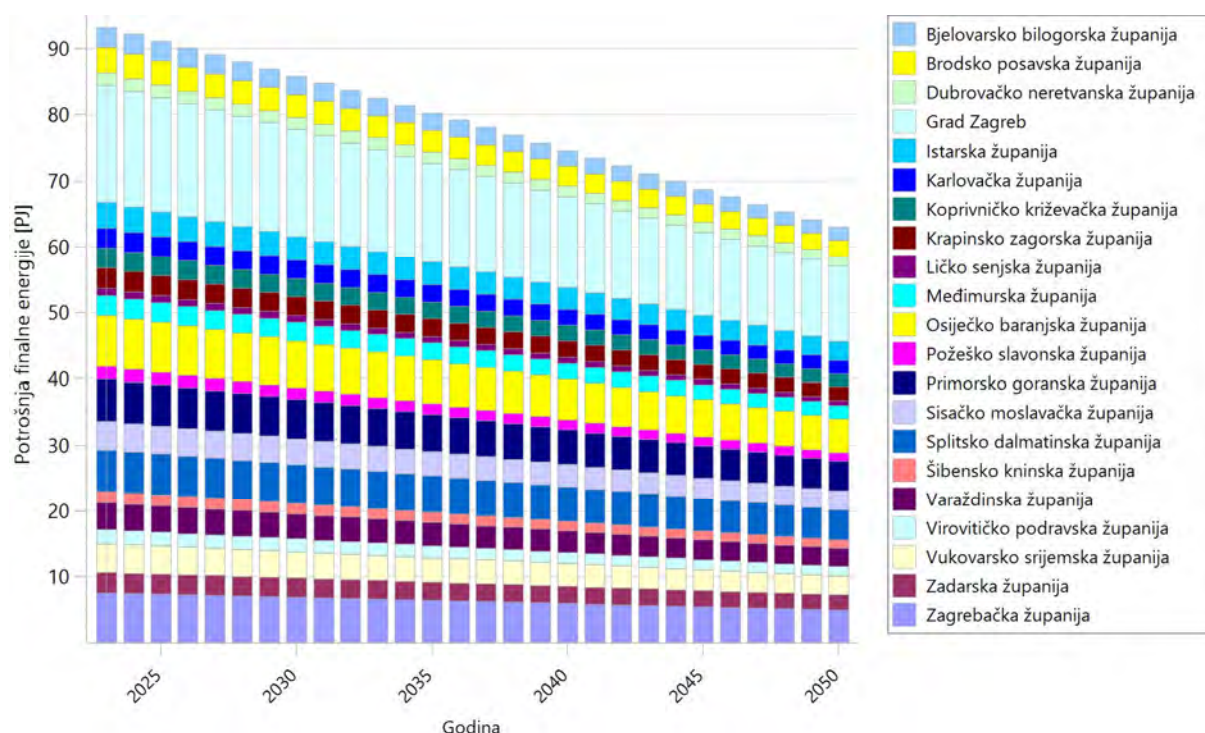


Slika 6. Projekcija udjela pojedinih županija u potrošnji finalne energije u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 1 (zaustavljanje energetske obnove zgrada)

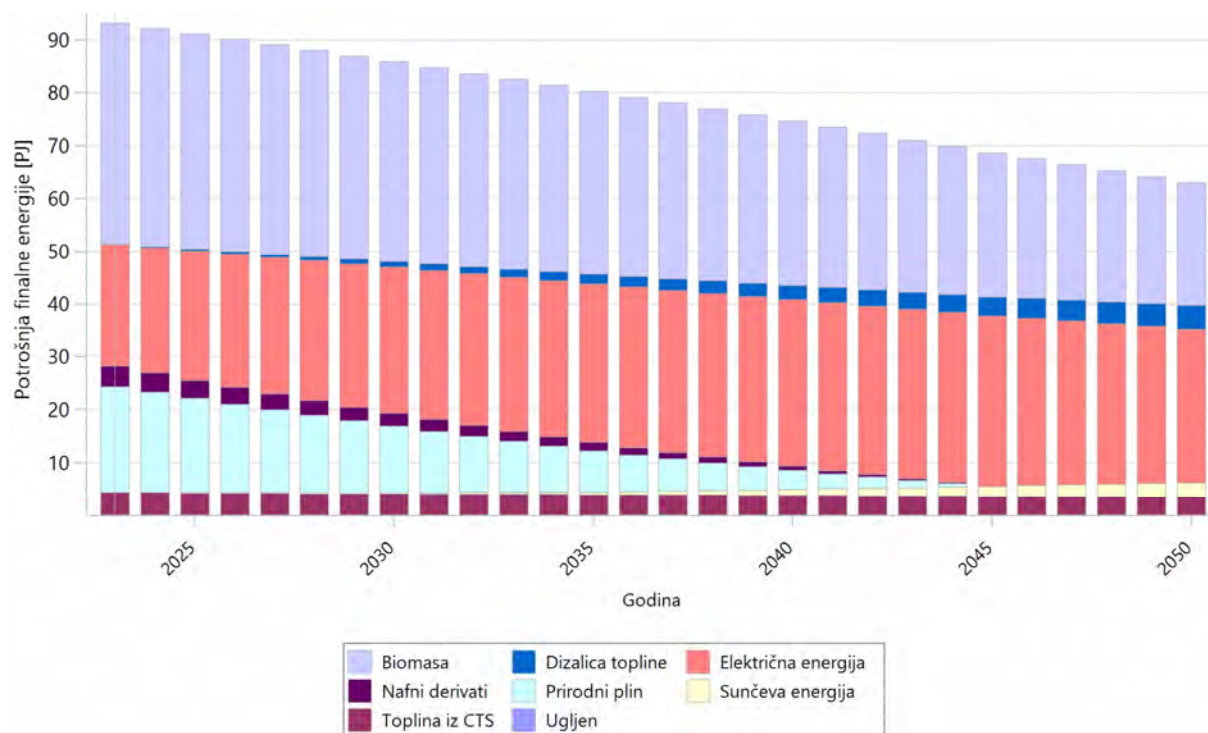
6.1.2. Scenarij 2: Umjerena stopa obnove zgrada

U ovom scenariju ukupna potrošnja finalne energije u sektoru kućanstva pada s 93,1 PJ u 2023. godini na 63,0 PJ u 2050. godini što predstavlja pad od 32,3% (Slika 7).

Dodatno je izračunata ukupna finalna potrošnja energije u sektoru kućanstava uz pretpostavku da se udio grijane površine stambenih zgrada postupno povećava s 57% u 2023. na 75% u 2050. godini. U tom slučaju finalna potrošnja energije u sektoru kućanstava u 2050. godini iznosi 82,93 PJ, što predstavlja pad od 10,9% u odnosu na početno stanje.



Slika 7. Projekcija udjela pojedinih županija u potrošnji finalne energije u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnova zgrada)

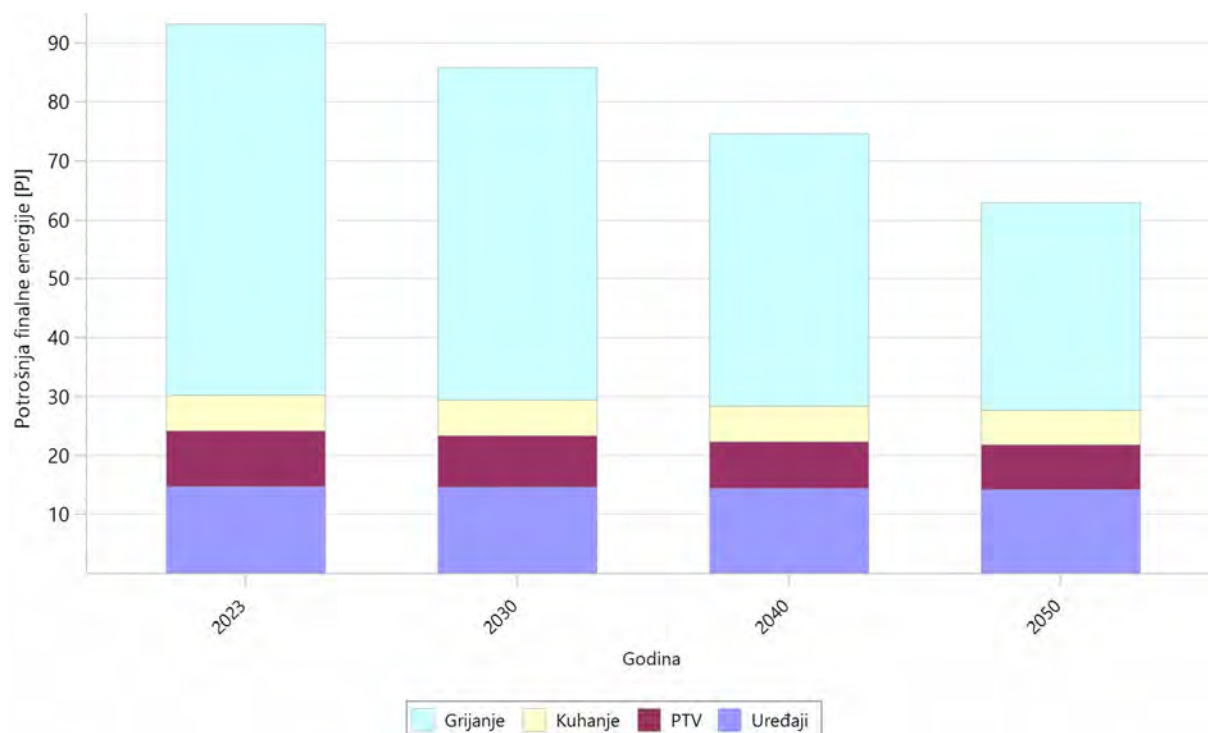


Slika 8. Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnova zgrada)

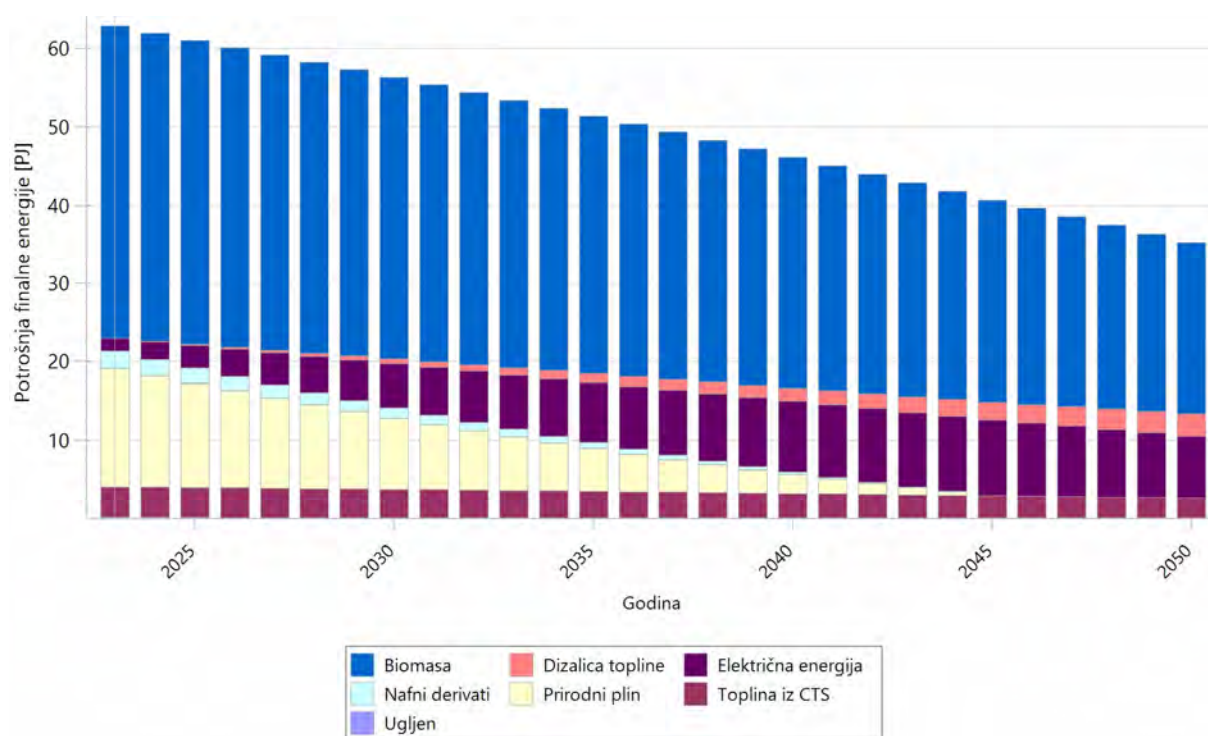
Slika 8 prikazuje trend smanjenja ukupne finalne potrošnje energije do 2050. godine, uz promjene u udjelu pojedinih energenata. Prirodni plin, naftni derivati i ugljen postupno nestaju iz ukupne potrošnje nakon 2045. godine, dok se njihov udio zamjenjuje dizalicom topline.

Također, udjel biomase se smanjuje, dok dizalice topline i sunčeva energija polako rastu. U analizi obnovljenih i novih zgrada nije predviđeno korištenje prirodnog plina, naftnih derivata i ugljena. Ti energenti ostaju prisutni samo kod postojećih zgrada.

Slika 9 prikazuje pad potrošnje u sektoru grijanja, koji i dalje je dominantan dio ukupne potrošnje, ali se lagano smanjuje kroz godine. Potrošnja energije za kuhanje, zagrijavanje PTV-a i potrošnja energije u uređajima bilježi manji pad.

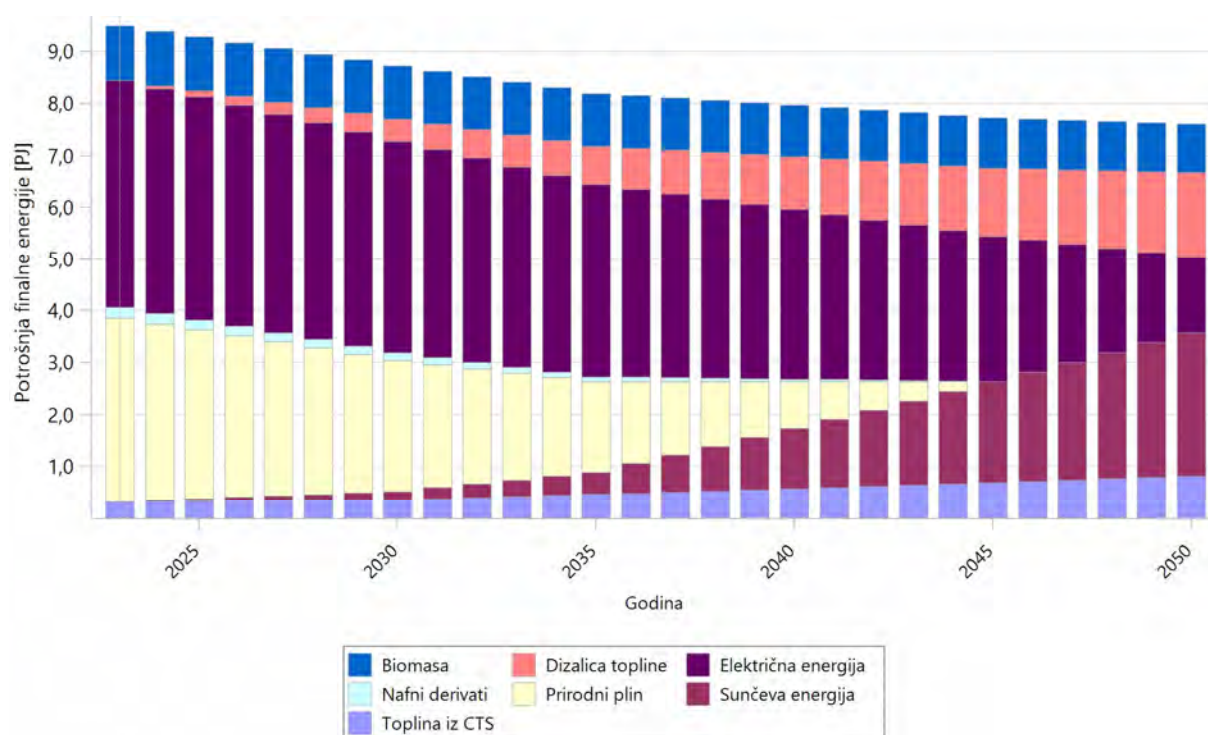


Slika 9. Projekcija potrošnje finalne energije po sektorima potrošnje u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnova zgrada)



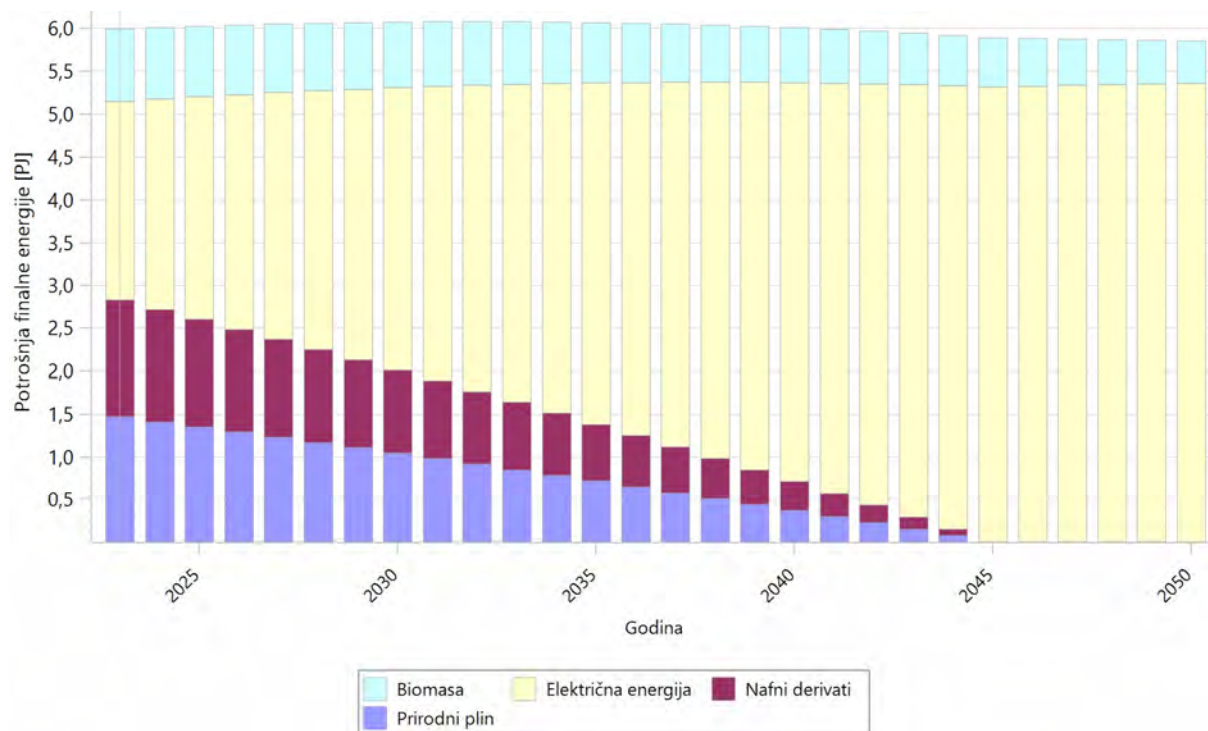
Slika 10. Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za grijanje u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnova zgrada)

Slika 10 prikazuje promjene u strukturi potrošnje energenata za grijanje u sektoru kućanstava. Vidljivo je da se udjel prirodnog plina i naftnih derivata smanjuje odnosno potpuno nestaje 2045. godine, dok električna energija preuzima njihovu ulogu. Udio topline iz CTS-a ostaje otprilike na istoj razini dok udio biomase se smanjuje. Dizalice topline se postepeno pojavljuju u ukupnoj potrošnji.



Slika 11. Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za zagrijavanje PTV-a u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnova zgrada)

Slika 11 prikazuje promjene u strukturi potrošnje energenata za zagrijavanje PTV-a u sektoru kućanstava. Vidljivo je smanjenje udjela prirodnog plina i naftnih derivata, koji u 2045. godini potpuno nestaju iz potrošnje. Njihovu ulogu preuzimaju dizalice topline i sunčeva energija. Toplina iz CTS-a se lagano povećava tijekom promatranog razdoblja, dok se udjel biomase postupno smanjuje.



Slika 12. Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za kuhanje u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnova zgrada)

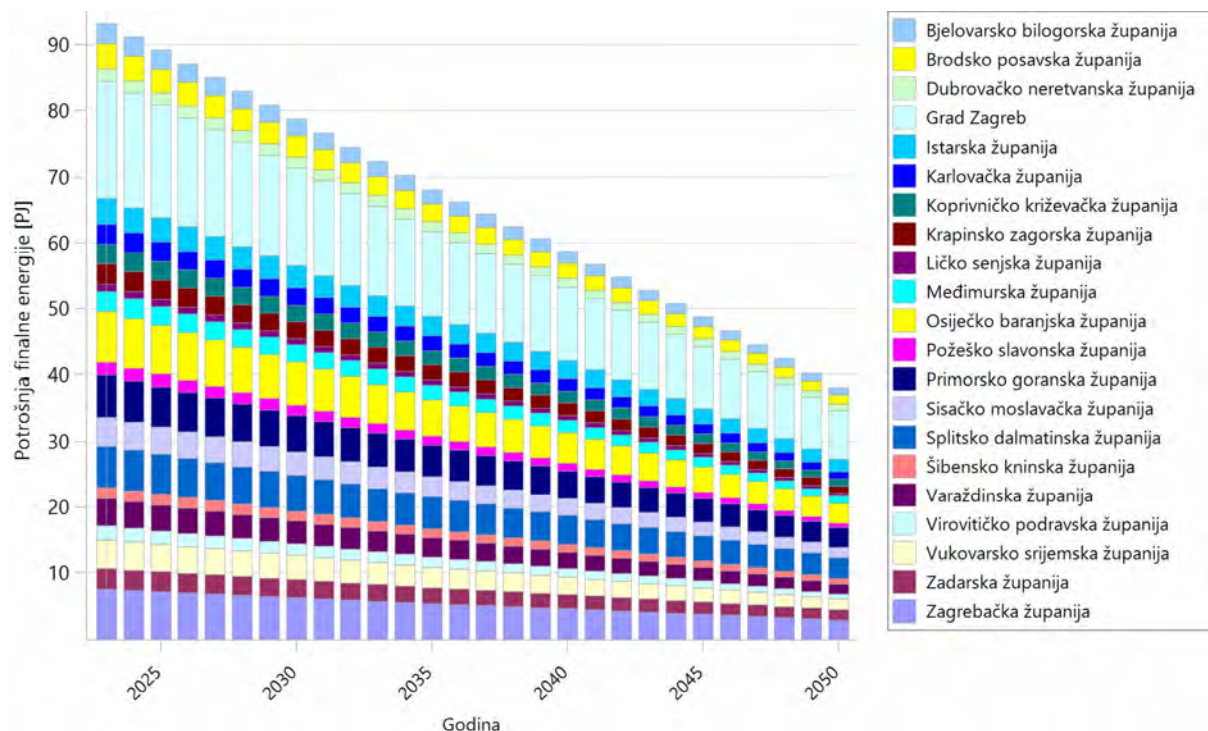
Kako do 2035. godine dolazi do potpunog izlaska prirodnog plina i naftnih derivata iz potrošnje, tako električna energija postaje glavni energent za kuhanje. Biomasa ostaje prisutna u manjem udjelu tijekom cijelog analiziranog razdoblja. [Slika 12].

6.1.3. Scenarij 3: Potpuna obnova zgrada

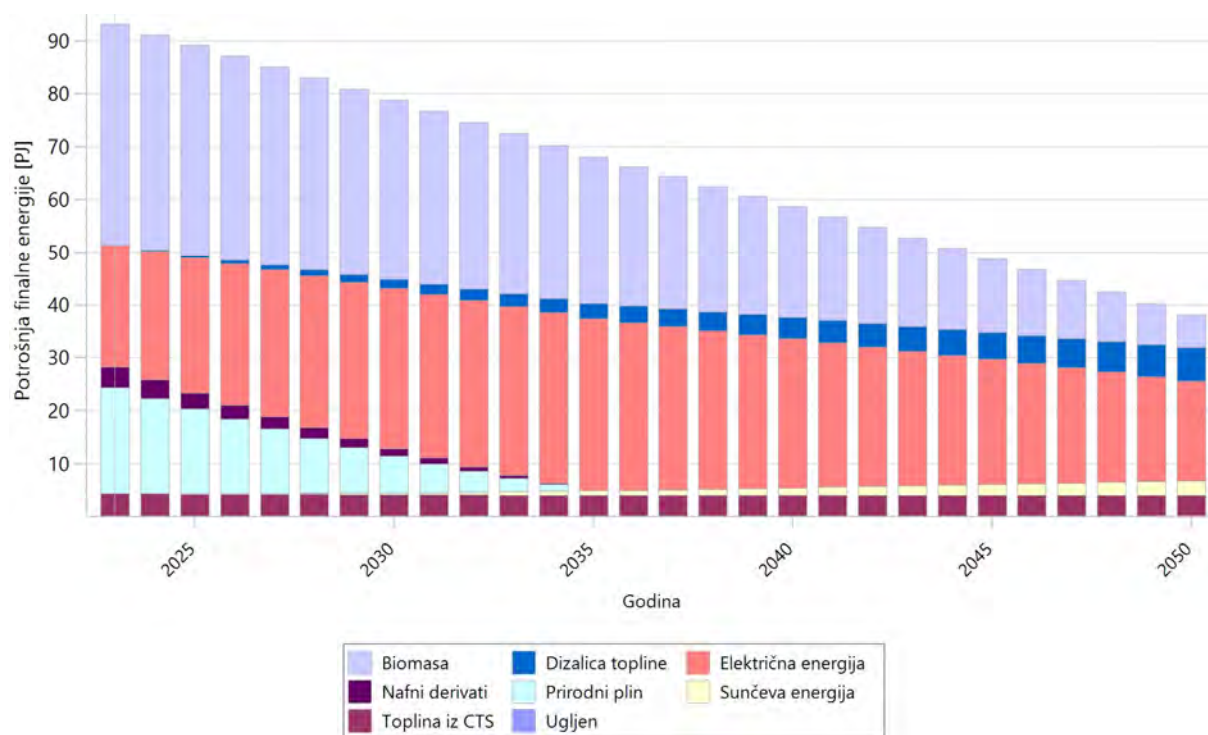
U nastavku su prikazani rezultati kod potpune obnove zgrada. Ovaj scenarij omogućuje procjenu utjecaja potpune energetske obnove zgrada i primjene važećih regulativa na nove zgrade na ukupnu potrošnju energije do 2050. godine.

U ovom scenariju ukupna potrošnja finalne energije u sektoru kućanstva pada s 93,1 PJ u 2023. godini na 38,1 PJ u 2050. godini što predstavlja pad od 59,1% (Slika 13).

Dodatno je izračunata ukupna finalna potrošnja energije u sektoru kućanstava uz pretpostavku da se udio grijane površine stambenih zgrada postupno povećava s 57% u 2023. na 75% u 2050. godini. U tom slučaju u 2050. godini potrošnja finalne energije u sektoru kućanstva pada na 50,1 PJ što predstavlja pad od 46%.



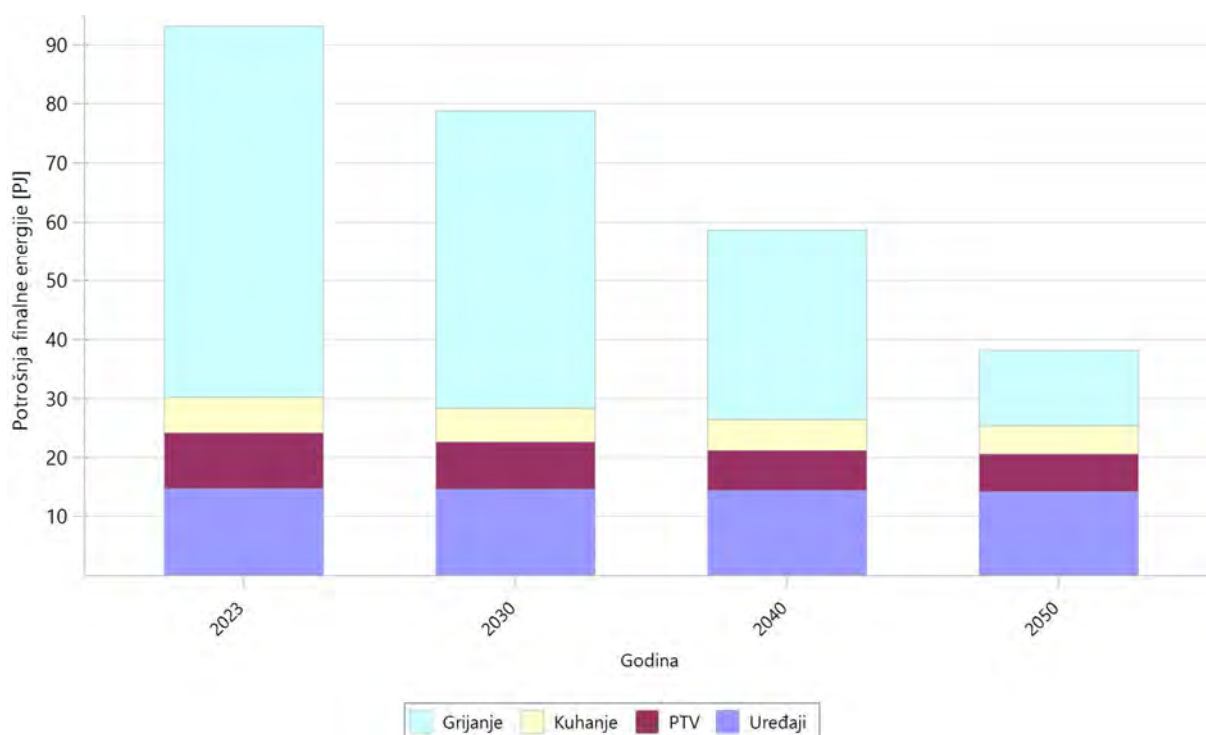
Slika 13. Projekcija udjela pojedinih županija u potrošnji finalne energije u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)



Slika 14. Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)

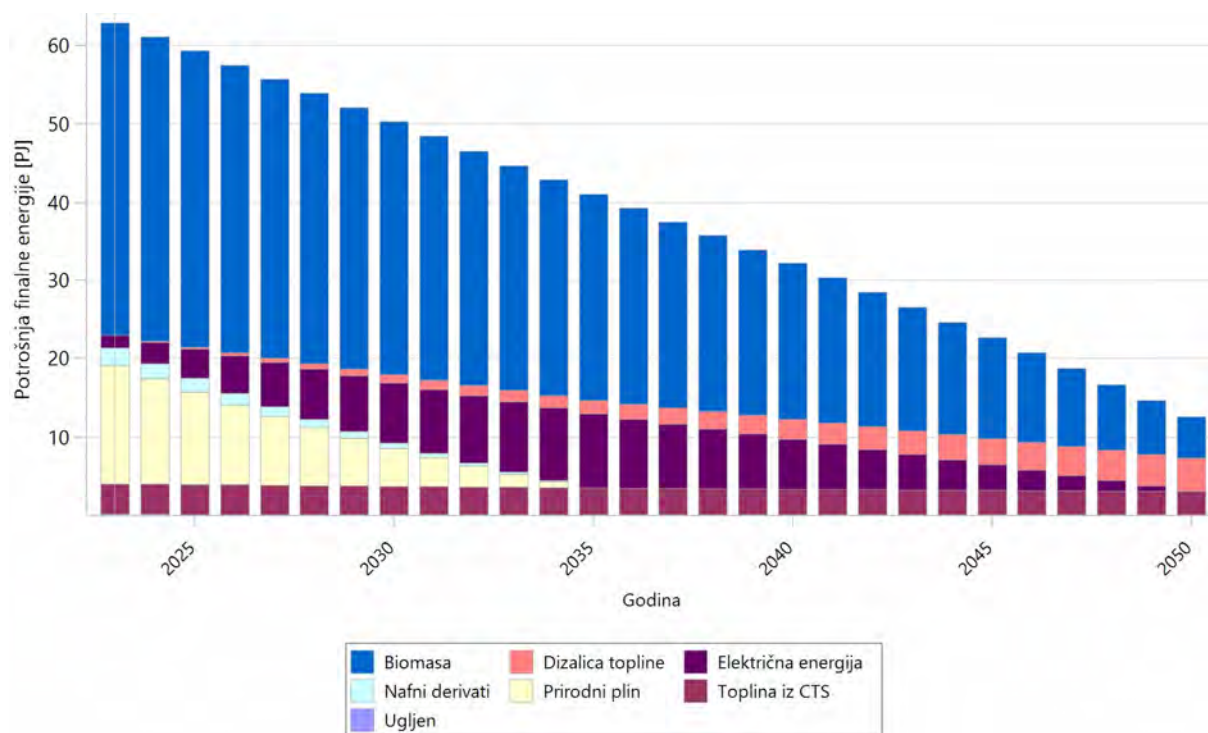
Slika 14 prikazuje trend smanjenja ukupne finalne potrošnje energije do 2050. godine, uz značajne promjene u udjelu pojedinih energenata. Prirodni plin, naftni derivati i ugljen postupno nestaju iz ukupne potrošnje nakon 2035. godine, dok se njihov udio djelomično zamjenjuje električnom energijom i dizalicom topline, a kasnije i sa sunčevom energijom.

Također, udjel biomase se smanjuje, dok dizalice topline i sunčeva energija postupno rastu, pridonoseći povećanju obnovljivih izvora energije u potrošnji kućanstava. U analizi obnovljenih i novih zgrada nije predviđeno korištenje prirodnog plina, naftnih derivata i ugljena. Ti energenti ostaju prisutni samo kod postojećih zgrada.



Slika 15. Projekcija potrošnje finalne energije po sektorima potrošnje u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)

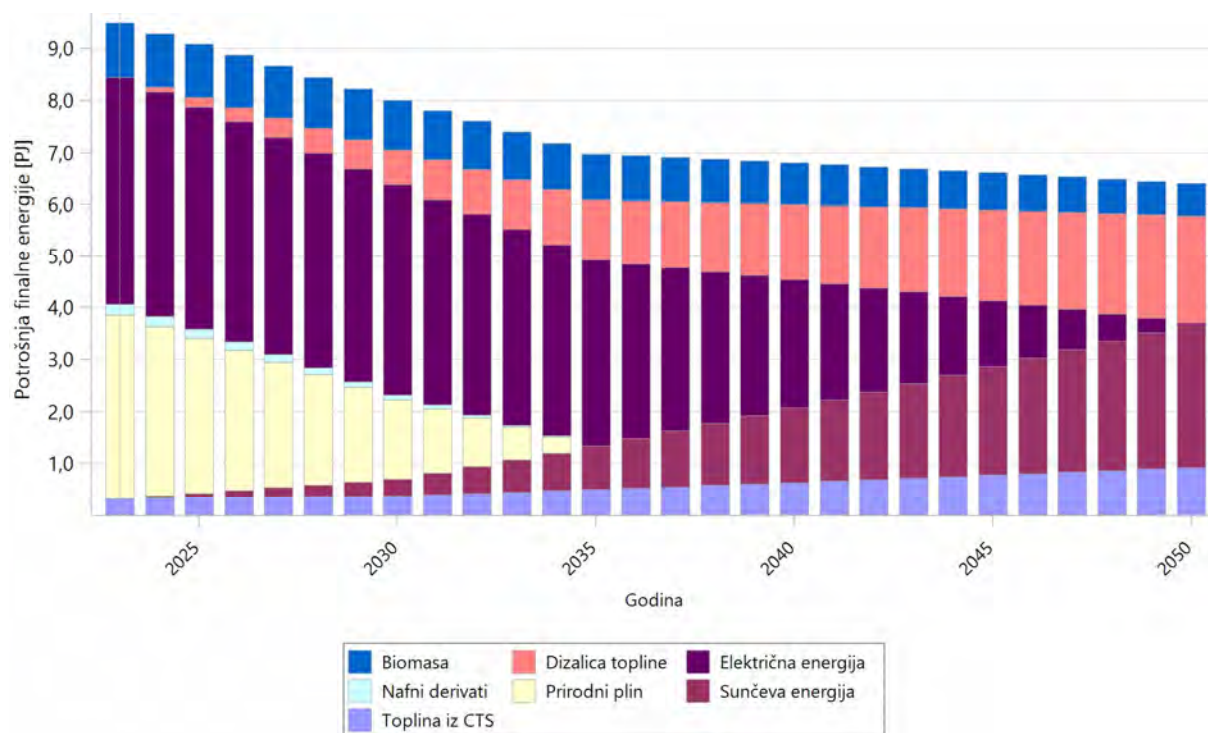
Slika 15 prikazuje da je najveći pad potrošnje u sektoru grijanja, koje u početnim godinama čini dominantan dio ukupne potrošnje, ali se postupno smanjuje kroz godine. Potrošnja energije za kuhanje, zagrijavanje PTV-a i potrošnja energije u uređajima je otprilike na istoj razini. Najveće uštede se ostvaruju u grijanju, što je posljedica povećanja energetske učinkovitosti zgrada i korištenje visokoučinkovitih uređaja (dizalice topline) u sustavima grijanja.



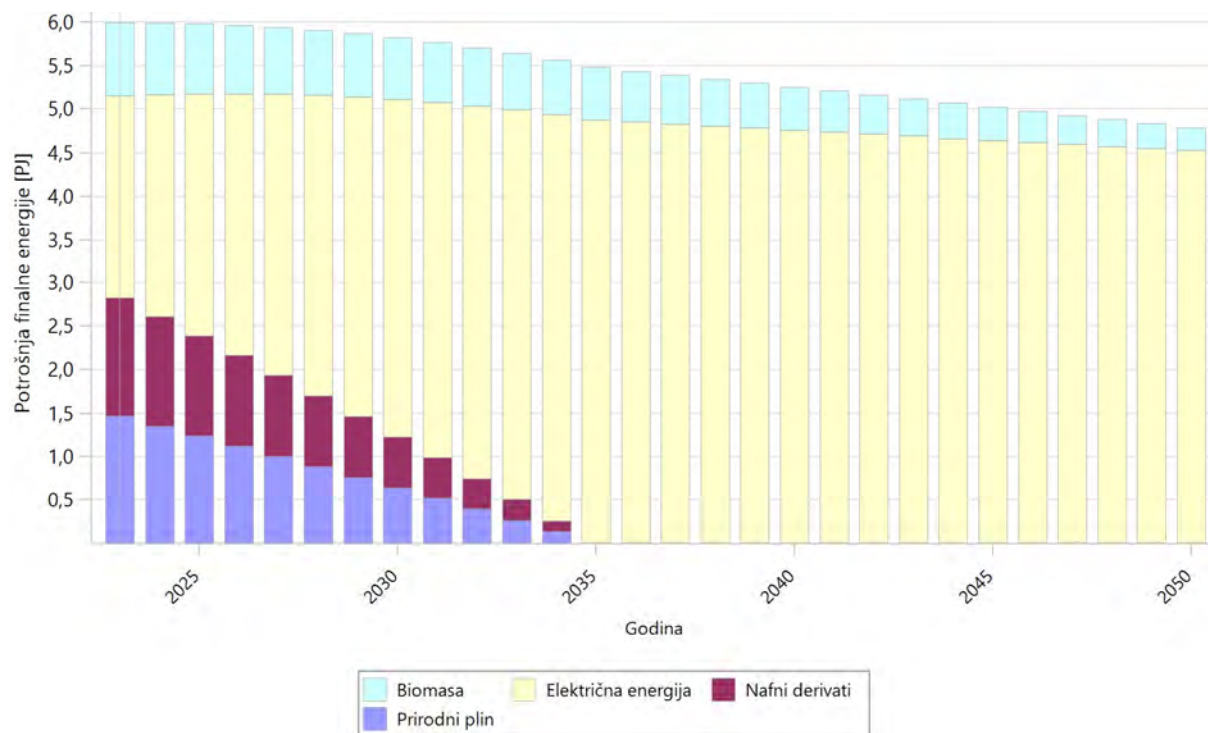
Slika 16. Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za grijanje u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)

Slika 16 prikazuje promjene u strukturi potrošnje energenata za grijanje u sektoru kućanstava. Vidljivo je da se udjel prirodnog plina i naftnih derivata smanjuje odnosno potpuno nestaje 2035. godine, dok električna energija i dizalice topline postupno preuzimaju njihovu ulogu. Udio topline iz CTS-a ostaje otprilike na istoj razini dok udio biomase značajno pada.

Slika 17 prikazuje promjene u strukturi potrošnje energenata za zagrijavanje PTV-a u sektoru kućanstava. Vidljivo je postupno smanjenje udjela prirodnog plina i naftnih derivata, koji u 2035. godini potpuno nestaju iz potrošnje. Njihovu ulogu postupno preuzimaju dizalice topline i sunčeva energija. Toplina iz CTS-a se lagano povećava tijekom promatranog razdoblja, dok udjel biomase lagano pada.



Slika 17. Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za zagrijavanje PTV-a u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)



Slika 18. Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za kuhanje u sektoru kućanstava do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)

Kako do 2035. godine dolazi do potpunog izlaska prirodnog plina i naftnih derivata iz potrošnje, tako električna energija postaje glavni energent za kuhanje. Biomasa ostaje prisutna u manjem udjelu tijekom cijelog analiziranog razdoblja. [Slika 18].

6.2. Sektor usluga – rezultati

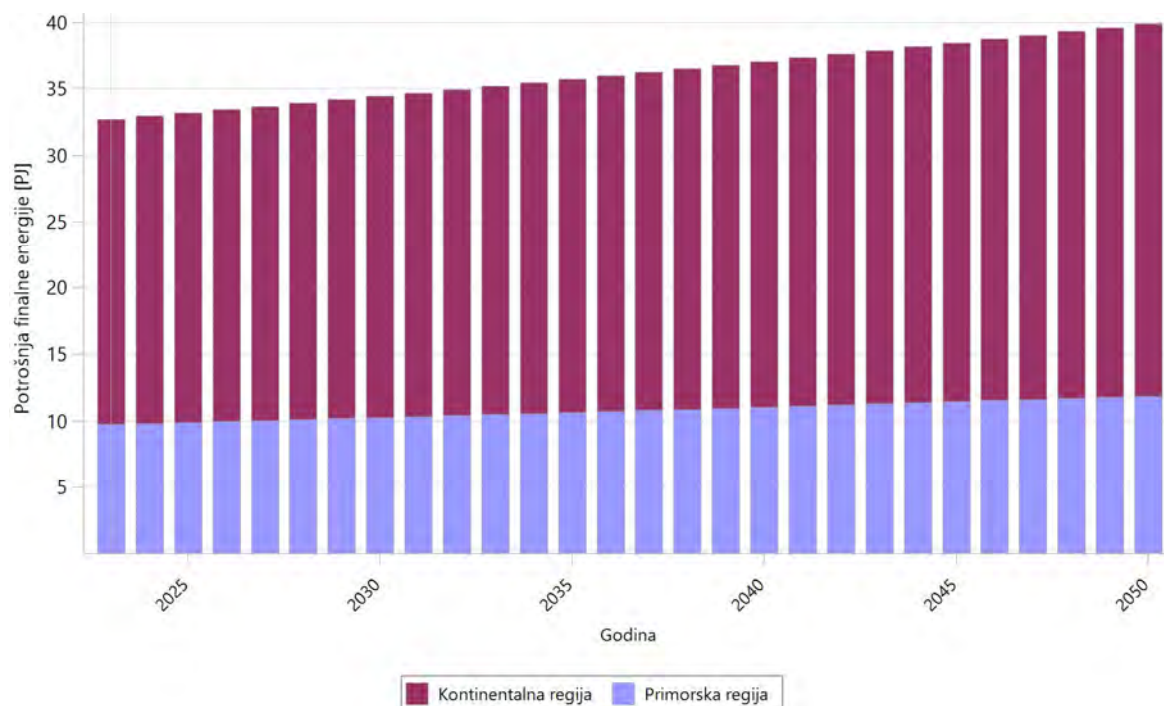
Prema europskim regulativama, sektor usluga mora ostvariti brži i učinkovitiji napredak u energetskej tranziciji u odnosu na kućanstva. Zbog toga se u ovom sektoru u većem obujmu uvode dizalice topline i solarni paneli nego u sektoru kućanstava.

Za kontinentalnu regiju primijenjene su sljedeće pretpostavke:

- Do 2050. godine 85% obnovljenih i novih zgrada imat će dizalicu topline u kontinentalnoj regiji.
- Do 2050. godine oko 95% obnovljenih i novih zgrada imat će dizalicu topline u primorskoj regiji.

6.2.1. Scenarij 1: Zaustavljanje energetske obnove zgrada

Isto kao i u sektoru kućanstava u slučaju zaustavljanja energetske obnove [Slika 19] vidi se da ukupna potrošnja energije raste iz godine u godinu, što dovodi do veće potrošnje i većih emisija. Budući da je stopa rasta korisne površine grijanog dijela nestambenih zgrada jednaka za obje regije, potrošnja energije povećava se jednoliko zbog istih neobnovljenih zgrada, dok se istovremeno povećava i ukupna kvadratura koja ulazi u fond postojećih zgrada. Ovaj scenarij pruža uvid u posljedice izostanka regulativa i energetske obnove, te naglašava važnost provođenja mjera energetske učinkovitosti.

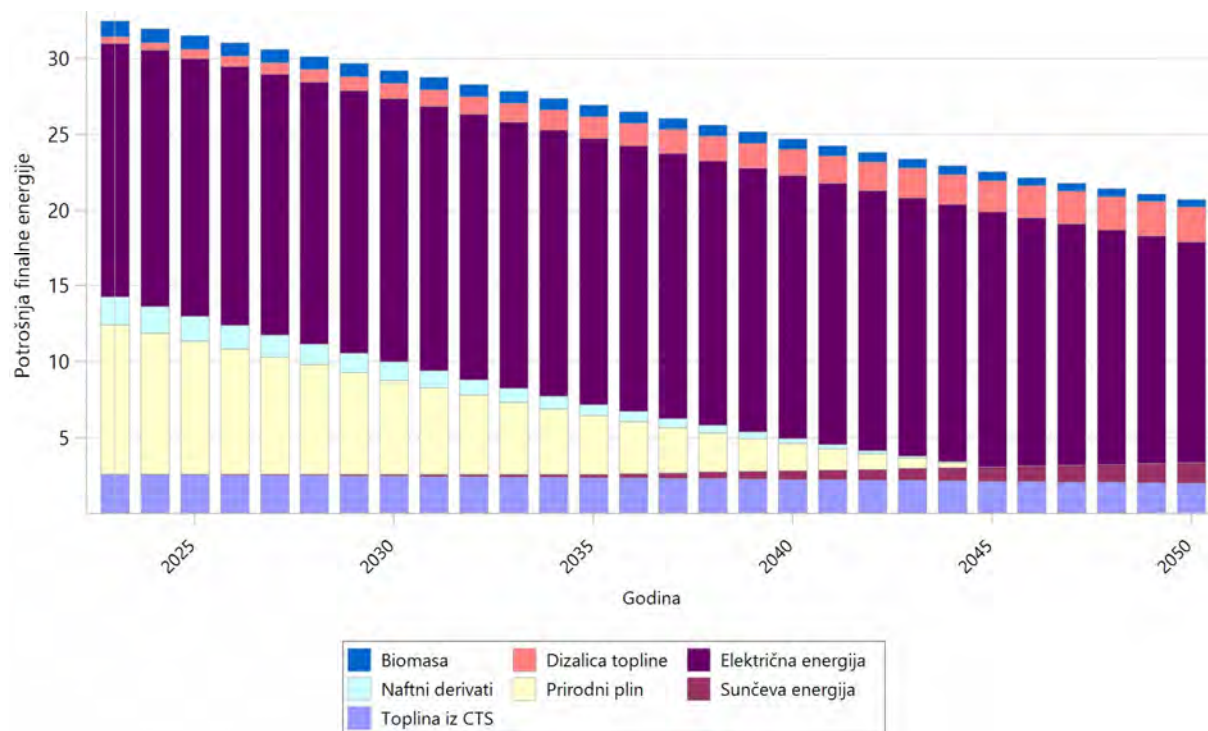


Slika 19. Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije u sektoru usluga, kontinentalna i primorska regija, do 2050. godine u scenariju 1 (zaustavljanje energetske obnove zgrada)

6.2.2. Scenarij 2: Umjerena stopa obnove zgrada

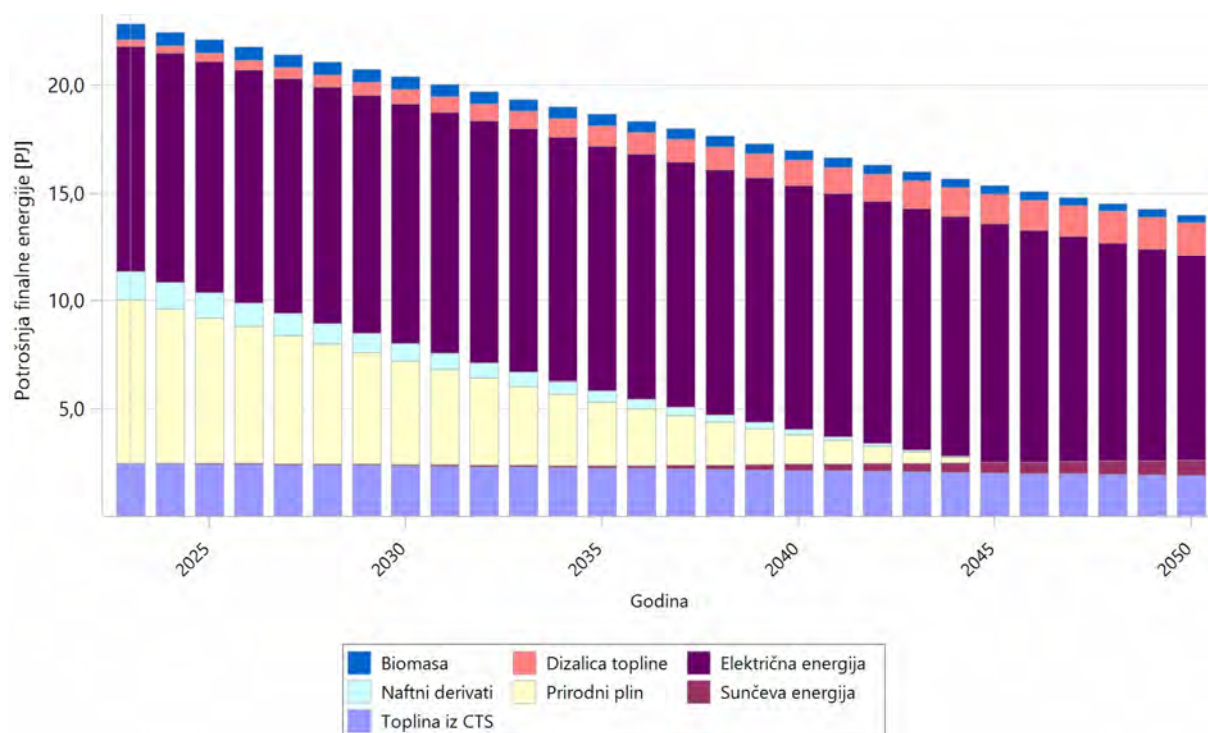
U ovom scenariju ukupna potrošnja finalne energije u sektoru usluga pada s 32,6 PJ u 2023. godini na 20,7 PJ u 2050. godini što predstavlja pad od 36,5% (Slika 20).

Dodatno je izračunata ukupna finalna potrošnja energije u sektoru usluga uz pretpostavku da se udio grijane površine stambenih zgrada postupno povećava s 57% u 2023. na 75% u 2050. godini. U tom slučaju finalna potrošnja energije u sektoru kućanstava u 2050. godini iznosi 27,31 PJ, što predstavlja pad od 16,2% u odnosu na početno stanje.

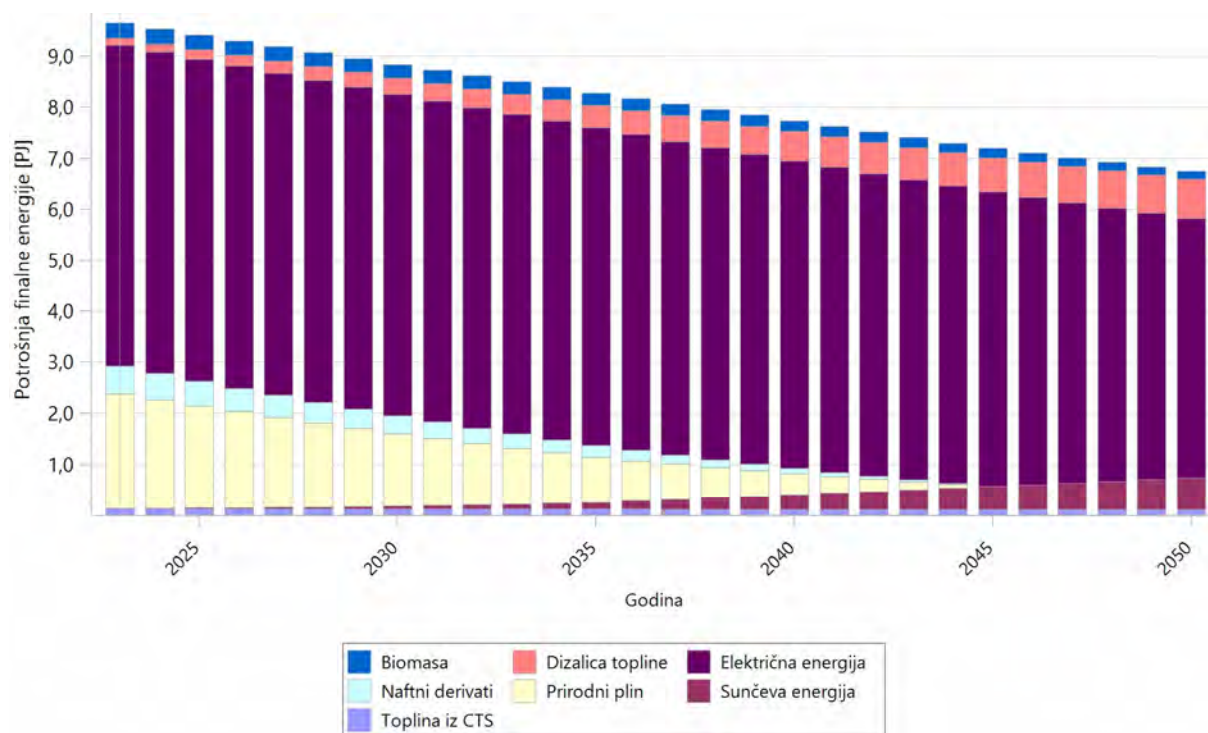


Slika 20. Projekcija potrošnje finalne energije u sektoru usluga u Hrvatskoj do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnova zgrada)

U nastavku su prikazani rezultati odvojeno za kontinentalnu i odvojeno za primorsku regiju.



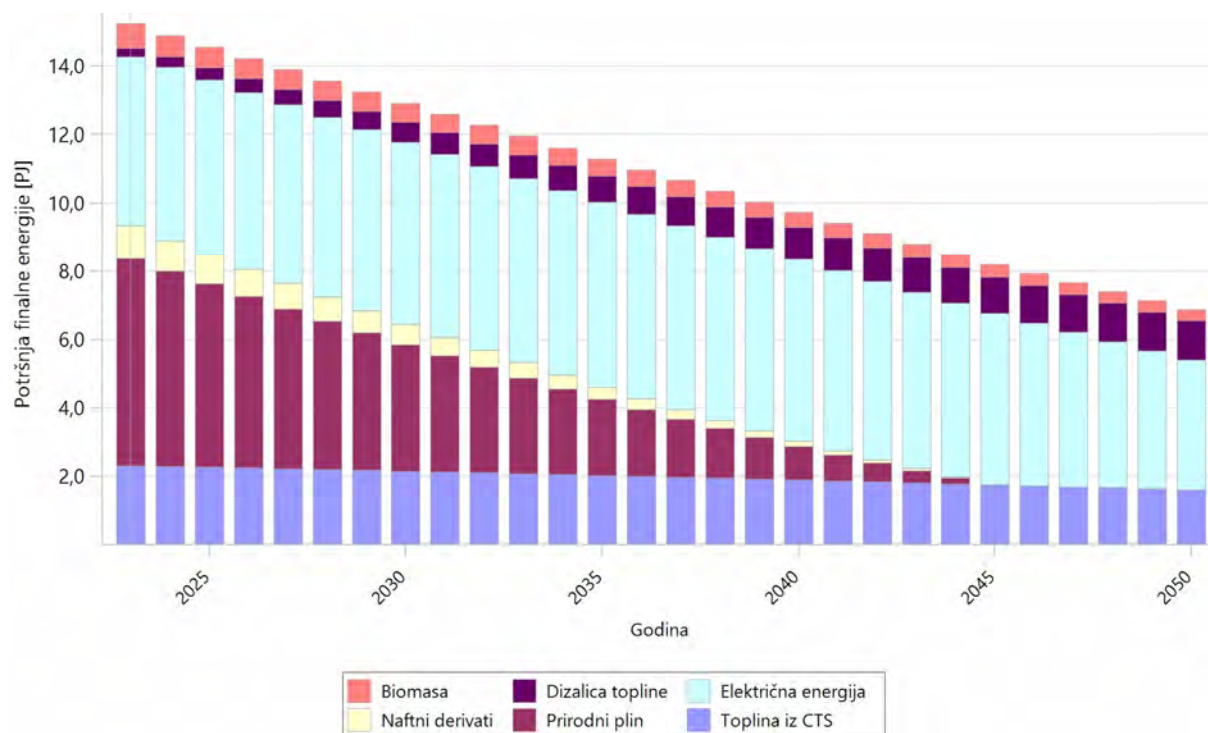
Slika 21. Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije u sektoru usluga, kontinentalna regija, do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnove zgrada)



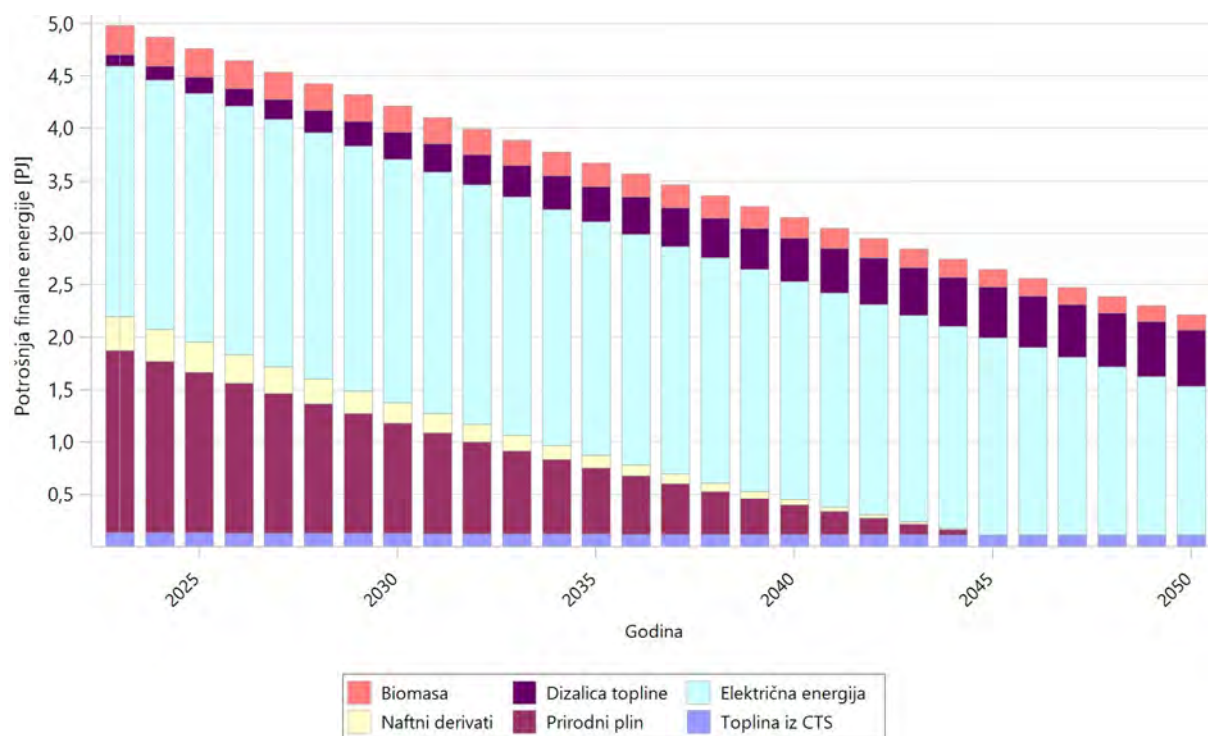
Slika 22. Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije u sektoru usluga, primorska regija, do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnove zgrada)

Za kontinentalnu regiju [Slika 23] kod grijanja su uzete pretpostavke da će 82% obnovljenih i novih zgrada imati dizalicu topline u 2050. godini. Za primorsku regiju [Slika 24] pretpostavljeno je da će udio dizalica topline u obnovljenim i novim zgradama biti 95%.

Isto kao i kod sektora kućanstva, predviđeno je da se prirodni plin i nafta od 2045. godine više neće koristiti kao gorivo u sektoru usluga.



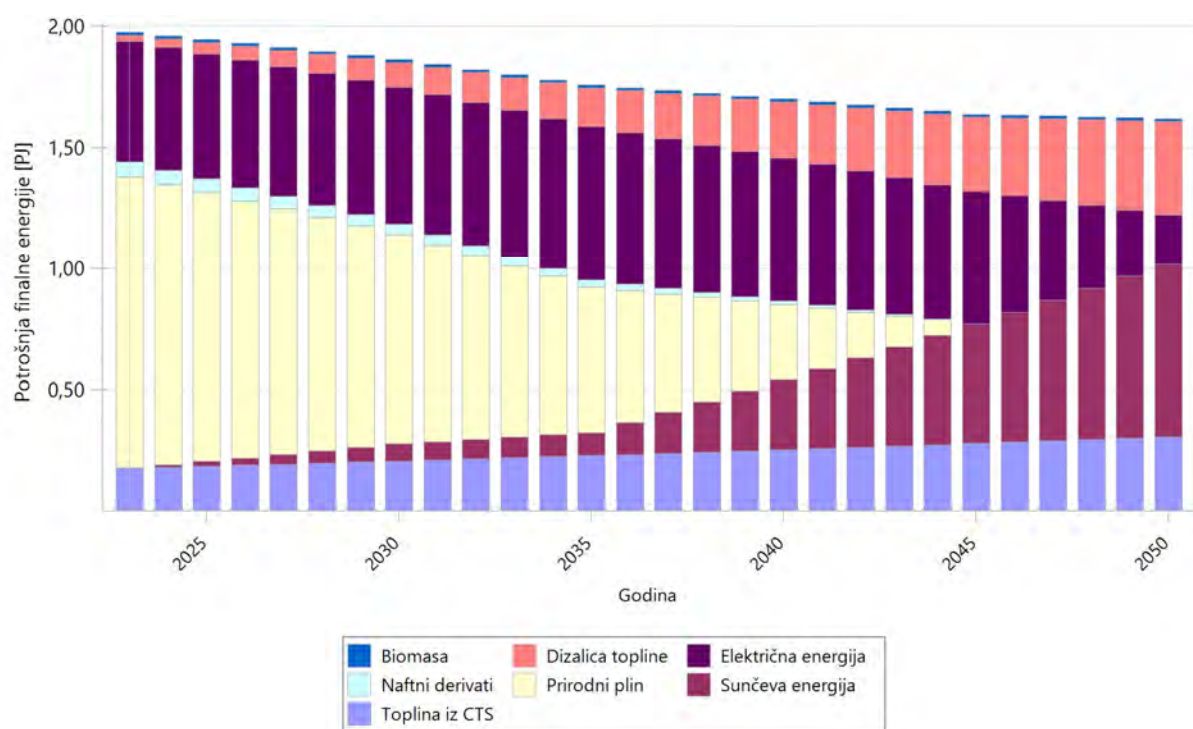
Slika 23. Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za grijanje u sektoru usluga, kontinentalna regija, do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnove zgrada)



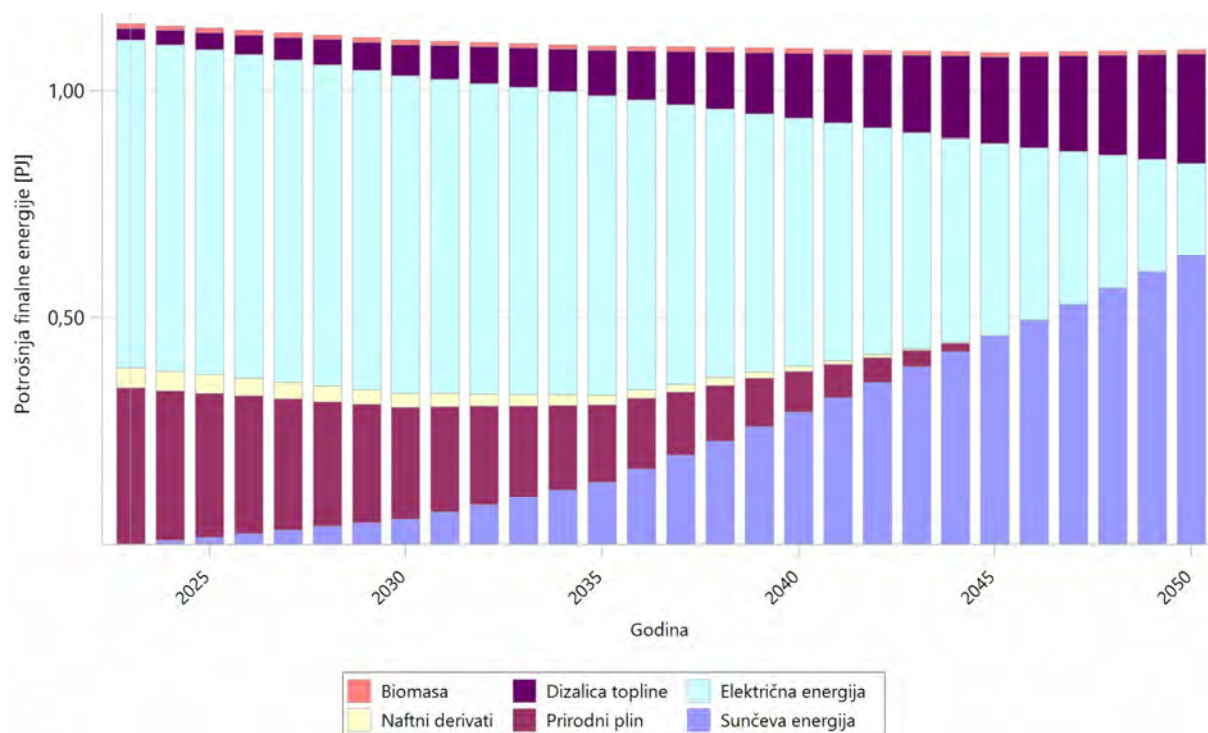
Slika 24. Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za grijanje u sektoru usluga, primorska regija, do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnove zgrada)

U kontinentalnoj regiji, za zagrijavanje PTV-a [Slika 25], predviđena je upotreba topline iz CTS-a, dok u primorskoj regiji [Slika 26] taj udio iznosi 0%. Prirodni plin postupno zamjenjuje sunčeva energija i dizalica topline.

Za zagrijavanje PTV u primorskoj regiji pretpostavlja se da će do 2050. godine 25,0% ukupne potrošnje PTV-a biti pokriveno sunčevom energijom, dok će taj udio u kontinentalnoj regiji biti 17,5%.



Slika 25. Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za zagrijavanje PTV-a u sektoru usluga, kontinentalna regija, do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnove zgrada)

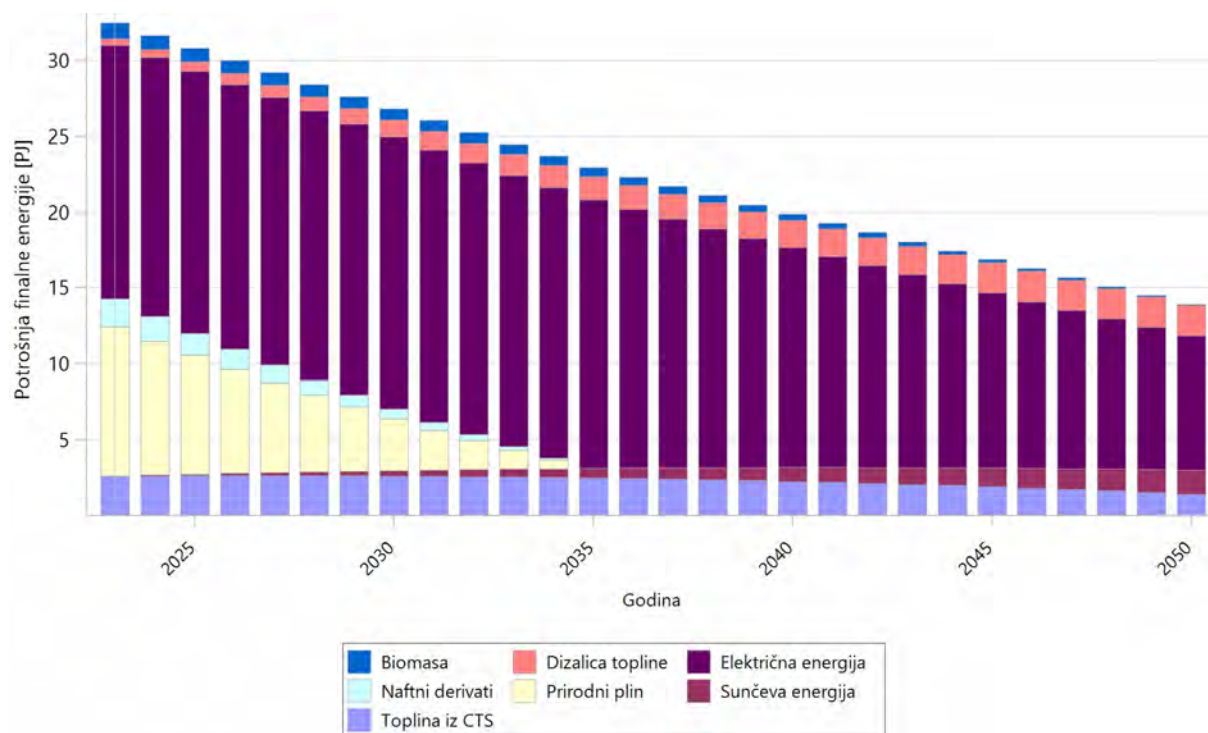


Slika 26. Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za zagrijavanje PTV-a u sektoru usluga, primorska regija, do 2050. godine u scenariju 2 (umjerena stopa obnove zgrada)

6.2.3. Scenarij 3: Potpuna obnova zgrada

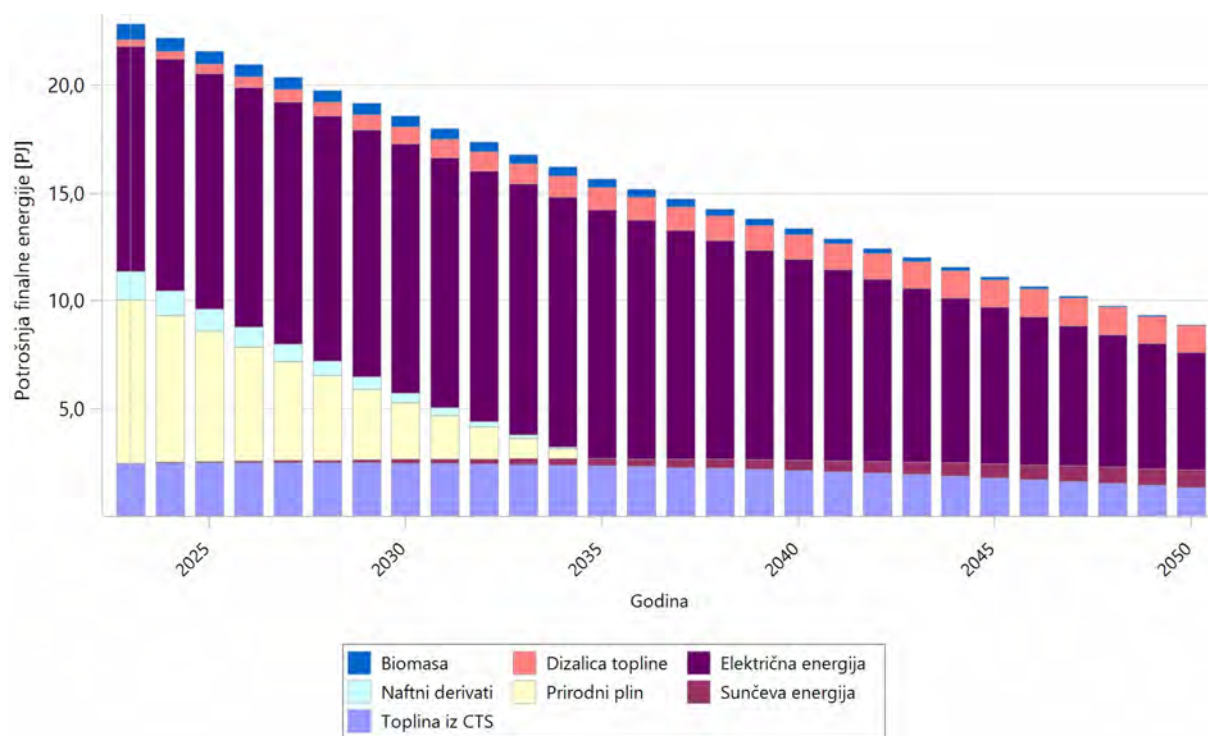
U ovom scenariju ukupna potrošnja finalne energije u sektoru usluga pada s 32,6 PJ u 2023. godini na 13,9 PJ u 2050. godini što predstavlja pad od 57,4% (Slika 28).

Dodatno je izračunata ukupna finalna potrošnja energije u sektoru usluga uz pretpostavku da se udio grijane površine stambenih zgrada postupno povećava s 57% u 2023. na 75% u 2050. godini. U tom slučaju finalna potrošnja energije u sektoru kućanstava u 2050. godini iznosi 18,3 PJ, što predstavlja pad od 42,0% u odnosu na početno stanje.

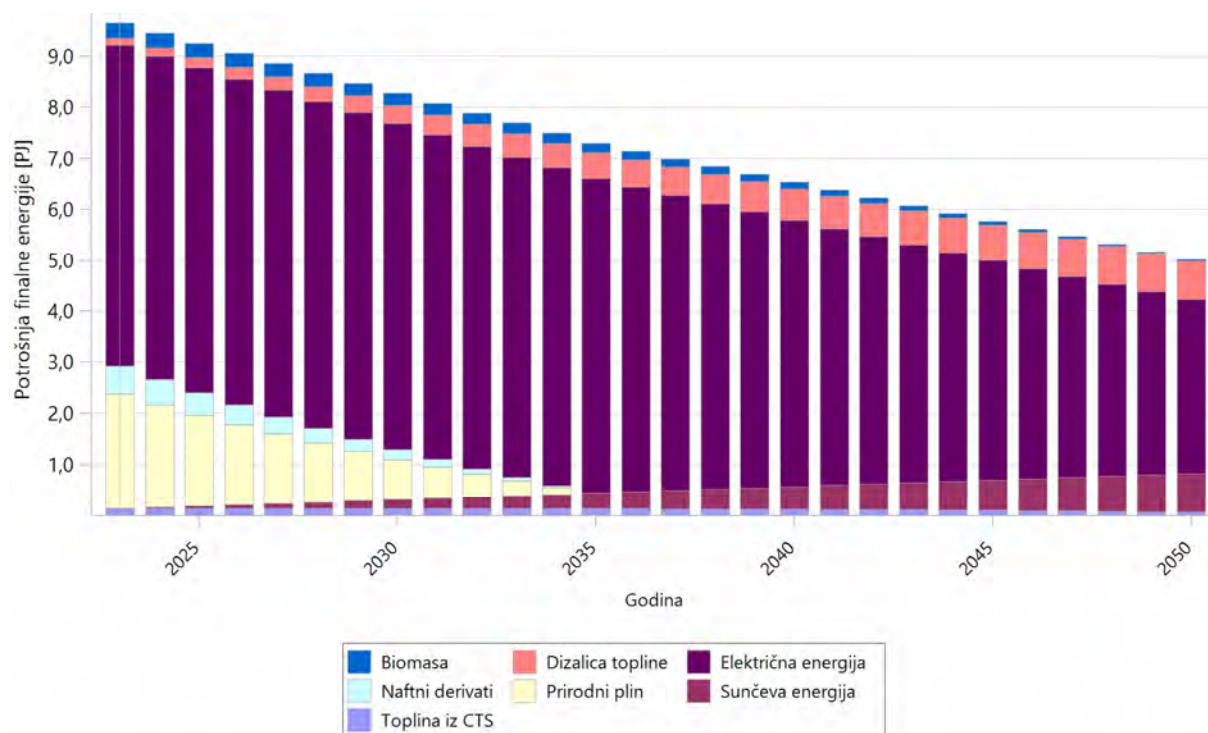


Slika 27. Projekcija potrošnje finalne energije u sektoru usluga u Hrvatskoj do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)

U nastavku su prikazani rezultati odvojeno za kontinentalnu i odvojeno za primorsku regiju.



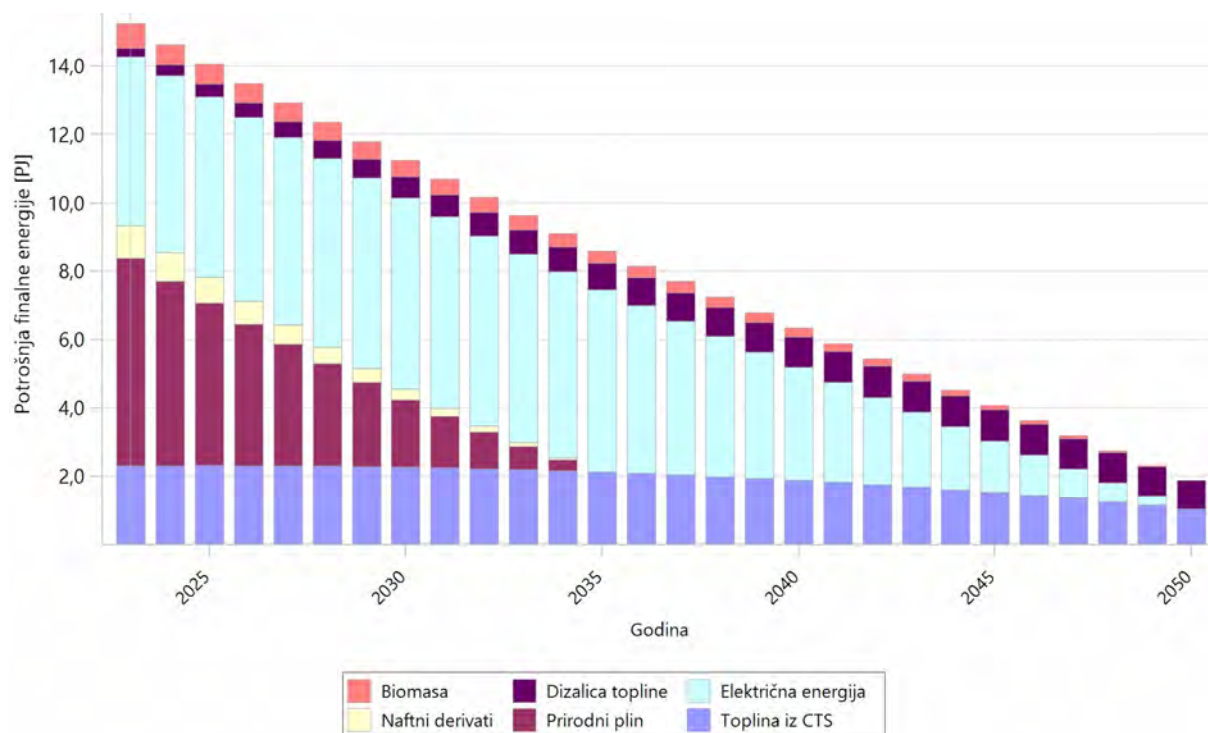
Slika 28. Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije u sektoru usluga, kontinentalna regija, do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)



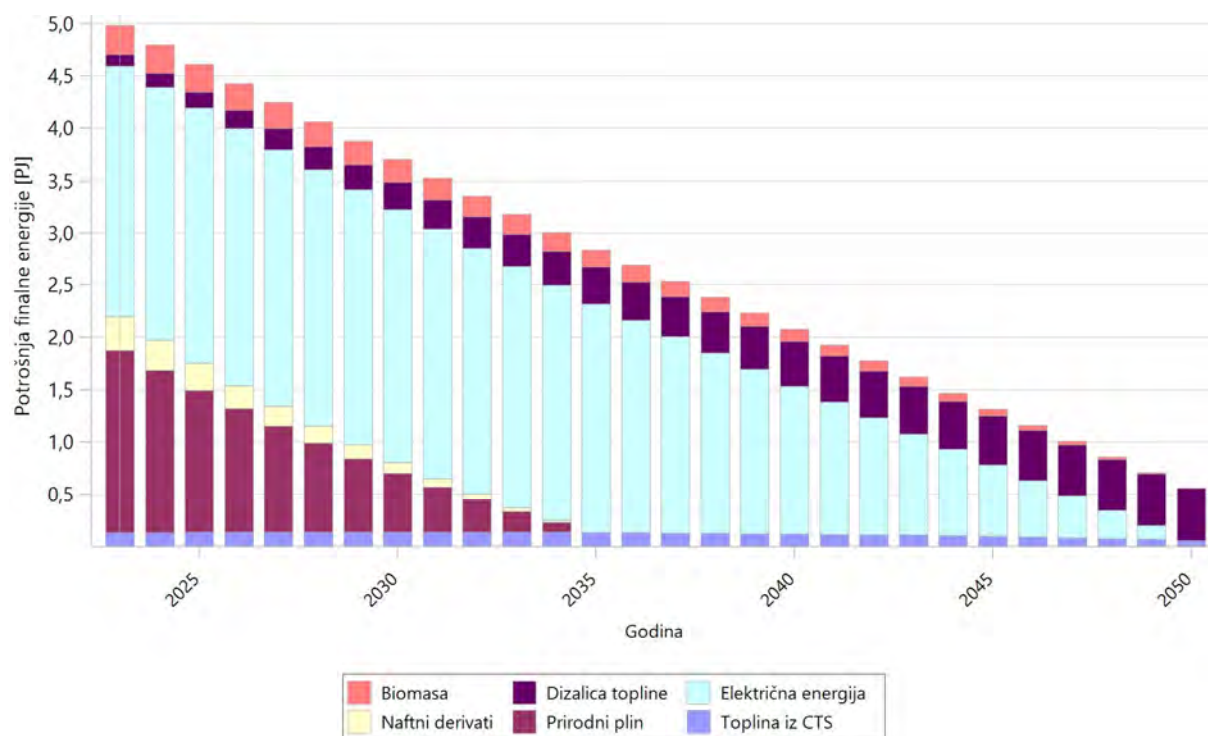
Slika 29. Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije u sektoru usluga, primorska regija, do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)

Za kontinentalnu regiju [Slika 28], kod grijanja su uzete pretpostavke da će 82% obnovljenih i novih zgrada imati dizalicu topline u 2050. godini. Za primorsku regiju [Slika 29] pretpostavljeno je da će udio dizalica topline u obnovljenim i novim zgradama biti 97%.

Isto kao i kod sektora kućanstva, predviđeno je da se prirodni plin i nafta od 2035. godine više neće koristiti kao gorivo u sektoru usluga.



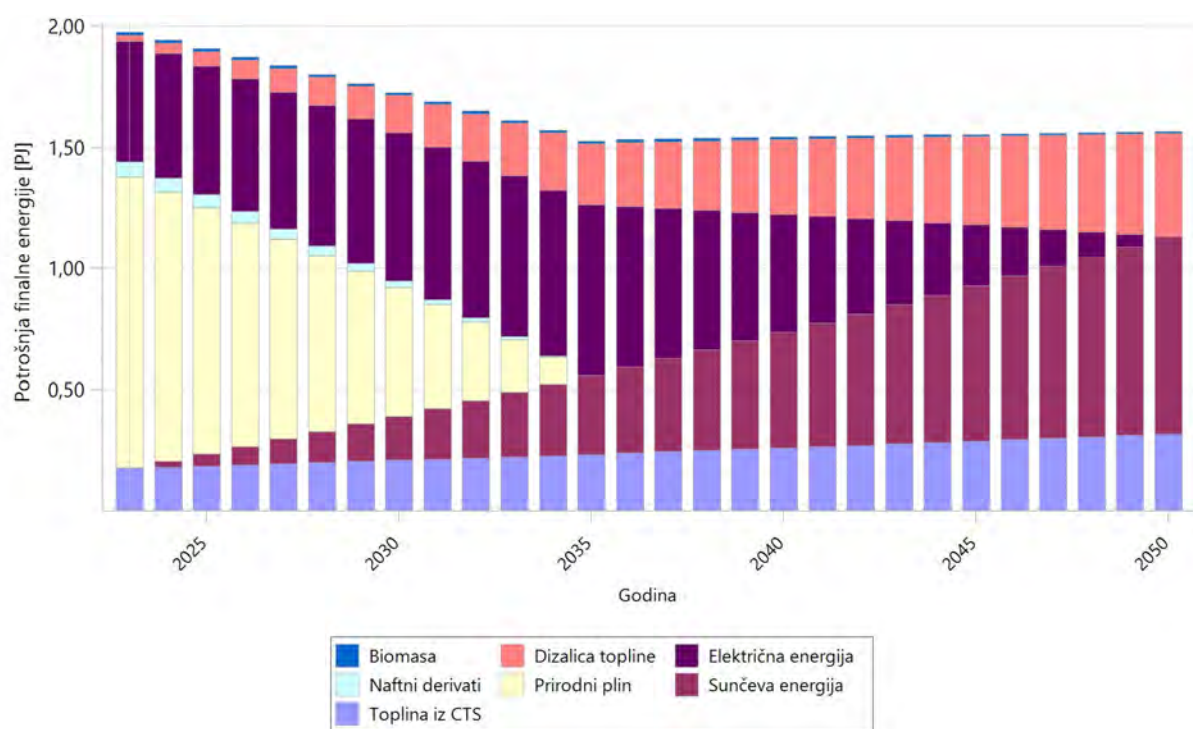
Slika 30. Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za grijanje u sektoru usluga, kontinentalna regija, do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)



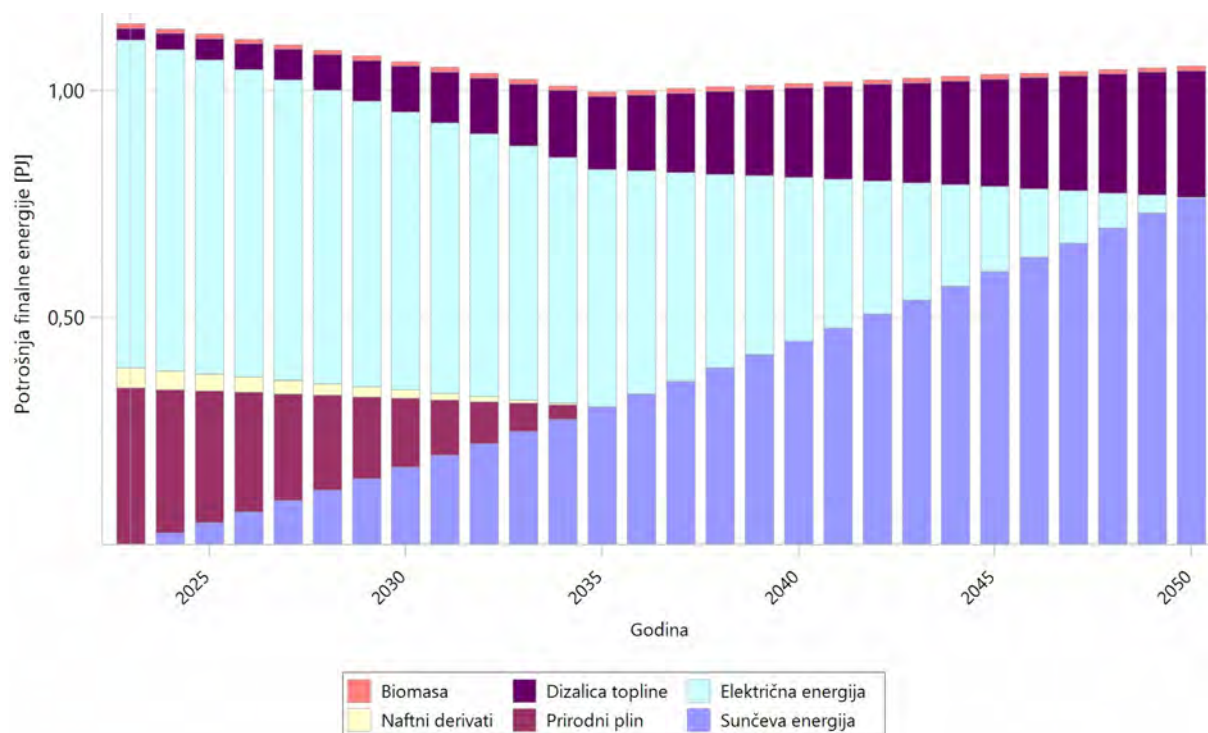
Slika 31. Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za grijanje u sektoru usluga, primorska regija, do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)

U kontinentalnoj regiji, za zagrijavanje PTV-a [Slika 32], predviđena je upotreba topline iz CTS-a, dok ga u primorskoj regiji [Slika 33] nema. Prirodni plin postupno zamjenjuje sunčeva energija i dizalica topline.

Za zagrijavanje PTV u primorskoj regiji pretpostavlja se da će do 2050. godine 30,0% ukupne potrošnje PTV-a biti pokriveno sunčevom energijom, dok će taj udio u kontinentalnoj regiji biti 20,0%.



Slika 32. Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za zagrijavanje PTV-a u sektoru usluga, kontinentalna regija, do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)



Slika 33. Projekcija udjela pojedinih energenata u potrošnji finalne energije za zagrijavanje PTV-a u sektoru usluga, primorska regija, do 2050. godine u scenariju 3 (potpuna obnova zgrada)

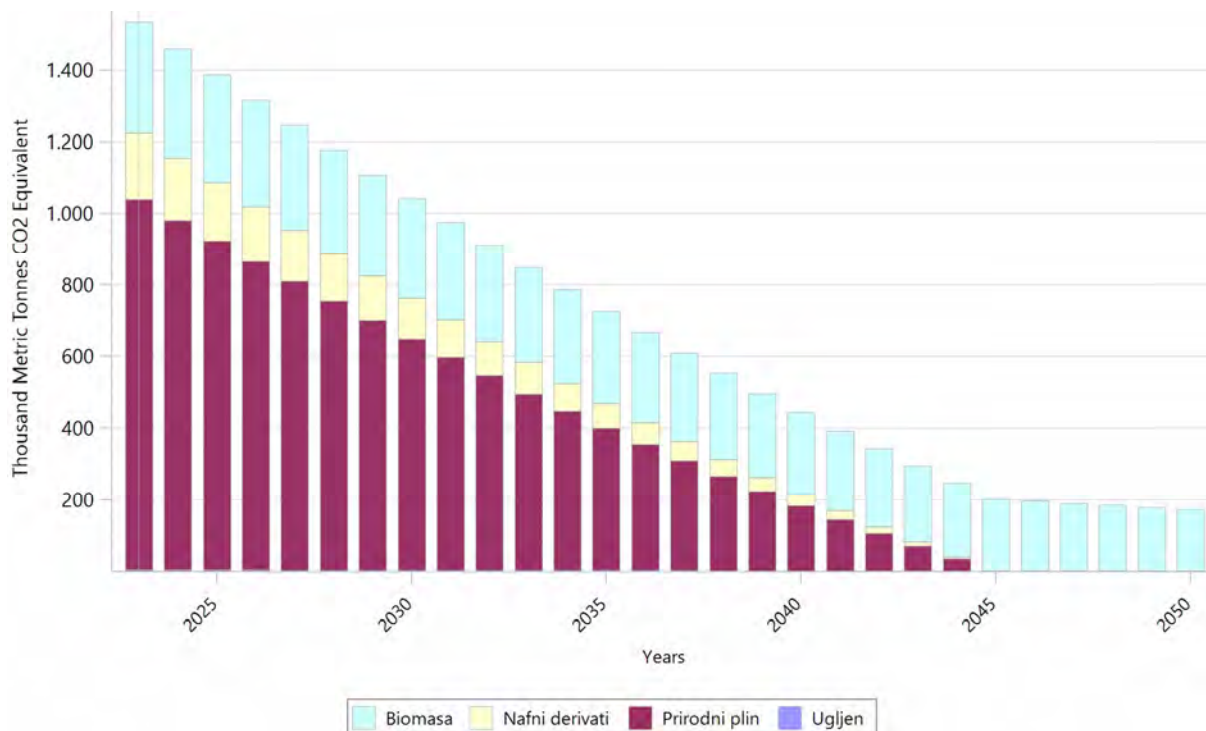
6.3. Emisije CO₂– rezultati

U nastavku su prikazani rezultati emisija CO₂ posebno za sektor kućanstva i posebno za sektor usluga za scenarij 2 i za scenarij 3.

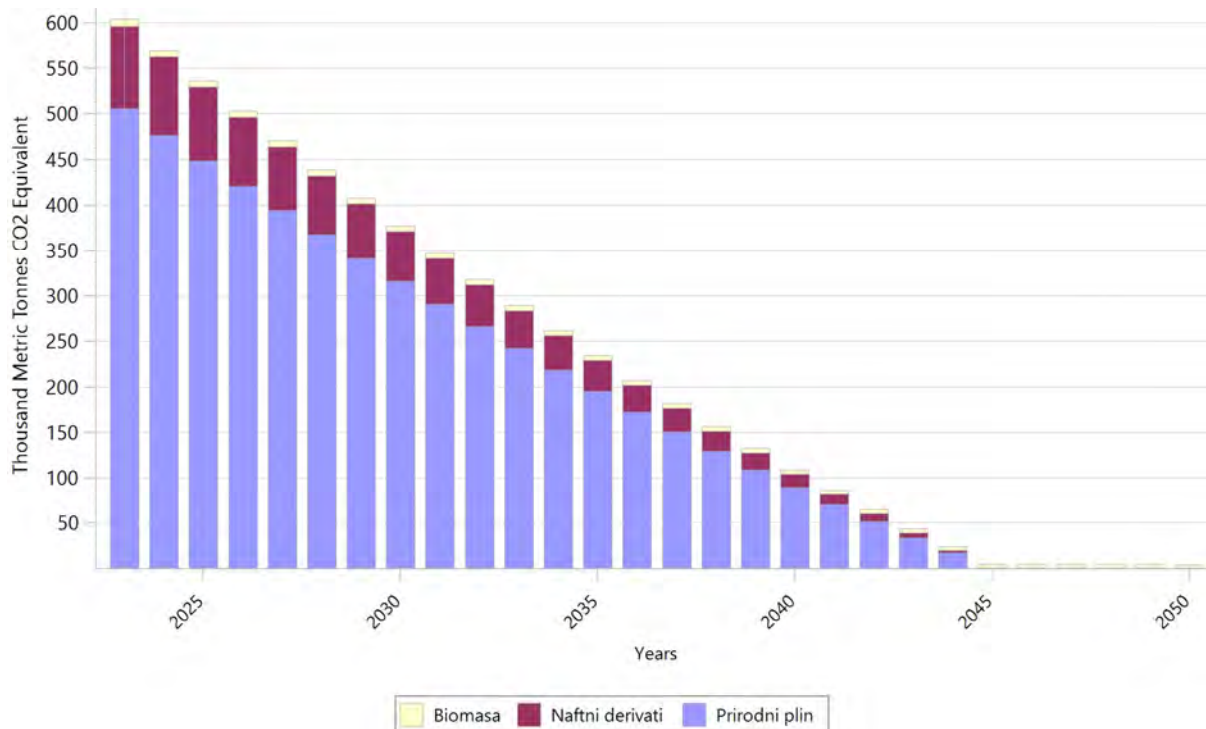
Sve slike u nastavku prikazuju emisije ekvivalentnog CO₂ (tisuće metričkih tona) po godinama, s naglaskom na emisije iz biomase, naftnih derivata i prirodnog plina.

Slika 34 prikazuje ukupne emisije CO₂ u sektoru kućanstava i može se primijetiti da emisije CO₂ kontinuirano opadaju tijekom analiziranog razdoblja. 2045. godine, kada prirodni plin i naftni derivati više nisu prisutni u energetsom miks kućanstava preostale su samo emisije iz biomase, dok se ostatak potrošnje energije u kućanstvima pokriva obnovljivim izvorima energije i električnom energijom.

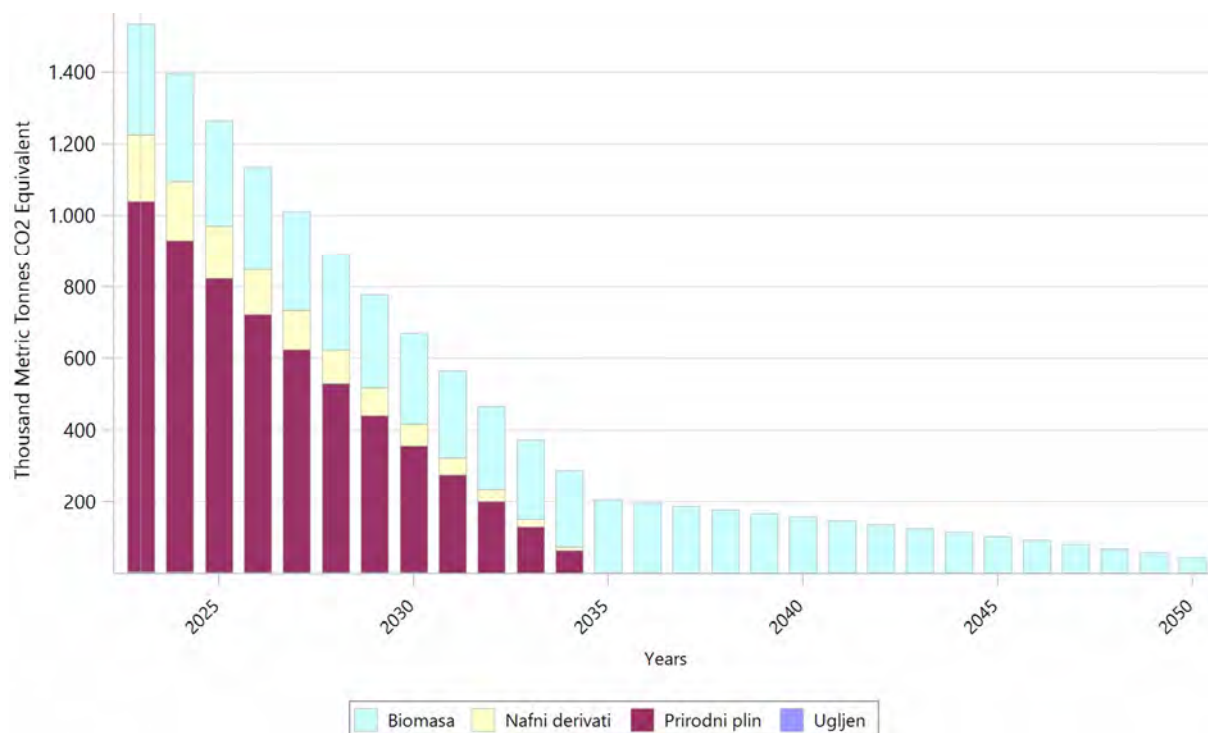
Slika 35 prikazuje značajan pad emisija CO₂ od 2023. do 2045. godine, što je prvenstveno posljedica postupnog smanjenja korištenja prirodnog plina i naftnih derivata. Do 2045. godine emisije gotovo u potpunosti nestaju, pri čemu se nakon te godine pojavljuju samo minimalne emisije iz biomase.



Slika 34. Emisije CO₂ za sektor kućanstva za scenarij 2 (umjerena stopa obnove zgrada)



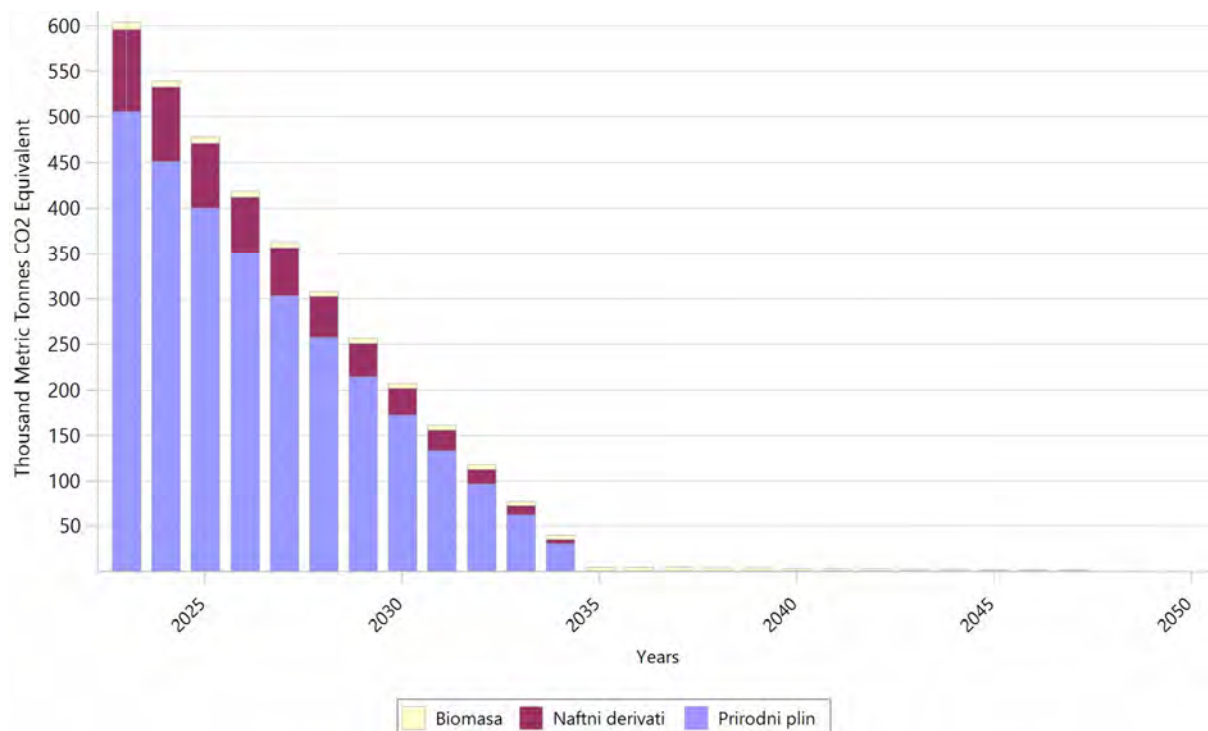
Slika 35. Emisije CO₂ za sektor usluga za scenarij 2 (umjerena stopa obnove zgrada)



Slika 36. Emisije CO₂ za sektor kućanstva za scenarij 3 (potpuna obnova zgrada)

Slika 36 prikazuje projekciju emisija ekvivalenta CO₂ u sektoru kućanstava u razdoblju od 2023. do 2050. godine, pri čemu su emisije razvrstane prema izvorima energije.

Iz prikazanih podataka vidljivo je da ukupne emisije CO₂ u sektoru kućanstava opadaju tijekom analiziranog razdoblja. Do 2050. godine primjetan je značajan pad emisija, što ukazuje na smanjenje ovisnosti o fosilnim gorivima.



Slika 37. Emisije CO₂ za sektor usluga za scenarij 3 (potpuna obnova zgrada)

Slika 37 prikazuje značajan pad emisija CO₂ od 2023. do 2035. godine, što je prvenstveno posljedica postupnog smanjenja korištenja prirodnog plina i naftnih derivata. Do 2035. godine emisije gotovo u potpunosti nestaju, pri čemu se nakon te godine pojavljuju samo minimalne emisije iz biomase.

Ovaj trend jasno ukazuje na dekarbonizaciju energetskeg sektora, pri čemu fosilna goriva postupno izlaze iz upotrebe, a sustav prelazi na energetske učinkovitije i čistije izvore energije.

7. Prijedlog mjera za razdoblje od 2021. do 2030. godine

Sektor zgradarstva u Hrvatskoj suočava se s izazovima visoke potrošnje energije, velikog udjela fosilnih goriva te niskih stopa energetske obnove. Kako bi se unaprijedile postojeće mjere unutar Integriranog nacionalnog energetskog i klimatskog plana (NECP) trebalo bi:

- Povećati stopu energetske obnove zgrada odmah na najmanje 3% godišnje.
- Pojednostaviti administrativnu proceduru za prijavu na sufinanciranje energetske obnove.
- Veće subvencije za dubinsku obnovu (nZEB standard) u odnosu na parcijalne mjere.
- Povećanje dostupnosti povoljnih kredita za privatne vlasnike zgrada.
- Postavljanje minimalnih zahtjeva za integraciju solarne energije, dizalica topline i drugih OIE sustava u sve nove zgrade.
- Povećanje financijskih poticaja za kućanstva koja ugrađuju dizalice topline, solarne panele i kolektore za grijanje vode.
- Povezivanje energetske obnove s poticanjem korištenja obnovljivih izvora energije u postojećim zgradama.
- Poticanje i uspostava zakonske regulative vezane uz građanske energetske zajednice kako bi se moglo zajednički ulagati u obnovljive izvore energije u stambenim zgradama.
- Implementacija pametnih sustava upravljanja energijom u javnim i poslovnim zgradama kako bi se optimizirala potrošnja energije.
- Podrška razvoju pametnih gradova kroz integraciju energetski učinkovitih zgrada u lokalne energetske zajednice.
- Dodatni poticaji za korištenje održivih građevinskih materijala s niskim ugljičnim otiskom u novogradnji i obnovi.
- Osiguravanje financijskih potpora za poboljšanje otpornosti zgrada na ekstremne vremenske uvjete povezane s klimatskim promjenama.
- Povećati stopu sufinanciranja energetske obnove za socijalno ugrožene skupine.
- Omogućiti besplatne energetske savjete i edukacije za kućanstva s niskim prihodima.

Nadogradnja Integriranog nacionalnog energetskeg i klimatskog plana RH za sektor zgradarstva treba biti usmjerena na ubrzanje energetske obnove, veću integraciju obnovljivih izvora energije, digitalizaciju zgrada, povećanje otpornosti na klimatske promjene te borbu protiv energetskeg siromaštva.

8. ZAKLJUČAK

Ovaj rad analizira energetske sektor zgradarstva u Republici Hrvatskoj kroz tri različita scenarija energetske obnove zgrada: Scenarij 1 (Zaustavljanje energetske obnove zgrada), Scenarij 2 (Umjerena stopa obnove zgrada) i Scenarij 3 (Potpuna obnova zgrada). Svaki scenarij nudi različite pristupe i pokazuje različite rezultate u pogledu smanjenja potrošnje energije i emisija CO₂, što je ključno za postizanje ciljeva dekarbonizacije do 2050. godine.

Scenarij 1 predviđa zaustavljanje energetske obnove zgrada, što rezultira stagnacijom u poboljšanju energetske učinkovitosti. Bez energetske obnove, svi postoci udjela u potrošnji ostaju isti kao u baznoj godini. Ovaj scenarij pokazuje važnost energetske obnove i provedbe regulativa kako bi se izbjegle negativne posljedice, poput povećanja potrošnje i emisije stakleničkih plinova. Scenarij 1 predstavlja najnepovoljniji scenarij jer ne pruža nikakve značajne promjene u energetske učinkovitosti zgrada, što znači da će emisije kontinuirano rasti.

Scenarij 2 predviđa umjerenu stopu obnove od 1,5% godišnje. Iako ova stopa obnove smanjuje emisije CO₂ u sektoru zgradarstva, rezultati pokazuju da ona nije dovoljno ambiciozna da bi se postigla značajna smanjenja potrošnje finalne energije. U ovom scenariju, uz stopu rasta novih zgrada od 0,61% godišnje, obnova može do 2050. godine pokriti samo 40,5% kućanstava. Preostali dio zgrada ostaje neobnovljen. Od 2045. godine, prirodni plin i naftni derivati nisu više dio potrošnje u sektoru zgradarstva. Ovaj scenarij pokazuje da i umjerena stopa obnove ima pozitivan utjecaj na smanjenje emisija, ali nije dovoljno učinkovita da bi postigla ciljeve smanjenja energetske potrošnje.

Scenarij 3, potpuna obnova zgrada, predstavlja najambiciozniji pristup i rezultira najvećim smanjenjem emisija CO₂. Ovaj scenarij predviđa prestanak uporabe prirodnog plina i naftnih derivata od 2035. godine nadalje, uz brzu tranziciju na dizalice topline i obnovljive izvore energije. Emisije CO₂ se gotovo značajno smanjuju do 2035. godine, a do 2050. godine zgrade postaju gotovo CO₂ neutralne (preostaju emisije samo iz biomase). Ovaj scenarij omogućava ostvarenje ciljeva dekarbonizacije, čineći ga najprikladnijim za postizanje klimatskih ciljeva do 2050. godine.

LITERATURA

- [1] Europsko vijeće, Vijeće europske unije, Europski zeleni plan, <https://www.consilium.europa.eu/hr/policies/green-deal/>
- [2] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640>
- [3] <https://www.door.hr/can-europe-o-odluci-o-energetskoj-ucinkovitosti-eu-a-politicari-se-zadovoljavaju-oskudnom-prosjecnoscu/>
- [4] <https://tlaprojekt.hr/zgrade-gotovo-nulte-energije-nzeb/>
- [5] European Commission, Renovation Wave Strategy, 2023, https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave_en
- [6] Republika Hrvatska, Ministarstvo gospodarstva, Integrirani nacionalni energetske i klimatski plan za Republiku Hrvatsku za razdoblje od 2021. do 2030. godine, kolovoz 2024
- [7] Pravilnik o energetske pregledu zgrade i energetske certificiranju („Narodne novine“ broj 88/17, 90/20, 1/21, 45/21)
- [8] Hrvatska gospodarska komora, Županije - razvojna raznolikost i gospodarski potencijali, 2021./2022. <https://hgk.hr/documents/analiza-zupanija-2021-f-web61e92db81b50d.pdf>
- [9] Republika Hrvatska, Energija u Hrvatskoj 2023, Godišnji energetske pregled, https://eihp.hr/wp-content/uploads/2024/12/Energija-u-HR-2023_WEB_novo.pdf
- [10] Republika Hrvatska, Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine, Program energetske obnove višestambenih zgrada za razdoblje do 2030. godine, prosinac 2021, https://mpgi.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/EnergetskaUcinkovitost/Program_energetske_obnove_VS_zgrada_do_2030.pdf
- [11] Vlada Republike Hrvatske, RESFLEX, Mapiranje potreba za energijom: električna, toplinska, rashladna energija i transport <https://het.hr/wp-content/uploads/2018/10/Mapiranje-potreba-za-energijom-elektri%C4%8Dna-toplinska-rashladna-energija-i-transport.pdf>
- [12] Eurostat, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_consumption_in_households&action=statep-seat&lang=hr

- [13] https://www.daikin.hr/hr_hr/faq/what-is-meant-by-the-terms-cop-and-eer-.html
- [14] Narodne novine 98/2021, 30/22, 96/23 Pravilnik o sustavu za praćenje, mjerenje i verifikaciju ušteda energije <http://thoriumaplus.com/wp-content/uploads/2023/08/Pravilnik-o-sustavu-za-pracenje-mjerenje-i-verifikaciju-usteda-energije-NN-96-23-prociscei-tekst.pdf>
- [15] Republika Hrvatska, Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine, Dugoročna strategija obnove nacionalnog fonda zgrada do 2050. godine, prosinac 2020.
- [16] Energetski institut Hrvoje Požar, Analize i podloge za izradu Strategije energetskog razvoja Republike Hrvatske, ZELENA KNJIGA, veljača 2019, [https://mingo.gov.hr/UserDocsImages/UPRAVA%20ZA%20ENERGETIKU/Strategije,%20planovi%20i%20programi/Analiza%20i%20podloga%20za%20izradu%20Strategije%20energetskog%20razvoja%20Republike%20Hrvatske%20-ZELENA%20KNJIGA%20_kona%C4%8Dna%20verzija%20\(002\).pdf](https://mingo.gov.hr/UserDocsImages/UPRAVA%20ZA%20ENERGETIKU/Strategije,%20planovi%20i%20programi/Analiza%20i%20podloga%20za%20izradu%20Strategije%20energetskog%20razvoja%20Republike%20Hrvatske%20-ZELENA%20KNJIGA%20_kona%C4%8Dna%20verzija%20(002).pdf)
- [17] <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/hr/sheet/69/energy-efficiency>