

DOPRINOS ENERGETSKE UČINKOVITOSTI U ZGRADARSTVU ELEKTROENERGETSKOM SUSTAVU RH

Lovrić, Ante

Graduate thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split / Sveučilište u Splitu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:228:296213>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-10**



Repository / Repozitorij:

[Repository of University Department of Professional Studies](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE

Specijalistički diplomski stručni studij Elektrotehnike

ANTE LOVRIĆ

ZAVRŠNI RAD

**DOPRINOS ENERGETSKE UČINKOVITOSTI U
ZGRADARSTVU ELEKTROENERGETSKOM
SUSTAVU RH**

Split, rujan 2023.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE

Specijalistički diplomski stručni studij Elektrotehnike

Predmet: Upravljanje energetske sustavima

ZAVRŠNI RAD

Kandidat: Ante Lovrić

Naslov rada: Doprinos energetske učinkovitosti u zgradarstvu elektroenergetskom sustavu RH

Mentor: mr. sc. Zdravko Jadrijević, v. pred.

Split, rujan 2023.

SADRŽAJ

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | UVOD..... | 1 |
| 2 | ELEKTROENERGETSKI SUSTAV RH | 2 |
| 2.1 | Proizvodnja..... | 3 |
| 2.2 | Prijenos..... | 6 |
| 2.3 | Distribucija | 9 |
| 2.4 | Potrošači..... | 13 |
| 3 | ENERGETSKA UČINKOVITOST..... | 16 |
| 3.1 | Energetski certifikat | 17 |
| 3.2 | Algoritmi za proračun energetske učinkovitosti..... | 19 |
| 3.2.1 | Glavni algoritmi..... | 19 |
| 3.2.2 | Alternativni prikaz glavnih algoritama | 21 |
| 3.2.3 | Primjer algoritamskih rezultata stvarne zgrade | 24 |
| 4 | UTJECAJ ENERGETSKE UČINKOVITOSTI NA ZGRADARSTVO | 28 |
| 4.1 | Usporedba starijih i novih zgrada | 28 |
| 4.2 | Prosječna potrošnja zgrade..... | 32 |
| 4.3 | Uštede energije u zgradarstvu | 34 |
| 4.4 | Mjere štednje | 39 |
| 4.5 | Primjer štednje jedne zgrade | 42 |
| 4.6 | Investicije u mjere učinkovitosti zgradarstva | 44 |
| 5 | ZAKLJUČAK..... | 46 |
| | LITERATURA | 48 |
| | POPIS SLIKA..... | 50 |
| | POPIS TABLICA | 51 |

SAŽETAK

Ovaj rad analizira energetska učinkovitost u sektoru zgradarstva i njen potencijalni utjecaj na elektroenergetski sustav. Metodom usporedbe energetske učinkovitosti između starijih i novih građevina, istražuje se upotreba energetske certifikata koji se generiraju putem algoritamskog proračuna. Primjer stvarnih rezultata algoritamskih proračuna prezentiran je u samom radu. U sklopu ovog rada, identificirane su strategije za poboljšanje energetske efikasnosti zgrada, s ciljem smanjenja operativnih troškova za njihove stanare i poticanja investicija u implementaciju tih mjera.

Ključne riječi: energetska učinkovitost, energetski certifikat, zgradarstvo, algoritmi

SUMMARY

This paper examines energy efficiency in the construction sector and its potential impact on the electrical power system. Through a comparative analysis of energy efficiency between older and newer buildings, the use of energy certificates generated through algorithmic calculations is explored. An example of actual algorithmic calculation results is presented in the paper. Within the scope of this work, strategies for improving building energy efficiency have been identified, with the aim of reducing operational costs for occupants and promoting investments in the implementation of these measures.

Keywords: energy efficiency, energy certificate, construction, algorithms

1 UVOD

U ovom radu istražit će se različiti aspekti elektroenergetskog sustava Hrvatske, a poseban naglasak bit će stavljen na energetska učinkovitost kao ključni faktor održivosti i optimizacije resursa u ovom sektoru.

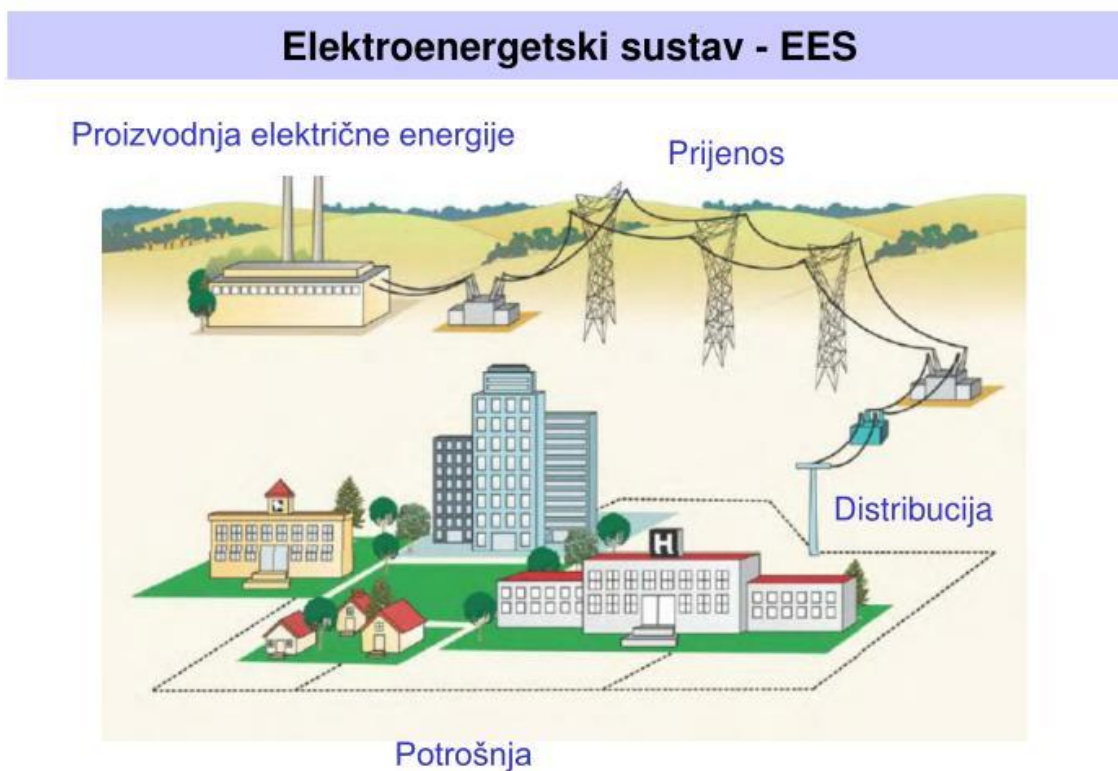
Prvo, analizirat će se raznoliki izvori električne energije poput termoelektrana, hidroelektrana, vjetroelektrana i solarnih panela te njihovu važnost za stabilnu opskrbu. Zatim, prijenos električne energije kroz visokonaponske mreže i transformatorske stanice, ključne za ravnotežu i sigurnost sustava. Na kraju, razmotrit će se distribucija električne energije na regionalnoj razini i njezinu kvalitetu za potrošače. Energetska učinkovitost postaje sve važnija u kontekstu održivosti i smanjenja potrošnje energije. Stoga, razmotrit će se kako energetska certifikati i algoritmi mogu pomoći u optimizaciji potrošnje energije u različitim sektorima, uključujući industriju, komercijalne objekte i kućanstva.

Poseban fokus bit će na utjecaju energetske učinkovitosti na zgradarstvo. Usporedit će se stare i nove zgrade kako bi se istaknule prednosti i nedostaci u pogledu učinkovitosti energije. Osim toga, razmotrit će se različite mjere štednje energije i investicije koje se mogu poduzeti kako bi se postojeće zgrade unaprijedile u smislu energetske učinkovitosti.

Kroz ovaj rad, pokušat će se postići dublje razumijevanje elektroenergetskog sustava Hrvatske i njegove veze s energetska učinkovitosti te istražiti kako ove komponente zajedno utječu na održivost i ekonomsku učinkovitost zemlje.

2 ELEKTROENERGETSKI SUSTAV RH

Kako bi se ocijenio utjecaj elektroenergetske učinkovitosti u sektoru građevinarstva na cjelokupni elektroenergetski sustav, prvo je bitno navesti elemente koji čine elektroenergetski sustav jedne zemlje. U Republici Hrvatskoj, kao i u drugim zemljama, elektroenergetski sustav obuhvaća sljedeće komponente: proizvodnju, prijenos, distribuciju i potrošnju električne energije. Iako su sve navedene komponente važne, njihova važnost i doprinosi mogu varirati. Postizanje napretka u svakoj od ovih sastavnica pridonosi poboljšanju kvalitete elektroenergetskog sustava (EES-a). [1] Cjelokupni prikaz EES-a vidljiv je na slici 2.1.



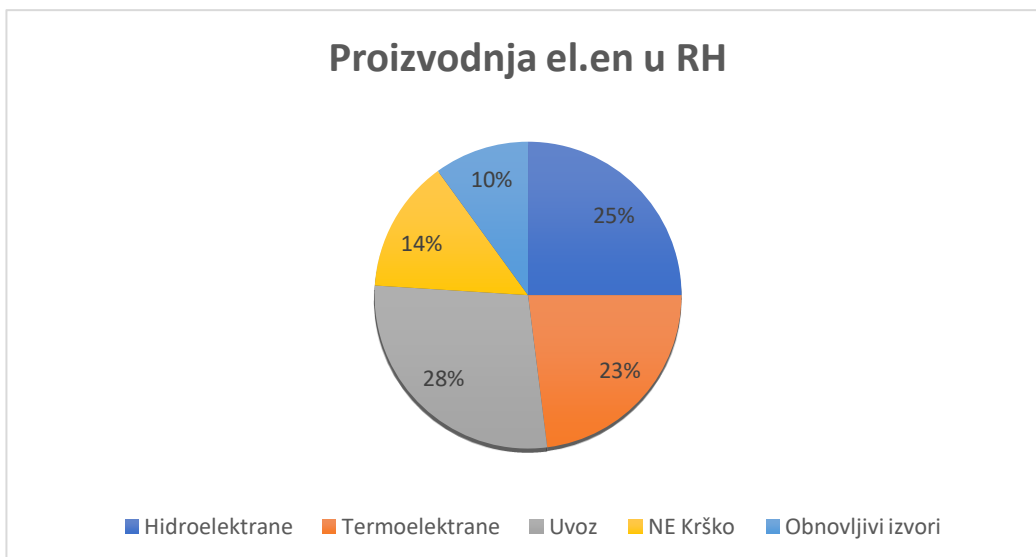
Slika 2.1 Prikaz EES-a [1]

2.1 Proizvodnja

Proizvodnja predstavlja primarnu i prvu granu unutar elektroenergetskog sustava, označavajući početak cjelokupnog procesa. Električna energija nastaje u elektranama koje koriste različite izvore kako bi generirale energiju, koja se potom prenosi dalje putem prijenosnog sustava. U Republici Hrvatskoj, nažalost, većinski udio električne energije dolazi iz uvoza. Nakon toga, najveći doprinos potječe iz hidroelektrana, čineći 25%, dok termoelektrane pridonose s 23%. Nuklearna elektrana Krško čini 14% ukupne proizvodnje, dok obnovljivi izvori čine najmanji dio s 10%. [4]

Navedene informacije datiraju iz 2022. godine i predstavljaju najsvježije podatke dostupne u trenutku pisanja ovog rada.

Svrha svake elektroenergetske proizvodnje jest generirati veću količinu električne energije uz istodobno smanjenje troškova s glavnim ciljem osiguranja pouzdane i stabilne opskrbe. Očigledno, povećanje broja stanovnika dovodi do rasta broja stambenih jedinica i tvornica, što ujedno potiče razvoj i poboljšanje kapaciteta proizvodnje električne energije. Također, jednako je važno racionalizirati potrošnju električne energije gdje god je to izvedivo. Racionalizacija potrošnje energije rezultira smanjenjem potrebnih kapaciteta proizvodnje, pa time ujedno i manjim troškovima. Udio proizvodnje pojedinog tipa elektrane vidi se na slici 2.2.



Slika 2.2 Dijagramski prikaz proizvodnje električne energije u RH [4]

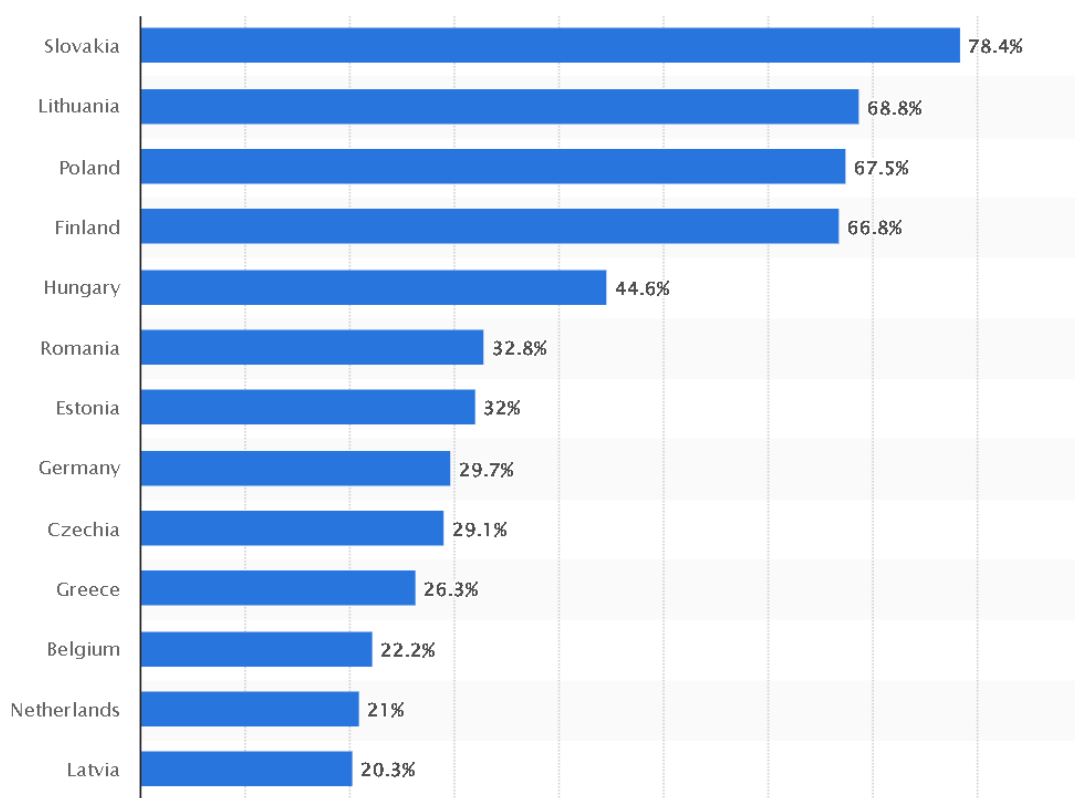
Tijekom posljednjeg desetljeća unutar Europske unije, teži se smanjenju količine CO₂ u atmosferi, što se postiže smanjenjem broja termoelektrana i povećanjem udjela obnovljivih izvora energije. Odnosno, smanjenjem ovisnosti proizvodnje o fosilnim gorivima. Kao članica Europske unije, Republika Hrvatska je obvezna pridržavati se propisa, što se vidi u trendu porasta udjela proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije. Primarno se radi o vjetroelektranama, čiji su većinski vlasnici strani investitori, a ne sama država. Ovaj razvoj bi mogao rezultirati dugoročnim izazovima ako udio obnovljivih izvora nastavi dalje rasti. Primarno je riječ o unaprjeđenju same infrastrukture mreže.

Glavni izazov u domaćoj proizvodnji električne energije proizlazi iz nužnosti uvoza. Republika Hrvatska trenutno nije u mogućnosti zadovoljiti sve potrebe za električnom energijom iz vlastitih izvora, stoga je prisiljena osloniti se na značajan uvoz kako bi osigurala dovoljno energije za svoje potrošače. Ovaj aspekt nosi određene nepovoljne posljedice koje treba uzeti u obzir.

Prva i najvažnija posljedica je ekonomska ovisnost o drugim zemljama i stanju njihovih energetske tržista. Kao rezultat visokog uvoza, Republika Hrvatska postaje ekonomski ranjiva jer je njena energetska budućnost u velikoj mjeri povezana s cijenama i politikama drugih zemalja. To može rezultirati fluktuacijama u cijenama električne energije na domaćem tržištu i stvoriti neizvjesnost za potrošače i industriju.

Osim toga, visoki udio uvoza energije donosi i geopolitičke rizike. Ovisnost o drugim zemljama za energetske opskrbu može izložiti zemlju nestabilnostima ili promjenama u odnosima s tim zemljama. Primjeri poput situacije u kojoj se Europska unija našla zbog ovisnosti o ruskom plinu ističu potencijalne rizike ovisnosti o stranim izvorima energije. [7]

Na slici 2.3 bolje se vidi ovisnost pojedine države o Ruskom plinu.



Slika 2.3 Ovisnost država EU o Ruskom plinu [7]

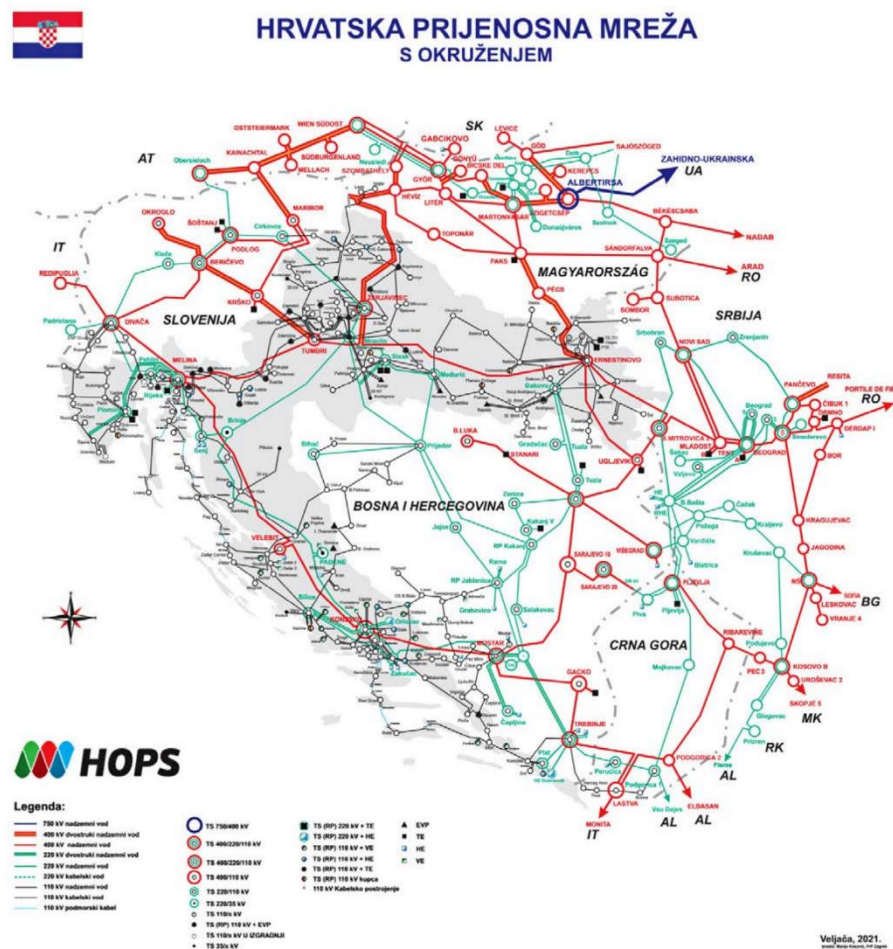
Kako bi se smanjila ta ovisnost i minimizirali rizici, Republika Hrvatska bi trebala ulagati u raznolikost svojih izvora energije, posebno u obnovljive izvore kao što su solarna i vjetrena energija te poticati povećanje domaće proizvodnje. Time bi se osigurala veća energetska sigurnost, manja izloženost promjenama cijena i geopolitičkim nesigurnostima te dugoročna stabilnost energetskega sektora.

2.2 Prijenos

Prijenosni sustav je dio EES-a zadužen za prijenos električne energije od proizvodnje do distribucije. Električna energija se prenosi na velike udaljenosti koristeći visoki napon kako bi se minimalizirali gubici energije koji nastaju zbog otpora vodiča i pratećeg zagrijavanja, što je vidljivo iz Ohmovog zakona. U Republici Hrvatskoj, prijenosna mreža obuhvaća naponske nivoe 400 kV, 220 kV i 110 kV. [2]

Uz rast obnovljivih izvora energije (OIE), Hrvatska se također prilagođava integraciji OIE putem modernizacije mreže. Osim toga, Hrvatska sudjeluje u unutarnjem tržištu električne energije Europske unije, a prijenosni sustav igra ključnu ulogu u podržavanju trgovine električnom energijom među različitim tržišnim sudionicima. Budući da su prijenosni sustavi svih država u Europi međusobno povezani, postoji organizacija pod imenom ENTSO-e (European Network of Transmission System Operators for Electricity) koja okuplja sve operatere Europskih prijenosnih sustava. ENTSO-E također igra značajnu ulogu u podržavanju integracije europskih elektroenergetskih tržišta, što doprinosi konkurenciji i efikasnosti u sektoru električne energije. Organizacija također koordinira operativne aspekte prijenosa električne energije, kao što su balansiranje ponude i potražnje, kako bi održala stabilnost elektroenergetske mreže. Osim toga, ENTSO-E surađuje s europskim institucijama kako bi oblikovala energetska politiku i regulativu koja promiče održivu i sigurnu opskrbu električnom energijom u Europi. Kroz svoj rad, ENTSO-E doprinosi ostvarivanju ciljeva europske energetske politike, uključujući integraciju obnovljivih izvora energije, smanjenje emisija stakleničkih plinova i stvaranje europskog elektroenergetskog jedinstvenog tržišta. [3]

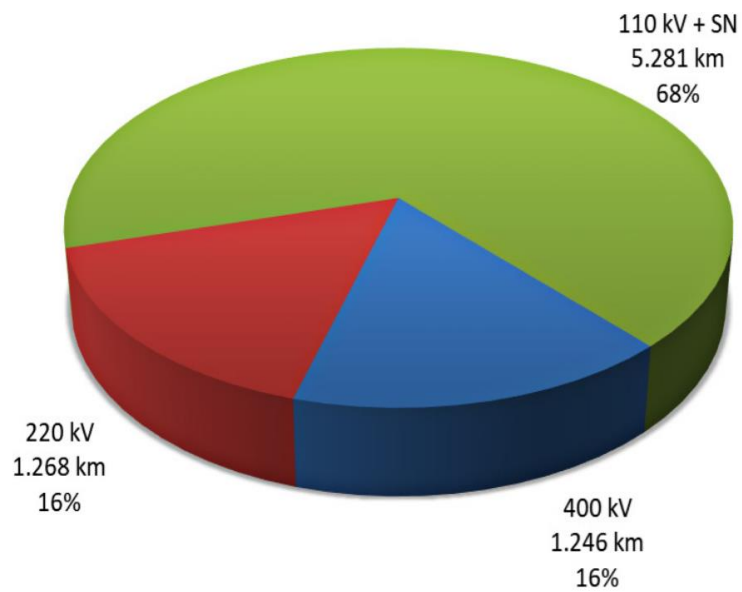
S obzirom na to da cijela proizvedena električna energija iz elektrana prolazi kroz prijenosni sustav, ključno je održavati stabilnost i visoku kvalitetu prijenosa energije. Međutim, u Republici Hrvatskoj, postoji problem u gotovo radijalnoj izvedbi prijenosne mreže što je jasnije vidljivo na slici 2.4. Ovaj dizajn znači da u slučaju oštećenja dalekovoda može doći do prekida napajanja u pojedinim regijama, što se pokazalo problematičnim u prošlosti.



Slika 2.4 Prijenosna mreža s okruženjem [5]

Kontinuirane investicije u hrvatsku prijenosnu mrežu svjedoče o predanosti poboljšanju njezine infrastrukture, što ima pozitivan utjecaj na cjelokupnu učinkovitost sustava. Unaprjeđivanje i revitalizacija postojeće strukture igra ključnu ulogu u podizanju kvalitete mreže. Uz to, brz razvoj tehnologije otvara put ka smanjenju energetske gubitaka i omogućava brže otkrivanje i rješavanje potencijalnih kvarova, ukoliko do njih dođe. Sve ovo

zajedno stvara temelj za stabilniju, sigurniju i pouzdaniju elektroenergetsku mrežu, koja je spremna nositi se s budućim izazovima i potrebama potrošača.



Slika 2.5 Ukupna duljina prijenosne mreže [5]

Prijenosna mreža u RH, prema podacima iz 2020. godine, obuhvaća 2514 kilometara, što čini samo 32% ukupne mreže, dok preostali dio obuhvaća srednjenaponsku i niskonaponsku mrežu koja pripada distribuciji. [5] Udio po naponskim razinama se vidi na slici 2.5.

2.3 Distribucija

Distribucija električne energije obuhvaća različite naponske razine, uključujući 35 kV, 20 kV, 10 kV i 0,4 kV. Odgovornost za upravljanje distribucijskom mrežom u Hrvatskoj leži u rukama HEP ODS-a, hrvatskog operatora distribucijskog sustava. HEP ODS je odgovoran za vođenje, održavanje, izgradnju i razvoj distribucijske mreže. [6]

Distribucijski sustav predstavlja ključnu vezu između visokonaponskog prijenosnog sustava i krajnjih potrošača, osiguravajući siguran i pouzdan prijenos električne energije do kućanstava i industrijskih objekata.

Područje Republike Hrvatske je podijeljeno na 21 distribucijsku regiju, poznatu kao "elektra", pri čemu svaka nosi ime po glavnom gradu ili nazivu regije u tom području. Ove elektrone su ključni organizacijski segmenti unutar distribucijskog sustava, osiguravajući da električna energija stigne do svakog dijela zemlje na učinkovit i pouzdan način. Sve elektrone vidljive su na slici 2.6. [9]



Slika 2.6 Elektre u RH [10]

Kriteriji planiranja razvoja distribucijske mreže su slijedeći:[10]

- dopušteno opterećenje elemenata mreže
- dopušteno odstupanje napona
- pouzdanost napajanja
- utjecaj obnove distribucijske mreže

Iz prethodno navedenih kriterija lako se uočava kako je napredak i kontinuirana osiguranost energetske opskrbe povezana s ključnim komponentama električne mreže. Te komponente uključuju nadzemne i podzemne vodove, trafostanice, električne stupove te druge strukturne elemente. Ovi građevinski elementi su ključni za održavanje stabilnog razvoja i neometane opskrbe električnom energijom. Kao što je prethodno objašnjeno, distribucijska mreža čini most između energetskeg sustava i krajnjih potrošača, što znači da prilagodba i reakcija na potrebe potrošača imaju prioritet. Međutim, racionalno upravljanje potrošnjom električne energije od strane korisnika igra ključnu ulogu u optimizaciji distribucije, pridonoseći ne samo djelotvornosti distribucijskog sustava, već i cjelokupnom električnom energetskeg sustavu. Ovo će biti detaljnije objašnjeno u drugim poglavljima.

Bitno je napomenuti postojanje tarifnih sustava koje HEP koristi kako bi potaknuo svoje korisnike da električnu energiju koriste u razdobljima niske potrošnje, primjerice tijekom noći. Ovaj poticaj se ostvaruje putem primjene različitih tarifa, pri čemu je niža tarifa dostupna tijekom noćnih sati, dok je viša tarifa primjenjiva tijekom dnevnih sati. No, važno je napomenuti da se trajanje više i niže tarife razlikuje ovisno o sezoni, odnosno zimi i ljeti. Tijekom zimskog razdoblja, viša tarifa se primjenjuje od 7 do 21 sat, dok je niža tarifa dostupna od 21 do 7 sati. Ljeti, pak, vrijeme kada je na snazi viša tarifa je od 8 do 22 sata, dok niža tarifa vrijedi od 22 do 8 sati. [11] Također, dostupni su različiti tarifni modeli koje korisnici mogu odabrati, uključujući Plavi, Bijeli, Crveni i Crni model. Ovim pristupom korisnicima se omogućuje veća kontrola nad njihovom potrošnjom električne energije te poticanje na energetske učinkovitu uporabu električne energije tijekom vremenskih razdoblja kada je opterećenje na mreži manje.

Tarifni model Plavi sadrži tarifne stavke za sljedeće tarifne elemente: [11]

- radna energija po jedinstvenoj dnevnoj tarifi (€/kWh),
- prekomjerna jalova energija (€/kvarh) i
- naknada za obračunsko mjerno mjesto (€/mj).

Tarifni model Bijeli sadrži tarifne stavke za sljedeće tarifne elemente: [11]

- radna energija po višoj dnevnoj tarifi (€/kWh),
- radna energija po nižoj dnevnoj tarifi (€/kWh),
- prekomjerna jalova energija (€/kvarh) i
- naknada za obračunsko mjerno mjesto (€/mj).

Tarifni model Crveni odnosi se na korisnike mreže iz kategorije poduzetništvo s priključnom snagom većom od 20 kW i sadrži tarifne stavke za sljedeće tarifne elemente: [11]

- radna energija po višoj dnevnoj tarifi (€/kWh),
- radna energija po nižoj dnevnoj tarifi (€/kWh),
- obračunska vršna radna snaga (€/kW),
- prekomjerna jalova energija (€/kvarh) i
- naknada za obračunsko mjerno mjesto (€/mj).

Tarifni model Žuti (javna rasvjeta) sadrži tarifne stavke za sljedeće tarifne elemente: [11]

- radna energija po jedinstvenoj dnevnoj tarifi (€/kWh) i
- naknada za obračunsko mjerno mjesto (€/mj).

Tablica 2.1 Cijene po tarifnim modelima [12]

| Kategorija | | Tarifni model | Tarifni element | | | | | | | |
|------------|-------------|---------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------|
| | | | Radna energija [kWh] | | | | | | Naknada za opskrbu [Mjesec] | |
| | | | JT | | VT | | NT | | | |
| | | | Tarifne stavke | | | | | | | |
| | | EUR | HRK | EUR | HRK | EUR | HRK | EUR | HRK | |
| Kućanstvo | Niski napon | Plavi | 0,070276 (0,079412) | 0,529495 (0,598329) | - | - | - | - | 0,982 (1,110) | 7,399 (8,361) |
| | | Bijeli | - | - | 0,074789 (0,084512) | 0,563498 (0,636753) | 0,036697 (0,041468) | 0,276494 (0,312438) | 0,982 (1,110) | 7,399 (8,361) |
| | | Crveni | - | - | 0,074789 (0,084512) | 0,563498 (0,636753) | 0,036697 (0,041468) | 0,276494 (0,312438) | 0,982 (1,110) | 7,399 (8,361) |
| | | Crni | 0,029000 (0,032770) | 0,218501 (0,246906) | - | - | - | - | 0,053 (0,060) | 0,399 (0,451) |

2.4 Potrošači

Električna energija putuje kroz elektroenergetski sustav (EES) kako bi stigla do krajnjih korisnika, koji su potrošači ove energije. Ova skupina uključuje raznolike entitete kao što su domaćinstva, industrijske pogone te različite infrastrukturne objekte povezane s distribucijskom mrežom. Da bi se osigurala ravnomjerna opskrba, potrošači su grupno spojeni na trafostanice s različitim naznačenim snagama, poput 35/0.4 kV, 20/0.4 kV i 10/0.4 kV. [13]

Broj potrošača električne energije raste paralelno s povećanjem populacije i napretkom tehnologije. Ovaj rast je osmišljen u smislu snage koju potrošači koriste i broja električnih uređaja u uporabi. Kako bi se osigurala neprekidna i stabilna opskrba, neophodno je proaktivno planirati izgradnju novih trafostanica. Ovaj zadatak pada pod odgovornost distribucijskog sustava, čije je cilj osigurati da električna energija doseže svoje odredište.

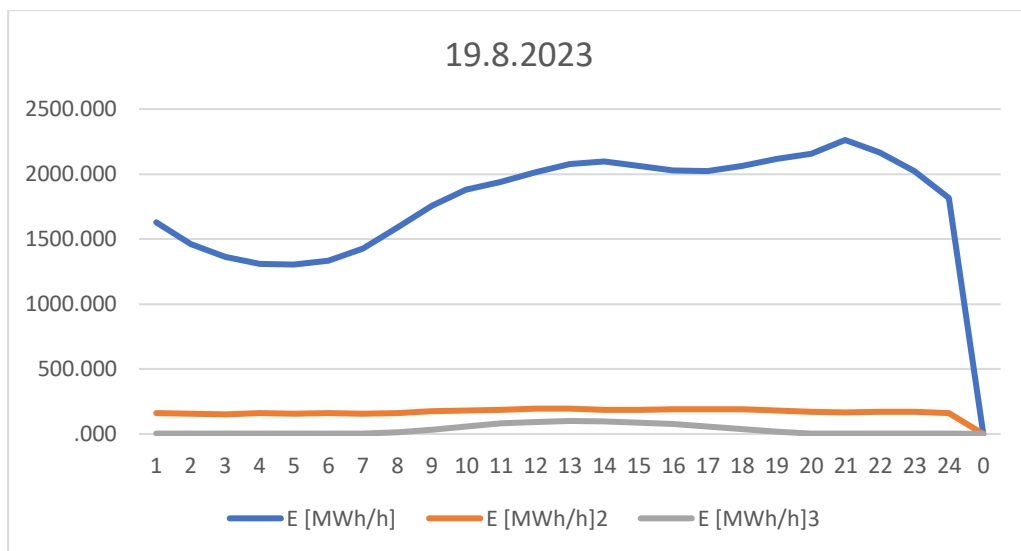
Najveći potrošači električne energije su industrijske tvornice. Kako bi se osigurala optimalna opskrba ovim velikim potrošačima, često se izvodi posebna veza na vlastitu trafostanicu. Ovo osigurava da tvornica ima neovisan pristup električnoj energiji, što je posebno važno s obzirom na intenzivnu potrošnju energije u industrijskim procesima.

Sveukupno, dinamika potrošača električne energije predstavlja složen balans između rasta populacije, tehnološkog napretka i potrebe za infrastrukturnim razvojem. Osiguranje dostatne snage i pouzdane distribucije ključni su za osiguravanje energetske stabilnosti i održavanje kontinuiranog razvoja društva. Dnevni obrazac potrošnje električne energije prikazuje se putem dijagrama opterećenja, koji vizualno prikazuje fluktuaciju potrošnje tijekom različitih dijelova dana. Iako bi idealno bilo da se proizvodnja i potrošnja podudaraju u potpunosti, ovakva ravnoteža često nije ostvariva u stvarnosti. Ovaj dijagram potrošnje ima varijacije koje su povezane s mjesečnim i sezonskim promjenama.

Očito je da tijekom dana potrošnja električne energije ne ostaje konstantna, već varira ovisno o različitom dobu dana. Ova varijacija u potrošnji definira koncept vršnog opterećenja, što predstavlja period kada je potrošnja najviša. Kako bi se izbjegla situacija nedostatne proizvodnje da bi se zadovoljila potrošnja, potrebno je planirati proizvodnju električne energije u skladu s ovim varijacijama te uvesti ostatak potrebne energije iz druge države.

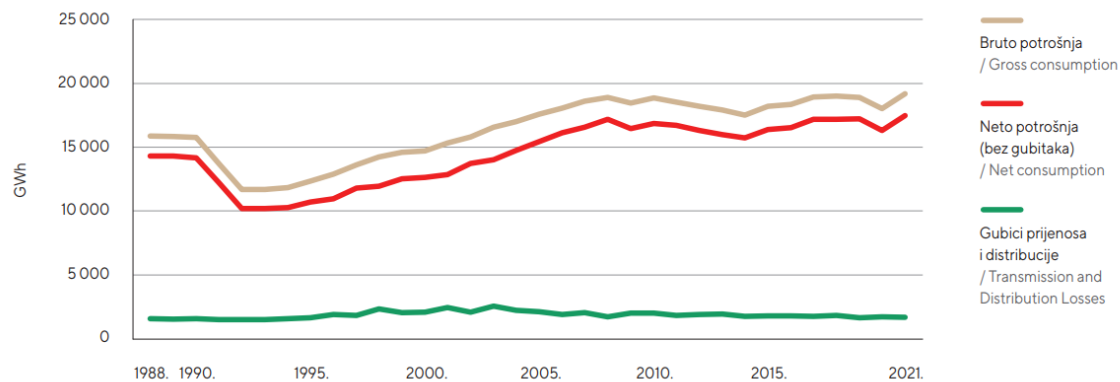
Dodatno, važno je uzeti u obzir i sezonske faktore koji utječu na potrošnju električne energije. Na primjer, tijekom zimskih mjeseci može se primijetiti povećana potrošnja zbog grijanja, dok ljeti korištenje klimatizacije može generirati dodatno opterećenje. Stoga je optimizacija proizvodnje i upravljanje potrošnjom ključno kako bi se osigurala stabilna i pouzdana opskrba električnom energijom, minimizirajući rizik od potencijalnih prekida ili nedostatka električne energije tijekom različitih vremenskih i potrošačkih uvjeta.

Dnevni dijagram svakog dana može se preuzeti na stranici HEP-a. Dana 19.8.2023 dijagram opterećenja je izgledao kao na slijedećoj slici.



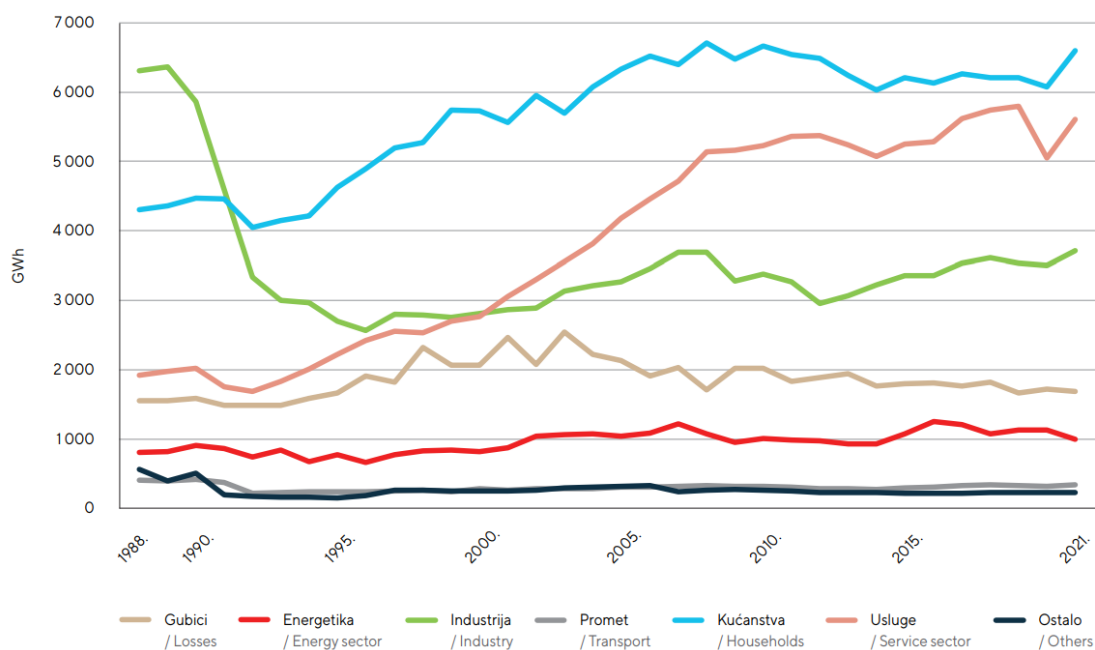
Slika 2.7 Dnevni dijagram opterećenja [12]

Iz dijagrama 2.7 je vidljivo kako je najveća potrošnja za taj određeni dan zabilježena oko 21 sat i oko 14 sati. Za svaki pojedini dan, vršno opterećenje se razlikuje, no moguće je prepoznati određeni uzorak po kojem se otprilike može predvidjeti kada će se javiti vršno opterećenje.



Slika 2.8 Usporedba potrošnje električne energije [21]

Tijekom razdoblja od 1995. do 2021. godine, bilježi se promjenjiva potrošnja električne energije s postupnim rastom. Očekuje se da će se ovaj trend rasta potrošnje nastaviti u narednim godinama što prikazuje slika 2.8. Ako se analizira potrošnja električne energije prema sektorima tijekom istog vremenskog razdoblja, primjećuje se kako su kućanstva postala najveći potrošači, prestigavši industriju. Ova činjenica naglašava važnost uvođenja energetske učinkovitosti u domaćinstvima. Dijagram potrošnje el.en po sektoru vidi se na slici 2.9.



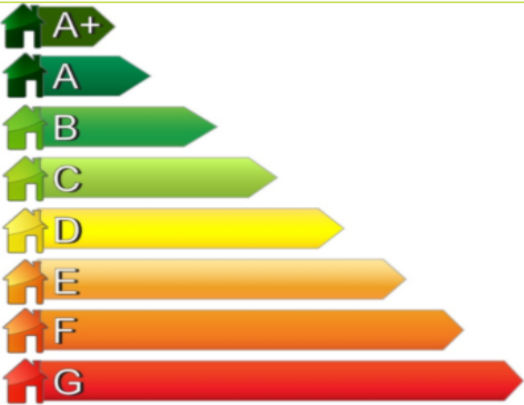
Slika 2.9 Usporedba potrošača po sektorima [21]

3 ENERGETSKA UČINKOVITOST

Pod pojmom energetske učinkovitosti smatra se upotreba minimalne količine energije za ispunjavanje istog rada. [16] Energetska učinkovitost je također i skup mjera koje postoje za gotovo svaki objekt, vozilo ili uređaj. Koliko je ona zapravo širok pojam jasnije je iz slijedećih primjera. Energetska učinkovitosti na lokalnoj razini sporazumijeva kućanske aparate koji imaju vlastiti certifikat kao perilice robe, zatim izolacija stana ili kuće, klasifikacija motora u autu i slično. Postoje stvari i navike preko kojih pojedinac direktno utječe na energetska učinkovitost mreže, ali također postoje i one na koje pojedinac ne može utjecati kao npr. fasada stana koji se nalazi na višim katovima zgrade ili efikasnost generatora u elektrani. Važno je napomenuti da mjere učinkovitosti nisu jednake konceptu štednje, budući da mjere učinkovitosti ne zahtijevaju nikakva odricanja. [15] Unatoč tome, u ovom kontekstu koristi se termin 'štednja' radi jednostavnosti. Najvažnije mjere energetske učinkovitosti za ovaj rad su one vezane za elektroenergetski sustav te zgradarstvo, iste su detaljnije obrađene u ovom radu.

3.1 Energetski certifikat

Energetski certifikat je dokument koji prema pregledu ovlaštene osobe daje uvid u stanje zgrade, odnosno njen energetski razred. Ovaj pregled izvršava osoba koja je ovlaštena od strane ministarstva prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine. [14] Energetski pregled zgrade provodi se prema pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju (NN broj 48/14, 150/14) te pravilniku o izmjenama i dopunama pravilnika (NN 90/2020).[17] Kako certifikat izgleda, prikazuje slika ispod. [31]

| ENERGETSKI RAZRED ZGRADE | Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}^{*}$ [kWh/(m ² a)] | Specifična godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/(m ² a)] |
|---|--|--|
| | 17,51 | 38,45 |
|  | A | A |
| Specifična godišnja isporučena energija E_{del} [kWh/(m ² a)] | 23,83 | |
| Specifična godišnja emisija CO ₂ [kg/(m ² a)] | 5,59 | |
| Upisati „nZEB“ ako energetsko svojstvo zgrade (E_{prim}) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ. | | |

Slika 3.1 Energetski certifikat zgrade [31]

Kao što se može primijetiti iz prethodne slike, prisutno je 8 stupnjeva energetske učinkovitosti, ocijenjenih od G kao najnižeg do A+ kao najvišeg. Kod kućanskih aparata, ovaj certifikat često dolazi kao naljepnica zalijepljena na sam uređaj, no važno je napomenuti da se ova evaluacija provodi prema različitim normama.

Energetski certifikati predstavljaju dragocjen instrument u modernom svijetu gdje su pitanja energetske učinkovitosti i održivosti postala od suštinskog značaja. Ovi dokumenti ne samo da pružaju informacije o energetske učinkovitosti zgrada, već igraju ključnu ulogu u oblikovanju budućnosti koja teži smanjenju potrošnje energije, očuvanju resursa i borbi protiv klimatskih promjena. Jedan od najznačajnijih aspekata energetske certifikata je njihova sposobnost da potencijalnim kupcima ili zakupcima objekata pruže važne informacije o predviđenim troškovima energije. Kroz jasno definirane ocjene energetske učinkovitosti, potencijalni korisnici mogu bolje razumjeti koliko će izdvajati za energiju tijekom vlasništva ili zakupa nekretnine. Ova informacija je neizmjerljivo korisna pri donošenju informiranih odluka o kupovini ili najmu nekretnina, jer pomaže budućim vlasnicima ili stanarima da se pripreme za financijske obveze koje proizlaze iz energetske potreba.

Nadalje, energetski certifikati igraju ključnu ulogu u poticanju vlasnika nekretnina na ulaganje u energetske učinkovitost. Kroz procjene i preporuke za poboljšanje, ovi certifikati pružaju vlasnicima smjernice o tome kako mogu smanjiti potrošnju energije u svojim objektima. Ovakve investicije ne samo da rezultiraju nižim računima za energiju, već također često povećavaju ukupnu vrijednost nekretnine. Energetski učinkovite zgrade su atraktivnije na tržištu nekretnina, privlačeći više kupaca ili zakupaca, a time i veće cijene ili najamnine. Najvažnije od svega, energetski certifikati imaju širu društvenu i ekološku važnost. Promicanjem svijesti o važnosti energetske učinkovitosti, oni potiču odgovornost i održiviji način života. Kroz transparentnost i obrazovanje, građani postaju svjesniji kako njihovi izbori utječu na okoliš i zajednicu. Održiva gradnja i upotreba energije ključni su za smanjenje emisija stakleničkih plinova i očuvanje prirodnih resursa, a energetski certifikati igraju svoju ulogu u ovom globalnom naporu.

U suštini, energetski certifikati su nezamjenjiv alat za usmjeravanje prema energetske učinkovitijoj budućnosti. Njihova sposobnost pružanja informacija, poticanje na investicije, te podizanje svijesti o važnosti energetske učinkovitosti čine ih ne samo obaveznim dokumentom za prodaju ili najam nekretnina, već i ključnim faktorom za održivu budućnost našeg planeta i društva.

3.2 Algoritmi za proračun energetske učinkovitosti

3.2.1 Glavni algoritmi

Kako bi se dobili točni podaci o energetskej učinkovitosti jedne zgrade potrebno je provesti niz proračuna koji utvrđuju u koju energetske razinu zgrada ili stan pripadaju. Jedan od tih algoritama je onaj za potrebnu godišnju toplinsku energiju za grijanje (Q_{Hnd}). Ovaj algoritam izgleda ovako:

$$Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn} [\text{kWh}] \quad 3.1$$

gdje je:

$Q_{H,nd,cont}$ - potrebna toplinska energija za grijanje pri kontinuiranom radu (kWh);

$Q_{H,ht}$ - ukupno izmijenjena toplinska energija u periodu grijanja (kWh);

$Q_{H,gn}$ - ukupni toplinski dobitci zgrade u periodu grijanja (ljudi, uređaji, rasvjeta i sunčevo zračenje) (kWh);

$\eta_{H,gn}$ - faktor iskorištenja toplinskih dobitaka (-). [18]

Prethodno navedeni algoritam je ujedno i jedan od najvažnijih. Jasno je iz dnevnog dijagrama opterećenja kako EES doživljava najveća opterećenja tijekom ljetnih i zimskih mjeseci, što proizlazi iz potrebe za intenzivnim grijanjem zimi i hlađenjem putem klima uređaja ljeti. U slučaju loše izolacije stana ili zgrade, povećava se potreba za energijom kako bi se postigla željena temperatura u prostoru. Ovo, pak, rezultira povećanim opterećenjem na sam EES, stvarajući potrebu za većim kapacitetom i intenzivnijim radom kako bi se udovoljilo zahtjevima potrošača.

Koliko je toplinske energije potrebno godišnje za hlađenje, proračunava se prema sljedećem algoritmu.

$$Q_{C,nd} = Q_{C,gn} - \eta_{C,Is} Q_{C,ht} \text{ [kWh]} \quad 3.2$$

gdje je:

$Q_{C,nd}$ - potrebna toplinska energija za hlađenje (kWh);

$Q_{C,gn}$ - ukupni toplinski dobici zgrade u periodu hlađenja: ljudi, rasvjeta, uređaji, solarni dobici (kWh);

$Q_{C,ht}$ - ukupno izmijenjena toplinska energija u periodu hlađenja (kWh);

$\eta_{C,Is}$ - faktor iskorištenja toplinskih gubitaka kod hlađenja (-). [18]

Važno je napomenuti da se drugi algoritmi nadovezuju na dva glavna algoritma koja su dosad navedena, pružajući detaljniji opis istih. Glavni algoritmi mogu biti prikazani na različite načine, kao što je na primjer zbrajanje toplinskih dobitaka zgrade, kao što su prisutnost ljudi u zgradi, osvjetljenje i uređaji, što služi kao ilustracija algoritma grijanja.

Iako se čini neobičnim, prisutnost ljudi u prostoru ima značajan utjecaj. Razmotrimo primjer prostorije s deset osoba i drugu prostoriju istih dimenzija s dvoje ljudi. Prva će prostorija biti znatno toplija. Ovo se može objasniti činjenicom da se prosječna tjelesna temperatura smatra 37°C, što je ustanovljeno 1851. godine, dok je prosječna temperatura imaginarne prostorije 25°C. Zračenjem, toplina će se s toplijeg tijela prenositi u okolinu, zagrijavajući je pri tom procesu. Stoga, veći broj ljudi u prostoru rezultira toplijom temperaturom. Na sljedećim stranicama algoritmi godišnje potrebne topline za grijanje i hlađenje prikazani su alternativnim načinom. Svi navedeni algoritmi definirani su u HRN EN 13790. [18]

3.2.2 Alternativni prikaz glavnih algoritama

Algoritam potrebne godišnje toplinske energije za grijanje može se prikazati i ovako:

$$Q_{H,nd,cont} = Q_{Tr} + Q_{Ve} - \eta_{H,gn}(Q_{int} + Q_{sol}) \text{ [kWh]} \quad 3.3$$

Dok se algoritam potrebne godišnje toplinske energije za hlađenje može ovako:

$$Q_{C,nd} = Q_{int} + Q_{sol} - \eta_{C,ls}(Q_{Tr} + Q_{Ve}) \text{ [kWh]} \quad 3.4$$

gdje je:

Q_{Tr} - izmijenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu (kWh);

Q_{Ve} - potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu (kWh);

$\eta_{H,gn}$ - faktor iskorištenja toplinskih dobitaka (-);

Q_{int} - unutarnji toplinski dobitci zgrade (ljudi, uređaji, rasvjeta) (kWh);

Q_{sol} - toplinski dobitci od Sunčeva zračenja (kWh). [18]

Iz ovog načina prikaza vidljivo je kako oba algoritma imaju četiri ista parametra, a to su Q_{Tr} , Q_{Ve} , Q_{int} i Q_{sol} . Ovi parametri se računaju na sljedeći način:

$$Q_{Tr} = \frac{H_{Tr}}{1000} (\varphi_{int,c} - \varphi_e) t \text{ [kWh]} \quad 3.5$$

i

$$Q_{Ve} = \frac{H_{Ve}}{1000} (\varphi_{int,c} - \varphi_e) t \text{ [kWh]} \quad 3.6$$

gdje je:

H_{Tr} - koeficijent transmisijske izmjene topline proračunske zone (W/K);

H_{Ve} - koeficijent ventilacijske izmjene topline proračunske zone (W/K);

$\varphi_{int,C}$ - unutarnja proračunska temperatura hladene zone (°C);

φ_e - srednja vanjska temperatura za proračunski period (°C);

t - trajanje proračunskog razdoblja (h), [18]

$$Q_{int} = \frac{q_{spec} A_K \cdot t}{1000} [kWh] \quad 3.7$$

gdje je:

q_{spec} - specifični unutarnji dobitak po m² korisne površine, za stambeni prostor uzima se 5 W/m² a za ne stambeni uzima se 6 W/m²

A_K - korisna površina (m²) ;

t - proračunsko vrijeme (h) koje ovisi o broju dana u određenom mjesecu [18]

$$Q_{sol} = \sum_k Q_{sol,k} + \sum_l (1 - b_{tr,l}) Q_{sol,u,l} \text{ [kWh]} \quad 3.8$$

gdje je:

$Q_{sol,k}$ - srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz k-ti građevni dio u grijani prostor (kWh);

$Q_{sol,u,l}$ - srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz l-ti građevni dio u susjedni negrijani prostor (kWh);

$b_{tr,l}$ - faktor smanjenja za susjedni negrijani prostor s unutarnjim toplinskim izvorom l prema HRN EN ISO 13789 (-). [18]

3.2.3 Primjer algoritamskih rezultata stvarne zgrade

Tablica 3.1 Ukupni koeficijenti transmisijskih gubitaka [31]

| Ukupni koeficijenti transmisijskih gubitaka | |
|--|----------------|
| Koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu, H_D [W/K] | 223,169 |
| Uprosječeni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu, $H_{g,avg}$ [W/K] | 48,191 |
| Koeficijent transmisijske izmjene topline kroz negrijani prostor, H_U [W/K] | 44,676 |
| Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi, H_A [W/K] | 0,000 |
| Ukupni koeficijent transmisijske izmjene topline, H_{Tr} [W/K] | 316,036 |

Tablica 3.2 Način grijanja i gubici [kWh] [31]

| Način grijanja | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| Sustavi bez prekida rada noću | $\theta_{int.set.H} = 20,00$ [°C] |

Mjesečni gubici topline [kWh]

| Mjesec | Toplinski gubici hlađenja | Toplinski gubici grijanja [kWh] | Koef. topl. gubitka za |
|----------|---------------------------|---------------------------------|------------------------|
| Siječanj | 4614,86 | 3518,02 | 392,58 |
| Veljača | 4127,36 | 3132,10 | 391,31 |
| Ožujak | 3790,16 | 2687,28 | 391,87 |
| Travanj | 2717,12 | 1667,64 | 396,89 |
| Svibanj | 1363,53 | 0,00 | 436,36 |
| Lipanj | 18,22 | 0,00 | 253,04 |
| Srpanj | 0,00 | 0,00 | 258,81 |
| Kolovoz | 0,00 | 0,00 | 337,37 |
| Rujan | 1143,43 | 0,00 | 564,66 |
| Listopad | 1955,10 | 832,28 | 391,97 |
| Studeni | 3190,27 | 2120,60 | 391,97 |
| Prosinac | 4379,11 | 3293,72 | 395,14 |

Godišnji gubici topline [kWh]

| Toplinski gubici hlađenja | Toplinski gubici grijanja |
|---------------------------|---------------------------|
| 27299,14 | 17251,66 |

Tablica 3.3 Proračun vlažnosti [31]

| Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti (HRN EN ISO 13788) | | | | | | | | | |
|--|------|------|--|--|------|-------------|------|------|------|
| Odabrani način proračuna površinske | | | | Primjena razreda vlažnosti u prostoriji - | | | | | |
| Odabrani razred vlažnosti: | | | | Stambene prostorije s malim intenzitetom | | | | | |
| Unutarnja temperatura grijanja uz | | | | $\theta_{\text{int,set,H,gd}} = 20,00^{\circ}\text{C}$ | | | | | |
| Siječanj | 16,9 | 1,00 | 1924 | 126 | 2063 | 2578 | 21,6 | 20,0 | 0,00 |
| Veljača | 16,9 | 1,00 | 1924 | 126 | 2063 | 2578 | 21,6 | 20,0 | 0,00 |
| Ožujak | 16,9 | 1,00 | 1924 | 126 | 2063 | 2578 | 21,6 | 20,0 | 0,00 |
| Travanj | 16,9 | 1,00 | 1924 | 126 | 2063 | 2578 | 21,6 | 20,0 | 0,00 |
| Svibanj | 16,9 | 1,00 | 1924 | 126 | 2063 | 2578 | 21,6 | 20,0 | 0,00 |
| Lipanj | 16,9 | 1,00 | 1924 | 126 | 2063 | 2578 | 21,6 | 20,0 | 0,00 |
| Srpanj | 16,9 | 1,00 | 1924 | 126 | 2063 | 2578 | 21,6 | 20,0 | 0,00 |
| Kolovoz | 16,9 | 1,00 | 1924 | 126 | 2063 | 2578 | 21,6 | 20,0 | 0,00 |
| Rujan | 16,9 | 1,00 | 1924 | 126 | 2063 | 2578 | 21,6 | 20,0 | 0,00 |
| Listopad | 16,9 | 1,00 | 1924 | 126 | 2063 | 2578 | 21,6 | 20,0 | 0,00 |
| Studeni | 16,9 | 1,00 | 1924 | 126 | 2063 | 2578 | 21,6 | 20,0 | 0,00 |
| Prosinac | 16,9 | 1,00 | 1924 | 126 | 2063 | 2578 | 21,6 | 20,0 | 0,00 |
| Površinska vlažnost | | | $fR_{\text{si}} = 0,00 \leq fR_{\text{si,max}} = 0,70$ | | | ZADOVOLJAVA | | | |

Ovo su samo neki od stvarnih rezultata izračuna, koji pomažu da se dobije bolji uvid u cjelokupni proces. Za svaku od soba u zgradi, posebno se proračunava vlažnost i sve vrste gubitaka za svaki zid, pod i strop. Također, iznimno je bitno provjeriti i ocijeniti efikasnost izolacije, što je detaljnije prikazano u sljedećoj tablici.

Tablica 3.4 Slojevi/Materijal [31]

| | Slojevi građevnog dijela u smjeru | d[cm] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | R[m ²] |
|--|------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|------------------|--------------------|
| 1 | 4.05 Drvo - meko - crnogorica | 2,000 | 500,00 | 0,130 | 0,154 |
| 2 | 3.19 Cementni estrih | 4,000 | 2000,0 | 1,600 | 0,025 |
| 3 | Polietilenska folija 0,15 mm | 0,015 | 980,00 | 0,500 | 0,000 |
| 4 | 7.02 Ekspandirani polistiren (EPS) | 2,000 | 21,00 | 0,037 | 0,541 |
| 5 | 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena | 4,000 | 28,00 | 0,033 | 1,212 |
| 6 | Polietilenska folija 0,15 mm | 0,015 | 980,00 | 0,500 | 0,000 |
| 7 | 5.02 Bitum. traka s uloškom stakl. | 0,800 | 1100,0 | 0,230 | 0,035 |
| 8 | 2.01 Armirani beton | 12,000 | 2500,0 | 2,600 | 0,046 |
| | | | | | R _{si} = |
| | | | | | R _{se} = |
| | | | | | R _T = |
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m² K] = 0,46 | | U = 0,46 ≤ U _{max} = 0,50 | | ZADOVOLJAVA | |

Ispravci i dodaci

Zračne šupljine (HRN EN ISO 6946, Annex E)

Tip zračnih šupljina: Nema zračnih šupljina koje prodiru kroz cijeli izolacijski sloj

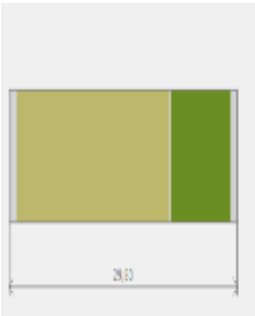
Tablica 3.5 Energetske potrebe zgrade [31]

| ENERGETSKE POTREBE | REFERENTNI KLIMATSKI PODACI | | ZAHTJEV | Ispunjeno | |
|--|-----------------------------|--|---------------------------------------|--|--|
| | Ukupno [kWh/a] | Specifično [kWh/(m ² a)] | Dopušteno [kWh/(m ² a)] | | |
| Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje Q_{H,nd} | 3642,51 | 17,51 | 54,27 | <input checked="" type="checkbox"/> DA | <input type="checkbox"/> NE |
| Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje Q_{C,nd} | 13736,70 | 66,04 | 50,00 | <input type="checkbox"/> DA | <input checked="" type="checkbox"/> NE |
| Godišnja isporučena energija E_{del} | 4955,64 | 23,83 | | <input type="checkbox"/> DA | <input type="checkbox"/> NE |
| Godišnja primarna energija E_{prim} | 7998,39 | 38,45 | 35,00 | <input type="checkbox"/> DA | <input checked="" type="checkbox"/> NE |

| KORIŠTENJE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE NA LOKACIJI ZGRADE | |
|---|----|
| Udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj isporučenoj energiji za rad tehničkih sustava [%] | 38 |
| Udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj isporučenoj energiji za rad termotehničkih sustava [%] | 38 |

Prethodna tablica predstavlja rezultate ove zgrade koje se uspoređuju s referentnim vrijednostima kako bi se utvrdilo je li zgrada određene kvadrature zadovoljava godišnje kriterije potrebne toplinske energije.

Tablica 3.6 Podaci vanjskog zida [31]

| Opći podaci o građevnom dijelu | | | | | | | | | | |
|---|---|-------|---|-----------------------------------|-------|--------------------|--------------------|----------|----------|------|
|  | A_{gd} [m ²] | A_I | A_Z | A_S | A_J | A_{SI} | A_{SZ} | A_{JI} | A_{JZ} | |
| | 57,71 | 14,73 | 14,64 | 11,87 | 16,47 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Toplinska zaštita: | | | U [W/m ² K] = 0,39 ≤ | | | ZADOVOLJAVA | | | |
| | Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq$ | | | $fR_{si} = 0,39 \leq 0,90$ | | | ZADOVOLJAVA | | | |
| | Unutarnja kondenzacija: | | | $\Sigma M_{a,god} = 0,00$ | | | ZADOVOLJAVA | | | |
| Dinamičke karakteristike: | | | $539,65 \geq 100$ kg/m ² $U = 0,39 \leq 0,45$ | | | ZADOVOLJAVA | | | | |

U ovom primjeru vidljiv je proračun jednog od vanjskih zidova. Kada se analizira toplinsku izolaciju, sprečavanje kondenzacije te dinamičke karakteristike ovog zida, primjećuje se kako zid ispunjava sve zahtjeve za postizanje energetske učinkovitosti. Zbog toga ovom zidu dodjeljujemo najvišu moguću ocjenu, a ta ocjena će se zatim kombinirati s ocjenama ostalih zidova, stropova i podova kako bi se odredio ukupni energetski razred zgrade.

4 UTJECAJ ENERGETSKE UČINKOVITOSTI NA ZGRADARSTVO

4.1 Usporedba starijih i novih zgrada

Zgrade se dijele na četiri vrste. Stambene, nestambene, višestambene i obiteljske zgrade. Ukupni udio u fondu kao i ukupna površina grijanog dijela zgrade je vidljiva u tablici ispod, a u tablici nakon, prikazan je raspored navedenih tipova zgrada po županijama. [24]

Tablica 4.1 Grijana površina po tipu zgrade[32]

| Vrsta Zgrade | Ukupna površina grijanog dijela zgrade [m ²] | Udio u ukupnom fondu zgrada [%] |
|---------------|---|------------------------------------|
| Stambene | 130 482 936 | 76,92 |
| Nestambene | 39 140 794 | 23,08 |
| Višestambene | 46 375 043 | 27,34 |
| Obiteljske | 84 107 893 | 49,58 |
| Ukupno | 169 623 730 | 100 |

Tablica 4.2 Grijana površina po županijama [27]

| | Naziv županije | Ukupna ploština korisne površine grijanog dijela zgrada [m ²] | | | Udio [%] |
|-----------|------------------------|---|-------------------|--------------------|-------------|
| | | Stambene zgrade | Nestambene zgrade | Ukupno | |
| 1 | Zagrebačka | 9.261.485 | 2.424.273,00 | 10.490.100 | 6,29% |
| 2 | Krapinsko-zagorska | 3.684.540 | 952.821,00 | 6.023.845 | 3,61% |
| 3 | Sisačko-moslavačka | 5.229.179 | 858.898,00 | 4.203.951 | 2,52% |
| 4 | Karlovačka | 3.686.192 | 973.555,00 | 4.753.146 | 2,85% |
| 5 | Varaždinska | 4.968.459 | 1.720.080,00 | 6.389.353 | 3,83% |
| 6 | Koprivničko-križevačka | 3.571.894 | 936.997,00 | 5.417.187 | 3,25% |
| 7 | Bjelovarsko-bilogorska | 3.624.571 | 628.762,00 | 5.890.970 | 3,53% |
| 8 | Primorsko-goranska | 9.585.069 | 3.145.783,00 | 9.547.308 | 5,73% |
| 9 | Ličko-senjska | 1.634.119 | 384.301,00 | 2.327.446 | 1,40% |
| 10 | Virovitičko-podravska | 2.560.529 | 442.965,00 | 7.704.870 | 4,62% |
| 11 | Požeško-slavonska | 2.320.386 | 651.126,00 | 2.036.609 | 1,22% |
| 12 | Brodsko-posavska | 4.588.728 | 999.844,00 | 7.708.570 | 4,62% |
| 13 | Zadarska | 6.026.552 | 1.269.243,00 | 7.297.074 | 4,38% |
| 14 | Osječko-baranjska | 9.466.070 | 2.244.601,00 | 15.441.288 | 9,26% |
| 15 | Šibensko-kninska | 3.437.045 | 828.055,00 | 3.565.701 | 2,14% |
| 16 | Vukovarsko-srijemska | 5.242.420 | 764.623,00 | 4.150.532 | 2,49% |
| 17 | Splitsko-dalmatinska | 12.466.133 | 4.642.825,00 | 15.255.266 | 9,15% |
| 18 | Istarska | 7.664.291 | 3.107.615,00 | 7.985.361 | 4,79% |
| 19 | Dubrovačko-neretvanska | 3.702.961 | 1.195.171,00 | 4.968.716 | 2,98% |
| 20 | Međimurska | 3.646.019 | 915.258,00 | 4.296.147 | 2,58% |
| 21 | Grad Zagreb | 22.564.317 | 8.724.268,00 | 31.288.585 | 18,76% |
| | UKUPNO | 128.930.959 | 37.811.064 | 166.742.024 | 100% |

Bez obzira na samu vrstu zgrade, energetska učinkovitost je čvrsto povezana s vremenom kada je zgrada izgrađena. Kod starijih zgrada očito je da će energetska učinkovitost biti niža nego kod novijih konstrukcija. To je posljedica tehničkih mogućnosti iz vremena njihove izgradnje, uključujući korištene tehnike i materijale, kao i tadašnje nedovoljne svijesti o važnosti energetske učinkovitosti. S druge strane, značajan dio zgrada u Republici Hrvatskoj čine upravo one koje su starije od 50 godina. [19] Te zgrade, zbog svoje dobi i obujma stanovnika koje primaju, često troše znatne količine električne energije. To čini energetska učinkovitost u sektoru građevinarstva općenito relativno niskom. Detaljan broj nastalih zgrada u pojedinom razdoblju vidljiv je u tablici ispod.

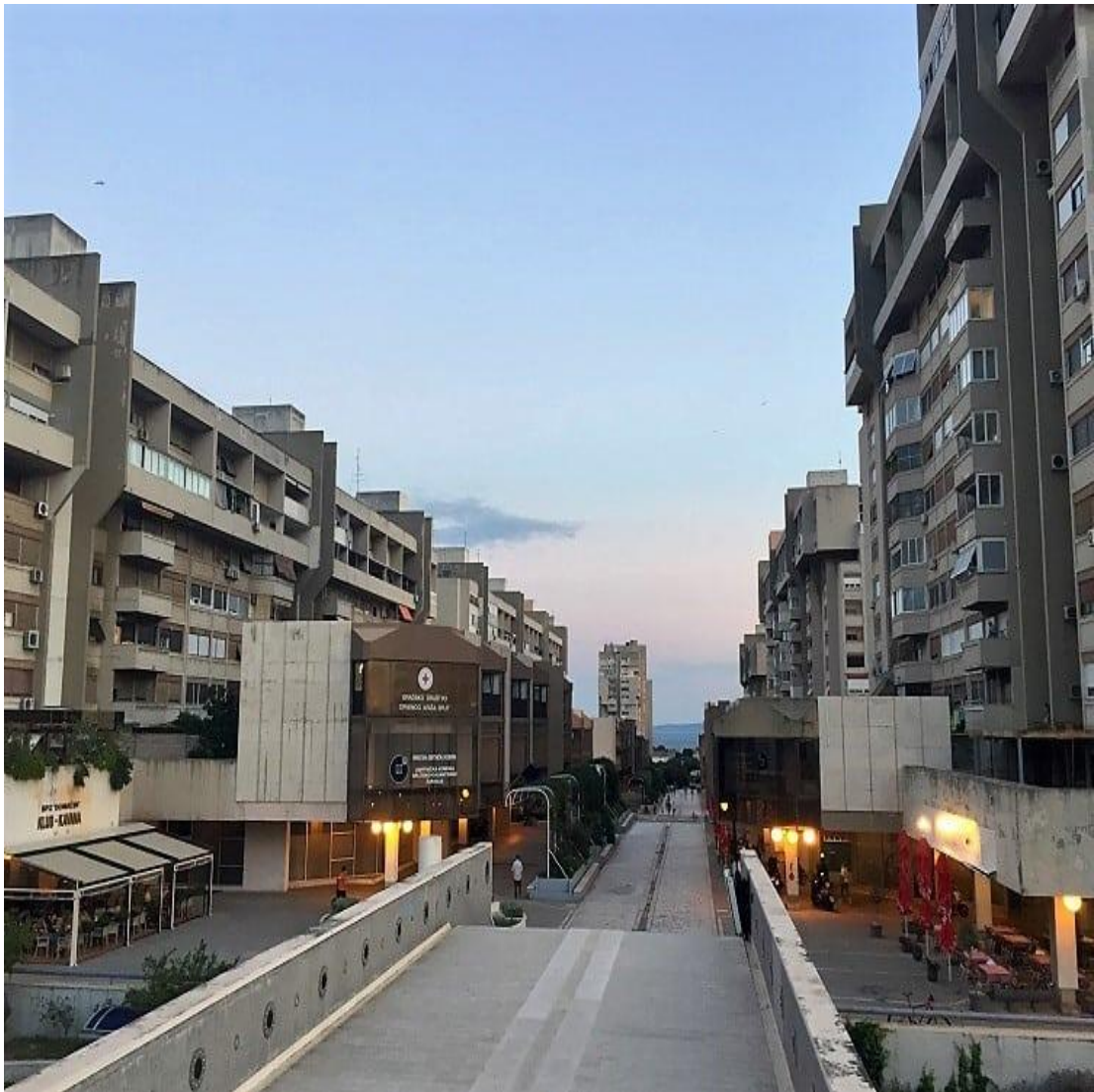
Tablica 4.3 Grijana površina zgrada u periodu od 1945. do 2019. [27]

| Razdoblje izgradnje | <i>Ukupna ploština korisne površine grijanog dijela zgrada [m²]</i> | | | |
|---------------------|--|-------------------|----------------------------|-------------------|
| | <i>Obiteljske kuće</i> | | <i>Višestambene zgrade</i> | |
| | <i>Kontinentalna</i> | <i>Primorska</i> | <i>Kontinentalna</i> | <i>Primorska</i> |
| >1945 | 5.666.174 | 4.704.643 | 2.959.304 | 2.461.596 |
| 1945-1960 | 6.609.966 | 1.410.039 | 2.065.742 | 1.223.133 |
| 1961-1970 | 11.870.673 | 3.251.331 | 4.556.525 | 3.583.099 |
| 1971-1980 | 13.300.933 | 3.748.541 | 5.432.020 | 4.065.849 |
| 1981-1990 | 9.728.701 | 3.127.355 | 4.204.814 | 3.041.847 |
| 1991-2000 | 6.034.449 | 1.769.802 | 1.746.961 | 1.123.945 |
| 2001-2005 | 2.550.841 | 946.363 | 1.297.305 | 910.394 |
| 2006-2010 | 1.945.917 | 747.834 | 2.235.379 | 911.022 |
| 2011-2019 | 3.313.869 | 2.753.946 | 1.564.188 | 2.066.458 |
| UKUPNO | 61.021.524 | 22.459.854 | 26.062.238 | 19.387.344 |
| | 83.481.377 | | 45.449.582 | |

Nove zgrade izgrađene u posljednjih 20 godina primjećuju se po značajno boljoj energetske učinkovitosti. Uvođenje modernih tehnologija i inovacija u gradnji doprinijelo je smanjenju potrošnje energije za grijanje, hlađenje i osvjtljenje. No, kako bi se ukupna energetska učinkovitost građevinskog sektora znatno poboljšala, važno je fokusirati se ne samo na novogradnju, već i na revitalizaciju starih zgrada. Uklanjanje starih objekata ili temeljite renovacije na visokoj razini mogu značajno pridonijeti postizanju bolje energetske učinkovitosti i održivosti građevinske industrije.

Također, treba napomenuti neobičan period od 1990. do 1995. godine. Usprkos dostupnosti naprednije tehnologije i resursa tog vremena, zapaženo je kako su zgrade izgrađene u tom razdoblju imale znatno lošiju konstrukciju i energetske učinkovitost u usporedbi s onima koje su sagrađene od 1958. do 1970. godine. [20]

Glavni razlog ovog fenomena leži u nekontroliranoj i nelegalnoj gradnji pogodovanom ratom, što je rezultiralo stvaranjem velikog broja zgrada izrazito niskog standarda od kojih su neke, zbog štednje materijala, znatno ranjive na utjecaj potresa. Nadalje, značajno je istaknuti anegdoticnu činjenicu vezanu za taj period. Iako je dostupna tehnologija tada omogućavala napredak u gradnji, nekontrolirani urbanistički razvoj i nedostatak strogih propisa rezultirali su izgradnjom zgrada slabijeg kvaliteta. To razdoblje označava izuzetak od očekivanog napretka u energetske učinkovitosti i konstrukciji, što ilustrira koliko je ključna regulacija u graditeljskom sektoru.

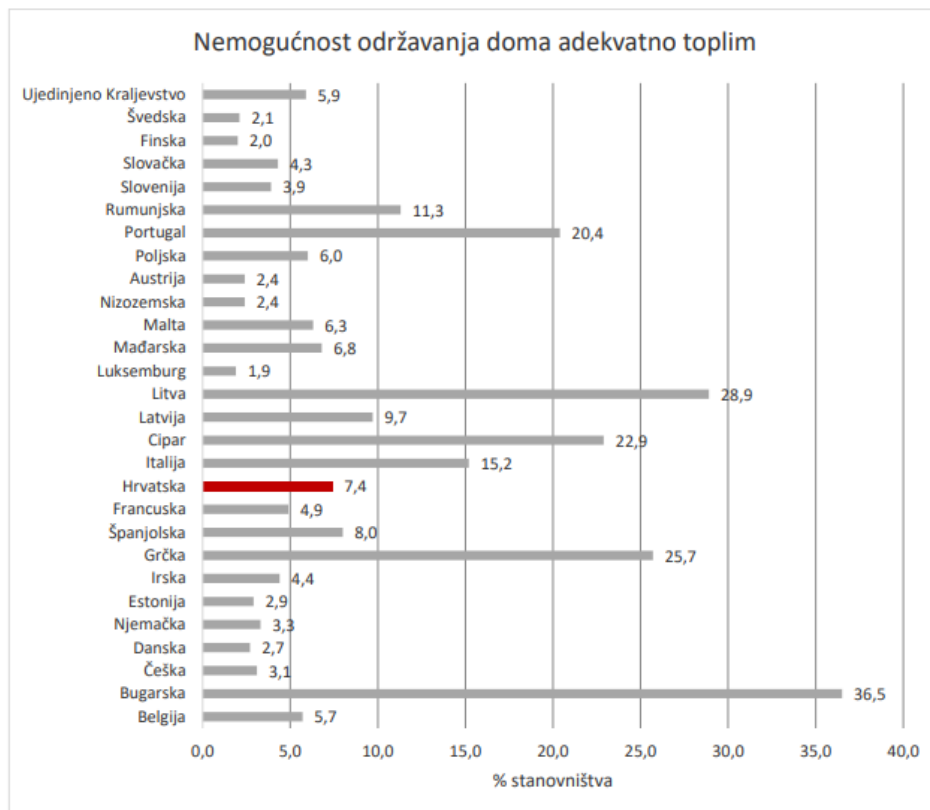


Slika 4.1 Split 3 izgradnja 1969. [22]

4.2 Prosječna potrošnja zgrade

Prosječna potrošnja električne energije u jednoj zgradi u Hrvatskoj varira ovisno o mnogim čimbenicima, uključujući veličinu zgrade, njezinu namjenu, broj stanova ili poslovnih prostora unutar nje, kvalitetu izolacije, klimatske uvjete, tehnologiju i opremu koja se koristi, i razinu energetske učinkovitosti.

Prema dostupnim podacima i statistikama, prosječna godišnja potrošnja električne energije po kućanstvu u Hrvatskoj iznosila je oko 3.000 do 3.500 kilovat-sati (kWh) prije nekoliko godina.[33] Razumljivo je da će obiteljske kuće obično trošiti više električne energije nego stanovi. No, budući da je u pitanju prosjek, možemo ga koristiti kao okvirnu referencu. Na primjer, zamislimo zgradu s 50 stanova, a u svakom stanu prosječno se troši 3.200 kilovat-sati (kWh) električne energije godišnje. To znači da će za tu zgradu godišnje biti potrebno ukupno 160.000 kWh električne energije, bez uzimanja u obzir potrošnje rasvjete u zajedničkim prostorima kao što su hodnici i stepeništa. Važno je napomenuti da će potrošnja električne energije u stambenim zgradama biti znatno manja u usporedbi s komercijalnim ili industrijskim zgradama. Komercijalne zgrade obično troše više električne energije od stambenih zgrada iz nekoliko razloga. Prvo, komercijalne zgrade obično imaju znatno veću ukupnu površinu u usporedbi s stambenim zgradama, što zahtijeva više energije za osvjetljenje, grijanje, hlađenje i opskrbu energijom. Osim toga, komercijalne zgrade često rade dulje i imaju duža radna vremena, što znači da se sustavi za osvjetljenje, klimatizaciju i električne uređaje koriste tijekom većeg dijela dana. Veliki broj električnih uređaja i opreme, kao što su računalni sustavi, poslovni uređaji i kuhinjska oprema, također povećava potrošnju energije u komercijalnim zgradama. Posebno energetska zahtjevna klimatizacija često je potrebna u velikim otvorenim prostorima komercijalnih zgrada. Također, komercijalne zgrade često koriste energetska intenzivnu opremu i sustave za ventilaciju koji dodatno povećavaju potrošnju električne energije. U konačnici, stambene zgrade obično imaju bolju energetska učinkovitost jer stanari često imaju veći interes za smanjenje računa za energiju, dok se komercijalne zgrade često razvijaju s fokusom na funkcionalnost i produktivnost, a ne nužno na energetska učinkovitosti. Zbog toga su mjere energetske učinkovitosti, kao što su bolja izolacija, energetska učinkoviti sustavi grijanja i hlađenja te LED osvjetljenje, ključne za smanjenje potrošnje električne energije u komercijalnim zgradama.



Slika 4.2 Nemogućnost održavanja doma adekvatno toplim [27]

Iz prethodnog grafa primjećuje se da 7,4% ukupnog stanovništva u Republici Hrvatskoj ima izazova u održavanju topline u svojim domovima, što rezultira povećanom potrošnjom električne energije. Treba napomenuti da Hrvatska ima povoljne klimatske uvjete, što djelomično pridonosi tome da su njezine vrijednosti bliže prosječnim vrijednostima. Važno je istaknuti da su podaci u ovom grafu odnose na stambene zgrade koje koriste grijanje, a ne na nestambene objekte. Kada se analizira po regijama, obalni dio Hrvatske ima znatno više zgrada s energetske certifikatom A+ u usporedbi s unutrašnjim dijelom zemlje. Više detalja o postotcima za svaku energetske klasu dostupno je u tablici ispod.

Tablica 4.4 Prikaz energetske razreda ovisno o klimi [27]

| Energetski razred | A+ | A | B | C | D | E | F | G | VSZ s najlošijim svojstvima ukupno |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| VSZ | 4,89% | 20,70% | 29,30% | 21,40% | 15,28% | 5,80% | 2,03% | 0,60% | |
| Kontinentalna | 1,07% | 11,50% | 31,54% | 22,02% | 20,53% | 9,00% | 3,37% | 0,97% | 34% |
| Primorska | 10,29% | 33,70% | 21,14% | 20,52% | 7,87% | 1,28% | 0,13% | 0,08% | 30% |

4.3 Uštede energije u zgradarstvu

Kako bi se identificirali potencijalna područja u kojima se može smanjiti potrošnja električne energije u građevinskom sektoru, ključno je analizirati utjecaj različitih parametara. Ti parametri igraju važnu ulogu u procesu dodjele certifikata o energetske učinkovitosti zgrada, kao što je prethodno opisano. Razina energetske učinkovitosti zgrade izračunava se koristeći složene proračune i algoritme koji uzimaju u obzir sljedeće parametre prema službenom javnom dokumentu „Program energetske obnove zgrada javnog sektora za razdoblje do 2030. Godine“ :

- obnova ovojnice zgrade – izvedba toplinske izolacije na građevnim dijelovima zgrade (Vanjski zid, ravni krov, kosi krov, strop prema negrijanom tavanu, strop iznad vanjskog zraka, pod iznad negrijanog prostora, pod na tlu, zidovi prema negrijanim prostorima), zamjena postojeće vanjske stolarije/bravarije novom energetski učinkovitijom [26]
- izvedba sustava za zaštitu od sunca i zasjenjenje prostora radi smanjenja potreba za hlađenjem [26]
- priključenje na učinkoviti centralizirani toplinski sustav (toplana, kotlovi na biomasu i dr.) za grijanje i/ili pripremu PTV, uključuje rekonstrukciju toplinskih podstanica s balansiranjem sustava grijanja, ugradnju novih ili zamjenu postojećih izmjenjivača topline za grijanje i pripremu PTV, te izvedbu internih instalacija [26]
- ugradnja novog ili zamjena postojećeg sustava grijanja i pripreme PTV s visokoučinkovitim kondenzacijskim kotlovima, sustavom grijanja i pripreme PTV s prirodnim plinom kao izvorom topline koja uključuje sve dijelove sustava i kotlovnice do priključka na sustav razvoda uz rekonstrukciju dimnjaka (ova mjera je prihvatljiva u javnim pozivima koji se sufinanciraju iz NPOO [26]
- ugradnja novog ili zamjena postojećeg sustava grijanja i pripreme PTV s visokoučinkovitim sustavom grijanja i pripreme PTV s peletima ili drvnom sječkom kao izvorom topline koja uključuje sve dijelove sustava i kotlovnice do priključka na sustav razvoda uz rekonstrukciju dimnjaka [26]

- ugradnja novog ili zamjena postojećeg sustava za grijanje i hlađenje s centraliziranim sustavom dizalice topline zrak/zrak – izvora topline za grijanje i hlađenje, uključujući sve dijelove sustava i kotlovnice do priključka na sustav razvoda [26]
- ugradnja novog ili zamjena postojećeg sustava za grijanje, hlađenje i pripremu PTV novim sustavom dizalice topline zrak/voda, voda/voda ili tlo/voda – izvora topline za grijanje, hlađenje i pripremu PTV, uključujući sve dijelove sustava i kotlovnice do priključka na sustav razvoda [26]
- ugradnja novog ili zamjena postojećeg sustava za grijanje novim VRV (VRF) izvorom topline za grijanje [26]
- ugradnja novog ili zamjena postojećeg rashladnika novim rashladnikom – izvorom rashladne energije za hlađenje [26]
- ugradnja novog razvoda ili zamjena postojećeg s razvodom grijanja dimenzioniranim prema smanjenim potrebama zgrade nakon integralne energetske ili sveobuhvatne obnove zgrade [26]
- ugradnja novih ili zamjena postojećih ogrjevnih i rashladnih tijela s ventilokonvektorima za grijanje i hlađenje zgrade i/ili radiatorima s uređajima za samoregulaciju temperature [26]
- unapređenje postojećeg, zamjena postojećeg ili izvedba novog sustava mehaničke ventilacije s rekuperacijom topline, koja uključuje ventilacijske uređaje i elemente kanalskog razvoda sustava ventilacije [26]
- zamjena postojećeg ili ugradnja novog sustava pripreme PTV koji uključuje: spremnik PTV, solarne kolektore, pripadajuću automatiku za regulaciju [26]
- ugradnja fotonaponske elektrane za vlastite potrebe i predaju viška u mrežu na raspoložive krovne površine te ugradnja spremnika električne energije vezanih sa novim ili postojećim fotonaponskim sustavima u zgradi [26]
- zamjena unutarnje rasvjete učinkovitijom [26]
- unapređenje postojećeg ili uvođenje sustava automatizacije i upravljanja zgradom [26]
- uvođenje sustava daljinskog očitavanja potrošnje energenata i vode i povezivanje daljinskog očitavanja na ISGE (obvezna mjera) [26]
- uvođenje kontrolnih mjernih mjesta [26]

- unapređenje sustava za smanjenje potrošnje vode- ugradnja perlatora na slavine, ugradnja vodokotlića s manjom potrošnjom vode, sustav skupljanja i korištenja oborinske vode [26]
- popratni nužni građevinski i obrtnički radovi potrebni za provođenje energetske obnove koji su nužni za osiguranje cjelovitog funkcioniranja zgrade (kao npr. izvedba hidroizolacije i drenaže, sanacija vlage, rekonstrukcija dimnjaka i dr. [26]

Renovacija ili poboljšanje bilo kojeg od prethodno navedenih parametara gubi svoju važnost ako stanari nisu racionalni. Drugim riječima, čak i ako zgrada ima izvrsnu izolaciju i učinkovit sustav grijanja, sve to može biti zanemareno ako stanari zimi ostavljaju prozore otvorene.[23]

Navedeni skup mjera predstavlja opsežan popis energetskih poboljšanja i obnova koje se mogu provesti kako bi se znatno povećala energetska učinkovitost zgrade. Obnova ovojnice zgrade, prvenstveno kroz izolaciju vanjskih zidova, ravni krovova, kosih krovova i drugih ključnih građevinskih elemenata, ključna je mjera koja smanjuje gubitke topline i energetske potrošnje. Zamjena postojeće vanjske stolarije i bravarije s energetski učinkovitijim alternativama također doprinosi smanjenju gubitaka topline. Povezivanje na učinkoviti centralizirani toplinski sustav ili uvođenje visokoučinkovitih kondenzacijskih kotlova s prirodnim plinom kao izvorom topline pridonosi smanjenju potrošnje energije za grijanje. Ugradnja sustava za zaštitu od sunca i zasjenjenje prostora pomaže u regulaciji temperature i smanjenju potreba za hlađenjem. Također, uvođenje alternativnih izvora topline poput peleta ili drvne sječke može biti održivija opcija za grijanje. Osim toga, ugradnja sustava dizalice topline, poput zrak-zrak, zrak-voda, ili tlo-voda, doprinosi boljoj kontroli temperature u zgradi i smanjuje potrošnju energije za grijanje i hlađenje. Integracija fotonaponske elektrane na krovu omogućava proizvodnju vlastite električne energije, dok uvođenje sustava automatizacije i upravljanja zgradom doprinosi boljoj kontroli i učinkovitijem korištenju energije.

Također, ove mjere ne uključuju samo poboljšanja u grijanju i hlađenju, već i unapređenje sustava za smanjenje potrošnje vode, kao što su ugradnja perlatora na slavine i korištenje oborinske vode za dodatne potrebe. Osim toga, popratni građevinski i obrtnički radovi su ključni za osiguranje cjelovitosti i funkcionalnosti zgrade nakon provedenih energetskih poboljšanja.



Slika 4.3 Perlator [34]

Sve ove mjere čine integralnu energetska obnovu zgrade, koja ne samo da smanjuje troškove energije i povećava udobnost stanovanja, već i doprinosi očuvanju okoliša i smanjenju emisija stakleničkih plinova. U svjetlu rastuće svijesti o klimatskim promjenama i potrebi za održivim načinom života, implementacija ovih mjera postaje ključna u borbi za očuvanje naše planete i stvaranju energetski učinkovitijih i ekološki prihvatljivijih zajednica.

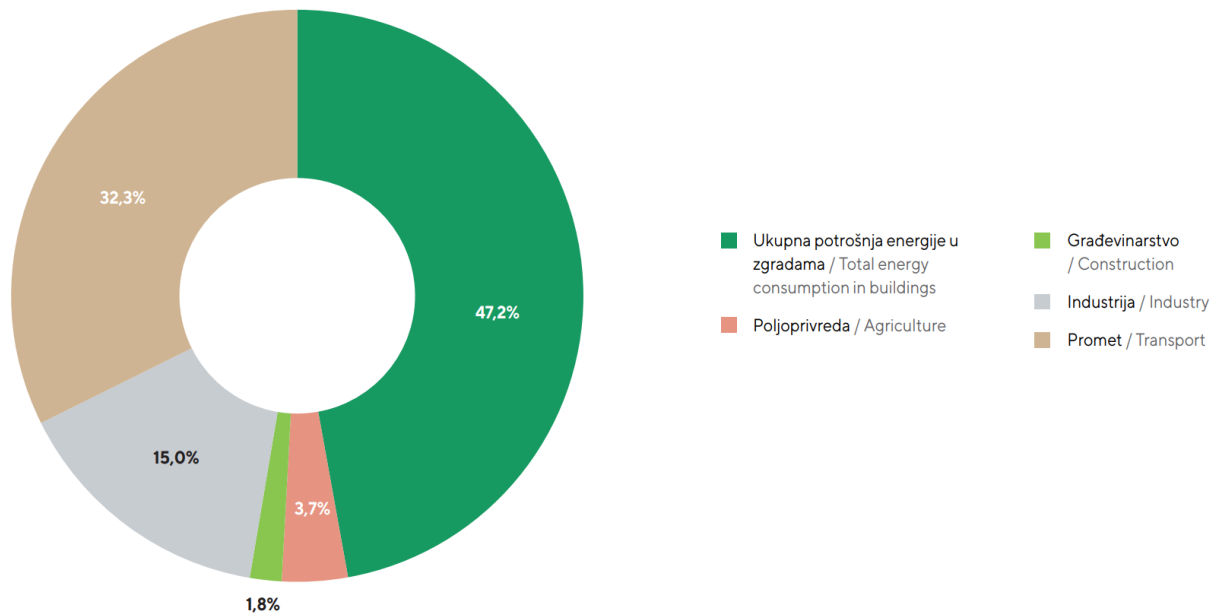
| Godišnje uštete [GWh] | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|--|--|--|--|--|--|--------------|
| 2021 | 0,0 | | | | | | | | | | 0,0 |
| 2022 | 0,0 | 8,7 | | | | | | | | | 8,7 |
| 2023 | 0,0 | 8,7 | 8,7 | | | | | | | | 17,4 |
| 2024 | 0,0 | 8,7 | 8,7 | 8,7 | | | | | | | 26,0 |
| 2025 | 0,0 | 8,7 | 8,7 | 8,7 | | | | | | | 26,0 |
| 2026 | 0,0 | 8,7 | 8,7 | 8,7 | | | | | | | 26,0 |
| 2027 | 0,0 | 8,7 | 8,7 | 8,7 | | | | | | | 26,0 |
| 2028 | 0,0 | 8,7 | 8,7 | 8,7 | | | | | | | 26,0 |
| 2029 | 0,0 | 8,7 | 8,7 | 8,7 | | | | | | | 26,0 |
| 2030 | 0,0 | 8,7 | 8,7 | 8,7 | | | | | | | 26,0 |
| UKUPNE KUMULATIVNE UŠTEDE ZA RAZDOBLJE 2021. – 2024. [GWh] | | | | | | | | | | | 52,1 |
| UKUPNE KUMULATIVNE UŠTEDE ZA RAZDOBLJE 2021. – 2030. [GWh] | | | | | | | | | | | 208,3 |

Slika 4.1 Izračun kumulativnih ušteta energije u neposrednoj potrošnji [27]

Kada se radi s dostupnim resursima, kumulativne uštete do 2024. godine iznosit će nešto više od 52 GWh, što čini manje od 17% uštete koja bi se postigla tijekom tog vremenskog razdoblja kada bi se slijedila dugoročna strategija obnove koja iznosi 294,63 GWh. [27] Nadalje, ovo predstavlja samo 0,6% ukupnog kumulativnog cilja za razdoblje do 2030. godine, koji iznosi 34.805,56 GWh. Osim toga, primarni rezultat ovoga će biti smanjenje emisija CO₂ za 74.981,32 tona. [27] Prethodna tablica se odnosi samo na višestambene zgrade.

4.4 Mjere štednje

Kako je potrošnja energije raspoređena u zgradarstvu prikazuje slijedeći dijagram.



Slika 4.4 Dijagram potrošnje [21]

Iz prikazanog dijagrama jasno je uočljivo da najveći dio potrošene energije dolazi od samih stanara. Srećom, ovo je područje na koje se može utjecati. Konkretni primjeri koraka koje pojedinac može poduzeti u svrhu uštede energije su:

- naprednije perilice za suđe i rublje
- izolacija prostora
- automatsko isključivanje grijanja/hlađenja
- korištenje solarne energije za grijanje vode
- energetske učinkovite rasvjete

Zamjena starih uređaja s energetski učinkovitijim modelima može značajno smanjiti potrošnju energije tijekom svakodnevnih kućanskih zadataka.

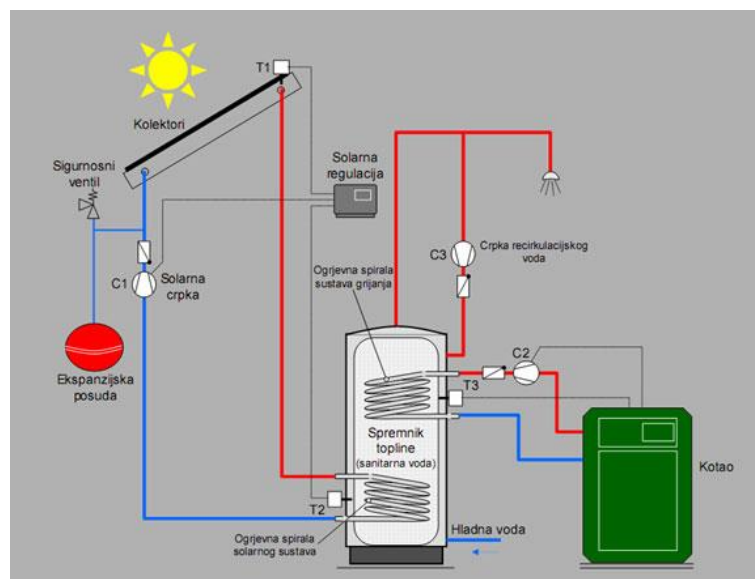
Investiranje u poboljšanje izolacije vašeg doma omogućava zadržavanje optimalne temperature uz manju potrošnju energije za grijanje ili hlađenje.

Pametni termostati koji automatski reguliraju grijanje ili hlađenje prema postavljenim temperaturnim pragovima mogu spriječiti nepotrebno trošenje energije

Instalacija solarnih ćelija za grijanje vode omogućava iskorištavanje sunčeve energije za ovaj specifični potreban proces, čime se smanjuje ovisnost o konvencionalnim izvorima energije. Ova metoda je prikazana na slici 4.5.

Zamjena običnih žarulja LED rasvjetom smanjuje potrošnju energije za osvjetljenje. Također, tempirana rasvjeta u zajedničkim prostorima poput hodnika i stepeništa osigurava da svjetla budu aktivna samo kada je to potrebno.

Važno je napomenuti kako solarni paneli najbolje služe za grijanje vode u bojlerima, umjesto za generiranje električne energije. Ovaj pristup bolje koristi specifične karakteristike solarnih ćelija za maksimalnu učinkovitost te se stanaru isplati dugoročno. U konačnici, kolektivni napor svih stanara u provedbi ovakvih promjena može rezultirati značajnim smanjenjem potrošnje energije i pozitivnim utjecajem na okoliš što ujedno i smanjuje potrebu za izgradnjom novih trafostanica.



Slika 4.5 Solarno grijanje vode [25]

HEP aktivno nastoji produžiti vijek postojećim trafostanicama kako bi se izbjegla potreba za ranom izgradnjom novih. Izgradnja novih trafostanica predstavlja znatne financijske izazove, a dobivanje građevinskih dozvola može biti posebno zahtjevno, osobito u urbanim područjima gdje su ova postrojenja neophodna. Stoga je vitalno ulagati resurse u redovito održavanje i osiguranje postojećih trafostanica kako bi se osigurala njihova optimalna učinkovitost i trajnost. Kroz uspješno odgađanje potrebe za novim trafostanicama, HEP ima mogućnost preusmjeriti resurse prema trenutačno najvažnijim projektima jer troškovi ne obuhvaćaju samo izgradnju trafostanica, već i postavljanje novih kabela, dobivanje građevinskih dozvola za njihovo postavljanje, i slične aktivnosti. Odgađanje izgrade trafostanice stoga rezultira ulaganjem u tehnologije koje trenutačno zahtijevaju više kapaciteta, poput obnovljivih izvora energije ili pametnih sustava za upravljanje mrežom. Također, ovi slobodni resursi mogu se koristiti za revitalizaciju i modernizaciju postojeće infrastrukture, poboljšavajući energetske učinkovitost i prilagodljivost cijele mreže. [8]

Ovakav pristup ne samo da doprinosi ekonomičnosti i dugoročnoj održivosti HEP-a, već također omogućava bolje prilagodbe promjenama na tržištu energije te brži odgovor na tehnološke i energetske trendove. Sveukupno, strategija odgađanja izgradnje novih trafostanica pokazuje se kao mudra investicija koja omogućava optimalno iskorištavanje resursa u skladu s trenutačnim potrebama i izazovima energetskega sektora. [28]

4.5 Primjer štednje jedne zgrade

Ukoliko se pogleda primjer imaginarnog stambenog kompleksa s 50 stanova, kako je opisano u poglavlju 4.2. Početna godišnja potrošnja električne energije bez primijenjenih mjera energetske učinkovitosti iznosila bi 160.000 kWh. No, nakon što bi se primijenile mjere energetske učinkovitosti i postigao certifikat A+, ostvarila bi se značajna ušteda od približno 20%. To bi značilo da bi okvirna godišnja potrošnja električne energije po pojedinačnom stanu iznosila otprilike 2.560 kWh godišnje. Na razini cijele zgrade, ukupna potrošnja električne energije smanjila bi se s prvotnih 160.000 kWh godišnje na 128.000 kWh, što bi predstavljalo značajnu uštedu od 32.000 kWh godišnje. Ovaj primjer ilustrira kako primjena mjera energetske učinkovitosti i postizanje visokog energetskeg razreda, kao što je certifikat A+, može znatno smanjiti potrošnju električne energije i doprinijeti ekonomskim i ekološkim koristima za kompleks zgrada. Koliki bi troškovi pojedinca bili okvirno predstavljaju mjere iz tablice.

Tablica 4.5 Novčana procjena mjera [31]

| Mjera | Opis mjere | Procjena ulaganja (kn) | Procjena uštede (kWh/a) | Energent | Procjena uštede (kn/a) | Jedinični period povrata ulaganja (a) | Smanjenje emisije CO ₂ (kg/a) |
|-------|--|------------------------|-------------------------|-------------|------------------------|---------------------------------------|--|
| 1 | Organizacija sustava praćenja i nadzora potrošnje energenata | 1.500,00 | 422,20 | el.energija | 379,98 | 3,95 | 88,66 |
| 2 | Ugradnja sustava solarnih kolektora površine min. 4,2 m ² uvezanog s sustavom grijanja i PTV,s spremnikom kapaciteta min. 300 l | 15.000,00 | 1.728,00 | el.energija | 1.555,20 | 9,65 | 362,88 |
| 3 | Ugradnja fotonaponske elektrane snage cca. 10 kW | 100.000,00 | 8.650,00 | el.energija | 7.785,00 | 12,85 | 1.816,50 |
| | UKUPNO: | 116.500,00 | 10.800,20 | el.energija | 9.720,18 | 11,99 | 2.268,04 |

Bitno je naglasiti da je ovaj primjer imaginaran i predstavlja optimalan scenarij u kojem bi svi stanari pokazali volju za ulaganjem u obnovu svojih stanova ili kada bi se osigurala vanjska financijska podrška za obnovu zgrade. Investiranje i renoviranje samo nekoliko stanova unutar zgrade ne bi znatno utjecalo na odgodu izgradnje buduće trafostanice ili imalo značajan utjecaj na EES. No, pojedinci koji bi se odlučili za takve investicije mogli bi dugoročno značajno smanjiti svoje osobne troškove. Ako bi se takve mjere usmjerile na smanjenje opterećenja ili općenito na smanjenje utjecaja na EES, bilo bi potrebno osigurati financijske fondove ili poticaje koji bi potaknuli takve promjene. Inače bi bilo teško očekivati da pojedinac samostalno provede takvu transformaciju.

4.6 Investicije u mjere učinkovitosti zgradarstva

Financiranje mjera za povećanje energetske učinkovitosti u sektoru građevinarstva može se podijeliti na dvije glavne grane: jedna se odnosi na financiranje obnove višestambenih zgrada, dok druga obuhvaća financiranje obnove zgrada u javnom sektoru. Planiranje ulaganja u te mjere određuje se u okviru dugoročne strategije obnove nacionalnog fonda zgrada.

Kako bi se ostvarili nacionalni ciljevi Republike Hrvatske, predviđeno je da će ukupna ulaganja u obnovu zgrada javnog sektora do 2050. godine iznositi 9.066.570.000 kuna ili 1.196.424.577 eura za obnovu površine od 3.027.321 četvornih metara zgrada. [26] Međutim, ovi resursi nisu dovoljni da se potpuno obnove zgrade u javnom sektoru, jer nedostaje 2.760.570.000 kuna. [26] Pored navedenih izvora financiranja, moguće je koristiti sredstva iz Fonda solidarnosti Europske unije (FSEU), Nacionalnog plana oporavka i otpornosti (NPOO) te Višegodišnjeg financijskog okvira (VFO).

Što se tiče obnove zgrada u javnom sektoru do 2026. godine, postoje dostupna sredstva za postizanje zadanih ciljeva. Najveći dio sredstava predviđen je za subvencije i uspostavu ESCO (Energy Service Company) modela. Subvencije predstavljaju bespovratnu pomoć, dok ESCO model omogućava širok spektar energetske rješenja, uključujući planiranje i izvođenje projekata za uštedu energije, modernizaciju, očuvanje energije, vanjsko izvođenje energetske infrastrukture, proizvodnju energije i upravljanje rizicima [29]. Ukupno je predviđeno 250.000.000 kuna za uspostavu ESCO modela i 300.000.000 kuna za subvencije, dok se preostalih 150.000.000 kuna planira koristiti za borbu protiv energetske siromaštva. [26]

Kada je u pitanju obnova višestambenih zgrada (VSZ), procijenjene investicije iznose oko 17 milijardi kuna. Prema dugoročnoj strategiji, planirano je ostvariti oko 4,3 milijarde kuna do kraja 2024. godine.[27] Za financiranje energetske obnove višestambenih zgrada mogu se koristiti sredstva iz Nacionalnog plana oporavka i otpornosti (NPOO) i Europskih strukturnih i investicijskih fondova (ESI), poznatih i kao EU fondovi.

Republika Hrvatska ima na raspolaganju ukupno 10,731 milijardu eura iz ESI fondova, pri čemu je 2,25 milijardi eura rezervirano za poljoprivredu, ruralni razvoj i ribarstvo. [30] NPOO također pruža financiranje u iznosu od 472,5 milijuna kuna za obnovu višestambenih zgrada, pri čemu je 300 milijuna kuna namijenjeno neoštećenim zgradama, dok se preostali iznos koristi za obnovu oštećenih u potresu. [26]

Trenutni plan financiranja obnove višestambenih zgrada do 2030. godine može se vidjeti u priloženoj tablici.

Tablica 4.6 Plan financiranja obnove višestambenih zgrada [27]

| Strateški cilj: Sve zgrade u Hrvatskoj su 2050. godine gotovo nula energetske ili s visokom razinom energetske učinkovitosti. | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| Pokazatelj učinka: Ukupno obnovljena površina stambenih zgrada u razdoblju Početna vrijednost: 0 Ciljana vrijednost 2030.: 17,77 milijuna m ² (ukupno u razdoblju 2021.-2030.) | | | | | | | | | | | | |
| POSEBNI CILJEVI | POKAZATELJ ISHODA | FINANCIJSKI PLAN [milijuna kuna] | | | | | | | | | | |
| | | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | UKUPNO |
| Posebni cilj 1: Energetska i sveobuhvatna obnova VSZ u razdoblju 2021. do 2030. | Ukupno obnovljena površina VSZ u desetogodišnjem razdoblju Ciljana vrijednost 2030.: 6,27 milijuna m ² | 834 | 824 | 1.338 | 1.318 | 1.803 | 1.755 | 2.210 | 2.142 | 2.549 | 2.462 | 17.235 |
| INDIKATIVNA ALOKACIJA TDU ZA OSTVARENJE STRATEŠKOG CILJA PO GODINAMA | | | | | | | | | | | | |
| PLANIRANI IZVORI FINANCIRANJA | DRŽAVNI PRORAČUN | | | | | | | | | | | |
| | FONDOVI EU/ ZAJMOVI, POMOĆI / OSTALO | 567 | 560 | 910 | 896 | 1.226 | 1.193 | 1.503 | 1.457 | 1.734 | 1.674 | 11.720 |

Bitno je istaknuti kako je uvijek potrebno nalaziti nove izvore investicija kako bi se sveukupna energetska učinkovitost poboljšala. Za ovaj posao potrage investitora, zaduženi su MRRFEU, MPGI i HBOR.

5 ZAKLJUČAK

Na samom kraju ovog rada, zaključuje se kako je energetska učinkovitost postala imperativ današnjeg svijeta, s obzirom na sve veći izazov klimatskih promjena i ograničene resurse. Energetski certifikati predstavljaju dragocjen alat koji pomaže pojedincima i organizacijama da razumiju i usmjere svoje napore ka smanjenju potrošnje energije i emisija stakleničkih plinova. Ovi certifikati ne samo da informiraju potencijalne kupce i zakupce o energetske učinkovitosti objekata, već i potiču vlasnike nekretnina da investiraju u poboljšanja koja donose niže račune za energiju i povećavaju vrijednost njihovih zgrada.

Utjecaj mjera energetske učinkovitosti na zgradarstvo je iznimno značajan. Promicanje energetski učinkovitih građevinskih praksi ne samo da dovodi do smanjenja potrošnje energije, već i podiže kvalitetu života korisnika objekata, stvarajući zdravije i udobnije unutrašnje okoline. Osim toga, energetska učinkovitost potiče inovacije u građevinskom sektoru i otvara nove poslovne prilike. Poticanje unaprjeđenja energetskog razreda zgrada na većoj razini može značajno utjecati i na sam EES, odgađajući pri tome izradu novih trafostanica te smanjenju potrebe za proizvodnjom električne energije, odnosno njenim uvozom.

Algoritmi za proračun energetske učinkovitosti postaju sve važniji kako bi se precizno procijenili i optimizirali energetske performanse zgrada. Kroz napredne modele i simulacije, algoritmi pomažu inženjerima i projektantima da identificiraju najučinkovitije mjere za poboljšanje energetske učinkovitosti. Osim toga, algoritmi omogućuju kontinuirano praćenje i optimizaciju performansi zgrada tijekom njihovog životnog vijeka.

U konačnici, ovaj rad podsjeća na važnost energetske učinkovitosti u graditeljstvu i društvu kao cjelini. Kroz primjenu energetskih certifikata, primjenu učinkovitih mjera u izgradnji i pametnu uporabu algoritama za proračun, možemo stvoriti održiviju budućnost, smanjiti negativan utjecaj na okoliš i poboljšati kvalitetu života za sve nas. Energetska učinkovitost nije samo trend, već nužnost koja će oblikovati našu budućnost.

LITERATURA

- [1] Lopez, S. (2014) „Proizvodnja i potrošnja električne energije“
- [2] <https://www.hops.hr/hrvatski-prijenosni-sustav>
- [3] <https://www.entsoe.eu/about/inside-entsoe/objectives/>
- [4] <https://www.hep.hr/opskrba/trziste-elektricne-energije/trziste/izvori-energije/1385>
- [5] HOPS (2022.) „DESETOGODIŠNJI PLAN RAZVOJA PRIJENOSNE MREŽE 2022. - 2031.“
- [6] <https://www.hep.hr/ods/>
- [7] Statista Research Department (2022.) „Share of Russian products in total oil and petroleum product imports in the European Union (EU) and the United Kingdom (UK) in 2020, by country“
- [8] HEP (2017.) „DESETOGODIŠNJI (2018.-2027.) PLAN RAZVOJA DISTRIBUCIJSKE MREŽE HEP ODS-a“
- [9] <https://www.hep.hr/ods/pristup-mrezi/distribucijska-podrucja-25/25>
- [10] HEP (2023.) „PRIJEDLOG DESETOGODIŠNJEG (2023. – 2032.) PLANA RAZVOJA DISTRIBUCIJSKE MREŽE HEP ODS-a“
- [11] <https://www.hep.hr/ods/korisnici/kucanstvo/tarifni-modeli/34>
- [12] <https://www.hep.hr/elektra/kucanstvo/tarifne-stavke-cijene/1547>
- [13] HEP (2013.) „METODOLOGIJA I KRITERIJI PLANIRANJA RAZVOJA DISTRIBUCIJSKE MREŽE“
- [14] <https://mpgi.gov.hr/o-ministarstvu/djelokrug/energetsko-certificiranje-zgrada-8304/8304>
- [15] Herega, V., Amadori, M. (2017.) „ENERGETSKA UČINKOVITOST ZGRADA“
- [16] <https://www.fzoeu.hr/hr/energetska-ucinkovitost/1343>

- [17] <https://www.fzoeu.hr/hr/energetsko-certificiranje/7675>
- [18] Soldo, V., Novak, S., Horvat, I., FSB (2017.) „Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790“
- [19] Simonovic Alfirevic, S., Alfirevic, D. (2018.) „Socijalistički stan u Jugoslaviji - paradigma ili tendencija“
- [20] Klempić, S. (2004.) „Razvoj stambenih naselja Splita nakon Drugog svjetskog rata“
- [21] MINISTARSTVO GOSPODARSTVA I ODRŽIVOG RAZVOJA (2021.) „ENERGIJA U HRVATSKOJ – GODIŠNJI ENERGETSKI PREGLED“
- [22] <https://www.earthvagabonds.com/living-in-a-soviet-era-complex-instead-of-the-tourist-zone-in-split-croatia/> (Slika)
- [23] <http://thoriumaplus.com/zakonska-regulativa-energetski-certifikatori/>
- [24] https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012_05_56_1389.html
- [25] <https://mcsolar.hr/solarni-kolektori/priprema-sanitarne-vode/> (Slika)
- [26] Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine (2022.) „Program energetske obnove zgrada javnog sektora za razdoblje do 2030. godine“
- [27] Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine (2021.) „Program energetske obnove višestambenih zgrada za razdoblje do 2030. godine“
- [28] https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_08_74_1539.html
- [29] <https://www.moebius.eu/286-new-esc0-business-models-and-energy-management-strategies>
- [30] <https://strukturnifondovi.hr/eu-fondovi/esi-fondovi-2014-2020/>
- [31] Ćurin, A. (2021.) „IZVJEŠĆE O PROVEDENOM ENERGETSKOM PREGLEDU“
- [32] https://energy.ec.europa.eu/system/files/2021-01/hr_ltrs_2020_0.pdf
- [33] <https://strujaplin.com/energetsko-trziste/potrosnja-struje>
- [34] <https://www.bauhaus.hr/pribor-za-kuhinjske-slavine/admiral-perlator/p/2116779>

POPIS SLIKA

| | |
|--|----|
| Slika 2.1 Prikaz EES-a [1]..... | 2 |
| Slika 2.2 Dijagramski prikaz proizvodnje električne energije u RH [4]..... | 4 |
| Slika 2.3 Ovisnost država EU o Ruskom plinu [7]..... | 5 |
| Slika 2.4 Prijenosna mreža s okruženjem [5] | 7 |
| Slika 2.5 Ukupna duljina prienosne mreže [5] | 8 |
| Slika 2.6 Elektre u RH [10]..... | 10 |
| Slika 2.7 Dnevni dijagram opterećenja [12]..... | 14 |
| Slika 2.8 Usporedba potrošnje električne energije [21]..... | 15 |
| Slika 2.9 Usporedba potrošača po sektorima [21] | 15 |
| Slika 3.1 Energetski certifikat zgrade [31]..... | 17 |
| Slika 4.1 Split 3 izgradnja 1969. [22] | 31 |
| Slika 4.2 Nemogućnost održavanja doma adekvatno toplim [27]..... | 33 |
| Slika 4.3 Perlator [34] | 37 |
| Slika 4.4 Dijagram potrošnje [21]..... | 39 |
| Slika 4.5 Solarno grijanje vode [25] | 40 |

POPIS TABLICA

| | |
|--|----|
| Tablica 2.1 Cijene po tarifnim modelima [12] | 12 |
| Tablica 3.1 Ukupni koeficijenti transmisijskih gubitaka [31] | 24 |
| Tablica 3.2 Način grijanja i gubici [kWh] [31] | 24 |
| Tablica 3.3 Proračun vlažnosti [31] | 25 |
| Tablica 3.4 Slojevi/Materijal [31] | 26 |
| Tablica 3.5 Energetske potrebe zgrade [31] | 26 |
| Tablica 3.6 Podaci vanjskog zida [31] | 27 |
| Tablica 4.1 Grijana površina po tipu zgrade[32] | 28 |
| Tablica 4.2 Grijana površina po županijama [27] | 29 |
| Tablica 4.3 Grijana površina zgrada u periodu od 1945. do 2019. [27] | 30 |
| Tablica 4.4 Prikaz energetske razreda ovisno o klimi [27] | 33 |
| Tablica 4.5 Novčana procjena mjera [31] | 43 |
| Tablica 4.6 Plan financiranja obnove višestambenih zgrada [27] | 45 |