

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Tin Cerovac

Zagreb, 2012.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Neven Duić, dipl. ing.

Student:

Tin Cerovac

Zagreb, 2012.

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

Zahvaljujem se svojem mentoru prof. dr. sc. Nevenu Duiću na pruženoj pomoći i savjetima tijekom izrade ovog rada. Također se zahvaljujem i asistentu Tomislavu Pukšecu na pruženoj pomoći, savjetima i kritikama.

Posebno se zahvaljujem svojim kolegama i nadređenima na projektu Vlade RH i UNDP-a, „Dovesti svoju kuću u red“, gdje već nekoliko godina radim kao asistent za uspostavu registra: Vanji Lokas, dipl. ing., kao voditeljici Odjela za uspostavu Registra zgrada, Sanji Horvat, dipl. ing., koordinatorici na projektu, te dr. sc. Vlasti Zanki, dipl. ing., kao voditeljici programa. Informacije koje su mi ustupili te iskustvo sa sektorom u pitanju stečeno na radnom mjestu su mi bile od velike pomoći tokom pisanja cijelog rada.

Za kraj, najveću zahvalu dugujem svojoj obitelji i djevojci, na vjeri, podršci i strpljenju.

Tin Cerovac

SADRŽAJ

| | |
|--|-----|
| SADRŽAJ | I |
| POPIS SLIKA | III |
| POPIS TABLICA..... | IV |
| POPIS OZNAKA..... | V |
| SAŽETAK..... | VI |
| 1. Uvod..... | 1 |
| 2. Metodologija | 4 |
| 2.1. Početne pretpostavke..... | 4 |
| 2.1.1. Uvod u metodologiju | 4 |
| 2.1.2. Podjela i podatci o fondu zgrada | 4 |
| 2.2. Kvadrature, oplošje i grijani volumen..... | 7 |
| 2.3. Koeficijent prolaza topline kroz ovojniciu | 8 |
| 2.4. Temperature..... | 10 |
| 2.5. Transmisija | 12 |
| 2.6. Solarni tok | 12 |
| 2.7. Unutarnji dobitci..... | 14 |
| 2.8. Ventilacija i infiltracija..... | 15 |
| 3. Proračun potrošnje za baznu godinu | 16 |
| 3.1. Uvod u proračun potrošnje | 16 |
| 3.2. Godišnja potrebna energija za grijanje $Q_{H,nd}$ | 16 |
| 3.3. Godišnja potrebna energija za hlađenje $Q_{C,nd}$ | 19 |
| 3.4. Energija potrebna za električnu rasvjetu E_l | 20 |
| 3.5. Energija potrebna za pripremu potrošne tople vode E_{PTV} [15]..... | 22 |
| 3.6. Usklađivanje rezultata | 23 |
| 3.7. Modeliranje potrošnje energije iz zaprimljene kunske potrošnje | 25 |
| 3.7.1. Električna energija | 25 |
| 3.7.2. Ogrjevno drvo..... | 27 |
| 3.7.3. Ekstra lako loživo ulje | 27 |
| 3.7.4. Prirodni plin i ukapljeni naftni plin (UNP)..... | 27 |
| 3.7.5. Toplinska energija iz pare i vrele vode | 28 |
| 4. Modeliranje buduće potrošnje | 29 |

| | |
|---|----|
| 4.1. Zeleni scenarij 1 i 2 | 29 |
| 4.2. Štedni scenarij 1a, 1b, 2a, 2b, 3a i 3b | 30 |
| 4.2.1. Modifikacijski faktor kretanja broja stanovnika | 31 |
| 4.2.2. Modifikacijski faktor obnove fonda putem nominalnog normativa | 31 |
| 4.2.3. Modifikacijski faktor hlađenog prostora | 33 |
| 4.2.4. Štedni scenarij 1 | 33 |
| 4.2.5. Štedni scenarij 2 | 35 |
| 4.2.6. Štedni scenarij 3 | 36 |
| 4.3. Udjeli energenata u namirivanju potrošnje i buduće kretanje cijena..... | 37 |
| 4.3.1. Kretanje fuel mixa kroz godine u tri scenarija | 39 |
| 4.3.2. Buduće kretanje cijena | 40 |
| 4.4. Proračun buduće kunske potrošnje, investicija i ušteda | 41 |
| 4.4.1. Proračun ušteda CO ₂ | 42 |
| 5. Rezultati | 43 |
| 5.1. Rezultati proračuna potrebe za energijom za baznu godinu..... | 43 |
| 5.2. Rezultati proračuna promjene potrošnje prema predloženim scenarijima | 46 |
| 5.3. Rezultati proračuna masenih i kunskih ušteda CO ₂ | 47 |
| 5.4. Rezultati proračuna ukupnih ušteda i investicija | 49 |
| 5.4.1. Štedni scenarij 1 | 50 |
| 5.4.2. Štedni scenarij 3 | 52 |
| 6. Zaključak..... | 54 |
| LITERATURA..... | 55 |

POPIS SLIKA

| | |
|--|----|
| Slika 1 - <i>Raspodjela površina za MPRRR</i> | 6 |
| Slika 2 – <i>Kretanje stope rasta potrošnje kroz godine za dva temeljna scenarija</i> | 30 |
| Slika 3 – <i>Ukupna ušteda u ovisnosti o postotku obnove kao rezultat prvih promatranja</i> | 33 |
| Slika 4 – <i>Faktor kretanja broja stanovništva za Štedni scenarij 1a i 1b</i> | 34 |
| Slika 5 - <i>Faktor obnove fonda za Štedni scenarij 1a i 1b</i> | 34 |
| Slika 6 – <i>Faktor kretanja broja stanovništva za Štedni scenarij 2a i 2b</i> | 35 |
| Slika 7 - <i>Faktor obnove fonda za Štedni scenarij 2a i 2b</i> | 36 |
| Slika 8 – <i>Faktor kretanja broja stanovništva za Štedni scenarij 3a i 3b</i> | 36 |
| Slika 9 - <i>Faktor obnove fonda za Štedni scenarij 3a i 3b</i> | 37 |
| Slika 10 – <i>Fuel mix za grijanje u baznoj godini</i> | 39 |
| Slika 11 – <i>Kretanje udjela pojedinih energenata u namirivanju potrebe za grijanjem do 2050.</i> | 39 |
| Slika 12 – <i>Godišnja proračunata potrebna energije za grijanje po ministarstvima</i> | 43 |
| Slika 13 – <i>Godišnja proračunata potrebna energija za hlađenje po ministarstvima</i> | 44 |
| Slika 14 – <i>Godišnja proračunata potrebna energija za električnu rasvjetu po ministarstvima</i> | 44 |
| Slika 15 – <i>Godišnja proračunata potrebna energija za pripremu PTV po ministarstvima</i> | 45 |
| Slika 16 – <i>Kretanje ukupne energetske potrošnje u sektoru do 2050. prema postavljenim scenarijima, u PJ</i> | 46 |
| Slika 17 – <i>Kretanje ukupne energetske potrošnje u sektoru do 2050. za štedne scenarije računate u odnosu na Zeleni scenarij 1, u PJ</i> | 46 |
| Slika 18 – <i>Kretanje ukupne energetske potrošnje u sektoru do 2050. za štedne scenarije računate u odnosu na Zeleni scenarij 2, u PJ</i> | 47 |
| Slika 19 – <i>Uštede u kilotonama CO₂ po godinama za Štedni scenarij 1</i> | 48 |
| Slika 20 – <i>Kunske uštede na CO₂ po godinama za Štedni scenarij 1</i> | 48 |
| Slika 21 – <i>Uštede u kilotonama CO₂ po godinama za Štedni scenarij 3</i> | 49 |
| Slika 22 – <i>Kunske uštede na CO₂ po godinama za Štedni scenarij 3</i> | 49 |
| Slika 23 – <i>Kunske uštede za Štedni scenarij 1 pri fuel mix scenariju 1</i> | 50 |
| Slika 24 – <i>Kunske uštede za Štedni scenarij 1 pri fuel mix scenariju 2</i> | 51 |
| Slika 25 – <i>Kunske uštede za Štedni scenarij 1 pri fuel mix scenariju 3</i> | 51 |
| Slika 26 – <i>Kunske uštede za Štedni scenarij 3 pri fuel mix scenariju 1</i> | 52 |
| Slika 27 – <i>Kunske uštede za Štedni scenarij 3 pri fuel mix scenariju 2</i> | 53 |
| Slika 28 – <i>Kunske uštede za Štedni scenarij 3 pri fuel mix scenariju 3</i> | 53 |

POPIS TABLICA

| | |
|--|----|
| Tablica 1 - <i>Popis ministarstava RH i njihovih skraćenica</i> | 5 |
| Tablica 2 - <i>Udjeli stanovništva po županijama prema popisu stanovništva iz 2001.</i> | 7 |
| Tablica 3 - <i>Koeficijenti prolaza topline kroz zid s podjelom na regije i starost fonda [2]</i> | 9 |
| Tablica 4 - <i>Koeficijenti prolaza topline kroz prozore i okvire s podjelom na regije i starost fonda [2]</i> | 9 |
| Tablica 5 - <i>Koeficijenti prolaza topline kroz ovojnicu prema energetske auditima</i> | 10 |
| Tablica 6 - <i>Postavne vrijednosti unutarnje temperature za razdoblja grijanja i hlađenja ovisno o namjeni zgrade (HRN EN ISO 13790)</i> | 11 |
| Tablica 7 - <i>Srednje mjesečne temperature po županijama[6]</i> | 11 |
| Tablica 8 - <i>Ozračenost za pojedine strane svijeta po mjesecima i podjelom na kontinentalnu (KP) i primorsku Hrvatsku (PH) u kWh/m² [2]</i> | 13 |
| Tablica 9 - <i>Vrijednosti faktora korištenih u jednadžbi (2.7) [7]</i> | 14 |
| Tablica 10 - <i>Vremenska razdoblja za proračune prema HRN EN ISO 13790 (dodatak F) [2]</i> ... 17 | |
| Tablica 11 - <i>Stupanj dani hlađenja za pojedine županije [13]</i> | 19 |
| Tablica 12 - <i>Specifične vrijednosti za računanje godišnje potrošnje energije za električnu rasvjetu</i> | 21 |
| Tablica 13 – <i>Prosječne godišnje potrebe za toplom vodom po osobi u litrama</i> | 22 |
| Tablica 14 - <i>Cijene kWh i naknada po tarifnim modelima za izračun preuzete električne energije, u kunama</i> | 26 |
| Tablica 15 – <i>Stanje fonda s obzirom na nominalni normativ u baznoj godini</i> | 31 |
| Tablica 16 - <i>Godišnja proračunata potrebna energije za grijanje po ministarstvima</i> | 43 |
| Tablica 17 - <i>Godišnja proračunata potrebna energija za hlađenje po ministarstvima</i> | 44 |
| Tablica 18 - <i>Godišnja proračunata potrebna energija za električnu rasvjetu po ministarstvima</i> | 45 |
| Tablica 19 - <i>Godišnja proračunata potrebna energija za pripremu PTV po ministarstvima</i> | 45 |
| Tablica 20 – <i>Ukupne uštede energije po štednim scenarijima</i> | 54 |

POPIS OZNAKA

| Oznaka | Jedinica | Opis |
|---------------------|----------------------|---|
| U_{sr} | W/m ² K | Osrednjena vrijednost koeficijenta prolaska topline kroz zidnu plohu |
| ϑ_i | °C | Unutarnja postavna temperatura |
| $\vartheta_{e,sr}$ | °C | Srednja vanjska temperatura |
| O | m ² | Oplošje |
| Φ_{vt} | W/m ³ | Specifični transmisijski gubitak |
| h | m | Visina |
| Φ_{nn} | kWh/m ² a | Nominalni normativ |
| V_{gr} | m ³ | Grijani volumen |
| V | m ³ | Volumen prostorija |
| f_p | - | Udio ploštine prozora u oplošju zgrade |
| $H_{tr,adj}$ | W/K | Koeficijent transmisijske izmjene topline sveden na razliku temperature unutarnjeg i vanjskog zraka |
| U_{ps} | W/m ² K | Osrednjena vrijednost koeficijenta prolaska topline kroz prozorsko staklo |
| U_{po} | W/m ² K | Osrednjena vrijednost koeficijenta prolaska topline kroz prozorski okvir |
| $Q_{sol,m}$ | J | Izmjenjena toplina od sunčanog izvora kroz objekt za jedan mjesec |
| A_{sol} | m ² | Efektivna osunčana površina |
| $F_{sh,gl}$ | - | Faktor smanjenja zbog sjene od pomičnog zasjenjenja |
| f_{with} | - | Udio vremena u kojem je aktivno pomično zasjenjenje |
| g_{gl} | - | Faktor ukupne propusnosti sunčeva zračenja kada nije uključeno pomično zasjenjenje |
| $F_{sh,ob}$ | - | Faktor smanjenja zbog sjene od vanjskih prepreka direktnom sunčevom zračenju na površinu građevine |
| Φ_r | W | Toplinski tok zračenja građevnog elementa prema nebu |
| F_r | - | Faktor oblika između građevnog elementa i neba |
| $Q_{H,ht}$ | J | Ukupna izmjenjenu toplina u razdoblju grijanja |
| $Q_{H,gn}$ | J | Ukupni toplinski dobitci u razdoblju grijanja |
| Q_{tr} | J | Ukupna toplina izmjenjena putem transmisije |
| Q_{ve} | J | Ukupna toplina izmjenjena putem ventilacije |
| $X_{\dot{z}}$ | - | Udio zgrada pojedine županije u ukupnoj površini ministarstva |
| X_z | - | Udio pojedinog tipa zgrade u ukupnoj površini ministarstva |
| ϑ_e | °C | Srednja mjesečna vanjska temperatura |
| $\vartheta_{int,H}$ | °C | Unutarnja postavna temperatura u sezoni grijanja |
| $\eta_{H,gn}$ | - | Faktor iskoristivosti toplinskih dobitaka |
| γ | - | Omjer toplinskih gubitaka i dobitaka |
| τ_B | h | Vremenska konstanta zgrade |
| C | J/m ² K | Unutarnji toplinski kapacitet zgrade |
| $Q_{C,nd}$ | J | Godišnje potrebna energija za hlađenje |
| E_l | J | Godišnje potrebna energija za električnu rasvjetu |
| P_N | W/m ² | Granična vrijednost energije potrebne za rasvjetu određenog tipa zgrade |
| t_n | s | Period rada rasvjete tokom noći |
| t_d | s | Period rada rasvjete tokom dana |
| P_D | - | Postotak prostora koji ima instalirane senzore za kontrolu rasvjete s obzirom na prisutnost ljudi u njima |
| E_{PTV} | J | Godišnje potrebna energija za pripremu PTV |
| $V_{ZW,a}$ | l | Prosječna godišnja potreba za vodom za određeni tip zgrade, po osobi |

SAŽETAK

Predmet proučavanja ovog rada je kretanje potrebe za energijom državnog fonda zgrada u Hrvatskoj i moguće uštede. Nakon utvrđivanja stanja za baznu, 2010., godinu u vidu potreba za energijom podijeljenih u nekoliko osnovnih kategorija, date su projekcije kretanja potrošnje do 2050. pomoću više scenarija koji obuhvaćaju promjene u energetskej efikasnosti gradnje, kretanju stanovništva, poboljšanju radnih uvjeta, ali i uvođenje obnovljivih izvora energije za namirivanje potrebe za toplinom u vidu uporabe dizalica topline i kotlova na biomasu. Temeljem dobivenih projekcija, analizirane su energetske i novčane koristi, tonske i novčane uštede smanjenjem emisija CO₂, te je, uz investicijske troškove, ispitana isplativost svakog pojedinog scenarija. Rezultati tog ispitivanja ukazuju na isplativost i nužnost kapitalnih investicija u spomenute promjene, bez obzira na magnitudu promjena i sustav financiranja istih.

ABSTRACT

This paper is meant to study possible trends and savings in energy demand of the state-owned building fund in Croatia. After determining the condition of several basic demand categories in the base year, 2010, trend projections until the year 2050 are given, using multiple scenarios which incorporate changes in the energy efficiency of building, population trends, improvement of working conditions, but also introduce renewable energy sources to satisfy heat demands by implementing heat pumps and biomass boilers. Based on these projections, an analysis of energy and financial benefits has been performed, as well as mass and financial savings on CO₂ emissions, and, with investment costs, cost effectiveness of each scenario has been estimated as well. Results of that estimate suggest profitability and necessity of capital investment in the stated changes, regardless of the changes magnitude or the funding system supporting them.

1. Uvod

Tema ovog rada je predviđanje budućih kretanja potreba za energijom državnog fonda zgrada u Republici Hrvatskoj, predlaganje mogućih štednih scenarija i analiza troškova i ušteda koji iz njih proizlaze. Model energetske potrošnje, kao i samo energetske planiranje, pomažu nam da se bolje pripremimo za buduće zahtjeve koje će pred nas postaviti sektor te kako da ih čim bezbolnije riješimo. Poznavanjem ili barem predviđanjem budućih potreba za energijom, možemo planirati unaprijed i ostvariti značajne uštede, pa čak i profit prilikom prilagođavanja zahtjevima koji nam predstoje. Zato će glavni cilj ovog rada biti uspostava modela koji može kvalitetno prikazati promjene uzrokovane budućim kretanjem zahtjeva za energijom, kretanjem cijena te tehnologijama koje se primjenjuju. Iako su u svrhu proučavanja scenarija iz završnog zadatka usvojene razne vrijednosti, gledano je da model ostaje fleksibilan gdje god je moguće, te da kao rezultat bude spreman prihvatiti kakve god trendove odaberemo uz minimalne preinake. Prije nego krenemo dalje, valja pojasniti područje, tj. skupine zgrada koje obuhvaća državni fond zgrada. Tu se prije svega misli na zgrade čiji troškovi za energente idu na trošak državnog proračuna. To su sve zgrade u vlasništvu Republike Hrvatske, ali i neke zgrade u kojima su državne institucije u najmu prostora, no još uvijek moraju plaćati vlastite račune. Što čini takav fond zgrada? Čine ga prvenstveno objekti koji spadaju pod ministarstva vlade RH. Većinom su to administrativne zgrade, bilo za interne potrebe, bilo za pružanje usluga građanstvu, ali sadrži i značajan broj zgrada sa drugim funkcijama, čak i smještajnim, ako kao takve promatramo razne domove i ustanove zdravstvene skrbi. U baznoj godini ovog rada, 2010., u RH je djelovalo 16 ministarstva, čiji su broj i nazivi izmijenjeni nakon parlamentarnih izbora u prosincu 2011. godine, no u kasnijim poglavljima će ustroj fonda biti pobliže opisan kako bi se izbjegle eventualne nedoumice. Kako bismo mogli raditi bilokakva predviđanja, potrebno je prvo postaviti valjan model za baznu godinu. Osnovni aspekti potreba za energijom kojima će se baviti model, kao i same izvedbe će biti detaljno objašnjene u poglavljima koje slijede. Na ovom mjestu je dovoljno reći da slijede hrvatske prilagodbe ISO normi, gdje god je to moguće, jer sve su norme koncipirane za proračun pojedinačne zgrade, tj. objekta, a ne skupa zgrada kao što će biti slučaj u ovom radu. Zbog toga, kao i zbog oskudnosti dostupnih podataka, povremeno su rađeni određeni ustupci i korekcije, koje su uvijek pojašnjene i pokušavalo se čim više osnove za njih naći u postojećim i važećim propisima. Po pitanju spomenute oskudnosti podataka valja reći kako trenutno ne postoji registar javnih zgrada u RH, a stanje je toliko loše da čak ni većina pojedinih ministarstva nije u mogućnosti reći koliko točno objekata imaju u svojem vlasništvu te

kolika im je površina, broj zaposlenika i slični podatci koji bi nas zanimali. Ipak, u vrijeme pisanja ovog rada, provodi se program Vlade RH i Projekata za razvoj UN-a (UNDP), pod nazivom „Dovesti svoju kuću u red“, ili, kako će ga se u nastavku rada češće oslovljavati prema engleskoj skraćenici – HIO projekt. Glavni zadatak tog projekta je uspostava upravo takvog registra državnog fonda zgrada, dok za ostatak javnih zgrada brine njegov sestrinski SGE projekt (Sustavno Gospodarenje Energijom u gradovima i županijama). Većina ulaznih podataka korištenih u ovom radu je produkt terenskog rada približno stotinu asistenata zaposlenih na projektu, koji su obišli preko 2500 objekata širom RH, te prikupili podatke o njihovim karakteristikama i potrošnjama. Nažalost, kako su neki od tih podataka državna tajna (u slučaju Ministarstva obrane, npr.), a svi podatci u vlasništvu Ministarstva gospodarstva, kao financijera hrvatske polovice troškova projekta, prikupljeni podatci nisu bili dostupni u punom opsegu, o čemu će također biti riječi u poglavljima koja slijede, kao i o načinima kako se tome doskočilo. Nakon što se razradilo stanje fonda, i proračunalo osnovne potrebe za energijom, valjalo je utvrditi i udjele pojedinih energenata u namirivanju tih potreba, pošto su ulazni podatci otkrivali samo kunske potrošnje, a ne i energetske potrošnje. Kada je *fuel mix* za baznu godinu postao poznat, valjalo je postaviti scenarije kretanja potrošnje. U tu svrhu je konzultirana *Zelena knjiga*, prema napatku u zadatku rada, te je razrađen scenarij kretanja potrošnje do 2050. godine, korištenjem podataka iz *Zelene knjige* do 2030. za koju je dat pogled u knjizi, a kasnije interpolacijom. Kako je ocijenjeno da je takav bazni scenarij predviđa nerealan rast našeg sektora, odlučeno je uvesti još jedan bazni scenarij. Naime, podatci dati u knjizi se odnose na sektor usluga, koji je širok pojam, te iako obuhvaća i naš sektor, podatci za njega se nikako nemogu primjenjivati na državni fond zgrada. Turizam, ugostiteljstvo i razne druge uslužne djelatnosti iz godine u godinu bilježe sve veći rast i realno je očekivati njihovo povećanje, no, iako je naš sektor vezan na funkcioniranje cjelokupnog gospodarstva (pošto ministarstva i njihovi dijelovi upravljaju državom, pa tako veličina gospodarsvene aktivnosti utječe na volumen posla istih), njegova glavna uslužna djelatnost je drukčije prirode te služe građanstvu u aspektima birokracije i zaštite, vezani su na broj stanovnika, regionalne podjele i druge trendove. Iz oba razloga, drugi bazni scenarij također predviđa rast potrošnje, no sa mnogo blažim stopama nego što to predviđa scenarij iz zelene knjige. Tako smo postavili Zeleni scenarij 1 i 2. Na njih će se vezati tri štedna scenarija. Štedni scenariji su dobiveni korištenjem triju modifikacijskih faktora kojima se pokušava opisati promjene u energetskej efikasnosti, kretanju broja stanovnika i radnim uvjetima, za koje se pretpostavljamo da prva dva imaju najveći utjecaj na potrebe za energijom. Ovisno o kretanjima spomenutih faktora te njihovim kombinacijama, dobivamo tri štedna scenarija – osnovni, skromni i optimistični; Štedni scenarij 1, 2 i 3. Svaki od ta tri

scenarija automatski daje dva podscenarija, koji će se označavati oznakama „a“ i „b“, ovisno na koji se Zeleni scenarij vežu. Od njih su dva (tj. četiri) odabrana za detaljnije promatranje kroz kunske i energijske uštede, a to su Štedni scenarij 1 i Štedni scenarij 3. Kako bismo dobili uštede, računate su kunske potrošnje u ovisnosti o tri scenarija promjene *fuel mixa*, jedan bez promjena te dva sa uvođenjem dodatnog energenta za grijanje, u vidu dizalice topline ili biomase. Za navedene scenarije su računate i uštede CO₂, te su zajedno sa ostalim uštedama i predviđenim investicijskim troškovima upotrijebljene da bi se sagledala isplativost pojedinih scenarija.

2. Metodologija

2.1. Početne pretpostavke

2.1.1. Uvod u metodologiju

Poglavlje koje slijedi će pobliže opisati metodologiju korištenu pri utvrđivanju potrošnje državnog fonda zgrada unutar javnog sektora, te metodologiju modeliranja potrošnje istog do 2050. godine. Za početak valja reći kako je dostupnost podataka potrebnih za ovakvu analizu vrlo loša za ovaj sektor. U vrijeme pisanja ovog rada, u tijeku je projekt Vlade Republike Hrvatske s ciljem poticanja energetske efikasnosti, kojeg provodi UNDP Hrvatska. U suradnji s UNDP-om, ustupljena je određena količina podataka, no nažalost, zbog velikog opsega posla te zbog tajnosti određenih podataka, nisu bili dostupni svi potrebni podatci. Ovaj će se rad stoga fokusirati na državni fond zgrada unutar javnoga sektora i to na onaj dio koji nije obuhvaćen obvezom o tajnosti (primjera radi, podatci o MORH-u koji koristi značajne površine iz jasnih razloga nisu dostupni). No, u većoj ili manjoj mjeri dostupnima su učinjeni podatci za oko 2500 objekata po različitim ministarstvima diljem Hrvatske, što će zasigurno dati dobru predodžbu o stanju sektora. Zbog ponekad nepotpunih podataka, te komplikacija proračuna na razini sektora u odnosu na proračun baziran na jednom objektu, valjalo je unijeti čitav niz modifikacija te birati između više metoda proračuna za svaku posebnu stavku, o čemu će više riječi biti u slijedećim poglavljima. No, ipak, može se reći da su dva najznačajnija komada literature korištena pri izradi ovog rada godišnji izvještaj projekta Vlade Republike Hrvatske „Dovesti svoju kuću u red“ (HIO projekt) [1], ustupljen od strane UNDP-a, te Priručnik za energetska certificiranje zgrada [2], koji sadrži iscrpne informacije o raznim proračunima toplinskih, rashladnih, ventilacijskih, klimatizacijskih zahtjeva na zgradu prema trenutno važećim normama i propisima, te ga autor ovog rada preporuča svakom kolegi koji možda čita ovaj rad u potrazi za informacijama, jer prati proračune po normama i propisima, sadrži i mnoštvo korisnih statističkih podataka, na njemu su radili afirmirani domaći stručnjaci, a uz sve to, može ga se besplatno preuzeti na internetu. Za baznu godinu ovog rada je odabrana 2010. kao projektna godina na koju se odnosi godišnji izvještaj HIO projekta. Potrošnje proračunate metodologijom čiji opis slijedi, a sam proračun opisuje slijedeće poglavlje, koristi će se u svrhu izrade projekcija potrošnje do godine 2050., u više scenarija koji će biti naknadno objašnjeni.

2.1.2. Podjela i podatci o fondu zgrada

Kao što smo već ranije spomenuli, državni fond javnog sektora zgrada je najlakše podijeliti po ministarstvima. Tako je i učinjeno kako bi se olakšalo baratanje ulaznim podacima o kvadraturama i potrošnji koja su u HIO izvještaju [1] također razvrstani po ministarstvima. U

Republici Hrvatskoj u vrijeme pisanja ovog rada djeluje 16 ministarstva, slijedi njihov popis i skraćenice kojima će se koristiti unutar ovog rada.

Tablica 1 - Popis ministarstava RH i njihovih skraćenica

| | |
|---------|---|
| MFIN | Ministarstvo financija |
| MINGORP | Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva |
| MK | Ministarstvo kulture |
| MMPI | Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture |
| MOBMS | Ministarstvo obitelji, branitelja i međugeneracijske solidarnosti |
| MORH | Ministarstvo obrane |
| MP | Ministarstvo pravosuđa |
| MPRRR | Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja |
| MRRŠVG | Ministarstvo regionalnog razvoja, šumarstva i vodnog gospodarstva |
| MT | Ministarstvo turizma |
| MUP | Ministarstvo unutarnjih poslova |
| MVPEI | Ministarstvo vanjskih poslova i europskih integracija |
| MZOPUG | Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva |
| MZOS | Ministarstvo znanosti obrazovanja i sporta |
| MZSS | Ministarstvo zdravstva i socijalne skrbi |
| MU | Ministarstvo uprave |

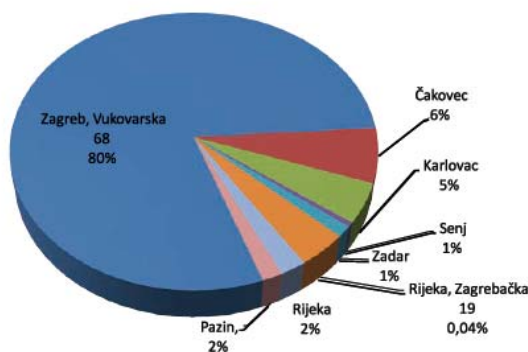
Valja napomenuti da za MORH, MU, MRRŠVG nema adekvatnih podataka pošto su podatci za MORH označeni kao državna tajna, podatci za MU i MRRŠVG ne postoje jer se još nisu u potpunosti uključili u provođenje projekta, iako je u tu svrhu konzultirano i treće godišnje izvješće HIO projekta s novijim podacima. Ministarstvo pravosuđa je u proračunu tretirano posebno za dva dijela – pravosudni i zatvorski, no rezultati su prezentirani kao zajednički, a za MZSS i MZOS je bitno napomenuti da se dobar dio bolnica i škola nalazi u vlasništvu gradova, ne RH i kao takvi ne ulaze u područje izučavanja HIO projekta te time niti u izučavanje ovog rada. No, za bilokakav toplinski proračun zgrade, pa tako i fonda zgrada, veoma je važna njegova geografska rasprostranjenost. U Hrvatskoj se, prema Pravilniku o energetsom certificiranju zgrada[3], razlikuju dvije klimatske regije, a to su kontinentalna i primorska, a faktor kojim ih određujemo su stupanj dana grijanja. Za gradove i mjesta sa ili iznad 2200 stupanj dana grijanja godišnje, proračun se vrši prema referentnim klimatskim podacima za kontinentalnu Hrvatsku dok oni s manje stupanj dana spadaju pod primorsku Hrvatsku. Referentni broj stupanj dana grijanja utvrđuje se propisom uz uvjet da je unutarnja temperatura

unutar prostora objekta 20 °C i da sezona grijanja započinje padom vanjske temperature u tri uzastopna dana ispod 12 °C te da sezona grijanja završava porastom vanjske temperature u tri uzastopna dana iznad 12 °C. Izračunati propisom, referentni stupanj dani su:

-2900 za kontinentalnu Hrvatsku

-1600 za primorsku Hrvatsku

Ipak, podjelu objekata, tj pravilnije bi bilo reći ulaznih kvadratura, je odlučeno raditi po županijama, iz jednostavnog razloga što su te površine jedan od rijetkih ulazni podataka, a ovako gruba površina bi ga razvodnila.. Podjela na kontinentalnu i primorsku Hrvatsku će se koristiti samo kod računanja solarnog toka. Tako dobivamo podjelu na 20 županija plus grad Zagreb. Slijedeće pitanje koje se postavlja je kako raspodijeliti objekte po županijama? Za neka temeljito obrađena ministarstva takva podjela već postoji unutar HIO izvještaja [1] i stoga je samo preuzeta:



Slika 1 - Raspodjela površina za MPRRR

Za ona ministarstva koja nisu tako temeljito obrađena, valjalo je pronaći alternativno rješenje. Kao solucije se nameću podjela prema udjelu pojedine županije u ukupnoj površini RH ili po udjelu stanovništva županije u ukupnom stanovništvu Hrvatske. Ovdje je izabrana opcija podjele po udjelu stanovništva županije u ukupnom broju stanovnika, prema jednostavnoj logici da je javni sektor većinom koncentriran gdje i stanovništvo, pa je za raspodjelu tih površina odabran udio pojedine županije u stanovništvu Republike Hrvatske. Podatci korišteni u toj podjeli su oni prikupljeni na popisu stanovništva iz 2001.[4].

Tablica 2 - Udjeli stanovništva po županijama prema popisu stanovništva iz 2001.

| Županija | Broj stanovnika | Udio stanovništva |
|------------------------|-------------------|-------------------|
| Grad Zagreb | 779145,00 | 17,56 |
| Zagrebačka | 309696,00 | 6,98 |
| Krapinsko-zagorska | 142432,00 | 3,21 |
| Varaždinska | 184769,00 | 4,16 |
| Koprivničko-križevačka | 124467,00 | 2,80 |
| Međimurska | 118426,00 | 2,67 |
| Bjelovarsko-bilogorska | 133084,00 | 3,00 |
| Virovitičko-podravska | 93389,00 | 2,10 |
| Požeško-slavonska | 85831,00 | 1,93 |
| Brodsko-posavska | 176765,00 | 3,98 |
| Osječko-baranjska | 330506,00 | 7,45 |
| Vukovarsko-srijemska | 204768,00 | 4,61 |
| Karlovačka županija | 141787,00 | 3,20 |
| Sisačko-moslavačka | 185387,00 | 4,18 |
| Primorsko-goranska | 305505,00 | 6,88 |
| Ličko-senjska | 53677,00 | 1,21 |
| Zadarska | 162045,00 | 3,65 |
| Šibensko-kninska | 112891,00 | 2,54 |
| Splitsko-dalmatinska | 463676,00 | 10,45 |
| Istarska | 206344,00 | 4,65 |
| Dubrovačko-neretvanska | 122870,00 | 2,77 |
| Ukupno | 4437460,00 | 100 |

Ostali podaci koji su dijeljeni po županijama, kao npr. srednje vanjske temperature, stupanj dani, koeficijenti prolaza kroz zidove i sl. će se pobliže pobliže objasniti u poglavljima koja opisuju proračun koji ih koristi.

2.2. Kvadrature, oplošje i grijani volumen

Prije nego prijedemo na proračune toplinskih opterećenja zgrada, valja reći par riječi o kvadraturama, oplošju i grijanom volumenu zgrada. Kao što je već ranije spominjano, jedan od par zaprimljenih ulaznih podataka su ukupne površine zgrada za pojedina ministarstva, a kada uzmemo u obzir da se ovdje ne radi o jednoj zgradi već o skupinama zgrada, potrebno je bilo doskočiti problemu oplošja. U tu svrhu je korišten nominalni normativ. Nominalni normativ predstavlja potrošnju korisne energije u obliku topline za zagrijavanje jednog kvadratnog metra površine prostora. Podatci o normativu su preuzeti iz vanjskog izvora [9] koji se poziva na Energetski Institut Hrvoje Požar i daje nekoliko vrijednosti normativa, ovisno o periodu u kojem je zgrada sagrađena. Ti podaci su kombinirani sa podacima o starosti nestambenog fonda zgrada sa popisa stanovništva [4] uz interpolacijske korekcije manjih nepoznanica, kao što su npr. zgrade neutvrđene starosti i zgrade u izgradnji za vrijeme popisa, kako bi se dobio prosječan nominalni normativ za nestambeni fond u RH. Još jedan podatak potreban za računanje oplošja

su vrijednosti koeficijenta prolaska topline kroz zidove, prozore i okvire. Ovaj podatak (U_{sr}) je također dobiven iz statistike fonda [4]. Zadnja stvar na popisu je razlika temperature. Za unutarnju temperaturu (ϑ_i) je odabrano 22°C [5] dok je vanjska ($\vartheta_{e, sr}$) odabrana prema srednjim vanjskim temperaturama županija [6], pomnoženih sa udjelom pojedine županije u fondu zgrada za promatrano ministarstvo.

$$O = \frac{\Phi_{vt} \cdot V_{gr}}{U_{sr} \cdot (\vartheta_i - \vartheta_{e, sr})} \quad (2.1)$$

Oplošje se računa prema gornjoj formuli u kojoj Φ_{vt} predstavlja specifični transmisivni gubitak, dobiven iz nominalnog normativa pretvaranjem kilowatsati po metru kvadratnom [kWh/m²] u wate po metru kubnom [W/m³] dijeljenjem sa visinom h i 3,6 sekunde.

$$\Phi_{vt} = \frac{\Phi_{nn}}{3,6h} \quad (2.2)$$

Ostaje još za pojasniti V_{gr} član jednadžbe (2.1). On predstavlja grijani volumen prostora. Grijani volumen određen je pomoću procijenjenih postotaka za 2010. godinu o dijelu centralnog i sobnog grijanja u Hrvatskoj te postotaka koji govore kolika će biti grijana površina uz određeni tip grijanja. [7]

$$V_{gr} = 0,873 \cdot 0,766 \cdot V + 0,157 \cdot 0,486 \cdot V \quad (2.3)$$

Volumen prostorija V iz jednadžbe 3 je određen množenjem sa visinom h, koja je odabrana kao 2,4m.

2.3. Koeficijent prolaza topline kroz ovojnicu

Prilikom određivanja U_{sr} za potrebe računanja oplošja u jednadžbi (2.1), korištene su dvije metode. Prva metoda se temelji na statističkim podacima s popisa stanovništva 2001. [4] preuzete iz Priručnika za energetske certificiranje zgrada [2]. Ti podatci govore o prosječnim koeficijentima za određena vremenska razdoblja prema različitim građevnim elementima nestambenih zgrada. Iz tih podataka, te podataka o starosti fonda je dobiven U_{sr} za kontinentalnu i primorsku Hrvatsku. Valja reći da je udio prozorske površine φ u oplošju zgrade bio nepoznat, te je kao proizvoljna usvojena vrijednost od $\varphi = 0,22$. Za udio okvira u površini prozora, uzeta je propisana vrijednost od 0,3.[8]

Tablica 3 - Koeficijenti prolaza topline kroz zid s podjelom na regije i starost fonda [2]

| STAROST FONDA | UDIO | prosjecni Uz | |
|------------------------|--------|--------------|----------|
| | | KH | PH |
| prije 1919. | 9,10% | 1,33 | 1,80875 |
| 1919.-1945 | 7,30% | | |
| 1946.-1960. | 10,90% | 2,669 | 2,669 |
| 1961.-1970. | 20,10% | | |
| 1971.-1980. | 23,10% | 0,867 | 0,867 |
| 1981.-1990. | 17,20% | | |
| 1991.-1995. | 3,40% | | |
| 1996.-2001. | 5% | | |
| nepoznato i nedovršeno | 3,90% | 1,622 | 1,781583 |

Tablica 4 - Koeficijenti prolaza topline kroz prozore i okvire s podjelom na regije i starost fonda [2]

| Materijal | PROZORI | OKVIR | OSTAKLJENJE | | | | | | | |
|--|---------|-------|-------------|--------------------------|------------|-------|------------|-----|------------|--|
| | | | do 1970.g. | | do 1987.g. | | do 2006.g. | | od 2006.g. | |
| | | | d [cm] | U [W/m ² K] | | | | | | |
| Drveni okvir | 5 | 2,9 | 5,7 | 5,7 | 3,4 | 2,3 | 2,25 | 1,1 | 0,6 | |
| | 7 | 2,4 | 5,2 | 3,6 | 2,9 | 2,6 | | | | |
| Drvo Al s poliuretanom 4 cm | 11 | 0,5 | | | | | | 1,3 | 0,9 | |
| Metalni okvir bez prekinutog toplinskog | 5 | 5,9 | 5,9 | 3,1 | 4 | 3,2 | | | | |
| Metalni okvir s prekinutim toplinskim mostom | 5 | 3,4 | 5,9 | 2,7 | 3,2 | 2,6 | 2,5 | 1,7 | 1,4 | |
| PVC okvir | 5-8 | 2,1 | | | 3,2 | 2,4 | 2,1 | | | |
| | 10 | 1,4 | | | | | | 1,4 | 0,9 | |
| udio okvira | | 0,3 | % Fonda | 38,30% | 40,30% | 8,40% | 13,00% | | | |
| prosjecni Ups fonda | | | | 3,349365 | | | | | | |
| prosjecni Upo fonda | | | | 3,337905 | | | | | | |

Druga metoda korištena pri određivanju koeficijenata je pomoću energetske pregleda provedenih od strane UNDP-a. Ovom metodom bilo je moguće dobiti koeficijente po županijama koji će biti puno interesantniji za ovaj rad zbog ranije spominjane podjele ulaznih površina po ministarstvima i županijama. Ciljani broj audita po županiji je bio 50, no toliki broj je bio dostupan samo za Grad Zagreb i Splitsko-dalmatinsku županiju. Ostale županije uglavnom su zastupljene sa bar otprilike tridesetak svojih pregleda, ostatak je popunjen Gradom Zagrebom ili Splitsko-dalmatinskom županijom prema pripadnosti južnim ili sjevernim županijama. Postoji i mali broj iznimaka, a to su županije u kojima nisu uopće obavljani energetske pregledi i

županije koje imaju manje od desetak pregleda. Kod ovih prvih kopirani su podatci iz najbližih županija, a kod županija s malo pregleda podatci su nadopunjeni njima najbližom županijom. [7].

Tablica 5 - Koeficijenti prolaza topline kroz ovojnicu prema energetske auditima

| Županija | Usr |
|------------------------|-------------|
| Zagrebačka | 1.18875 |
| Vukovarsko-srijemska | 1.2333 |
| Virovitičko-podravska | 1.2262 |
| Varaždinska | 1.131510204 |
| Sisačko-moslavačka | 1.1442 |
| Požeško-slavonska | 1.1442 |
| Osječko-baranjska | 1.2461 |
| Međimurska | 0.99075 |
| Krapinsko-zagorska | 1.1922 |
| Koprivničko-križevačka | 1.056956522 |
| Karlovačka | 1.202765957 |
| Grad Zagreb | 1.1814 |
| Brodsko-posavska | 1.1442 |
| Bjelovarsko-bilogorska | 1.2262 |
| Dubrovačko-neretvanska | 1.906938776 |
| Splitsko-dalmatinska | 1.906938776 |
| Šibensko-Kninska | 1.895714286 |
| Zadarska | 1.6972 |
| Ličko senjska | 1.0968 |
| Primorsko-goranska | 1.0968 |
| Istarska | 1.1296 |

U samom proračunu je ostavljen prostor za kombinaciju te dvije metode, u smislu računanja trećeg U_{sr} , koji se računa pomoću proizvoljnog omjera regionalne i županijske podjele. No, kako smo se već ranije odlučili na podjelu putem županija, taj omjer je uzet 100% u korist županijskih podataka dobivenih iz UNDP-a.

2.4. Temperature

Prilikom određivanja oplošja unutarnja temperatura je iznosila 22°C, a vanjska je uzeta kao prosječna vanjska temperatura svih županija. Za potrebe toplinskog proračuna to neće biti dovoljno, pa će na ovom mjestu biti pojašnjene temperature koje će se nadalje koristiti. Što se tiče unutarnje temperature, ona sad mora poprimiti oblik postavljene unutarnje temperature, koja ovisi o namjeni zgrade te da li se zgrada grije ili hladi [2] kako bi kasnije bio moguć proračun energije za grijanje prema HRN EN ISO 13790 [2]. Naravno, valja napomenuti da se zbog promatranja cijelog fonda zgrada, a ne pojedine zgrade, ova norma, kao i sve druge, koriste kao

smjernice gdje god je to moguće, jer dostupna količina podataka ipak ne omogućuje egzaktno praćenje norme. Druga vrlo važna temperatura za proračun prema HRN EN ISO 13790, je srednja mjesečna temperatura zraka. Ona je dobivena iz podataka DHMZ, po županijama i organizirana je u tablicu od 12 mjeseci i 21 županiju kako bi kasniji transmisijski, rashladni, solarni i proračuni toplinskih dobitaka bili olakšani i pregledniji.

Tablica 6 - Postavne vrijednosti unutarnje temperature za razdoblja grijanja i hlađenja ovisno o namjeni zgrade (HRN EN ISO 13790)

| Vrsta prostora | Unutarnja postavna vrijednost temperature ljeti, °C | Unutarnja postavna vrijednost temperature zimi, °C |
|------------------|---|--|
| Obiteljske kuće | 20 | 26 |
| Stambene zgrade | 20 | 26 |
| Uredi | 20 | 26 |
| Obrazovne zgrade | 20 | 26 |
| Bolnice | 22 | 26 |
| Restorani | 20 | 26 |
| Trgovine | 20 | 26 |
| Sportski objekti | 18 | 26 |

Tablica 7 - Srednje mjesečne temperature po županijama[6]

| ŽUPANIJA | SREDNJE MJESEČNE TEMPERATURE, °C | | | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| Grad Zagreb | -0,1 | 2 | 6,2 | 10,9 | 15,7 | 19,1 | 20,8 | 20 | 16 | 10,8 | 5,7 | 1,3 |
| Zagrebačka | -0,1 | 2 | 6,2 | 10,9 | 15,7 | 19,1 | 20,8 | 20 | 16 | 10,8 | 5,7 | 1,3 |
| Krapinsko-zagorska | -0,7 | 1,4 | 5,5 | 10,5 | 15,4 | 18,7 | 20,3 | 19,4 | 15,4 | 10,3 | 5,3 | 0,9 |
| Varaždinska | -0,7 | 1,4 | 5,5 | 10,5 | 15,4 | 18,7 | 20,3 | 19,4 | 15,4 | 10,3 | 5,3 | 0,9 |
| Koprivničko-križevačka | -0,7 | 1,4 | 5,5 | 10,5 | 15,4 | 18,7 | 20,3 | 19,4 | 15,4 | 10,3 | 5,3 | 0,9 |
| Međimurska | -0,7 | 1,4 | 5,5 | 10,5 | 15,4 | 18,7 | 20,3 | 19,4 | 15,4 | 10,3 | 5,3 | 0,9 |
| Bjelovarsko-bilogorska | -0,1 | 2 | 6,2 | 10,9 | 15,7 | 19,1 | 20,8 | 20 | 16 | 10,8 | 5,7 | 1,3 |
| Virovitičko-podravaska | -0,8 | 1,2 | 6,2 | 11,4 | 16,5 | 19,8 | 21,6 | 20,8 | 16,6 | 11,2 | 5,7 | 1,3 |
| Požeško-slavonska | -0,8 | 1,2 | 6,2 | 11,4 | 16,5 | 19,8 | 21,6 | 20,8 | 16,6 | 11,2 | 5,7 | 1,3 |
| Brodsko-posavska | -0,8 | 1,2 | 6,2 | 11,4 | 16,5 | 19,8 | 21,6 | 20,8 | 16,6 | 11,2 | 5,7 | 1,3 |
| Osječko-baranjska | -0,8 | 1,2 | 6,2 | 11,4 | 16,5 | 19,8 | 21,6 | 20,8 | 16,6 | 11,2 | 5,7 | 1,3 |
| Vukovarsko-srijemska | -0,8 | 1,2 | 6,2 | 11,4 | 16,5 | 19,8 | 21,6 | 20,8 | 16,6 | 11,2 | 5,7 | 1,3 |
| Karlovačka županija | -0,1 | 2 | 6,2 | 10,9 | 15,7 | 19,1 | 20,8 | 20 | 16 | 10,8 | 5,7 | 1,3 |
| Sisačko-moslavačka | -0,1 | 2 | 6,2 | 11 | 15,7 | 19,1 | 20,8 | 20 | 16 | 10,8 | 5,7 | 1,3 |
| Primorsko-goranska | 5,7 | 6,2 | 8,8 | 12,5 | 17,1 | 20,7 | 23,3 | 23 | 19 | 14,6 | 10 | 6,9 |
| Ličko-senjska | 5,7 | 6,2 | 8,8 | 12,5 | 17,1 | 20,7 | 23,3 | 23 | 19 | 14,6 | 10 | 6,9 |
| Zadarska | 7,9 | 8,2 | 10,6 | 14,1 | 19 | 23 | 25,8 | 25,5 | 21,4 | 17,1 | 12,4 | 9,2 |
| Šibensko-kninska | 7,9 | 8,2 | 10,6 | 14,1 | 19 | 23 | 25,8 | 25,5 | 21,4 | 17,1 | 12,4 | 9,2 |
| Splitsko-dalmatinska | 7,9 | 8,2 | 10,6 | 14,1 | 19 | 23 | 25,8 | 25,5 | 21,4 | 17,1 | 12,4 | 9,2 |
| Istarska | 5,7 | 6,2 | 8,8 | 12,5 | 17,1 | 20,7 | 23,3 | 23 | 19 | 14,6 | 10 | 6,9 |
| Dubrovačko-neretvanska | 9,1 | 9,3 | 11,2 | 14,1 | 18,5 | 22,3 | 27,8 | 24,9 | 21,5 | 17,8 | 13,7 | 10,4 |

2.5. Transmisija

Transmisiju za potrebe ovog proračuna računamo za tri elementa oplošja – zidnu plohu, staklenu površinu prozora te okvir prozora. Površine sva tri elementa se računaju iz oplošja dobivenog u točki 2.2. Udio prozorskih površina u ukupnom oplošju zgrade iskazuje faktor f_p , koji je uzet proizvoljno kao 0,22. Unutar prozorske površine, udio ploštine okvira u ukupnoj površini prozora iznosi 0,3. [2] Tako dobivene površine kombiniramo s koeficijentima prolaza topline dobivene prema podacima o starosti fonda zgrada u RH (točka 2.3.) - U_{sr} , U_{po} i U_{ps} (koeficijenti prolaza kroz zid, prozorski okvir i prozorsko staklo), kako bismo u konačnici dobili koeficijent transmisije izmjene topline svedenu na razliku temperature unutarnjeg i vanjskog zraka u W/K.

$$H_{tr,adj} = O \cdot (U_{sr} \cdot (1 - f_p) + 0,7 \cdot U_{ps} \cdot f_p + 0,3 \cdot U_{po} \cdot f_p) \quad (2.4)$$

Ovako dobiveni gubici svedeni na stupanj temperature razlike će se koristiti kasnije kod računanja ukupnih godišnjih transmisijskih gubitaka (za slučaj grijanja) tj. dobitaka (za slučaj hlađenja) za promatrano ministarstvo. Kako je ranije bilo spomenuto, različiti tipovi zgrada imaju različite postavne temperature za sezonu grijanja i hlađenja, tako da će se prava razlika temperatura kod računanja transmisije dobivati pomoću udjela različitih tipova zgrada u pojedinom ministarstvu i vanjskih temperatura za mjesec u godini, no o tome će biti više riječi u poglavlju 3.

2.6. Solarni tok

Prilikom proračuna potrebne količine energije za grijanje ili hlađenje pojedine zgrade, pa tako i skupa zgrada, solarni tok je od velikog značaja, posebice u slučaju hlađenja. U ovom poglavlju će proračun solarnog toka biti pobliže prikazan, a pojasnit će se i koeficijenti potrebni za proračun. Valja odmah naglasiti kako se prilikom proračuna količine energije dobivene od sunčevog zračenja zanemaruje prolaz energije kroz zidove i okvire prozora. [2] Kao što je to već ranije pojašnjeno, ministarstva su udjelima površina podijeljena na županije. Pojedina županija se svrstava u kontinentalnu ili kopnenu Hrvatsku, ovisno o broju stupanj dana (poglavlje 2.1.2.), te se koriste podatci o ozračenosti za površine na pojedinim stranama svijeta. Kako nije moguće znati orijentacijske omjere prozorskih površina za cijeli sektor, udjeli ploha na pojedinim stranama svijeta su uzeti proizvoljno: 60% prozora gleda na jug, 30% na istok i zapad te 10% na sjever.

Tablica 8 - Ozračenost za pojedine strane svijeta po mjesecima i podjelom na kontinentalnu (KP) i primorsku Hrvatsku (PH) u kWh/m²[2]

| KH | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|-----------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| J | 85,83 | 103,06 | 116,39 | 100,28 | 93,61 | 87,78 | 94,72 | 104,44 | 118,33 | 134,72 | 95,00 | 80,28 |
| I,Z | 40,00 | 56,94 | 88,06 | 106,39 | 125,56 | 132,50 | 138,89 | 123,33 | 100,83 | 79,72 | 45,28 | 35,00 |
| S | 17,78 | 22,50 | 36,94 | 46,39 | 57,78 | 58,89 | 58,33 | 51,67 | 38,61 | 28,61 | 18,61 | 15,56 |
| PH | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| J | 43,61 | 57,78 | 86,11 | 83,61 | 87,78 | 83,61 | 90,28 | 94,17 | 99,72 | 88,06 | 45,56 | 32,22 |
| I,Z | 23,61 | 35,56 | 66,94 | 86,39 | 110,56 | 116,11 | 121,94 | 106,94 | 84,72 | 55,56 | 25,56 | 17,22 |
| S | 14,17 | 20 | 35 | 45,28 | 57,78 | 59,44 | 59,44 | 51,67 | 37,78 | 26,67 | 15,28 | 11,39 |

$$Q_{sol,m} = (F_{sh,ob} \cdot A_{sol} \cdot I_{sol} - F_r \cdot \Phi_r) \cdot t \quad (2.5)$$

Gornja jednadžba daje prosječan toplinski tok od sunčanog izvora kroz objekt za jedan mjesec, $Q_{sol,m}$. Površina ranije spomenute staklene površine ipak još mora proći kroz korekciju kako bi postala efektivna osunčana površina A_{sol} i mogla se uvrstiti u gornju jednadžbu:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot f_p \cdot O \quad (2.6)$$

$$F_{sh,gl} = \frac{(1 - f_{with}) \cdot g_{gl} + f_{with} \cdot g_{gl+sh}}{g_{gl}} \quad (2.6.1)$$

$F_{sh,gl}$ predstavlja faktor smanjenja zbog sjene od pomičnog zasjenjenja, a f_{with} predstavlja udio vremena u kojem je aktivna pomično zasjenjenje. Kako propis nalaže da je taj pomično zasjenjenje u potpunosti isključeno ukoliko ozračenje ne prelazi 300 W/m², a iz tablice 8. se vidi da to vrijedi za cijelu Hrvatsku tokom cijele godine, f_{with} poprima vrijednost 0, a time faktor $F_{sh,gl}$, kao rješenje jednadžbe (2.6.1), postaje jednak 1. F_F je udio okvira u prozoru i kao što je već ranije rečeno iznosi 0,3. [2]. Faktor g_{gl} predstavlja ukupnu propusnost sunčeva zračenja kada nije uključeno pomično zasićenje, a računa se iz tablica danih u Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama. Kako nije poznata točna struktura i udjeli različitih tipova stakla, g_{gl} je izračunat kao prosječna vrijednost svih ponuđenih tipova i iznosi 0,6528. S rezultatima iz jednadžbe (2.6) i (2.6.1), valja se vratiti u jednadžbu (2.5). Za njeno rješavanje sada nedostaju članovi $F_{sh,ob}$, F_r i Φ_r . Dio jednadžbe nakon minusa govori o dijelu topline koji se preda nebu zračenjem zbog razlike između temperature neba i građevine. U

zimskim mjesecima, zbog niske insolacije te istovremeno pretpostavljene visoke razlike unutarnje i vanjske temperature, moguće je da vrijednost za pojedini mjesec poprimi i negativanu vrijednost. $F_{sh,ob}$ je faktor smanjenja zbog sjene od vanjskih prepreka direktnom Sunčevom zračenju na površinu građevine i uzet je kao 0,9. [11] Φ_r je toplinski tok zračenja građevnog elementa prema nebu, a F_r faktor oblika između građevnog elementa i neba. F_r se kreće između vrijednosti za vodoravni nezasjenjeni krov $F_r=1$ i vrijednosti za nezasjenjeni okomiti krov $F_r=0,5$ [2], pa je kao vrijednost F_r uzeta 0,7. Φ_r se računa prema slijedećoj formuli koja se poziva na ISO 13790 [7].

$$\Phi_r = R \cdot U \cdot A_s \cdot \Delta\vartheta_e \cdot 4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot (\vartheta_r + 273,15)^3 \quad (2.7)$$

Faktori bitni za računanje Φ_r su popisani u tablici, a valja naglasiti razliku temperature između elementa i neba koja iznosi 11K [12]

Tablica 9 - Vrijednosti faktora korištenih u jednadžbi (2.7) [7]

| Vrijednosti faktora | |
|---------------------|------|
| $F_{sh,ob}$ | 0,9 |
| F_r | 0,7 |
| R | 0,45 |
| Epsilon ovojnice | 0,5 |
| F_{sh} | 0,9 |
| ϑ_r | 11 |

Nakon rješavanja jednadžbe (2.7), moguće je riješiti i jednadžbu (2.5) te tako dobiti toplinu primljenu od sunca unutar jednog mjeseca u joulima, naravno nakon množenja s vremenom t koje je u ovom slučaju trajanje datog mjeseca u sekundama. Ovisno o tome računamo li potrebu za grijanjem ili potrebu za hlađenjem, na dobivenu vrijednost toka će se gledati kao dobitak ili gubitak te korigirat potrebnim faktorima, no o tome će više riječi biti kasnije.

2.7. Unutarnji dobitci

Unutar svake zgrade postoji niz izvora topline koji se također moraju uzeti u obzir. Neki od tih izvora su strojevi, razna oprema, električna rasvjeta, latentna toplina koju prostoru predaju zaposlenici i korisnici, itd. Zbog prirode ove analize, prikupljanje tolike količine podataka bi bilo praktički nemoguće. Projekt UNDP-a, doduše, prikuplja podatke o potrošačima na svakom pojedinom objektu, no ti podatci su ostali nedostupni. Iz tih razloga je odlučeno izraditi proračun unutarnjih dobitaka koji se temelji na prosječnim vrijednostima po metru kvadratnom površine

za određeni tip zgrade. [5] Podjela na različite tipove zgrada je izvedena uz pomoć podataka iz HIO izvješća [1], a podatci o dobitcima u watima po metru kvadratnom iz skripte [5]. Tako dobiveni podatci su množeni s vremenom trajanja mjeseca u sekundama kako bi se dobili jouli. Kao i u slučaju solarnog toka, unutarnji dobitci će se kod proračuna hlađenja pojačavati potrebu za hlađenjem, a u slučaju grijanja smanjivat će potrebu za grijanjem.

2.8. Ventilacija i infiltracija

Iako ventilacija i infiltracija inače igraju veliku ulogu u energetske slici objekta, u ovom slučaju, nije moguće kvalitetno procijeniti gubitke koji pritom nastaju. Iz terenske iskustva, klimatizacija u Hrvatskoj je još uvijek luksuz, centralni sustavi klimatizacije postaju standard tek u novogradnji. Kako se ovaj sektor ipak pretežno sastoji od administrativnih zgrada, a površine pojedinih objekata, zavisno o ministarstvu te veličini mjesta u kojem se nalaze, mogu biti i manje od stotinu metara kvadratnih, slobodno možemo reći da je broj objekata u promatranom sektoru s centralnim sustavima klimatizacije zanemariv. Zbog nedostupnosti točnih podataka, neće se ići za računanjem gubitaka uslijed ventilacije i infiltracije već će se isti zanemarivati.

3. Proračun potrošnje za baznu godinu

3.1. Uvod u proračun potrošnje

Nakon što smo u prethodnom poglavlju pojasnili osnovne dijelove proračuna, u ovom poglavlju ćemo ih kombinirati s još nekim modifikacijama kako bismo na kraju dobili uvid u potrošnju energije po pojedinim ministarstvima. Također će biti pojašnjen i postupak računanja troškova za energente u baznoj godini. Na kraju ćemo prezentirati rezultate, usporediti i uskladiti ih sa zaprimljenim podacima iz HIO izvještaja [1], te prezentirati udjele energenata u zadovoljavanju potreba. Kao što je već ranije rečeno, za baznu godinu je odabrana 2010. te će se svi vanjski podatci, kao npr. cijene goriva, odnositi na nju. Uspostava bazne godine je nužna kako bismo mogli pokušati predvidjeti buduću potrošnju i njena kretanja.

3.2. Godišnja potrebna energija za grijanje $Q_{H,nd}$

Prema Pravilniku o energetsom certificiranju zgrada [3], godišnja potrebna toplinska energija za grijanje je računski određena količina topline koju sustavom grijanja treba tijekom jedne sezone dovesti u zgradu za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja grijanja. Računa se prema normi HRN EN ISO 13790, a ovaj rad će se držati te norme čim je više moguće, uz neizbježna odstupanja zbog oskudne prirode podataka na raspolaganju. Norma predviđa tri različita pristupa proračunu s obzirom na vremenski korak:

1. Kvizistacionaran proračun na bazi sezonskih vrijednosti
2. Kvizistacionaran proračun na bazi mjesečnih vrijednosti
3. Dinamički proračun s vremenskim korakom od jednog sata ili kraćim

Kao vremenski korak ovog proračuna, odabrana je druga opcija, kvazistacionaran proračun na bazi mjesečnih vrijednosti. Kao duljine vremenskih razdoblja uzimaju se vrijednosti prikazane u tablici 3.1. . Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje se računa prema slijedećem izrazu:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn} \quad (3.1)$$

U jednadžbe 3.1 $Q_{H,ht}$ predstavlja ukupnu izmjenjenu toplinu u razdoblju grijanja, $Q_{H,gn}$ ukupne toplinske dobitke u razdoblju grijanja, a $\eta_{H,gn}$ predstavlja faktor iskoristivosti toplinskih dobitaka pri grijanju. [2] Proučimo za početak $Q_{H,ht}$, ukupnu izmjenjenu toplinu u razdoblju grijanja. Za računanje te topline je odabrana formula koja pretpostavlja razliku temperatura između zona u zgradi manjom od 5 K, za promatrano vremensko razdoblje (mjesec), a glasi:

$$Q_{H,ht} = Q_{tr} + Q_{ve} \quad (3.2)$$

U gornjoj jednadžbi Q_{tr} predstavlja izmjenjenu toplinu putem transmisije, a Q_{ve} toplinu izmjenjenu ventilacijom. Kako je već ranije spomenuto, podatci o ventilaciji nisu bili dostupni, pa se ukupna izmijenjena toplina u razdoblju grijanja ($Q_{H,ht}$) izjednačava s izmjenjenom toplinom putem transmisije (Q_{tr}).

Tablica 10 - Vremenska razdoblja za proračune prema HRN EN ISO 13790 (dodatak F) [2]

| Period | Broj dana | Vrijeme u h | Vrijeme u 10 ⁶ s |
|----------|-----------|-------------|-----------------------------|
| Siječanj | 31 | 744 | 2,6784 |
| Veljača | 28 | 372 | 2,4192 |
| Ožujak | 31 | 744 | 2,6784 |
| Travanj | 30 | 720 | 2,592 |
| Svibanj | 31 | 744 | 2,6784 |
| Lipanj | 30 | 720 | 2,592 |
| Srpanj | 31 | 744 | 2,6784 |
| Kolovoz | 31 | 744 | 2,6784 |
| Rujan | 30 | 720 | 2,592 |
| Listopad | 31 | 744 | 2,6784 |
| Studeni | 30 | 720 | 2,592 |
| Prosinac | 31 | 744 | 2,6784 |
| Godina | 365 | 8760 | 31,536 |

Ukupnu izmjenjenu toplinu putem transmisije za jedan mjesec u godini ćemo računati pomoću slijedeće jednadžbe: [2]

$$Q_{tr,m} = \sum_{\dot{z}} \{ X_{\dot{z}} \cdot H_{tr,adj} \cdot [\sum_Z (X_Z \cdot (\vartheta_{int,H} - \vartheta_e))] \} \cdot t \quad (3.3)$$

$H_{tr,adj}$ je dobiven u jednadžbi 2.4 (točka 2.5.) te ovdje neće biti posebno pojašnjavao. Valja jedino reći da izračun iz točke 2.5. odstupa od norme, jer naravno nije moguće poznavati karakteristike toplinskih mostova za cijeli sektor koje su potrebne za točniji izračun tog koeficijenta kad se radi o pojedinačnoj zgradi. $X_{\dot{z}}$ i X_Z predstavljaju udjele površine zgrada pojedinih županija u ukupnoj površini tog ministarstva ($X_{\dot{z}}$) te površinski udio različitih tipova zgrada u ukupnoj površini ministarstva (X_Z). $X_{\dot{z}}$ je važan pošto se srednja mjesečna temperatura, ϑ_e , uzima za svaku županiju posebno iz tablice 2.7. , a X_Z pošto se za unutarnju postavnu temperaturu u sezoni grijanja, $\vartheta_{int,H}$, vrijednosti uzimaju iz tablice 2.6. ovisno o vrsti zgrade. Na kraju se sve množi s vremenskim periodom t , u sekundama, koji varira za svaki mjesec, u skladu s tablicom 3.1. . Nakon što smo postupak ponovili za sve županije i sve mjesece u godini, godišnju izmjenjenu

toplinu putem transmisije ćemo dobiti jednostavnim sumiranjem svih pojedinih mjesečnih vrijednosti.

$$Q_{H,ht} = Q_{tr} = \sum_m Q_{tr,m} \quad (3.4)$$

Kao dobitci za slučaj grijanja se uzimaju solarni tok te unutarnji dobitci od ljudi i razne opreme. Računanje oba dobitka je pojašnjeno u poglavlju 2 (točke 2.6. i 2.7.). $Q_{H,gn}$ dakle postaje suma te dvije stavke,

$$Q_{H,gn} = Q_{sol} + Q_{int} \quad (3.5.)$$

no uzima se posebno za svaki mjesec kako bi se u jednadžbi 3.1. slagao s $Q_{H,ht}$, a njegovo je računanje po mjesecima uvjetovano i postupkom računanja faktorom iskoristivosti toplinskih dobitaka $\eta_{H,gn}$. Faktor iskoristivosti toplinskih dobitaka se računa prema EN ISO 13790 [5], ovisno o omjeru toplinskih dobitaka i gubitaka, γ :

$$\gamma > 0 \text{ i } \neq 1 \quad \eta_{H,gn} = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}} \quad (3.6.1)$$

$$\gamma = 1 \quad \eta_{H,gn} = \frac{a}{a+1} \quad (3.6.2)$$

$$\gamma = 0 \quad \eta_{H,gn} = \frac{1}{\gamma} \quad (3.6.3)$$

$$\gamma = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}} \quad (3.6.4)$$

Numerički faktor a je funkcija vremenske konstante zgrade, τ_B .

$$a = a_0 + \frac{\tau_B}{\tau_0} \quad (3.7)$$

Faktori a_0 i τ_0 za proračun s vremenskim korakom od jednog mjeseca iznose 1 i 15. [5]

Vremenska konstanta zgrade se računa pomoću unutarnjeg toplinskog kapaciteta zgrade, C , koji ovisi o vrsti gradnje (laka, srednja i teška gradnja), a kako cijeli sektor nije moguće podijeliti po takvom kriteriju uzeta je srednja vrijednost od 110 000 (laka), 165 000 (srednja), 260 000 (teška gradnja) i iznosi 178 330 [J/m²K].

$$\tau_B = \frac{C/3600}{H_{tr,adj} + H_{ve}} \quad (3.8)$$

H_{ve} je koeficijent ventilacijskog gubitka i zanemaruje se, a ostale vrijednosti su nam poznate, tako da uz rješavanje jednadžbi koje smo već pojasnili, možemo se napokon vratiti u jednadžbu 3.1 koja će nam kao rezultat dati mjesečne, a potom i godišnju potrebu energije za grijanje.

3.3. Godišnja potrebna energija za hlađenje $Q_{C,nd}$

Postupak računanja hlađenja prema normi HRN EN ISO 13790 zahtjeva više podataka od proračuna grijanja, u smislu raznih koeficijenata za koje ponovno manjkaju podatci, a dodamo li tome da se uopće ne može procijeniti o kojem se postotku prostora radi kad govorimo o proračunu hlađenja, dolazimo do zaključka da je proračun precizan, a mi baratamo nepreciznim podacima. Iz tog razloga je za proračun energije za hlađenje odabrana metoda pomoću stupanj dana hlađenja, uz pretpostavku da je dovoljno precizna za našu preciznost ulaznih podataka, a i sam postupak proračuna je bitno olakšan. Što se tiče hladene površine, pretpostavljeno je da se hladi 45% površine svih ministarstava, a kao EER faktor je uzeta vrijednost od 3. Stupanj dani su dobiveni prema podacima za velike gradove – Zagreb, Split, Rijeku, Osijek i Dubrovnik, uz baznu temperaturu 21°C, a ostale županije su dodijeljene najbližem velikom gradu.

Tablica 11 - Stupanj dani hlađenja za pojedine županije [13]

| Županija | SD hlađenja | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------------|------|------|------|-------|-------|--------|--------|-------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| Grad Zagreb | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,00 | 25,00 | 59,00 | 93,00 | 65,00 | 20,00 | 4,00 | 0,00 | 0,00 |
| Zagrebačka | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,00 | 25,00 | 59,00 | 93,00 | 65,00 | 20,00 | 4,00 | 0,00 | 0,00 |
| Krapinsko-zagorska | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,00 | 25,00 | 59,00 | 93,00 | 65,00 | 20,00 | 4,00 | 0,00 | 0,00 |
| Varaždinska | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,00 | 25,00 | 59,00 | 93,00 | 65,00 | 20,00 | 4,00 | 0,00 | 0,00 |
| Koprivničko-križevačka | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,00 | 25,00 | 59,00 | 93,00 | 65,00 | 20,00 | 4,00 | 0,00 | 0,00 |
| Međimurska | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,00 | 25,00 | 59,00 | 93,00 | 65,00 | 20,00 | 4,00 | 0,00 | 0,00 |
| Bjelovarsko-bilogorska | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,00 | 31,00 | 69,00 | 108,00 | 88,00 | 29,00 | 6,00 | 0,00 | 3,00 |
| Virovitičko-podravska | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,00 | 31,00 | 69,00 | 108,00 | 88,00 | 29,00 | 6,00 | 0,00 | 3,00 |
| Požeško-slavonska | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,00 | 31,00 | 69,00 | 108,00 | 88,00 | 29,00 | 6,00 | 0,00 | 3,00 |
| Brodsko-posavska | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,00 | 31,00 | 69,00 | 108,00 | 88,00 | 29,00 | 6,00 | 0,00 | 3,00 |
| Osječko-baranjska | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,00 | 31,00 | 69,00 | 108,00 | 88,00 | 29,00 | 6,00 | 0,00 | 3,00 |
| Vukovarsko-srijemska | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,00 | 31,00 | 69,00 | 108,00 | 88,00 | 29,00 | 6,00 | 0,00 | 3,00 |
| Karlovačka županija | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,00 | 31,00 | 69,00 | 108,00 | 88,00 | 29,00 | 6,00 | 0,00 | 3,00 |
| Sisačko-moslavačka | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,00 | 31,00 | 69,00 | 108,00 | 88,00 | 29,00 | 6,00 | 0,00 | 3,00 |
| Primorsko- | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 27,00 | 82,00 | 161,00 | 115,00 | 34,00 | 4,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------|------|------|------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|------|------|
| goranska | | | | | | | | | | | | |
| Ličko-senjska | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 27,00 | 82,00 | 161,00 | 115,00 | 34,00 | 4,00 | 0,00 | 0,00 |
| Zadarska | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 30,00 | 85,00 | 164,00 | 149,00 | 53,00 | 10,00 | 1,00 | 0,00 |
| Šibensko-kninska | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 30,00 | 85,00 | 164,00 | 149,00 | 53,00 | 10,00 | 1,00 | 0,00 |
| Splitsko-dalmatinska | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 30,00 | 85,00 | 164,00 | 149,00 | 53,00 | 10,00 | 1,00 | 0,00 |
| Istarska | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 27,00 | 82,00 | 161,00 | 115,00 | 34,00 | 4,00 | 0,00 | 0,00 |
| Dubrovačko-neretvanska | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 20,00 | 67,00 | 138,00 | 129,00 | 41,00 | 5,00 | 1,00 | 0,00 |

Stupanj dani hlađenja su umnožak broja dana hlađenja i temperaturne razlike između unutarnje i srednje vanjske temperature. Energija potrebna za hlađenje u jednom mjesecu se uz pomoć datih stupanj dana po mjesecima računa prema slijedećoj jednadžbi:

$$Q_{C,m} = \sum_{\check{z}} \left(X_{\check{z}} \cdot SD_c \cdot \frac{24}{1000} \cdot U_{SR} \cdot O \right) \quad (3.9)$$

Svi faktori u jednadžbi su već objašnjeni u prethodnim poglavljima pa se nećemo posebno zadržavati na njima. Naravno, godišnja potrebna energija za hlađenje će se dobiti zbrojem svih pojedinih mjesečnih vrijednosti, ali i množenjem s udjelom hladene površine (0,45) kako bismo na kraju dobili energiju koja se potražuje od sustava.

$$Q_{C,nd} = 0,45 \cdot \sum_m Q_{C,m} \quad (3.10)$$

Za kraj valja naglasiti da se prilikom kasnijeg proračuna troškova za energente računalo kako se cjelokupna potreba za hlađenjem namiruje električnom energijom u vidu split-jedinica. Također je bilo nužno pretvoriti rezultate u joule, pošto ova metoda daje rezultat u kWh/a.

3.4. Energija potrebna za električnu rasvjetu E_l

Norma HRN EN 15193 nudi dva tipa proračuna za izračun energije potrebne za električnu rasvjetu E_l , prvi je zasnovan na mjesečnoj bazi i uzima u obzir geografske lokacije, a drugi je se provodi na godišnjoj bazi i ne uzima u obzir geografske lokacije. U vrijeme pisanja ovog rada, nije moguć besplatan pristup normi, a svi pokušaji za pronalaskom izvora koji računa potrebnu energiju po prvom principu su doveli samo do druge metode, što daje naslutiti da se ovom problemu češće prilazi po drugoj metodi. Stoga je i za proračun energije za električnu rasvjetu u ovom radu odabrana ta pojednostavljena varijanta norme. Slijedi formula za E_l kojom ćemo se pritom koristiti : [14]

$$E_l = \sum_Z \{ X_Z \cdot A \cdot P_N \cdot [t_N + (0,7 \cdot P_D \cdot t_D + (1 - P_D) \cdot t_D)] \} \quad (3.11)$$

Najvažniji faktor gornje jednadžbe je P_N , granična vrijednost energije potrebne za rasvjetu određenog tipa zgrade treba u watima po metru kvadratnom. A je podna površina ministarstva, a X_Z udio pojedinog tipa zgrade u ministarstvu. Vremenski periodi t_N i t_D nam govore koliki broj sati je rasvjeta aktivna za pojedin tip zgrade tokom dana (t_D) i noći (t_N). Od korekcijskih faktora je uzet faktor P_D - postotak prostora ima instalirane senzore za kontrolu rasvjete s obzirom na prisutnost ljudi u njima. Kao ušteda takve regulacije je uzeto 30% energije [14], a pretpostavljeno je da je takva regulacija instalirana na 10% površina. U tablici koja slijedi su prikazane vrijednosti koje su korištene u proračunu. Prosjek graničnih vrijednosti za pojedin tip zgrade je uzet kao P_N , a iz istog izvora su dobivena i vremena t_D i t_N . Udio X_Z je ponovno uzet iz HIO izvješća.

Tablica 12 - Specifične vrijednosti za računanje godišnje potrošnje energije za električnu rasvjetu

| | Vijek trajanja [h/a] | Nominalne vrijednosti osvijetljeno [lx] | Upotreba dnevnog svjetla | Učestalost upotrebe | Granična vrijednost [kWh/m ²] |
|-------------------------|-------------------------|--|-----------------------------|------------------------|---|
| Ured Otvoreni uredi | 2,750 | 300 | uglavnom | neprekidno | 10 |
| | | 500 | djelomično ne | neprekidno | 22 |
| | | 500 | koristi se ne | neprekidno | 40 |
| | | 750 | koristi se | neprekidno | 55 |
| Učionica | 2,000 | 300 | uglavnom | često | 7,5 |
| | | 500 | djelomično ne | često često | 15 |
| | | 500 | koristi se | | 30 |
| Sportska dvorana | 2,000 | 300 | djelomično | često | 10 |
| Prodavaonica | 3,600 | 300 | ne koristi se ne | neprekidno | 35 |
| | | | koristi se | neprekidno | 55 |
| Restaurant | 3,600 | 200 | uglavnom | često često | 9 |
| | | 200 | djelomično ne | često | 13 |
| | | 200 | koristi se | | 16 |
| Hotelska soba | 2,000 | 200 | uglavnom | | 35 |
| Bolnica | 8,760 | 200 | uglavnom | | 10 |
| Ulična rasvjeta | 2,750 | 100 | uglavnom | često često | 4,5 |
| | | 100 | ne koristi se | | 12 |
| Skladište | 2,750 | 100 | ne koristi se | neznatno | 2,2 |
| | | 100 | ne koristi se ne | često | 4,5 |
| | | 200 | koristi se | neprekidno | 18 |
| Garaža (odn. servis) | 2,750 | 300 | uglavnom | neprekidno | 10 |
| | | 300 | djelomično | neprekidno | 15 |
| Višekatno parkiralište | 2.750 **) | 100 | ne koristi se ne | često | 12 |
| | 6.500***) | 100 | koristi se | često | 28 |

3.5. Energija potrebna za pripremu potrošne tople vode E_{PTV} [15]

Potrebna energija za pripremu potrošne tople vode (PTV) se računa pomoću prosječnih godišnjih potrošnji za pojedine tipove zgrada unutar ministarstva. Potreba je vezana na broj osoba u zgradi. Kao broj osoba je uzet podatak o broju zaposlenika pojedinog ministarstva. Iako to zanemaruje potrošnju eventualnih korisnika samih objekata, pretpostavlja se da vrijeme zadržavanja pojedinog korisnika unutar zgrade nije dovoljno da u većoj mjeri pridonese potrošnji vode. Naravno, to ne vrijedi u slučaju bolnica i raznih domova, no bez izučavanja svakog pojedinog objekta ne bi bilo moguće dobiti broj korisnika, a i tada bi se radilo o procjeni prema faktoru potpunosti dostupnih smještajnih kapaciteta. Takvo izučavanje nije bilo moguće zbog velikog broja objekata u sektoru i neadekvatnosti postojećih podataka o istim.

Tablica 13 – Prosječne godišnje potrebe za toplom vodom po osobi u litrama

| Prosječne godišnje potrebe za toplom vodom | | | |
|---|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| Vrsta zgrade | Litra/osoba pri 60 °C | Vrsta zgrade | Litra/osoba pri 60 °C |
| Stambena zgrada | 20-40 | Starački dom | 30 |
| Bolnica | 100-300 | Uredska zgrada | 0-10 |
| Hotel | 40-100 | Škola (sa tuševima) | 30-50 |

Uz poznavanje prosječnih godišnjih vrijednosti potreba za toplom vodom $V_{ZW,a}$ u litrama, te udjela pojedinih tipova zgrada u ministarstvima, možemo izračunati godišnju potrebu energije za pripremu tople vode u joulima. Koristit ćemo slijedeću formulu kako bismo dobili energiju u joulima:

$$E_{PTV} = \sum_Z \left(X_Z \cdot V_{ZW,a} \cdot 998 \cdot 4,183 \cdot (60 - 13,5) \right) \quad (3.12)$$

U gornjoj jednadžbi je X_Z otprije poznat i pojašnjen, a $V_{ZW,a}$ uzet iz tablice 3.7. za tip zgrade u pitanju. Kako je $V_{ZW,a}$ iskazan u litrama, valja ga pomnožiti s gustoćom vode, ovdje uzetom kao 998 kg/m^3 , toplinskim kapacitetom vode koji je uzet kao 4183 J/kgK , no u jednadžbi je podijeljen s tisuću kako bismo pretvorili litre, tj decimetre kubne vode u metre kubne prije množenja s gustoćom. Temperatura na koju se priprema topla voda je uzeta kao 60 stupnjeva celzijusa, a kao ulazna temperatura vode je uzeta temperatura u vodovodnoj mreži koja

prosječno iznosi 13,5 stupnjeva celzijusa. Kada uvrstimo sve podatke, dobivamo potrošnju energije za pripremu tople vode unutar jednog ministarstva.

3.6. Usklađivanje rezultata

Kako bismo procijenili kvalitetu rezultata našeg proračuna, koji je u suštini procjena, moramo rezultate usporediti s nekim realnim podacima. Ovdje će najveći problem predstavljati specifičnost sektora kojim baratamo. Takve podatke bismo prvo mogli potražiti u godišnjem izvještaju Ministarstva gospodarstva, rada i poduzetništva RH, „Energija u Hrvatskoj“ [16], no njihova podjela je pregruba za naše potrebe. Naime, podatci o potrošnji dijele se na industriju, promet i opću potrošnju, s time da bi se naš sektor morao naći u potkategoriji opće potrošnje, „Usluge“ ili „Uslužne djelatnosti“ (ovisno o mjestu na kojem se spominje), no nije teško zaključiti da je to jednostavno preširoka skupina. Zanimarimo li čak i sve uslužne djelatnosti koje pruža privatni sektor (npr., ugostiteljstvo, hotelijerstvo i sl.), koji zaprema velike površine na državnoj razini, još uvijek nam ostaje dio usluga koje pružaju institucije koje nisu obuhvaćene državnim fondom zgrada, već su vlasništvo lokalne samouprave (gradska, županijska poglavarstva, bolnice i škole u gradskom vlasništvu). Stoga je bilo potrebno pribaviti neki drugi način usporedbe podataka. Odgovor je još jednom pronađen u godišnjem HIO izvješću. [1] Izvješće, doduše, ne navodi točne podatke o potrošnji pojedinih ministarstva u kWh ili nekoj drugoj mjeri energije (iako se te informacije prate), ali donose podatke o kunsnoj potrošnji, po energentima. Ti podatci su dobiveni prikupljanjem svih računa za energente dostavljenih ministarstvima tokom 2010. godine te stoga predstavljaju realnu potrošnju objekata na koje se odnosi izvješće, a time i potrošnju objekata koje promatra ovaj rad. S obzirom da nam nisu poznati udjeli energenata u pojedinim proizvodnjama, npr. ne možemo sa sigurnošću reći pomoću kojih energenata ministarstvo namiruje potrebu za grijanjem (imamo samo ukupnu procijenjenu potrošnju), ne možemo ni proračunati procijenjenu kunsku potrošnju kako bi ju usporedili s realnom. Iz tog razloga ćemo uskladiti procjenu s realnim podacima pomoću nekoliko logičkih pravila i uvođenjem dodatne stavke u potrošnji – razna električna oprema i uređaji. Zaprmljene kunske potrošnje po pojedinim energentima ćemo pretvoriti u isporučenu energiju pomoću poznatih nam cijena energenata za referentno razdoblje, a zatim ih oduzimati od proračunate potrebne energije, tj. namirivati iz pojedinih energenata:

- Potrebe ministarstva za **grijanjem** će se namirivati iz ogrjevnog drva, toplinske energije, eksrta lakog loživog ulja (ELLU) i prirodnog plina tim redosljedom (prema slobodno procijenjenoj vjerojatnosti da se energent koristi za grijanje). Ukoliko se pokaže da je energija koju daju energenti nije dovoljna da namiri proračunatu potrošnju, pretpostavit

će se da se razlika namiruje pomoću električnih grijalica, tj iz električne energije kao energenta. Ukoliko se pokaže da je proračunata potrošnja manja od one energije koju daju energenti specifični za grijanje, pretpostavit ćemo da se razlika troši na pripremu PTV.

- Potrebe ministarstva za **hlađenjem i električnom rasvjetom** će se namirivati u potpunosti električnom energijom.
- Potrebe ministarstva za **pripremu PTV** će se u potpunosti namirivati električnom energijom, osim ako nam ne „preostane“ energije od energenata za grijanje, u tom slučaju ćemo ju prvo namirivati tom energijom (uz stopostotnu iskoristivost jer pretpostavljamo spremnik PTV u kotlu, a gubitci na učinkovitosti kotla su već uračunati u ukupnu potrebnu energiju za grijanje kako bismo ju mogli uspoređivati s kunskom potrošnjom iz izvještaja), a nakon toga električnom energijom.
- Nakon što smo namirili sve ostale potrebe, preostala električna energija će se proglasiti energijom koju troši **razna električna oprema** unutar ministarstva, npr. strojevi i uredska oprema.

Valja naglasiti da potrošnja razne električne opreme predstavlja pomoćnu varijablu, te se njeni rezultati neće posebno tumačiti, niti će se na nju u predviđanjima primjenjivati iste metode kao na ostale, proračunom dobivene vrijednosti. Ona je posljedica matematike i logike verifikacije proračuna te ne predstavlja stvarnu vrijednost potrošnje razne električne opreme unutar pojedinog ministarstva, te bi bilo neodgovorno prikazivati i tretirati ju kao istu. Rezultat gore opisanog usklađivanja će biti izjednačavanje realne i proračunate kunske potrošnje (time neposredno i proračunate i realne potrošnje energije) te uvid u udjele energenata u namirivanju pojedinih potreba ministarstva. Tako ćemo dovršiti energetska sliku za svako ministarstvo, tj. za cijeli sektor, i dobiti rezultate jednake onima iznesenima u izvješću HIO projekta [1], koji predstavljaju najrealnije i najpreciznije podatke koji trenutno postoje o promatranom sektoru. Prednost takve slike leži u njenoj proračunskoj prirodi - ona je nastala kao rezultat svih ranije nabrojanih faktora i formula, te je kao takva fleksibilna u ovisnosti o tim istim proračunima i time pogodna za daljnje izučavanje, tj. predviđanje buduće potrošnje, što je drugi glavni cilj ovog rada. Prije nego što krenemo na procijene, ipak, valja prvo pokazati pretvaranje kunske potrošnje u energetska potrošnju po pojedinim energentima i tako dovršiti sliku bazne godine po ministarstvima.

3.7. Modeliranje potrošnje energije iz zaprimljene kunske potrošnje

U izvješću HIO projekta [1], nalaze se podatci o kuskim potrošnjama pojedinih ministarstva podijeljenih po energentima. Kako mi baratamo potrošnjom energije, potrebno je i iz tih vrijednosti dobiti utrošak energije i uskladiti ga s proračunatim vrijednostima, kako je to opisano u točki 3.7. Na ovom mjestu će biti prikazan način pretvorbe zaprimljenih podataka za slijedeće energente: električna energija, ogrjevno drvo, ekstra lako loživo ulje, prirodni plin, ukapljeni naftni plin, toplinska energija iz vrele vode te toplinska energija iz pare. Utvrđeno je kretanje cijena svih energenata za 2010. godinu. Ti podatci su prikupljeni od strane UNDP-a, za interne analize, kontaktiranjem svih distributera energenata na području Republike Hrvatske, no nisu objavljeni, tako da nije moguće navesti adekvatnu referencu. Kretanja cijene struje se mogu naći na internetskim stranicama HEP-a, iako se tu ne radi o kretanjima u pravom smislu riječi, pošto se cijene korigiraju u velikim vremenskim razmacima, često većim od jedne godine. Kretanja cijene naftnih derivata se prate na nekoliko poslovnih portala u RH zbog utjecaja na gospodarstvo. Cijene toplinske energije se također mogu naći putem HEP-ovih stranica, te stranica lokalnih distributera toplinske energije, a za kretanja cijena plina valja kontaktirati sve pojedinačne distributere u RH, jer cijene variraju od distributera do distributera. Stopa poreza na dodanu vrijednost iznosi 23% za cijelu baznu godinu. Sve naknade tipične za lokalne distributere i eventualne kamate uključene u račune se zanemaruju, zbog očite nemogućnosti uvida u njihov udio i iznose, a uzimaju se u obzir samo generalne naknade, kao npr. mjesečna naknada za opskrbu električnom energijom, koja je ista za cijelu Hrvatsku te varira samo po tarifnim modelima, ili naknade za agenciju prilikom kupovine ekstra lakog loživog ulja, koja je također jednaka na području cijele Hrvatske.

3.7.1. Električna energija

HEP Operater distribucijskog sustava d.o.o. na svojim internetskim stranicama objavljuje cijene električne energije te visine naknada po pojedinim tarifnim modelima. [17] Iako se pokušajem liberalizacije tržišta pojavio još jedan operater, Partner Elektrik, njihov udio u ukupnom tržištu električnom energijom u vremenu na koje se odnosi ovaj rad je zanemariv, tvrtka se time bavi tek od rujna 2009. godine, što bi čak eliminiralo sudjelovanje na većini natječaja javne nabave za 2010. godinu. Trenutno je u ponudi pet tarifnih modela za kategoriju poduzetništvo, prema kojoj se tretiraju sva ministarstva osim objekata MZSS, za čije ćemo potrebe koristiti tarifne modele za kategoriju kućanstvo. Tarifni modeli za poduzetništvo su: plavi, bijeli, crveni, narančasti i žuti (javna rasvjeta), te variraju u četiri naponska razreda: niski, srednji, visoki i visoki-OPS. Za potrebe ovog rada će se pretpostaviti korištenje niskog napona te plavog (u udjelu od 10% slučajeva) ili bijelog (u udjelu od 90% slučajeva) tarifnog modela. To se može opravdati

generalnim karakteristikama potrošnje našeg sektora – radi se većinom o administrativnim zgradama, bez velikih pojedinačnih potrošača električne energije i bez uređaja koji bi svojim radom stvarali veće količine jalove energije. Zadnje doduše ne vrijedi u slučaju bolnica, domova zdravlja i sličnih objekata gdje, dapače, dominira takva oprema, no bez točnog popisa i podataka o opremi, nebi bilo moguće niti približno procijeniti utrošak jalove energije. Isto vrijedi i za stavku angažirane snage (najveće angažirane snage u intervalima od 15-minuta unutar mjesec dana), no ta se stavka ne obračunava u tarifnim modelima plavi i bijeli pri niskom naponu. Plavi tarifni model ima samo jednu dnevnu tarifu, te se isplati kod rada samo za vrijeme dana, no najpopularniji model je bijeli, s dvije dnevne tarifne stavke – skupljom dnevnom i jeftinijom noćnom, usprkos činjenici da je njegova dnevna tarifa skuplja od plave tarife, a uredski prostori rade većinom danju. Što se tiče javne rasvjete, slučajevi u kojima račun za javnu rasvjetu oko objekta plaća sam objekt su toliko rijetki da ih se bez problema može zanemariti. Ukoliko objekt ima vanjsku rasvjetu, ona je priključena na njegovo brojilo. Narančasti tarifni model naplaćuje samo potrošnju, no mogu ga koristiti samo kupci sa samonaplatnim brojiлом, te je kao takav još rjeđi od žutog u promatranom sektoru. Dakle, nakon što smo razjasnili početne pretpostavke, od zaprimljene kunske potrošnje oduzeti ćemo 12 mjesečnih naknada za bijeli i plavi tarifni model poduzetničkog niskog napona, pomnoženih s udjelom tog modela (proizvoljno odabrani kao 10% za plavi i 90% za bijeli), a ostatak ćemo podijeliti s cijenama kWh u pojedinim tarifnim modelima i naknadom za obnovljive izvore energije, također s uračunatim udjelima istih i dobiti potrošnju u kWh, koju množimo s 3600 i dobivamo MJ, a pošto se radi o iznosu za cijelu godinu, govorimo o kWh/a, tj. MJ/a. Kao vrijednosti su uzimane prosječne vrijednosti za 2010. godinu, s obzirom da se u kolovozu dogodila korekcija cijena, navedene cijene su 75% stare cijene i 25% nove cijene.

Tablica 14 - Cijene kWh i naknada po tarifnim modelima za izračun preuzete električne energije, u kunama

| Prosječna cijena kWh - Poduzetništvo | | Prosječna cijena kWh - Kućanstvo | |
|--------------------------------------|----------|----------------------------------|----------|
| NN Bijeli tar. model | 0,57 | NN Bijeli tar. model | 0,593 |
| NN Plavi tar. model | 0,71 | NN Plavi tar. model | 0,7471 |
| Mjesečna naknada B | 65 | Mjesečna naknada B | 16 |
| Mjesečna naknada P | 65 | Mjesečna naknada P | 16 |
| Naknada za OIE | 0,007925 | Naknada za OIE | 0,007925 |

3.7.2. Ogrjevno drvo

Proračun energije dobivene iz ogrjevnog drva je jednostavniji od proračuna električne energije. Jedino što je predstavljalo problem je odrediti cijenu kubnog metra ogrjevnog drveta. Prema pronađenim informacijama, ogrjevno drvo se može nabaviti na paletama dimenzija 1 x 1 x 1,8 metar, dakle 1,8 m³, po cijeni koja varira, no kreće se oko 300 kuna po kubnom metru [18]. Takve palete sadrže piljeno drvo, dakle ostaje samo trošak transporta. Konačna cijena kubnog metra drva, koja će se koristiti u radu, će stoga iznositi 350 kuna sa uključenim PDV-om i ostalim troškovima. Energija ćemo dobiti tako da kunsku potrošnju podijelimo s 350 i pomnožimo sa ogrjevnom vrijednošću drva koja iznosi 2,5 MWh/m³. [19] Naknadno ćemo dobiveni iznos množiti sa 3600 kako bismo dobili MJ.

3.7.3. Ekstra lakog loživog ulje

Kod proračuna dobivene energije iz ekstra lakog loživog ulja (u daljnjem tekstu ELLU), najveći problem predstavljaju učestale promjene cijene. U radu su korištene cijene za period od 1.11.2009. do 31.10.2010., tj. njihova prosječna vrijednost, jer je to period na koji se odnose podatci prikupljeni u HIO izvješću. Prosječna vrijednost tog perioda iznosi 4,74 kune, a prosječna vrijednost za 2010. godinu iznosi 4,93 kune, iz čega se vidi značajna razlika u cijenama, kao posljedica konstantnih kretanja cijena ELLU. U ovu cijenu su uračunate sve naknade, trošarine i PDV. Kunsku potrošnju ELLU ćemo dijeliti s gore spomenutom prosječnom vrijednosti, te tako dobivene litre množiti s energetsom vrijednošću ELLU koja iznosi 42,17 MJ/kg. [19] Kako se ELLU prodaje na litre, potrebno je dobivenu vrijednost množiti sa gustoćom ELLU, koja iznosi 0,845 kg/l [20] i dobit ćemo energiju dobivenu iz ELLU za promatrano razdoblje.

3.7.4. Prirodni plin i ukapljeni naftni plin (UNP)

Proračun energije dobivene iz prirodnog plina se vrši pomoću srednje cijene plina za 2010 godinu, koja iznosi 3,43 kune po metru kubnom za kategoriju gospodarstva. Korekcija ogrijevne vrijednosti plina nije uzimana u obzir jer nebi bilo moguće ustvrditi iznos korekcije bez uvide u same račune, a neki dobavljači, kojih u Hrvatskoj trenutno ima više od 80, ni ne vrše korekciju ogrijevne vrijednosti (ili ju uračunavaju u osnovnu cijenu). Dijeljenjem kunske potrošnje sa spomenutom cijenom dobivamo kupljene kubne metre plina, a ogrijevnu mu vrijednost iznosi 34-35,88 MJ/m³ [19] te se za računicu koristi srednja vrijednost od 34,94 MJ/m³. Za UNP je postupak isti, samo što je njegova prosječna cijena 5,09 kuna po kilogramu plina, a ogrijevna vrijednost 46,89 MJ/kg [19].

3.7.5. Toplinska energija iz pare i vrele vode

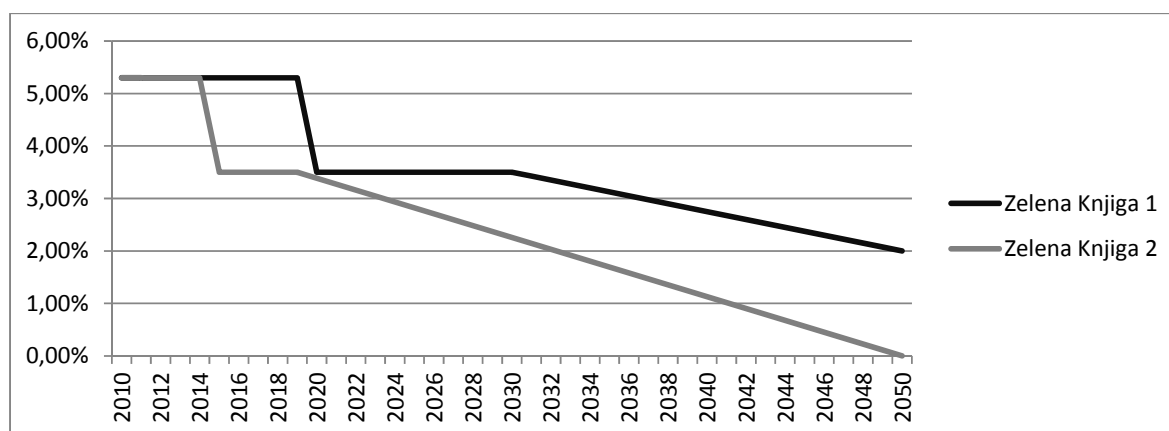
Kod grijanja na toplanu, bilo putem pare, bilo putem vrele vode, prvo moramo utvrditi količinu zakupljene energije. To je ugovorena potrošnja energije, a ukoliko ju prijeđe, kupac daljnju energiju plaća u vidu „penala“. Zbog promatranja cijelog sektora, a ne pojedine zgrade, nije moguće znati koliki je iznos zakupljene energije. Tom problemu je doskočeno pomoću Pravilnika o načinu raspodjele i obračunu troškova za isporučenu toplinsku energiju [21], u kojem stoji da se za utvrđivanje zakupljene toplinske energije može koristiti faktor u iznosu 50 W/m³ grijanog prostora. Za svrhu proračuna ćemo koristiti grijani volumen za područje Grada Zagreba, jer nije poznato koliki se dio kojeg ministarstva grije na toplinsku energiju, opskrba parom je moguća samo u Sisku i Osijeku pored Zagreba, ali i zbog pretpostavke da je u Zagrebu najrazvijeniji sustav daljinske opskrbe toplinom. Tako dobivena vrijednost se množi s cijenom zakupa od 14420 kuna po MWh za vrelu vodu, tj. 7973,6 kune po toni po satu pare, i 12 mjeseci, oduzima od kunske potrošnje, da bi se taj iznos dijelio s cijenom jednog MWh od 230 kuna plus PDV za vrelu vodu, tj. 125,7 kuna plus PDV za tonu pare. U slučaju pare, moramo poznavati i entalpijski pad iste, kako bismo mogli reći koliko je energije dobiveno iz preuzete pare. Prema podacima o stanju polaza i povrata pare za EL-TO i TE-TO Zagreb [22], proračunati pad entalpije iznosi 149,985 MJ/t. Na ovaj način smo dobili približan iznos energije dobiven putem daljinskog grijanja, no kao što ćemo to kasnije vidjeti u rezultatima, ovaj model će imati stanovite nedostatke kad su u pitanju objekti MZSS-a, zbog bolnica koje imaju zakupljene puno veće količine pare i vrele vode nego što to zahtjeva ovaj, ipak okvirni, faktor od 50 W/m³.

4. Modeliranje buduće potrošnje

4.1. Zeleni scenarij 1 i 2

Modeliranje buduće potrošnje ćemo obaviti pomoću nekoliko scenarija, od kojih se prva dva, nazvani Zeleni scenarij 1 i Zeleni scenarij 2, temelje na nacrtu energetske strategije Republike Hrvatske, tzv. Zelenoj knjizi. Zelenu knjigu je donijelo Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva 2008. I sadrži temeljna predviđanja kretanja potrošnje energije u Hrvatskoj po sektorima, scenarije koji ostavljaju prostora za uštede i primjene mjera energetske efikasnosti, te strategije namirivanja nastale potrebe te reduciranja emisije stakleničkih plinova. Ovaj rad će koristiti pretpostavke iz Zelene knjige, koje su uzete za temeljnu projekciju neposredne potrošnje energije. Prema Zelenoj knjizi: „Temeljna projekcija neposredne potrošnje energije (eng. business as usual) pretpostavlja razvoj potrošnje prepušten tržišnim kretanjima i navikama potrošača, bez državnih intervencija, ali uz pretpostavku uobičajene primjene novih, tehnološki naprednijih proizvoda kako se tijekom vremena pojavljuju na tržištu. Potrošnja energije je projicirana na razini pojedinih sektora i podsektora opće potrošnje, korištenjem metodom analogije (približavanje Republike Hrvatske zemljama članicama EU-15) i drugim ekonometrijskim metodama. U pogledu demografskih kretanja pretpostavljen je stalan broj stanovnika Republike Hrvatske, jednak broju stanovnika iz 2007. godine čime su obuhvaćeni i očekivani trend pada domicilnog stanovništva i povećan priljev stanovnika iz inozemstva., [23] Unutar scenarija u knjizi postoji podjela na više sektora unutar ukupne potrošnje, slično kao i u ranije spominjanoj Energiji u Hrvatskoj, no, ni u ovom slučaju, ta podjela neide dublje od sektora usluga kao podskupine opće potrošnje. Kako smo već ranije utvrdili da tom sektoru pripadaju i grane od kojih se očekuje velik rast u budućnosti, kao što je to npr turizam, tj ugostiteljstvo, predviđanja o rastu treba uzeti sa određenom zadržkom. Iz tog razloga su i napravljena dva business as usual scenarija, Zeleni scenarij 1 i Zeleni scenarij 2. Prvi scenarij prati predviđanja Zelene knjige za rast potrošnje sektora usluga i pretpostavlja povećanje potrošnje od 5,3% godišnje do 2020. godine, a nakon toga 3,5% do 2030. godine. Kako Zeleni scenarij ne daje projekciju dalje od 2030., bilo je potrebno pretpostaviti daljnje kretanje potrošnje, te je odabrana stopa od 2% godišnjeg rasta u 2050., a između 2030. i 2050. vrijednosti linearno opadaju od 3,5% do 2%. Kako je ovakvo kretanje potrošnje poprilično nerelano očekivati od državnog sektora, koji bez većeg rasta broja stanovnika nema većih potreba za rastom, niti površinom, a time niti potrošnjom, odlučeno je uvođenje dodatnog temeljnog scenarija – Zeleni scenarij 2. U tom scenariju se brojevi koje koristi Zeleni scenarij ponovno koriste, no u puno kraćem vremenskom razdoblju. Pretpostavlja se 5 godina rasta pri stopi od 5,3%, te 5 godina rasta pri stopi od 3,5%, a nakon toga će stopa rasta linearno padati, da bi u

2050. godini postigla nulu. Takva struktura rasta se objašnjava pretpostavkom prilagodbe na ulazak u Europsku uniju do 2020. godine, za čije će vrijeme državni sektor prolaziti kroz promjene, prilagodbe i rast potrošnje i samog sektora bi bio opravdan. No, nakon 2020. godine, nema prepreka smanjenju potrošnje sektora, racionalizaciji i podizanju efikasnosti svih dijelova državnog sektora, pogotovo onog birokratskog, pogotovo imamo li na umu da sve projekcije kretanja stanovništva prognoziraju negativna kretanja do 2050. godine. [24] Ipak, trend nije stavljen u negativnu vrijednost, već je pušten da pada prema nuli kako bi kompenzirao povećanje radnog prostora pojedinog zaposlenika, ili eventualan rast birokratskog aparata zbog uvođenja viših standarda, procedura i pravilnika. Ovaj scenarij ublažava visoke stope koje predviđa prvi scenarij, te pretpostavlja zadržavanje veličine i potrošnje državnog sektora na otprilike istoj razini, tj pad njegovog udjela u sektoru usluga, dok prvi predviđa rast jednak rastu svih drugih dijelova sektora koji se teško mogu uspoređivati.



Slika 2 – Kretanje stope rasta potrošnje kroz godine za dva temeljna scenarija

Potrošnju u 2010 godini po svim stavkama – grijanje, hlađenje, priprema PTV, električna rasvjeta i uredska oprema ćemo dobiti sumiranjem proračunatih vrijednosti, a daljnje potrošnje do 2050. povećavanjem svake godine prema važećem postotku rasta u toj godini, ranije pojašnjenima, iskazanima u gornjem dijagramu.

4.2. Štedni scenarij 1a, 1b, 2a, 2b, 3a i 3b

Nakon što smo definirali ponašanje potrošnje u baznim scenarijima, valja predložiti nekoliko scenarija koje ćemo usporediti s njima. U tu svrhu su razrađena tri osnovna štedna scenarija u kojima će se potrošnja mijenjati u ovisnosti o tri modifikacijska faktora. Kako faktori samo modificiraju baznu potrošnju, kao što će biti kasnije pokazano, iz tri osnovna štedna scenarija proizlazi šest štednih scenarija, od kojih se tri uspoređuju sa scenarijem Zelena scenarij 1 i označeni su slovom „a“ uz broj štednog scenarija, dok se druga tri uspoređuju sa scenarijem

Zeleni scenarij 2 i označeni su slovom „b“ uz broj štednog scenarija. Slijedi kratko objašnjenje sva tri modifikacijska faktora, a zatim ćemo pojasniti vrijednosti koje će isti poprimati kroz scenarije.

4.2.1. Modifikacijski faktor kretanja broja stanovnika

Modifikacijski faktor broja stanovnika prati kretanje broja stanovnika kroz godine te ih uspoređuje s podacima za 2010. godinu. u vidu omjera trenutnog broja stanovnika i broja stanovnika u 2010. godini. Kako su nam poznata predviđanja broja stanovništva za 2021., 2031., 2041. i 2051. godinu, kretanje između tih godina je dobiveno linearnom projekcijom. Podatci su preuzeti iz *Projekcija stanovništva od 2010. do 2061. godine* [24], a Državni zavod za statistiku u njima predviđa tri scenarija kretanja stanovništva – visoki, srednji i niski, ovisno o fertilitetu i migraciji. U sva tri slučaja, predviđa se pad ukupnog broja stanovnika Republike Hrvatske, tako da će faktor kretanja broja stanovnika konstantno padati do 2050. godine. Kako u projekciji postoje tri scenarija, ovaj rad dobiva tri faktora kretanja broja stanovnika, od kojih će se po jedan koristiti u svakom paru štednih scenarija, npr. jedan faktor za Štedni scenarij 1a i Štedni scenarij 1b, itd. Samo kretanje vrijednosti faktora će biti prikazano kasnije, prilikom objašnjavanja pojedinih scenarijskih parnjaka, a faktor se primjenjuje na sve stavke pojedinačnih potreba za energijom.

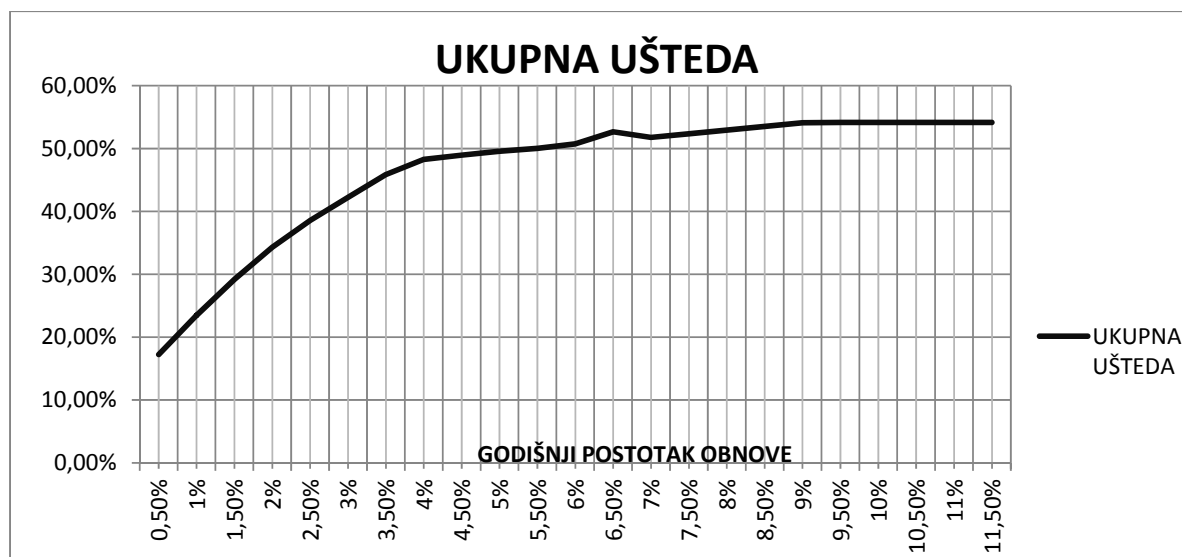
4.2.2. Modifikacijski faktor obnove fonda putem nominalnog normativa

Modifikacijski faktor obnove fonda putem nominalnog normativa je odabran kako bi simulirao smanjenje potrošnje investiranjem u poboljšanje toplinskih svojstava vanjske ovojnice i stolarije fonda zgrada.

Tablica 15 – Stanje fonda s obzirom na nominalni normativ u baznoj godini

| STAROST FONDA | UDIO | Nominalni normativ | Prosječni normativ |
|------------------------|---------|--------------------|--------------------|
| Prije 1919. | 9,10% | 250 | 22,75 |
| 1919.-1945 | 7,30% | 250 | 18,25 |
| 1946.-1960. | 10,90% | 230 | 25,07 |
| 1961.-1970. | 20,10% | 230 | 46,23 |
| 1971.-1980. | 23,10% | 210 | 48,51 |
| 1981.-1990. | 17,20% | 200 | 34,4 |
| 1991.-1995. | 3,40% | 180 | 6,12 |
| 1996.-2001. | 5% | 175,3947368 | 8,769736842 |
| nepoznato i nedovršeno | 3,90% | 207,5657895 | 8,095065789 |
| UKUPNO | 100,00% | | 218,1948026 |

Kao što je ranije pokazano poglavljem 2., nominalni normativ predstavlja samu osnovu toplinskog proračuna, jer pomoću njega vršimo proračun oplošja, koje se dalje koristi u proračunu potrebne energije za grijanje i hlađenje zgrade, kao što je pokazalo poglavlje 3. Zbog te direktne veze između potrošnje energije i površine oplošja, a zatim i direktne veze između nominalnog normativa i oplošja zgrade, moguće je izlučiti koeficijent nominalnog normativa u baznoj godini te nekog drugog, poboljšanog iznosa normativa, s kojim možemo množiti proračunatu energiju potrebnu za grijanje i hlađenje te dobiti iznos energije kao da smo ponovili cijeli proračun koristeći tu vrijednost. Ipak, zbog formule 3.1., to nije u potpunosti točno. Član jednadžbe koji prikazuje transmisijsku izmjene topline kroz oplošje ne pravi probleme, član dobitaka u vidu solarnog zračenja također ne sam po sebi, ali član koji govori o toplinskim dobitcima od ljudi i opreme ne ovisi o koeficijentu prolaza topline kroz ovojnici zgrade, tj. ovisi samo o tipu zgrade i površini. Iz tog razloga valja oduzeti njegov član i naknadno ga dodati dobivenoj vrijednosti, nakon množenja s faktorom obnove fonda. Jednadžbe 3.7. i 3.8. ukazuju na još jedan problem – naime koeficijent transmisijske izmjene topline sudjeluje u proračunu iskoristivosti toplinskih dobitaka, no kako pri promjeni nominalnog normativa od 50%, promjena iskoristivosti ne prelazi 5%, odlučeno je kako će se zadržati vrijednosti iskoristivosti proračunate stanje fonda u baznoj godini. Koeficijent će varirati u ovisnosti o tempu obnove fonda, pretpostavlja se konstantna obnova određenog postotka oplošja na vrijednost koju imaju zgrade iz prvog desetljeća ovog stoljeća, s time da se 2025. počinje s obnovom na energetski učinkovitiji razred koji traži 70 kWh/m²a za grijanje prostorija, a 2040. se sve zgrade obnavljaju na standard niskoenergetskih kuća – 30 kWh/m²a. Obnova se kreće od starijih dijelova fonda prema novijima, a pretpostavljaju se i stopa rušenja starih zgrada, te stopa izgradnje novih zgrada, pri čemu se nove zgrade grade na gore spomenute standarde, ovisno o vremenskom razdoblju. Pretpostavlja se da novogradnja zamjenjuje srušene površine, tako da su te dvije stope brojčano jednake. Prilikom prvotnih eksperimenata s obnovom fonda, utvrđeno je da pri stopi obnove od 10% godišnje dolazi do „praznog hoda“, tj. cjelokupni fond se obnovi prije nego se dopušta uvođenje nove tehnologije i ne obnavlja se. Također se pokazalo da se uštede rapidno povećavaju do stope od 4,5% godišnje, a nakon toga sve polakše, da bi konačno kod stope od 10% obnove godišnje prestao rast i nije moguće postići daljnje uštede obnovom. Stoga se odlučilo uzeti tri stope obnove koje će se koristiti u tri para štednih scenarija. Te stope su 2,7%, 1% i 4,4% obnove fonda godišnje, a u kojem će se scenariju koristiti koja će biti pojašnjeno kasnije. Ovaj faktor se primjenjuje samo na stavke proračuna koje govore o potrebi za toplinom i rashladnom energijom, ne na proračun energije za pripremu PTV, uredsku opremu te električnu rasvjetu, pošto navedene stavke ne ovise o svojstvima ovojnice zgrade.



Slika 3 – Ukupna ušteda u ovisnosti o postotku obnove kao rezultat prvih promatranja

4.2.3. Modifikacijski faktor hlađenog prostora

U proračunu potrebne energije za hlađenje prostora, pretpostavlja se da se hladi 45% površine u svakom ministarstvu. Također je pretpostavljen početni EER faktor od 3. Dok je prvi faktor pratio kretanje stanovništva i preko njega potrebu za državnim sektorom, a drugi korekcijski faktor poboljšanje energetske učinkovitosti u zgradarstvu, ovaj faktor je uzet u obzir s ciljem povećanja kvalitete radnih uvjeta za zaposlenike i boravišnih uvjeta za korisnike zgrada državnog sektora. Pretpostavljaju se tri stope povećanja hlađenog prostora u razdoblju od bazne godine do 2050. – u prvoj ukupna hlađena površina raste na 50%, u drugom na 55%, a treća stopa predviđa rast do 60% u 2050. godini. Rast između bazne i završne godine je prikazan kao linearna progresija između zadanih vrijednosti. Sam faktor je ponovno koeficijent, ovaj puta postotka hlađenog prostora u baznoj godini i postotka hlađenog prostora u trenutno promatranoj godini, tako da će njegova vrijednost uvijek biti iznad 1. Ovaj faktor se primjenjuje isključivo na dio proračuna energije za hlađenje, kao što mu to i ime govori.

4.2.4. Štedni scenarij 1

Štedni scenarij 1, kao i svi ostali, ima dvije verzije, označene slovima „a“ i „b“, ovisno pomoću koje se verzije scenarija Zeleni scenarij računa. No, obe verzije koriste iste vrijednosti faktora, različita je samo bazna vrijednost na koju se vežu, pa su tako i njihove konačne vrijednosti različite. Štedni scenarij 1 je zamišljen kao temeljni, „srednji“, štedni scenarij. Koristi se vrijednostima iz projekcijskog scenarija za srednji fertilitet i srednju migraciju za vrijednosti faktora kretanja broja stanovnika.

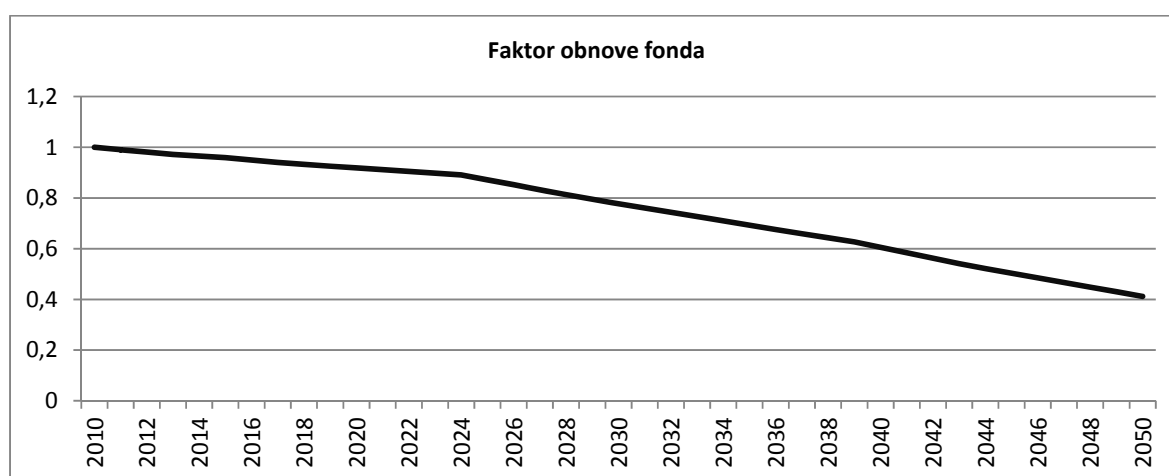


Slika 4 – Faktor kretanja broja stanovništva za Štedni scenarij 1a i 1b

Nadalje, za vrijednost postotka obnove fonda koristi 2,7%, dok su postotci novogradnje i rušenja 0,05% godišnje. To će uzrokovati promjenu faktora obnove fonda prikazanu na slici 4.4., a završni prosječni nominalni normativ fonda će iznositi 90 kWh/m²a, sa završnim ustrojem fonda:

- 28,5% fonda na standardu iz 2010. (proračunat na 175 kWh/m²a)
- 41,25% fonda pri 70 kWh/m²a
- 30,25% niskoenergetskih zgrada pri 30 kWh/m²a.

Ovakvo stanje je zadovoljavajuće, jer nam ostaje 28,5% fonda na prosječnom normativu prve dekade ovog stoljeća, što znači 40 godina starosti u 2050. te nešto više od 70% fonda u stanju visoke energetske efikasnosti!



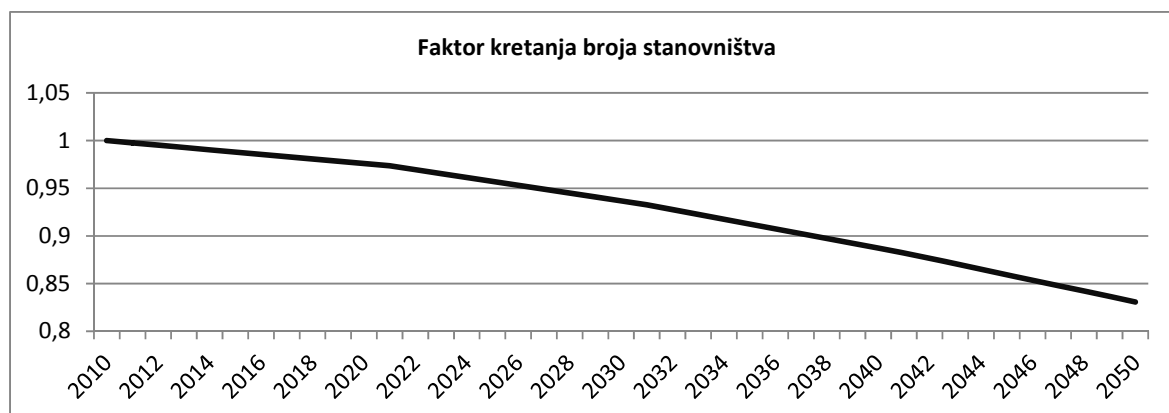
Slika 5 - Faktor obnove fonda za Štedni scenarij 1a i 1b

Za ciljanu vrijednost hladene površine, tj. volumena, odabran je udio od 55%, a pošto su

vrijednosti između početne od 45% i ciljane linearno povećavane, nema potrebe za posebnim prikazivanjem kretanja faktora hlađenog prostora.

4.2.5. Štedni scenarij 2

Štedni scenarij 2 je zamišljen kao „skromniji“ štedni scenarij. Koristi se vrijednostima iz projekcijskog scenarija za niski fertilitet i nisku migraciju za vrijednosti faktora kretanja broja stanovnika.



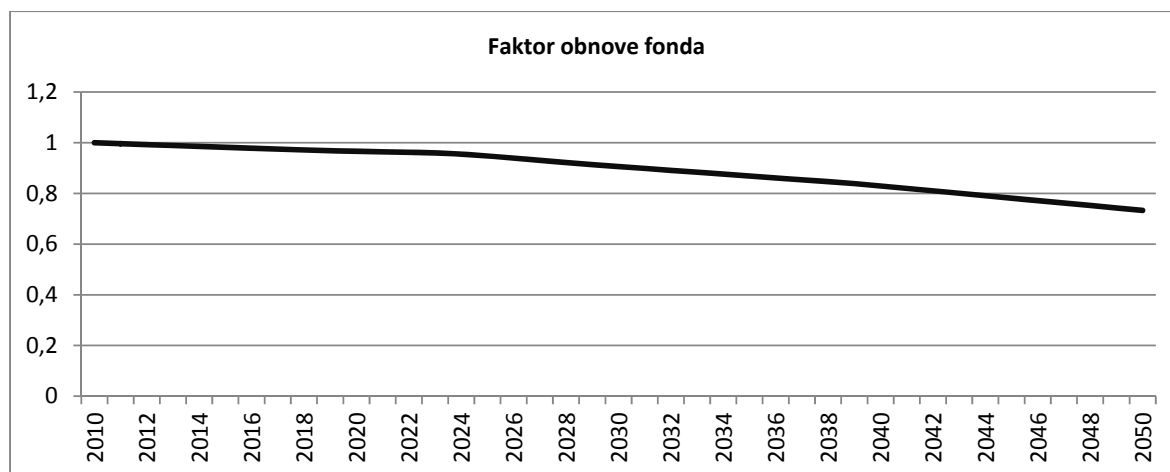
Slika 6 – Faktor kretanja broja stanovništva za Štedni scenarij 2a i 2b

Nadalje, za vrijednost postotka obnove fonda koristi 1%, dok su postotci novogradnje i rušenja 0,05% godišnje. To će uzrokovati promjenu faktora obnove fonda prikazanu na slici 4.6., a završni prosječni nominalni normativ fonda će iznositi 160,25 kWh/m²a, sa završnim ustrojem fonda:

- 9,3% na standardu iz 60.-ih godina prošlog stoljeća – 230 kWh/m²a
- 23,1% na standardu iz 70.-ih godina prošlog stoljeća – 210 kWh/m²a
- 17,2% na standardu iz 80.-ih godina prošlog stoljeća – 200 kWh/m²a
- 3,4% na standardu perioda 1991. do 1995. – 180 kWh/m²a
- 19,7% na standardu perioda 1995. do 2010. – 175 kWh/m²a
- 15,75% fonda pri 70 kWh/m²a
- 11,55% niskoenergetskih zgrada pri 30 kWh/m²a.

Vidimo da ovakav tempo obnove ostavlja puno veći ukupni prosječni nominalni normativ, a skoro 49,6% zgrada bi bilo starije od 50 godina 2050., što je zapravo gora situacija u odnosu na početno stanje fonda, ako se promotri tablica 4.1., iako je energetska učinkovitost porasla. Za ciljanu vrijednost hlađene površine, tj. volumena, odabran je udio od 50%, a pošto su vrijednosti

između početne od 45% i ciljane linearno povećavane, nema potrebe za posebnim prikazivanjem kretanja faktora hladenog prostora.



Slika 7 - Faktor obnove fonda za Štedni scenarij 2a i 2b

4.2.6. Štedni scenarij 3

Štedni scenarij 3 je osmišljen kao optimističniji scenarij. Koristi se vrijednostima projekcije stanovništva za visoki fertilitet i visoku migraciju, tj. projekcijom s najmanjim padom stanovništva, za izradu faktora kretanja broja stanovništva.

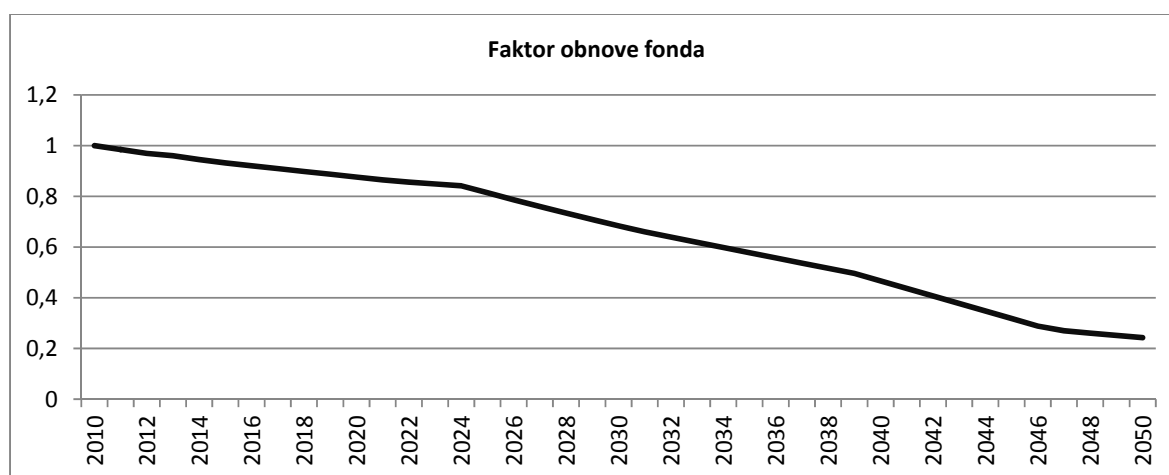


Slika 8 – Faktor kretanja broja stanovništva za Štedni scenarij 3a i 3b

Nadalje, za vrijednost postotka obnove fonda koristi 4,4%, dok su postotci novogradnje i rušenja 0,05% godišnje. To će uzrokovati promjenu faktora obnove fonda prikazanu na slici 4.8., a završni prosječni nominalni normativ fonda će iznositi 52,97 kWh/m²a, sa završnim ustrojem fonda:

- 51,05% fonda pri 70 kWh/m²a
- 48,95% niskoenergetskih zgrada pri 30 kWh/m²a

Također valja uzeti u obzir činjenicu da u fondu neće biti zgrada starijih od 25 godina te će cjelokupan fond biti visoko energetska efikasan, a praktički polovica fonda će biti niskoenergetska. Naravno da će ovakav tempo gradnje biti i najskuplji, no o tome će više riječi biti kasnije.



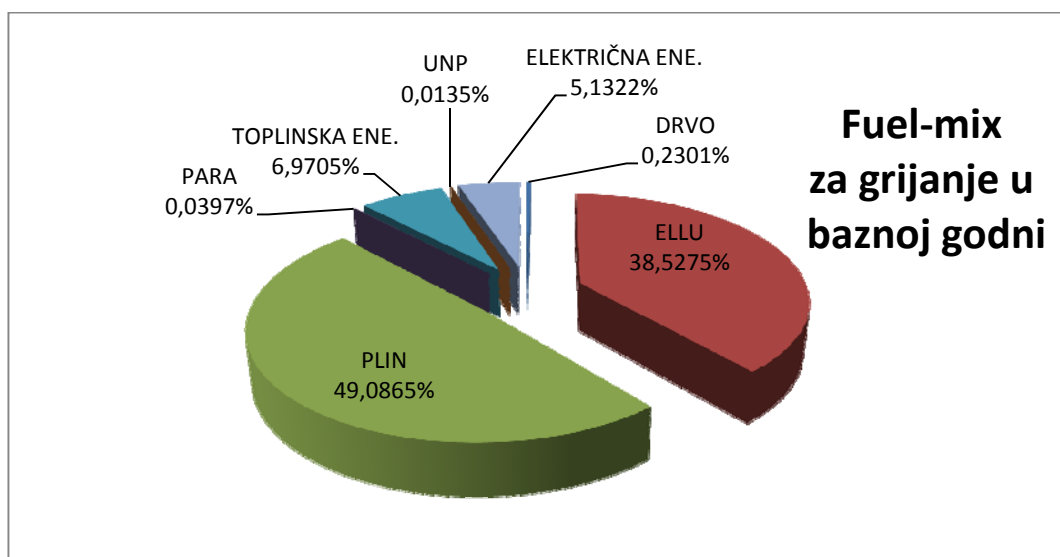
Slika 9 - Faktor obnove fonda za Štedni scenarij 3a i 3b

Kako je obnova fonda postavljena na ambicioznu razinu, tako je i za rast hlađenog prostora u smislu povećanja toplinske ugodnosti za ovaj scenarij odabrana vrijednost od 60% hlađenog prostora u 2050. godini, a pošto su vrijednosti između početne od 45% i ciljane linearno povećavane, nema potrebe za posebnim prikazivanjem kretanja faktora hlađenog prostora.

4.3. Udjeli energenata u namirivanju potrošnje i buduće kretanje cijena

Kako bismo nakon proračuna buduće potrošnje dobili uvid u buduće kunske potrošnje, valja postaviti udjele energenata u namirivanju te potrošnje, kretanje tih udjela kroz godine, te na neki način simulirati promjene cijene energenata kroz godine. Prvo treba, prema ranije dobivenim podacima, postaviti udjele energenata za baznu godinu, tj. ustanoviti mješavinu goriva, ili na engleskom, *fuel mix*. Pretvorba kunske potrošnje u energetska, kao i principi po kojima se vodila ista su pojašnjeni u poglavlju 3.7. Pomoću podataka dobivenih tom pretvorbom, moguće je

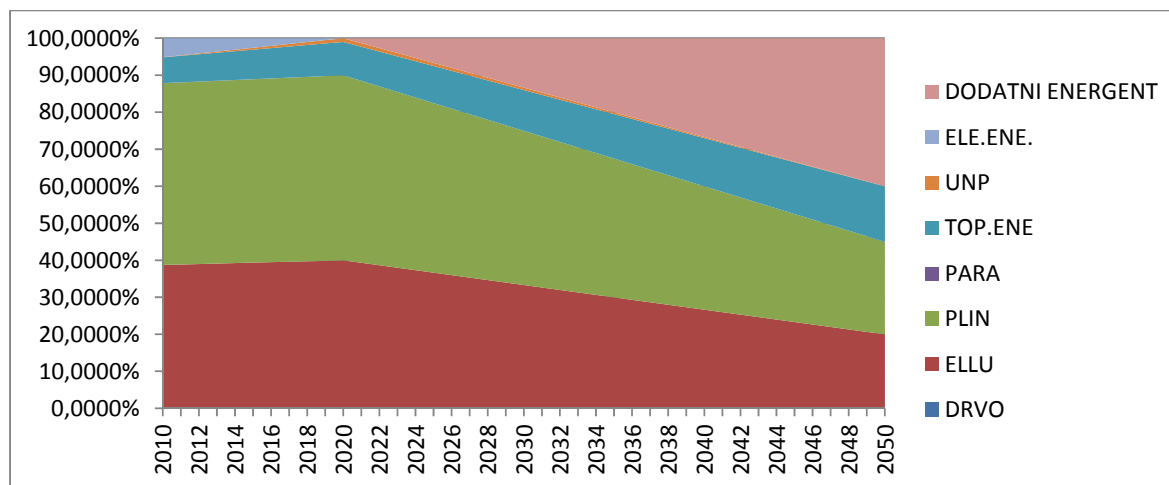
ustanoviti kako izgleda *fuel mix* za zadovoljavanje potreba pojedinog ministarstva, ili, ono što će nas više zanimati cijelog sektora. Taj postupak će biti bitan samo za potrebe grijanja, jer se sve druge potrebe (hlađenje, priprema PTV, električna rasvjeta i uredska oprema) namiruju električnom energijom i zbog samih tehnologija vezanih za te potrebe, vjerojatnost da će se njihov energent mijenjati je minimalna. No, kada je u pitanju grijanje, *fuel mix* je itekako bitan. Zbog velike zastupljenosti fosilnih goriva, kako ćemo kasnije vidjeti, imamo dosta prostora za uvođenje novih, obnovljivih izvora energije i izbacivanje zastarjelih tehnologija, što će za rezultat imati smanjenje ovisnosti o fosilnim gorivima. No, prije svega, razmotrimo *fuel mix* za baznu godinu. Prema principu objašnjenom u poglavlju 3.7., utvrđena je količina energije koju svako ministarstvo dobiva iz pojedinog energenta. Ako sumu svih dobivenih količina energije za jedan energent podijelimo sa ukupnom energijom potrebnom za grijanje, rezultat će biti udio tog energenta u namirivanju potreba za grijanjem. Postupak se ponavlja za sve energente i kao krajnji rezultat dobivamo *fuel mix* za grijanje u baznoj godini. Još samo valja razmotriti udio proizvodnje PTV putem otpadne topline. Kako je pretpostavljeno u 3.7., ukoliko su proračunati viškovi topline, viškovi će se trošiti na proizvodnju PTV. No, zbog opisanih poteškoća u proračunu energije dobivene putem toplana, zbog nepoznavanja fiksnih troškova zakupa, u pojedinim slučajevima su proračunate veće količine energije nego što su stvarno isporučene. To se odrazilo na proizvodnju PTV, pa bi se tako svega 21% sve PTV u sektoru proizvodio putem električnih bojlera, a ostatak putem otpadne topline. Takav rezultat daleko odstupa od stanja na terenu, tj. prakse, ali ćemo se u daljnjem proračunu držati te vrijednosti, kako bi se energetske bilance kvalitetnije zatvarale. Slika 4.9. prikazuje *fuel mix* za baznu godinu, a zatim ćemo pojasniti kako će se *fuel mix* kretati po godinama, te kako ćemo računati promjene cijena kroz godine.



Slika 10 – Fuel mix za grijanje u baznoj godini

4.3.1. Kretanje fuel mixa kroz godine u tri scenarija

Kretanje udjela energenata u namirivanju potreba za grijanjem ćemo promatrati kroz tri scenarija. Prvi scenarij je svojevrsni „business as usual“ scenarij. U njemu su udjeli energenata, tj. *fuel mix*, zadržani na istim vrijednostima sve do 2050. godine. Ovaj scenarij će nam kasnije služiti kao bazni scenarij, a za njega će se računati troškovi, tj. uštede, pri scenarijima Zeleni scenarij 1 i 2 te Štednim scenarijima 1 i 3. U druga dva scenarija se udjeli energenata u proizvodnji mijenjaju u istim postotcima, no uvodi se još jedan energent. U drugom *fuel mix* scenariju, to je biomasa, a u trećem je to grijanje pomoću dizalice topline. No, prije nego se krene na uvođenje dodatnog energenta, izbacuju se neki manje poželjni. Tako će se linearnim padom predvidjeti potpuno uklanjanje grijanja na električne grijalice, ogrijevno drvo i vodenu paru do 2020. godine, iako su njihovi udjeli već i u baznoj godini mali, a u korist ostalih energenata. Tako će udjeli u 2020. godini biti 40% za ELLU, 50% za prirodni plin, 9% za toplinsku energiju dobivenu u vrele vode, te 1% UNP-a. Malo povećanje, tj. zadržavanje visokog udjela prirodnog plina i ekstra lakog loživog ulja je namjerno postavljeno zbog pretpostavke da će cijene plina ostati na relativno niskoj razini do plinifikacije Dalmacije te tako nebi trebalo biti previše razloga za većim promjenama energenta. Nakon 2020. će se ipak krenuti sa smanjivanjem njihovog udjela, u korist novouvedenog energenta, te preostalih. Predviđen je porast udjela grijanja na daljinu, dok su svi ostali u opadanju. Tako ćemo u 2050. imati slijedeće udjele: 20% ELLU, 25% prirodnog plina, 15% toplinske energije iz vrele vode te 40% za dizalicu topline ili biomasu uz potpuno izbacivanje UNP-a. Predviđeno kretanje možemo lakše promatrati na slijedećem dijagramu.



Slika 11 – Kretanje udjela pojedinih energenata u namirivanju potrebe za grijanjem do 2050.

Kako su sve naše računice davale potrebu za energijom, eng. *energy demand*, valja uzeti u obzir i različite faktore iskoristivosti kako bismo dobili konačnu potrebu za energijom, eng. *final energy demand*. Oni su uzeti proizvoljno iz općepoznatih podataka o današnjim tehnologijama te se nećemo previše zadržavati na njima, napomenut ćemo samo da se proračunata potraživanja dijele s tim vrijednostima kako bismo dobili ono što se potražuje od mreža, tj. goriva, kako bismo mogli izračunati cijene. Kotao na ogrijevno drvo tako će imati iskoristivost od 70% jer se pretpostavlja i njegova starost, kotao na ELLU 78%, također zbog pretpostavljene starosti istog, plinski kotao 87% zbog relativno dobrih iskoristivosti i relativno mlade šire uporabe te tehnologije na našim prostorima. Za izmjenu toplinske energije u izmjenjivaču topline (toplinskoj podstanici) je uzeta vrijednost stupnja iskoristivosti od 90%, i za paru i za vrelu vodu kao toplinski medij. Za ukapljeni naftni plin je pretpostavljen isti stupanj iskoristivosti kao i za prirodni plin, 87%, a za električne grijalice maleni gubitak u pretvorbi energije sa stupnjem iskoristivosti na 98%. Što se tiče dvije nove tehnologije koje će se uvesti, za biomasu se uzima jednostavan postotak od 90%, pošto se već danas mogu naći kotlovi tog učina na tržištu, ili barem oni koji se deklariraju kao takvi, a u ovom radu će se početi uvoditi tek za 10 godina kada bi tako visok postotak mogao biti još opravdaniji, a cjenovno kotlovi dostupniji. Što se tiče dizalice topline, njen trošak rada je samo električna pumpa koja cirkulira radni medij, a toplinsku energiju „besplatno“ preuzima iz zemlje. Faktor koji nam govori koliko ćemo toplinske energije dobiti za uloženu električnu energiju, COP, iznosi između 4,5 i 5,5 za dizalice topline. [25] Njegova će se vrijednost uzeti kao 5 zbog kasnijeg uvođenja tehnologije.

4.3.2. Buduće kretanje cijena

Predviđanje kretanja cijena je uvijek teška i nezahvalna zadaća. Tako ćemo i ovdje biti prisiljeni napraviti neke ustupke. Buduće kretanje cijena nafte i plina je donekle opisano u predviđanjima Europske komisije, „World energy technology outlook - 2050“, no tu je samo dana gruba linearna projekcija između dvije vrijednosti – 40 dolara za barel u 2010. godini i 110 dolara za barel u 2050. godini za naftu. Za plin nisu date nikakve vrijednosti, no putanja rasta prati putanju rasta nafte što daje za zaključiti istu metodu proračuna. Tako ćemo mi uzeti linearni rast od 40 do 110 kroz 40 godina te primijeniti kao faktor porasta na sadašnje cijene ELLU, prirodnog plina te ukapljenog naftnog plina. Što se tiče daljinskog grijanja, i ono će se kretati po tim cijenama, pošto su toplane većinom plinska ili mazutna postrojenja. Za ogrijevno drvo ćemo pretpostaviti konstantnu cijenu zbog malog udjela i poništavanja udjela do 2020. godine, te nam ostaje samo za procijeniti kretanje cijene električne energije i biomase. Što se tiče električne energije, prema podacima iz bivših izdanja „Energija u Hrvatskoj“, moguće je izračunati koeficijent promjene cijena koji iznosi 0,974196332. [7] No, takav koeficijent se može postaviti kao opravdan samo

na kraći vremenski period, pošto je trenutna cijena električne energije još uvijek ispod cijena u okruženju te se može reći da spada u socijalnu kategoriju. No, neminovno je da će se država morati odreći takve kontrole, možda će HEP prijeći u strano vlasništvo i slijedi porast cijena. Zato će se ovaj koeficijent koristiti 5 godina, tj. do 2015. godine, a nakon toga će pratiti porast cijena nafte i plina na gore opisan način. Kako je uporaba biomase još uvijek u povojima na ovim prostorima, teško je predvidjeti kretanje cijene biomase. Jedino je sigurna činjenica da će biomasa poskupljivati kako bude ulazila u sve širu primjenu pa je odlučeno da će stopa porasta cijene biomase biti linearna i pet puta veća od stope porasta njenog udjela u namirivanju potreba za toplinom. Tako ćemo u 2050. godini dobiti cijenu 1,808 puta veću od cijene u baznoj 2010. godini.

4.4. Proračun buduće kunske potrošnje, investicija i ušteda

Prije nego prezentiramo rezultate svih proračuna, valja pojasniti principe proračuna budućih kunskih potrošnji i investicija koje će nam biti potrebne kako bismo mogli proučiti kunske uštede i koristi naših štednih scenarija. Što se tiče buduće kunske potrošnje, na njoj se nećemo posebno zadržavati jer je već detaljno objašnjeno pretvaranje kunske potrošnje u energetske za svaki pojedini energent, u poglavlju 3.8. Kod računanja kunske potrošnje će se opisani postupci jednostavno provesti u drugom smjeru, s time da će se za količinu energije iz pojedinog energenta uzeti potrebna energija za tu godinu pomnožena s njegovim udjelom u *fuel mixu* za tu istu godinu. Dizalica topline će se računati kao potrošač električne energije, uz naravno primjenu COP faktora od 5, a kod peleta će se uzeti ranije spomenuta iskoristivost kotla od 90%, cijena kilograma od 1,78 kuna te ogrijevna vrijednost peleta od 18 MJ/kg [29]. Prvi scenarij *fuel mixa* će nam pokazati uštedu kao rezultat samo ranije pojašnjenih tri korekcijskih faktora, pošto ne dolazi do promjene goriva. Kao investicijski trošak se uzima obnova oplošja, za zid i prozorske površine, s uključenim radom i materijalom u iznosu razlike cijene gradnje neizolirane kuće i toplinski izolirane kuće prema današnjim standardima i zaokružuje na 415 kuna po metru kvadratnom površine. (računica bi dala 414,26 kuna) [27] U slučaju *fuel mixa* koji uključuje uporabu biomase, uzima se i investicija od 65 000 kuna za svakih 18 kW kotla na biomasu [27], a u slučaju *fuel mix* scenarija sa dizalicom topline, na investicijski trošak po metru kvadratnom se dodaje 250 kuna, po analogiji da bi prostrojenje sa svim mjerenjima, bušotinom i opremom stajalo oko 250 000 kuna za zgradu od 1000 kvadrata. [28] Također će se dodavati trošak novogradnje, prema cijeni gradnje kuće izolirane po današnjim standardima, u iznosu od 3830 kuna po metru kvadratnom. [27] Ušteda se računa tako da od proračunatog troška za scenarij Zeleni scenarij 1 i Zeleni scenarij 2, oduzmemo proračunate troškove prema štednim scenarijima „a“ i „b“, tj. 1a, 1b, 3a i 3b, sve prema pretpostavljenom scenariju *fuel mixa*. Promatranjem prvog

ćemo moći zaključiti koliko je dobiveno samom promjenom ranije spominjanih triju korekcijskih faktora, a promatranjem druga dva scenarija će primjenjivati i promjene *fuel mixa*. Investicije i uštede će se svoditi na sadašnju vrijednost te će se pomoću njih računati IRR koji će nam poslužiti za ocjenjivanje scenarija.

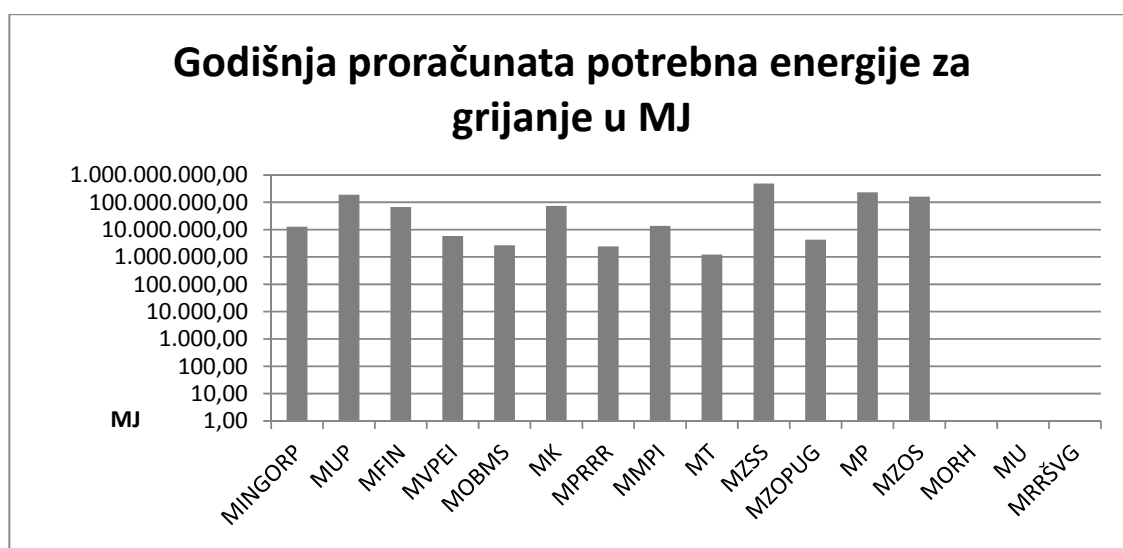
4.4.1. Proračun ušteda CO₂

Pokraj gore navedenih kunskih ušteda, valja reći par riječi i o proračunu ušteda CO₂, koji će se također preko svođenja na sadašnju vrijednost uključiti u računanje IRR-a, ali će biti zanimljiv i zbog samih iznosa ušteda CO₂ koje donosi. Zbog ranije objašnjenih metoda, svaki od dva štedna scenarija će dobiti šest projekcija ušteda CO₂ – po jednu za usporedbu sa svakim od dva zelena scenarija, u tri inačice za tri različite verzije *fuel mixa*, sveukupno šest projekcija po štednom scenariju. Sami iznosi će se računati pomoću emisijskih vrijednosti za jedan kWh dobiven iz pojedinog energenta, u ovisnosti o udjelu tog energenta u *fuel mixu* za tu godinu te potrebom za energijom u toj godini. Vrijednosti emisijskih vrijednosti su dobivene iz Pravilnika o energetskom certificiranju zgrada [3], s time da se za ogrijevno drvo i biomasu pretpostavlja nulta stopa emisija CO₂, po generalno prihvaćenom mišljenju kako su oni zbog svog podrijetla i životnog ciklusa „otplatili“ emisiju nastalu njihovim spaljivanjem. Za računanje kunske dobiti iz ušteda CO₂ se pretpostavlja cijena od 15 eura po toni CO₂ [30], što preračunato u kune, u kojima su sve druge kunske vrijednosti iskazane u radu, pri tečaju od 7,5 kuna za jedan euro daje 112,5 kuna i uzimat će se kao takva.

5. Rezultati

5.1. Rezultati proračuna potrebe za energijom za baznu godinu

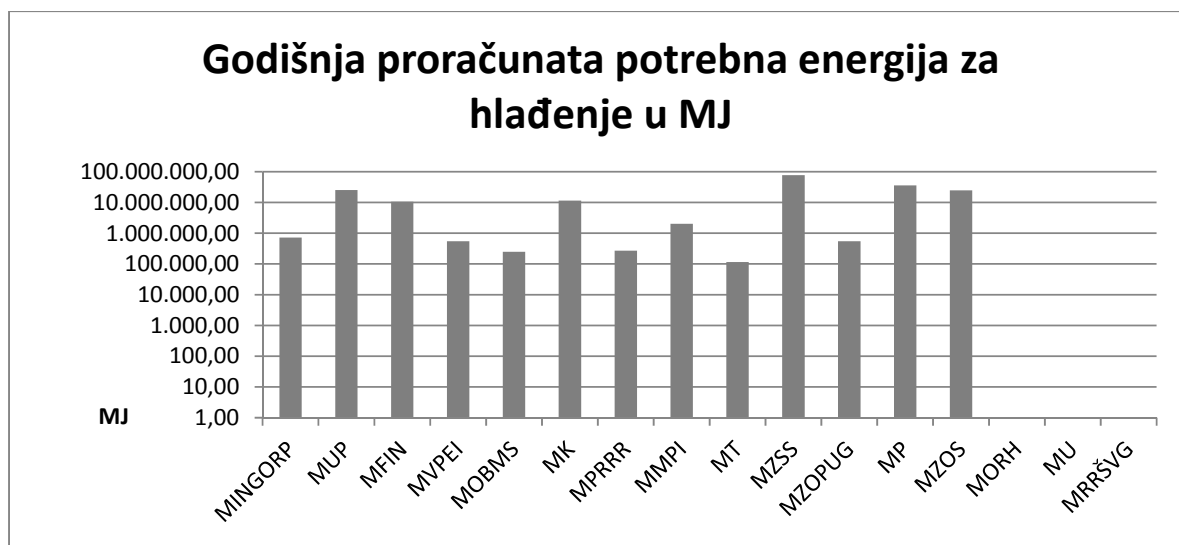
U nastavku slijede rezultati proračuna potreba za energijom u baznoj godini. Rezultati su dani po ministarstvima u logaritamskom mjerilu, a kako bi se bolje pojasnili, u nastavku svakog dijagrama slijedi i tablica sa brojčanim vrijednostima. Logaritamskom mjerilu se moralo pribjeći zbog velike razlike u površinama između pojedinih ministarstva, npr. Ministarstvo zdravstva i socijalne skrbi koje ima objekte širom cijele države, a Ministarstvo turizma dijeli samo jednu zgradu u Zagrebu sa Ministarstvom mora, prometa i infrastrukture. Iz velike razlike u površinama, proizlaze i velike razlike u svim ostalim promatranim dijelovima.



Slika 12 – Godišnja proračunata potrebna energije za grijanje po ministarstvima

Tablica 16 - Godišnja proračunata potrebna energije za grijanje po ministarstvima

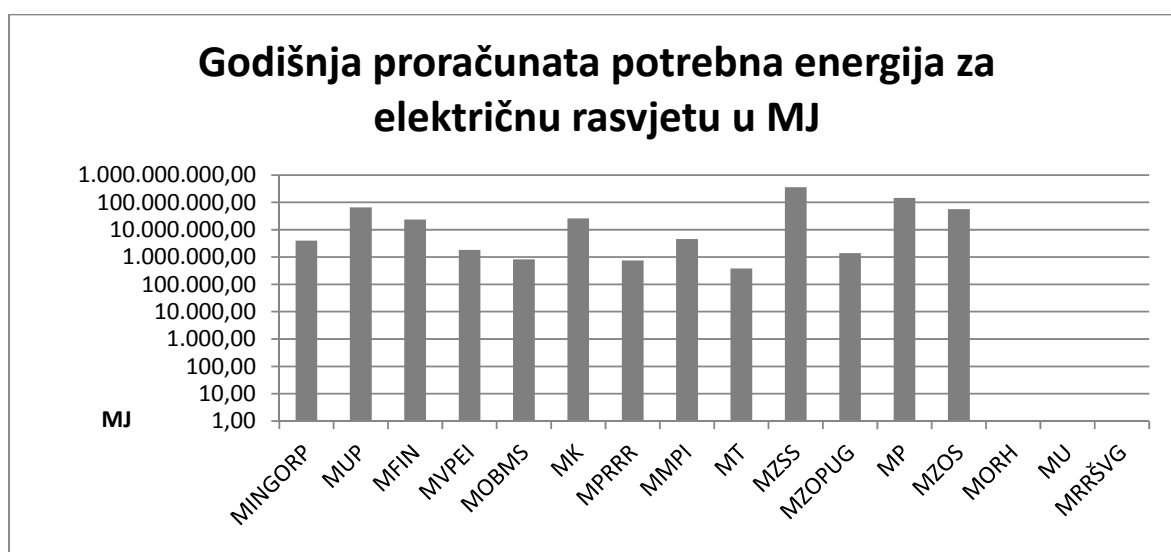
| | | | | |
|----------------|----------------|---------------|----------------|------|
| MINGORP | MUP | MFIN | MVPEI | MJ/a |
| 12.816.571,83 | 189.003.292,04 | 66.718.711,11 | 5.861.250,15 | |
| MOBMS | MK | MPRRR | MMPI | |
| 2.648.927,04 | 73.521.307,15 | 2.442.872,09 | 13.625.883,87 | |
| MT | MZSS | MZOPUG | MP | |
| 1.224.919,79 | 483.653.127,37 | 4.256.734,33 | 230.241.320,43 | |
| MZOS | MORH | MU | MRRŠVG | |
| 160.410.558,67 | - | - | - | |
| UKUPNO | 1.246,425 | | TJ/a | |



Slika 13 – Godišnja proračunata potrebna energija za hlađenje po ministarstvima

Tablica 17 - Godišnja proračunata potrebna energija za hlađenje po ministarstvima

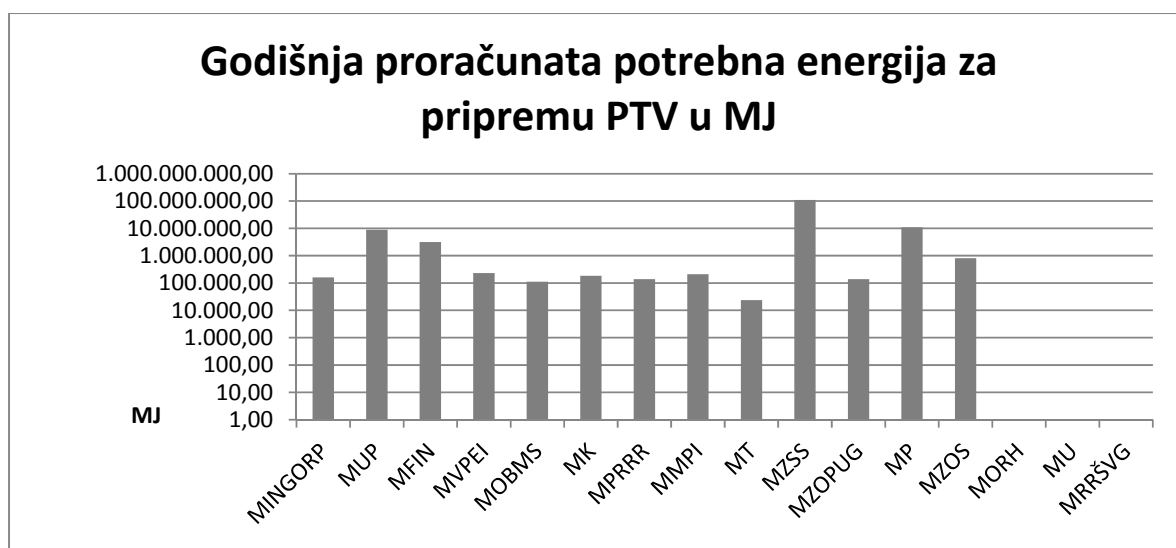
| | | | | |
|---------------|---------------|---------------|---------------|------|
| MINGORP | MUP | MFIN | MVPEI | MJ/a |
| 725.623,39 | 25.531.218,20 | 10.529.158,73 | 550.057,80 | |
| MOBMS | MK | MPRRR | MMPI | |
| 248.592,53 | 11.602.704,85 | 271.296,57 | 2.008.165,60 | |
| MT | MZSS | MZOPUG | MP | |
| 114.954,43 | 77.591.268,85 | 543.561,82 | 36.234.414,37 | |
| MZOS | MORH | MU | MRRŠVG | |
| 24.781.903,16 | - | - | - | |
| UKUPNO | 165,951 | | TJ/a | |



Slika 14 – Godišnja proračunata potrebna energija za električnu rasvjetu po ministarstvima

Tablica 18 - Godišnja proračunata potrebna energija za električnu rasvjetu po ministarstvima

| | | | | |
|---------------|----------------|---------------|----------------|------|
| MINGORP | MUP | MFIN | MVPEI | MJ/a |
| 3.987.937,80 | 66.112.757,93 | 23.534.195,46 | 1.823.756,10 | |
| MOBMS | MK | MPRRR | MMPI | |
| 824.226,35 | 25.933.726,60 | 748.723,50 | 4.543.539,50 | |
| MT | MZSS | MZOPUG | MP | |
| 381.139,67 | 358.334.127,99 | 1.402.713,77 | 144.832.199,13 | |
| MZOS | MORH | MU | MRRŠVG | |
| 56.463.524,71 | - | - | - | |
| UKUPNO | 632,459 | | TJ/a | |



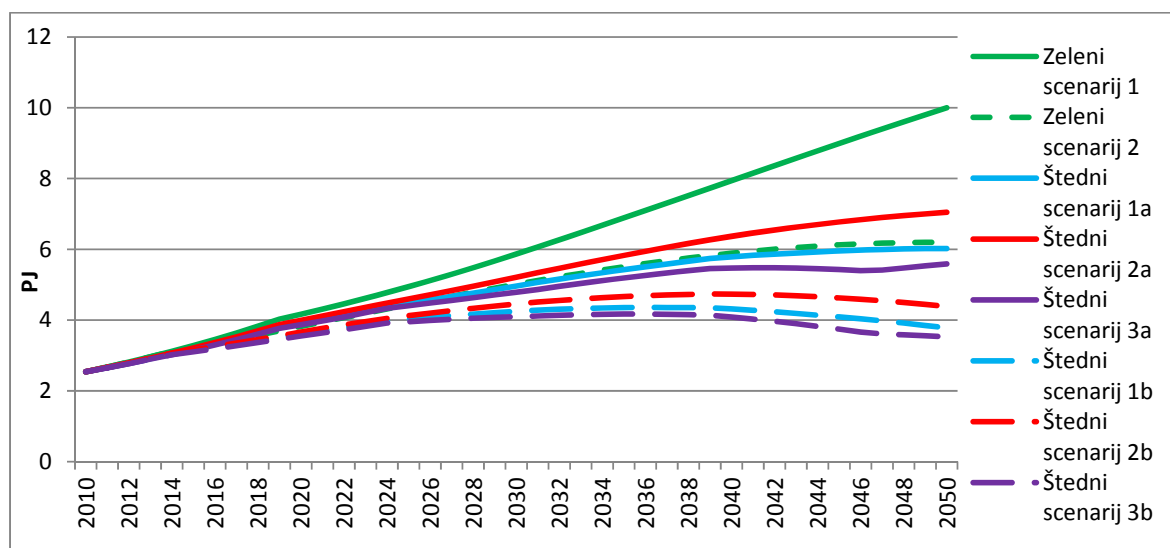
Slika 15 – Godišnja proračunata potrebna energija za pripremu PTV po ministarstvima

Tablica 19 - Godišnja proračunata potrebna energija za pripremu PTV po ministarstvima

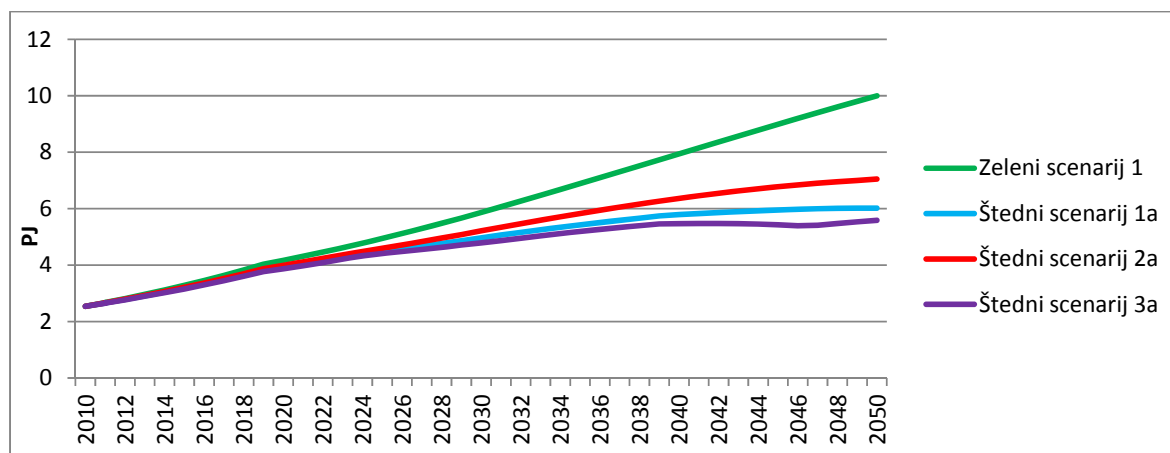
| | | | | |
|------------|----------------|--------------|---------------|------|
| MINGORP | MUP | MFIN | MVPEI | MJ/a |
| 159.421,45 | 8.856.746,95 | 3.156.544,61 | 230.275,42 | |
| MOBMS | MK | MPRRR | MMPI | |
| 111.949,28 | 184.220,34 | 138.519,52 | 211.144,85 | |
| MT | MZSS | MZOPUG | MP-UZS | |
| 23.381,81 | 108.831.706,47 | 137.917,10 | 10.898.531,79 | |
| MZOS | MORH | MU | MRRŠVG | |
| 806.885,07 | - | - | - | |
| UKUPNO | 132,940 | | TJ/a | |

5.2. Rezultati proračuna promjene potrošnje prema predloženim scenarijima

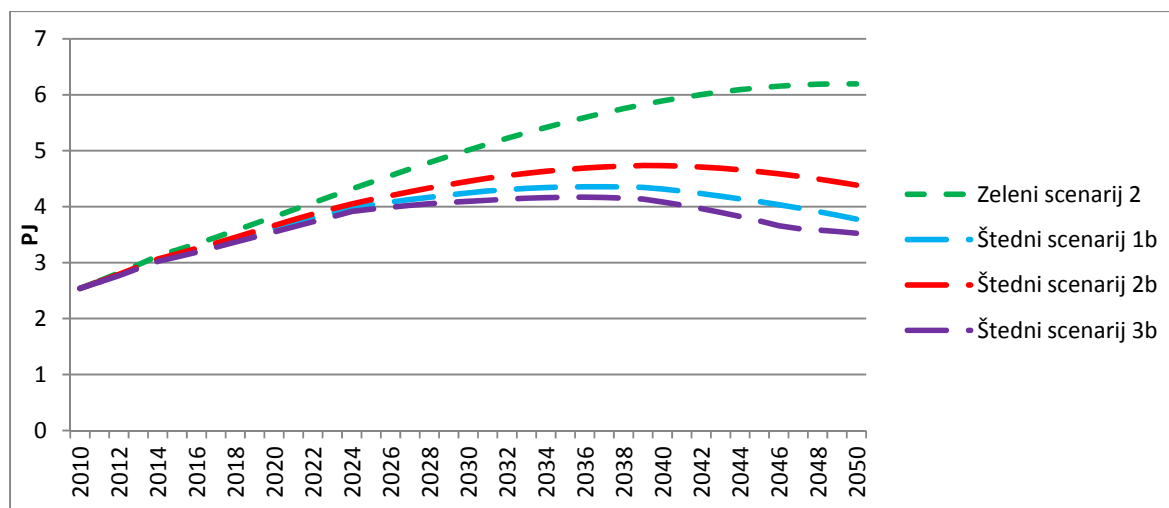
U nastavku će biti predočeni rezultati proračuna kretanja ukupne energetske potrošnje sektora u scenarijima Zeleni scenarij 1 i 2. Prvo će biti prikazani na zajedničkom dijagramu kako bi se stekao bolji dojam o razlikama koje su postignute opisanim razlikama između Zelenog scenarija 1 i 2, a zatim će svaki od njih biti prikazan sa svojim odgovarajućim štednim scenarijima, Zeleni scenarij 1 sa štednim scenarijem 1a, 2a i 3a, a Zeleni scenarij 2 sa štednim scenarijima oznake „b“. Rezultati su prikazani kao neposredna potrošnja u pentajoulima uz primjenu *fuel mixa* u baznoj godini.



Slika 16 – Kretanje ukupne energetske potrošnje u sektoru do 2050. prema postavljenim scenarijima, u PJ



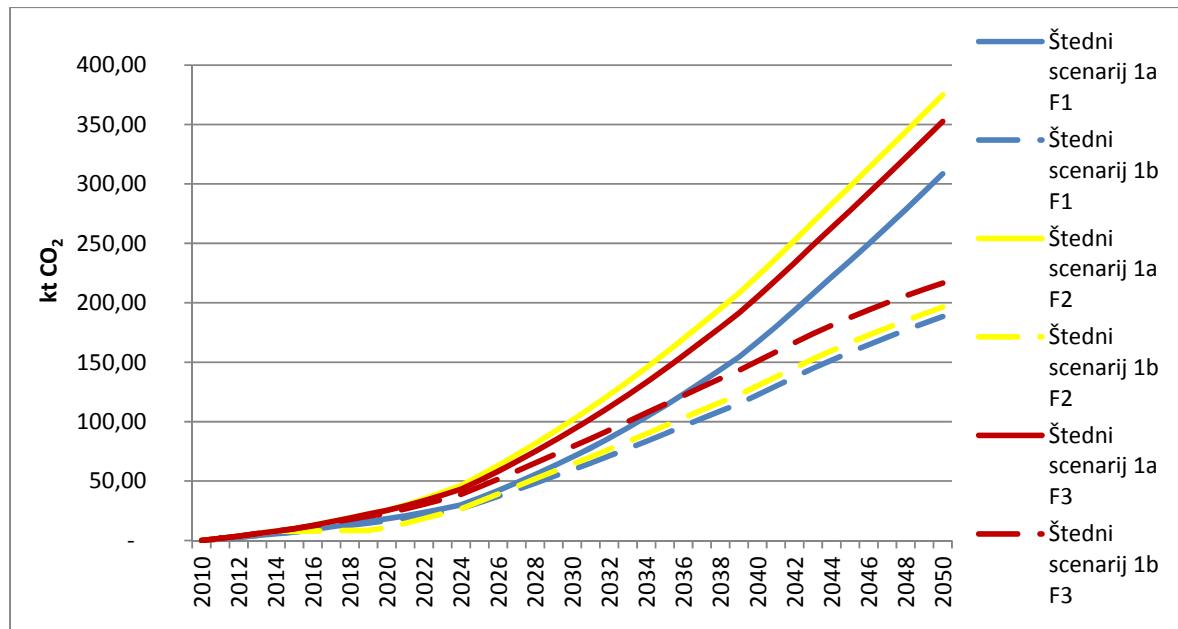
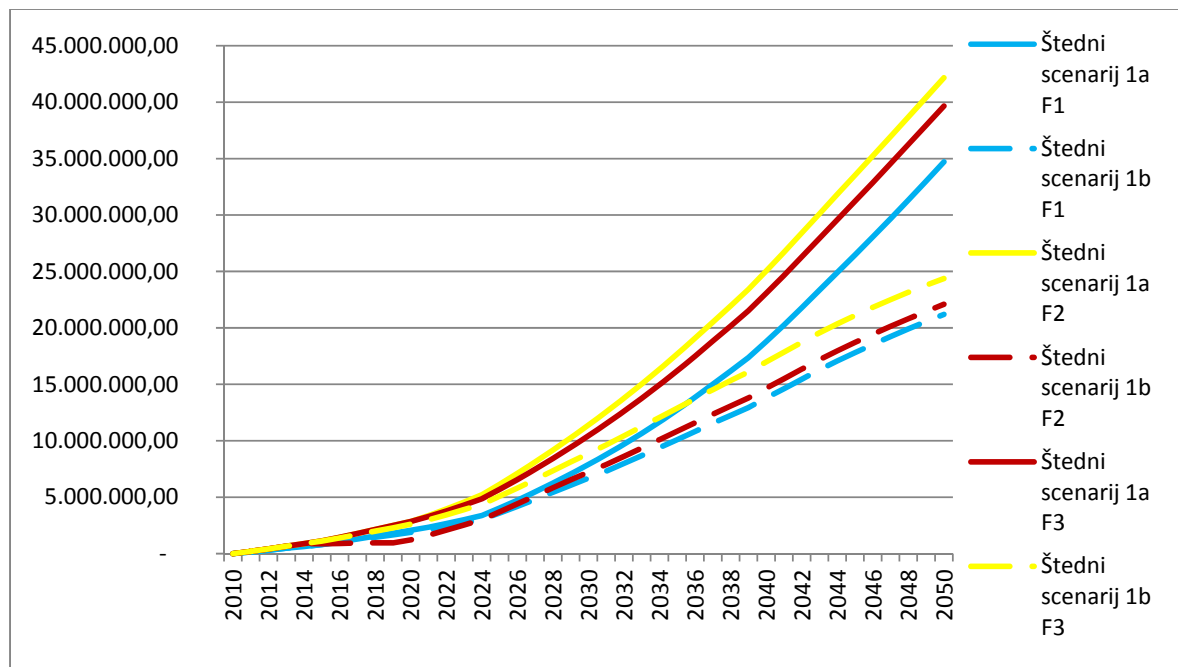
Slika 17 – Kretanje ukupne energetske potrošnje u sektoru do 2050. za štedne scenarije računate u odnosu na Zeleni scenarij 1, u PJ

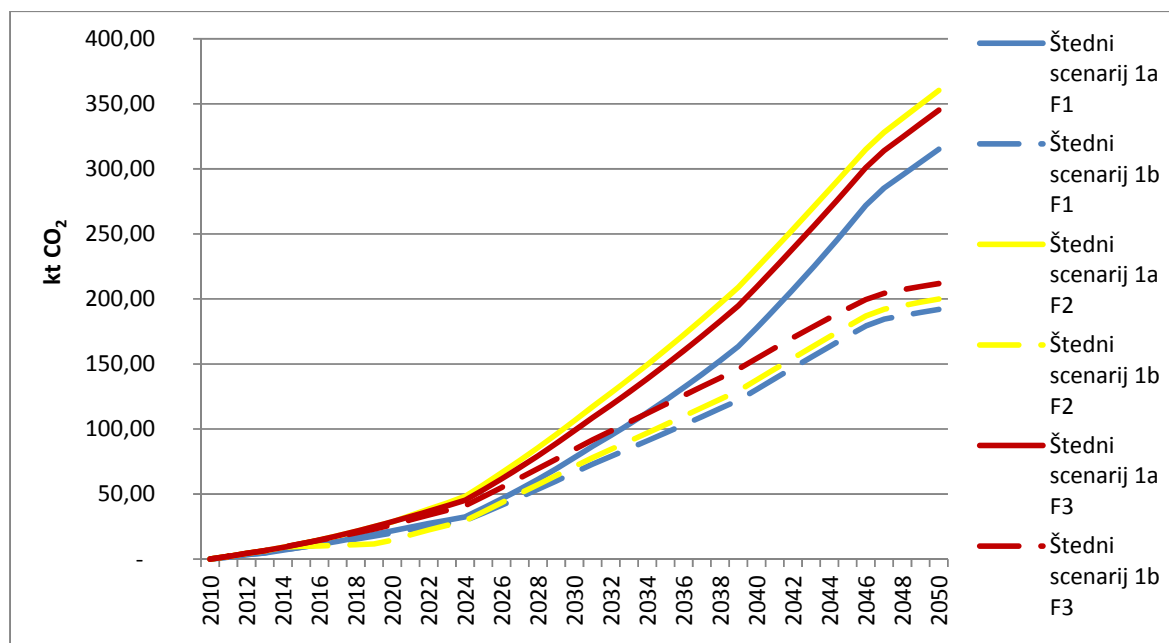
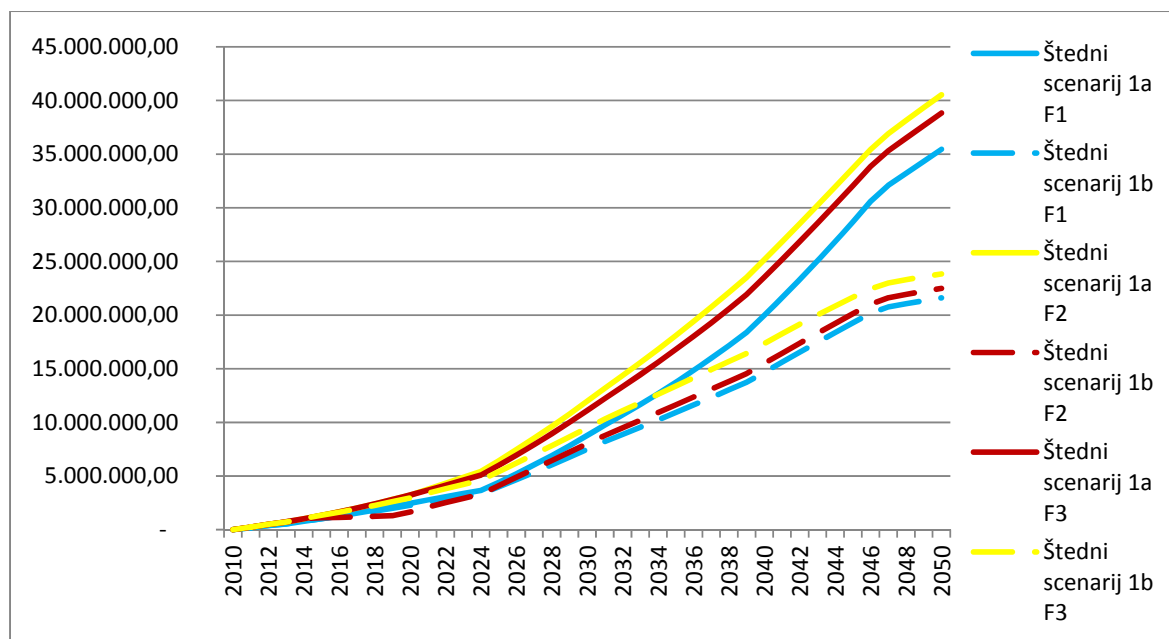


Slika 18 – Kretanje ukupne energetske potrošnje u sektoru do 2050. za štedne scenarije računane u odnosu na Zeleni scenarij 2, u PJ

5.3. Rezultati proračuna masenih i kunskih ušteda CO₂

Kroz slijedećih par dijagrama ćemo prikazati uštede na CO₂ koje će se raditi prema opisu u poglavlju 4.4.1. Prikazuju se prije ostalih proračunatih ušteda kako bismo nakon prikaza istih mogli odmah prijeći na analizu isplativosti investicija putem IRR-a. Svi iznosi su, kao što je to već ranije rečeno, prikazani u kunama, a količine CO₂ u u kilotonama po godini. Prvo ćemo prikazati uštede vezane za Štedni scenarij 1, po tri *fuel mix* scenarija uspoređivano sa Zelenim scenarijem 1 i 2 za osnovni *fuel mix* scenarij, a zatim ćemo to isto ponoviti za Štedni scenarij 3. Pri tome će, pokraj ranije ustanovljenih oznaka, uštede dobiti i oznaku *fuel mixa* za koji su računane, F1, F2 i F3 za scenarij bez promjena, scenarij sa uvođenjem biomase i scenarij sa uvođenjem dizalice topline za namirivanje toplinskih potreba. Na slici 5.8. možemo primijetiti kako uspoređivanjem Štednog scenarija 1 sa Zelenim scenarijem 1 i 2 najveće uštede daje scenarij s uvođenjem biomase, potom s uvođenjem dizalice topline, a najmanje uštede se ostvaruju pri baznom *fuel mix* scenariju, gdje promjene ovise samo o uštedi energije postignutoj kroz ranije spominjane korekcijske faktore. Isti odnosi, no uz drukčije vrijednosti će se uspostaviti i na dijagramima za Štedni scenarij 3.

Slika 19 – Uštede u kilotonama CO₂ po godinama za Štedni scenarij 1Slika 20 – Kunske uštede na CO₂ po godinama za Štedni scenarij 1

Slika 21 – Uštede u kilotonama CO₂ po godinama za Štedni scenarij 3Slika 22 – Kunske uštede na CO₂ po godinama za Štedni scenarij 3

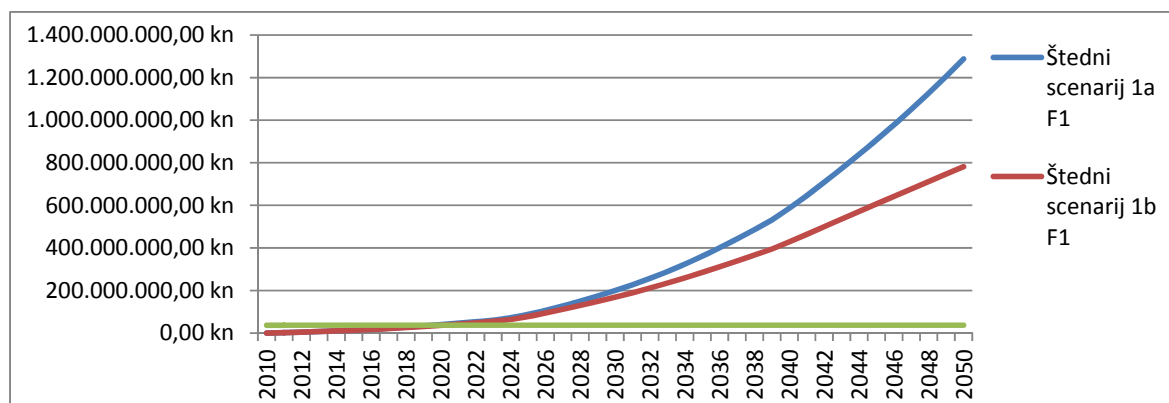
5.4. Rezultati proračuna ukupnih ušteda i investicija

U ovom poglavlju ćemo prikazati uštede proizašle iz promjene potrošnje pomoću modifikacijskih koeficijenata, ali i pomoću dva *fuel mix* scenarija, za Štedne scenarije 1 i 3. Na

svim prikazima će biti pokazana i investicija, koja se računa po postupku opisanom u poglavlju 4.4. Poslije svakog prikaza će uslijediti i kratko pojašnjenje, kao i proračunata unutrašnja stopa povrata investicije (IRR) koja uzima u obzir ove uštede, uštede na CO₂ i investicijske troškove.

5.4.1. Štedni scenarij 1

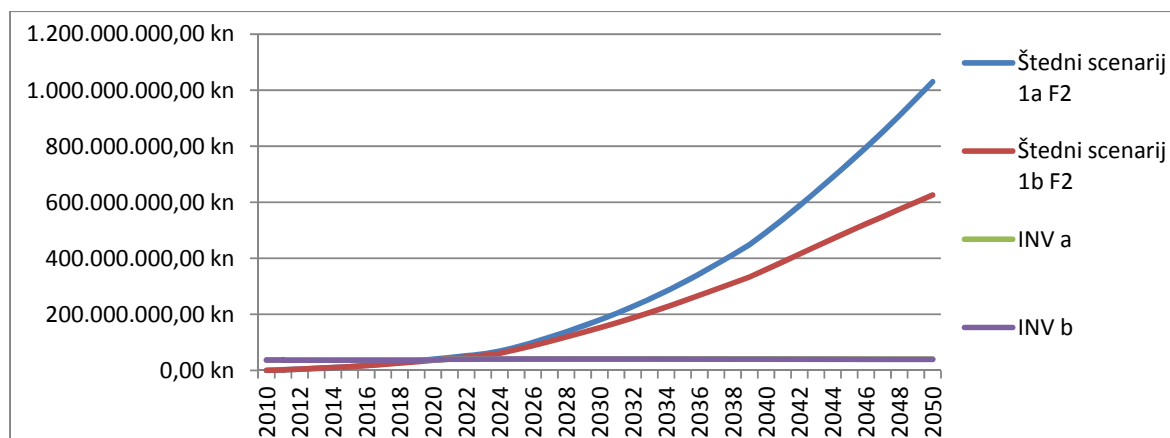
Početi ćemo s analizom našeg baznog štednog scenarija, kroz tri *fuel mixa*, i naravno uvijek dvije inačice, ovisno da li je usporedba vršena sa Zelenim scenarijem 1 ili 2.



Slika 23 – Kunske uštede za Štedni scenarij 1 pri *fuel mix* scenariju 1

Gornja slika je prikaz uštede u kunama u odnosu na iznos koji bi bilo potrebno platiti za energente po baznom *fuel mix* scenariju za Zeleni scenarij 1 i Zeleni scenarij 2. Kako investicija ne ovisi o troškovima opreme, već samo obnovi i gradnji sektora, koje su konstantne za Štedni scenarij 1, investiciju predstavlja samo jedna linija. Pošto se radi o baznom *fuel mix* scenariju, dodajemo oznaku F1, a vrijednosti će nam reći koliko je isplativ sam projekt investicije u ovojnici zgrade, tj. modifikacije potrošnje pomoću tri korekcijska faktora. Kada uzmemo u obzir i ostvarene uštede na emisijama CO₂, unutrašnja stopa povrata iznosi:

- 17,25% za Štedni scenarij 1a F1
- 15,62% za Štedni scenarij 1b F1

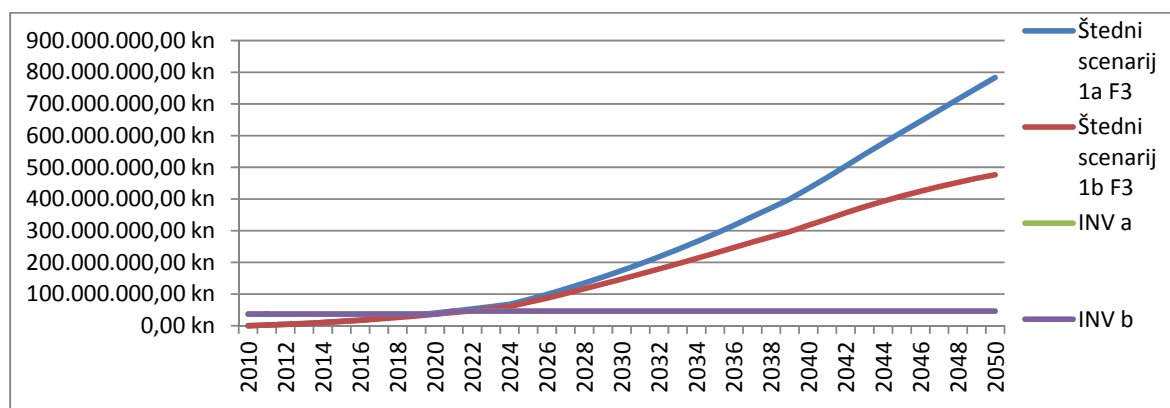


Slika 24 – Kunske uštede za Štedni scenarij 1 pri fuel mix scenariju 2

Gornja slika nam prikazuje uštede u Štednom scenariju 1, sa primjenom *fuel mix* scenarija 2, u kojem kao jedan od energenata za zadovoljavanje potrebe za grijanjem uvodimo biomasu. U ovom slučaju investicija ovisi i o troškovima, opreme, zato teoretski postoje dvije linije, koje se počinju razdvajati kako počinju i varirati stope rasta između dva Zelena scenarija, no razlika je presitna da bi se vidjela na ovakvoj skali. Kada uzmemo u obzir i ostvarene uštede na emisijama CO₂, unutrašnja stopa povrata iznosi:

- 16,5% za Štedni scenarij 1a F2
- 14,67% za Štedni scenarij 1b F2

Ovakav rezultat pojašnjava veći investicijski trošak zbog kupovine novih kotlova na biomasu, što umanjuje razliku u uštedama na CO₂ emisijama u odnosu na bazni *fuel mix* scenarij iz prethodnog poglavlja.



Slika 25 – Kunske uštede za Štedni scenarij 1 pri fuel mix scenariju 3

Posljednji od ova tri prikaza nam pokazuje uštede za Štedni scenarij 1 uz primjenu *fuel mix* scenarija 3, u kojem za zadovoljavanje potreba za toplinom uvodimo dizalicu topline. I ovdje

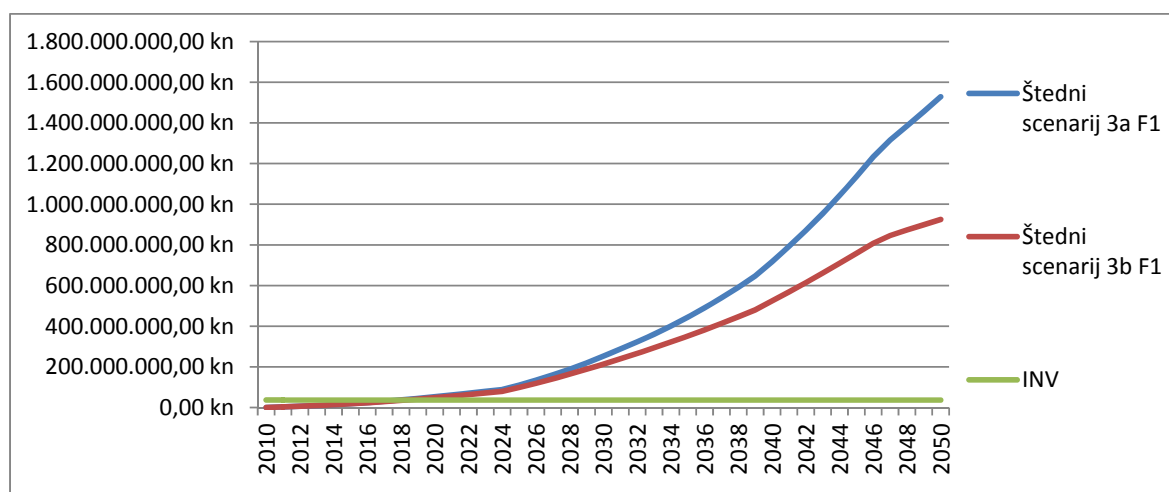
postoje dvije investicijske linije zbog ranije pojašnjenog razloga, no zbog malih razlika na ovakvoj skali, te dvije linije nisu razlučive. Kada uzmemo u obzir i ostvarene uštede na emisijama CO₂, unutrašnja stopa povrata iznosi:

- 15,73% za Štedni scenarij 1a F3
- 13,97% za Štedni scenarij 1b F3

Ovakav rezultat pojašnjavaju ekstremno visoki investicijski troškovi za sustav dizalice topline, a kolike su uštede na emisijama CO₂ još jednom potvrđuje činjenica da su investicijski troškovi viši čak 10 milijuna kuna u odnosu na bazni *fuel mix* scenarij, a unutrašnja stopa povrata praktički ista.

5.4.2. Štedni scenarij 3

Za kraj ćemo izvršiti analizu ušteda i troškove investicija, kao i njihovu isplativost za štedni scenarij 3. Valja upamtiti da bi nas ovaj scenarij ostavio sa izuzetno dobrim stanjem fonda, kao što smo već zaključili u poglavlju 4.2.5.

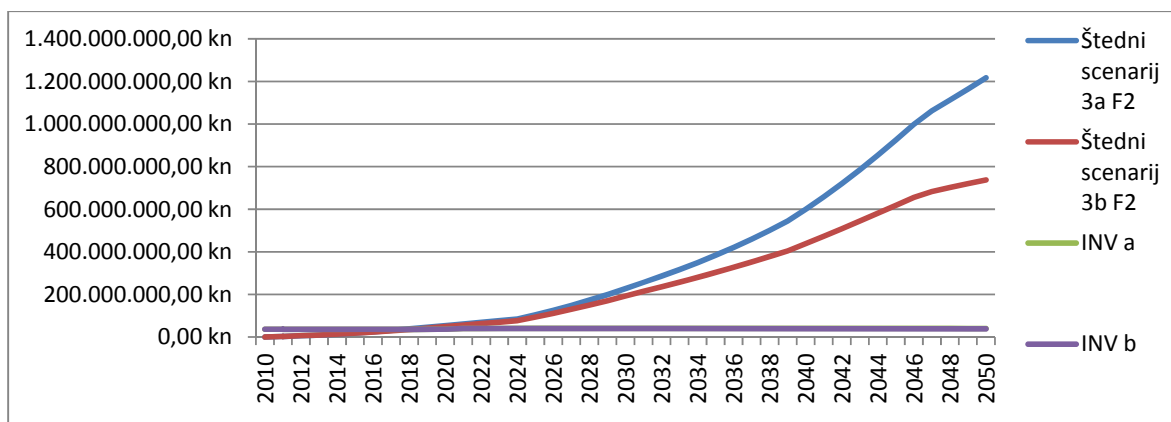


Slika 26 – Kunske uštede za Štedni scenarij 3 pri *fuel mix* scenariju 1

Kako su prikazani rezultati analogni onima iz poglavlja 5.4.1., za bazni *fuel mix*, nije potrebno dodatno pojašnjavati, već možemo odmah prijeći na unutrašnje stope povrata koje iznose:

- 19,67% za Štedni scenarij 3a F1
- 18,12% za Štedni scenarij 3b F1

Zbog velike razlike u stanju fonda, ovaj bazni scenarij nadmašuje rezultate za prvi štedni scenarij, usprkos većim baznim investicijskim troškovima.

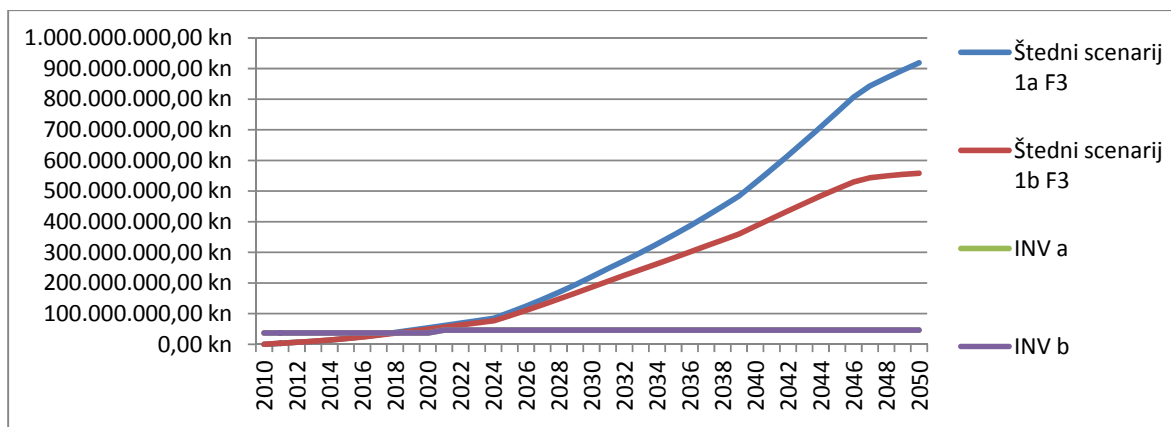


Slika 27 – Kunske uštede za Štedni scenarij 3 pri fuel mix scenariju 2

U slučaju *fuel mixa* s uvođenjem biomase kao energenta dobivamo gornje rezultate ušteta, a unutrašnje stope povrata iznose:

- 18,96% za Štedni scenarij 3a F2
- 17,23% za Štedni scenarij 3b F2

Ovdje opet vidimo pad u odnosu na uštede u baznom scenariju, naravno, zbog povećanih investicijskih troškova kotla na biomasu.



Slika 28 – Kunske uštede za Štedni scenarij 3 pri fuel mix scenariju 3

Scenarij s dizalicom topline ponovno ima najslabije rezultate, iako valja primijetiti da je još uvijek isplativiji od najisplativije varijante Štednog scenarija 1. Unutrašnje stope povrata iznose:

- 18,26% za Štedni scenarij 3a F3 16,61% za Štedni scenarij 3b F3

6. Zaključak

Državni fond zgrada u Republici Hrvatskoj je područje velikog potencijala za uštedu energije, no također i siva zona s malo preciznih podataka dostupnih javnosti. Kroz ovaj rad smo prikazali stanje tog fonda u vidu proračuna potreba za grijanjem, hlađenjem, proizvodnjom PTV i električnom rasvjetom. Na dobivene podatke smo primijenili metode opisane u Zelenoj knjizi kako bismo dobili bazni scenarij, te njegovu modifikaciju koja je kompenzirala nesrazmjer između rasta sektora usluga i našeg sektora. Primjenom tri štedna scenarija smo pretpostavljali različite vrijednosti modifikacijskih koeficijenata koje su utjecale na potrošnju, a tako i na smanjenje troškova, a dodali smo i tri scenarija izmjene goriva kako bismo istražili potencijal uvođenja novih tehnologija. Najbolji rezultati su postignuti proračunom prema Štednom scenariju 3. O pitanju uštede energije, ovisno o scenariju *fuel mixa* te zelenom scenariju koji je uziman kao bazni, najbolje ćemo sumirati podatke ako ih prikazemo u tablici:

Tablica 20 – Ukupne uštede energije po štednim scenarijima

| | | | | | |
|----------|------------|----------|------------|----------|------------|
| Š1-Z1/F1 | 53,3249 PJ | Š2-Z1/F1 | 39,0010 PJ | Š3-Z1/F1 | 61,9541 PJ |
| Š1-Z2/F1 | 38,3895 PJ | Š2-Z2/F1 | 28,2374 PJ | Š3-Z2/F1 | 44,6767 PJ |
| Š1-Z1/F2 | 52,4109 PJ | Š2-Z1/F2 | 38,4322 PJ | Š3-Z1/F2 | 60,8122 PJ |
| Š1-Z2/F2 | 37,7735 PJ | Š2-Z2/F2 | 27,8519 PJ | Š3-Z2/F2 | 43,9092 PJ |
| Š1-Z1/F3 | 51,2930 PJ | Š2-Z1/F3 | 37,7367 PJ | Š3-Z1/F3 | 59,4133 PJ |
| Š1-Z2/F3 | 37,0084 PJ | Š2-Z2/F3 | 27,3732 PJ | Š3-Z2/F3 | 42,9538 PJ |

Od tri različita *fuel mixa*, kao najbolji odabir se nameće *fuel mix* scenarij F2, koji doduše ima nešto manju stopu povrata i uštedu energije, no primjenom biomase ostvaruje najveće uštede CO₂ godišnje, a kroz cjelokupni promatrani period od 40 godina, uštedit će 5,50 ili 3,36 milijardi tona CO₂, ovisno o baznom scenariju. Unutrašnje stope povrata dobivene pomoću sadašnjih vrijednosti godišnjih investicijskih troškova i godišnjih ušteda u svim slučajevima i scenarijima prelaze 13%, a kako se radi o državnom fondu zgrada, radi se o veoma isplativim scenarijima i kad bi takav projekt financirala npr. Hrvatska banka za obnovu i razvoj i kada bi se pribjeglo inozemnom zaduživanju, no zbog razine investicijskih troškova, makar su oni uzeti prilično grubo pošto nisu bili glavni fokus ovog rada, od 30 do 46 milijuna kuna godišnje, takva sredstva bi se sigurno mogla naći i unutar državnog proračuna. Valja napomenuti i kako bismo primjenom Štednog scenarija 3 uz uvođenje biomase, uz već spomenute uštede na CO₂ te smanjenju udjela fosilnih goriva u namirivanju energetske potreba za 50%, ostvarili izrazito povoljno stanje fonda državnih zgrada u kojem bi 48,95% zgrada bilo niskoenergetsko (30 kWh/m²a) te spadalo u energetski razred B po Pravilniku o energetsko certificiranju zgrada [3], a 51,05% na nivou 70 kWh/m²a potrebnih za grijanje, dakle C razred, te cjelokupni fond mlađi od 25 godina, što su sve ciljevi kojima bismo trebali težiti.

LITERATURA

- [1] *Program Vlade RH „Dovesti svoju kuću u red“ – 2. Godišnji izvještaj*, UNDP, 2010.
- [2] Andrassy M., Balen I., Boras I., Dović D., Hrs Borković Ž., Lenić K., Lončar D., Pavković B., Soldo V., Sučić B., Švaić S.; *Priručnik za energetske certificiranje zgrada*, UNDP, Zagreb 2010.
- [3] *Pravilnik o energetske certificiranju zgrada*, <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/342062.html>, 2011.
- [4] *Popis stanovništva 2001. godine*, Državni zavod za statistiku, <http://www.dzs.hr>
- [5] Balen I., *KGH – predavanja*, FSB, Zagreb 2010.
- [6] Državni hidrometeorološki zavod, <http://www.meteo.hr>, 2011.
- [7] Irsag B., *Modeliranje energetske potrošnje turističko ugostiteljskog sektora u ovisnosti o tehnološkim, zakonskim te financijskim mehanizmima*, Završni rad, FSB, Zagreb 2011.
- [8] *Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama*, <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/289083.html>, Prilog C, 2011.
- [9] „*Stare zgrade – ključan problem energetske učinkovitosti*“, <http://fasade.hr/hr/energetska-uinkovitost/95-energija-i-ekologija/170-stare-zgrade-kljuan-problem-energetske-uinkovitosti>, 2011
- [10] *Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama*, <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/341775.html>, 2011.
- [11] Veršid Z., *Skripta Prozori - Zahtjevi zvuk toplina*, Varaždin, 2007.
- [12] Odyssee, <http://www.odyssee-indicators.org/>, 2011.
- [13] Degree Days, <http://www.degree-days.net/>, 2011.
- [14] Kocet V., *Rasvjeta i energetska učinkovitost*, predavanje, Crikvenica, 2010.
- [15] Benke G., *EU Greenbuilding program – Tehnički modul solarnog grijanja i PTV*, 2010.
- [16] Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva RH, *Energija u Hrvatskoj*, 2010.
- [17] Tarifni modeli, HEP ODS d.o.o., <http://www.hep.hr/ods/kupci/tarifni.aspx>, 2010.
- [18] Portal za informacije o drvu, proizvodima od drva i usluge, „e-Drvo“, <http://www.e-drvo.com>, 2011.
- [19] Kolega V., *Energetski audit zgrada javne namjene*, Energija 54(2005)2, 107-119
- [20] Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva, *Pravilnik o utvrđivanju cijena naftnih derivata*, http://www.eihp.hr/hrvatski/pdf/zakoni/pravilnik_oucnd_novi.pdf, 2011.
- [21] *Pravilnika o načinu raspodjele i obračunu troškova za isporučenu toplinsku energiju*, <http://hidra.srce.hr/arhiva/263/44262/narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/315858.html>, 2010.

[22] Balen I., *Predavanja za kolegij Grijanje, tema - Daljinsko grijanje i hlađenje*, FSB, Zagreb, 2006.

[23] Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva RH, UNDP, *Prilagodba I nadogradnja strategije energetskog razvoja Republike Hrvatske – Nacrt zelene knjige*, Zagreb, 2008.

[24] *Projekcije stanovništva Republike Hrvatske od 2010. do 2061.*, Državni zavod za statistiku, Zagreb, 2011.

[25] Hrastović inženjering, <http://www.hrastovic-inzenjering.hr/toplinska-energija/dizalice-topline.html> , 2012.

[26] Europska komisija, „World energy technology outlook 2050 – Weto H₂“, http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/weto-h2_en.pdf, 2012.

[27] Lokas V., Hartman B., Novak S., Zanki V., *Tipske mjere za poboljšanje energetske efikasnosti u kućanstvima*, UNDP, Zagreb, 2009.

[28] Pećar K., *Dizalice topline s podzemnom toplinskom sondom – raskorak između zbilje i sna*, <http://www.hidroenerga.hr/clanci/toplinska-sonda.pdf>, 2012.

[29] Zelena energija, web-portal, <http://www.zelenaenergija.org/hrvatska/clanak/sto-su-to-peleti-i-briketi/2253>, 2012.

[30] Jurić Ž., Tot M., *Utjecaj protokola iz Kyota na razvoj hrvatskog elektroenergetskog sektora*, EIHP, Zagreb, 2007.